

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**



*2ej 14*

---

**MANTENIMIENTO DE VIAS Y ESTRUCTURAS DEL  
SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO (METRO)**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A**

**MARIO FRANCISCO ARTEAGA MARTINEZ**

**MEXICO, D. F.**

**1981**



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.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

I).- INTRODUCCION :

Fué en el siglo XVII cuando Pascal, el insigne filósofo y matemático francés, ideó los transportes colectivos, mediante el empleo de unas diligencias ó carretas que contra el pago de cinco sous transportaba a los viajeros a lo largo de las avenidas de París de aquellos tiempos, gran ciudad cuya población totalizaba 300 mil habitantes. Desde 1662 a 1677, es decir, durante 15 años, las carrozas recorrieron las cinco líneas con las que llegó a contar aquel primitivo sistema colectivo. Razones económicas dieron fin al experimento, pero la semilla de los transportes colectivos urbanos había sido plantada y había germinado.

Nuevos experimentos dieron origen a otros sistemas análogos en las grandes capitales de Europa durante el siglo XVIII y principios del XIX, pero fué este último siglo el que presencié el desarrollo de los medios colectivos de transporte. El tamaño creciente de las ciudades hacía indispensable encontrar soluciones y éstas se presentaron bajo la forma de los tranvías de tracción primero con caballos, ocasionalmente con hombres, y más tarde a vapor ó eléctricos, iniciados en el año de 1819 en París y que pronto cubrieron con sus rieles metálicos incontables ciudades de Europa y América.

Fué Londres, entonces la población más grande y activa del mundo, la que dió origen en 1863 al primer sistema de transporte subterráneo de pasajeros, inaugurando la era de los Metros. Son muchas las enseñanzas que pueden sacarse de lo ocurrido en Londres, y vale por ello la pena detenerse un poco en las razones que dieron origen al revolucionario método y presidieron su evo-

lución hasta hoy.

El siglo XIX cubrió Inglaterra con una tupida red de vías férreas. No solo se hizo posible el desplazamiento entre las ciudades, sino que al disponer de muchos y buenos sistemas de transporte se propició la marcha hacia los alrededores de Londres, naciendo la sub-urbe. Contando Londres con 15 estaciones de ferrocarril que con sus emplazamientos forman un anillo de 7 Km. en dirección este-oeste y 3 Km en dirección norte-sur en tal forma organizada que las situadas al norte, este, suroeste, etc. de la ciudad corresponden a las vías férreas que viajan hacia los mismos puntos cardinales, resultaba evidente la conveniencia de contar con una línea rápida de transporte, que por su índole debía ser subterránea, que enlazara entre sí un cierto número de estaciones ferroviarias y la propia ciudad, el centro financiero y comercial del Imperio Británico.

A esta necesidad correspondió la primera línea del Metro de Londres, la Metropolitan. Las molestias inherentes a la primera asociación del Metro en Londres, cuyos trenes eran movidos por locomotoras de vapor, no fueron obstáculo para el rápido crecimiento de las líneas, al que contribuyó la aplicación de la tracción eléctrica utilizada por primera vez en el mundo en 1890 en la línea City and South London, que operando por tunelaje el río Tamesis transportó 165 000 pasajeros en sus dos primeras semanas de servicio.

Londres entonces la ciudad más grande del mundo, contaba con cinco millones de habitantes, las necesidades de transporte iban en aumento, pues una buena parte de sus habitantes cambiaban sus residencias a lo que entonces eran los suburbios y hoy han quedado integrados a la ciudad.

El ejemplo de Londres fué seguido por otras grandes ciudades, que aplicaron a sus necesidades las mismas ó análogas soluciones. Entre 1863, fecha de la inauguración del primer Metro de Londres, en 1935 entraron en servicio 17 nuevos sistemas. Después de una pausa que duró 15 años, desde 1935 a 1950 se reanudó la construcción de sistemas, con lo que se agregaron 24 a los 18 ya existentes.

No es nuestra ciudad la única agobiada por el problema del transporte urbano. Un número creciente de gentes afanadas reclaman en todas partes los medios para desplazarse con rapidez, seguridad, economía y un mínimo decoroso de comodidades. Lo generalizado del problema permite al observador, interesado en encontrar soluciones, estudiar los remedios aplicados en otras ciudades, tanto para copiar lo bueno, adoptándolo a las condiciones propias, como para huir de soluciones inadecuadas.

Los términos del problema son de sobra conocidos; crecimiento del número global de habitantes y su concentración, cada vez más intensa en las ciudades, aumento en el número de vehículos a un ritmo más elevado que el de las personas, incapacidad de las calles y plazas en el centro de las ciudades para dar cabida a la creciente aglomeración; limitación en los recursos económicos necesarios para aplicar remedios invariablemente costosos; decidida oposición por parte de individuos y grupos ante la aplicación de soluciones inspiradas en el beneficio de las grandes masas, y como consecuencia de la bien organizada acción de dichos grupos, la inversión de los recursos disponibles en obras que solo sirven a intereses minoritarios.

Así planteada la cuestión salta a la vista que las soluciones aplicables no son solo de índole técnica sino de profunda significación política.

Políticos y técnicos se enfrentan a muy serias responsabilidades al intentar solucionar el problema del transporte urbano.

No existe en efecto actividad humana que no requiera el desplazamiento frecuente de quienes la practican: trabajo, deporte, estudio, espectáculo. Las estaciones nos informan del número de personas que utilizan los diversos medios de transporte urbano - pero no nos ilustran acerca de las incomodidades.

El transporte urbano es considerado en numerosas ciudades como un servicio social de índole análoga a la de otros servicios municipales como son policía, bomberos, ambulancias.

La capacidad del transporte de nuestro Metro puede llegar a ser de 55 mil personas por hora en una dirección, a base de un tren de nueve carros y con capacidad normal de 1530 pasajeros, - cada 100 seg.

Para lograr el desplazamiento del mismo número de personas en autobús se requieren más de mil unidades. Teniendo en cuenta que los coches particulares transportan como promedio de 1.3 a 1.6 personas por coche, serían necesarios entre 34 mil y 42 mil carros para mover igual volumen de personas.

La superioridad en la economía de energía es aplastante a favor del Metro: el consumo por kilómetro recorrido como promedio, por pasajero es de 0.07 Kms/hora.

La velocidad media del tránsito de superficie es de 14.56 Km/hora en los autobuses de primera clase. La velocidad media del Metro es de 34 Km/hora.

Los viajeros que el Metro transporta en un año, 492 millones en 1974, ahorran colectivamente 152 millones de horas de trabajo.

La contaminación ambiental urbana en el caso del Metro es-  
nula, pues la electricidad que consume es generada en plantas -  
situadas a gran distancia, algunas de ellas como las hidroeléct-  
ricas no contaminan.

#### El Metro y el tamaño de las ciudades:

Según algunos criterios urbanísticos se justifica la fuer-  
te inversión requerida por una red adecuada de Metro, allí don-  
de la extensión de la ciudad es considerable, aun cuando la -  
densidad por habitantes por kilómetro cuadrado no sea elevado, -  
por no serlo tampoco el número total de sus habitantes, otros -  
especialistas entienden que es la cantidad total de habitantes -  
la que justifica la inversión.

Existía recientemente la idea, muy generalizada entre los-  
especialistas en transporte urbano y administradores de ciuda -  
des, de que el número mínimo de habitantes que justificaría la-  
construcción de un sistema rápido de transporte urbano colectivo  
era el de un millón. Los problemas de tránsito han modificado -  
este criterio, como antes modificaron el que aseguraba que solo  
en las grandes urbes de varios millones de habitantes estaba -  
justificado un Metro.

De los 43 sistemas de operación corresponden 29 (67%) a -  
ciudades de menos de tres millones de habitantes y 9 de ellos -  
(21%) a ciudades de menos de un millón. La proporción crece en-  
el caso de los sistemas de construcción: 18 de 22 (82%) corres-  
ponden a ciudades de menos de 3 millones; de ellos 7 (32%) a -  
ciudades de menos de un millón. La diferencia se hace más nota-  
ble en el caso de los Metros en proyecto. De 58 en total corres-  
ponden 54 (93%) a ciudades de menos de tres millones, y de ellos  
30 (52%) a las que cuentan menos de un millón. Es decir, que la

proporción de ciudades de menos de un millón pasa de 21% (en operación), a 32% (en construcción) y 52 % (en proyecto).

### El Metro, base del transporte urbano:

La experiencia colectiva de muchas ciudades en todos los continentes, con sistemas políticos de toda índole, con diferentes grados de desarrollo, con habitantes que van desde unos cientos de miles hasta cerca de 15 millones, pero todas aquejadas de los mismos agobiantes problemas de tránsito, contaminación, y escasez de energéticos, se orienta a considerar el Metro como el método más adecuado para mover la cantidad creciente de personas que necesitan desplazarse para realizar sus fines.

Doce sistemas construídos en los primeros cincuenta años, treinta en el segundo medio siglo y ochenta en construcción ó proyecto son cifras que en su progresión dan una idea clara de lo que es consenso mundial en relación con el Metro.

No quiere esto decir por supuesto, que el Metro sea el método único de transporte urbano. Autobuses urbanos y suburbanos, trolebuses, tranvías, vías reservadas a las bicicletas, ferrocarriles suburbanos; todos estos medios deben ser puestos a contribución dentro de una planificación lógica, pero como base de este complejo sistema debe contarse con el Metro.

### El Metro en México :

El Metro en México cuenta con tres líneas que totalizan 37.3 Km en explotación, más 3.5 Km para maniobras, 9.9 Km al aire libre, 29.8 Km en tunel de cajón y 1.1 Km en tunel perfo-

rado. Nuestro Metro cuenta con 48 estaciones, 37 de ellas sub -  
terráneas y 11 en superficie. La distancia media entre estacio-  
nes es de 829 m.

Construcción del Metro :

Para el tendido de las vías del Metro en México se utiliza-  
ron tres procedimientos diferentes: el cajón, el tunel, y la vía  
de superficie. Son estos los tres métodos fundamentales de cons-  
trucción, si bien cada uno de ellos presenta a lo largo de los -  
años numerosas variantes de un gran interés técnico.

La ciudad de México se encuentra en buena parte construida  
sobre un lago desecado. Su subsuelo presenta características -  
que hacen muy difícil la cimentación, pues está constituido por  
mantos arcillosos integrados por cuatro partes de agua por cada  
parte de materia sólida. Resulta por ello grandemente compresio-  
ble. Son bien conocidos por los capitalinos los efectos de la -  
difícil cimentación.

Nuestra capital está situada, por otra parte, en una zona  
volcánica, siendo frecuente en ella los temblores de tierra -  
hasta el grado 7.5 de la escala de Mercalli, aproximadamente. -  
La longitud de nuestras líneas es de 40.800 Km; distribuidos -  
como sigue:

Tuneles de cajón	29.737 Km
Túnel profundo	1.136 Km
En superficie	9.927 Km
TOTAL	40.800 Km

El problema de la presencia de agua durante la construc -  
ción fué resuelto mediante la aplicación del sistema de electro  
osmosis en aquellos casos donde hubo necesidad de ser utilizado-

el sistema convencional de excavación.

A lo largo del recorrido que había de llevar el cajón se hundieron alternativamente hasta una profundidad de 10 metros, unos tubos coaxiales de 15 cm de diámetro, espaciados 4 metros a lo ancho del futuro cajón (3 tubos por fila) y con 6 metros de separación entre cada 2 filas. Intercaladas entre los tubos se hundieron asimismo en el terreno dos varillas por fila, hasta una profundidad análoga a la de los tubos.

Al ser cargadas positivamente las varillas, mediante generadores eléctricos especiales, a la vez que se lanzaba agua mediante bombas por uno de los dos conductos coaxiales de los tubos, se producía el fenómeno de electrosmosis, sacando por el otro de los conductos agua en mucha mayor cantidad que la que era inyectada. De esta manera se lograba un rápido descenso en el nivel freático.

Del sistema de cajón de Milán se utilizaron dos variantes: el cajón integral y el modificado, denominado Milán de acompañamiento, en el que además del cajón normal se construyeron dos tablas estacas auxiliares, una a cada lado del cajón integral. También en el orden de los trabajos y en el empleo de los lodos bentoníticos se introdujeron modificaciones que más adelante detallaremos.

El factor más importante de entre los muchos a considerar, lo constituyó sin embargo la índole de nuestro suelo, formado en un 80% por agua. De no ser adoptadas precauciones basadas en cuidadosos cálculos se corría uno de dos riesgos igualmente serios: los túneles se hundirían en el subsuelo ó bien saldrían a la superficie. De ambos fenómenos se cuenta con precedentes en nuestra ciudad. La solución, simple en apariencia, consistió

en compensar los pesos de la tierra extraída y el del propio -  
tunel, dejando este último un poco menor, que el de aquella. -  
La diferencia equivale a un empuje de 1.6 toneladas/m<sup>2</sup>. La expe-  
riencia ha mostrado lo correcto de los cálculos, a la vez que -  
ha puesto de relieve lo falso de la afirmación a la que durante  
años plegaron su conducta nuestras autoridades municipales, se-  
gún la cual en nuestra ciudad no podría jamás construirse un -  
Metro.

Otro factor a considerar fué la necesidad de que los tu -  
neles de cajón tuviesen la flexibilidad que les protegiera con-  
tra averías que podían venir determinadas por los hundimientos-  
no uniformes del subsuelo provocados por la extracción de agua-  
por medio de pozos, práctica que por lo demás se ha ido redu -  
ciendo. Para hacer frente a este requerimiento se diseñaron -  
juntas flexibles capaces de aceptar deformaciones de hasta 10cm.  
Si bien posteriores estudios mostraron que la flexibilidad de -  
los tramos del tunel era suficiente para absorber las deforma -  
ciones sin riesgo para el conjunto, lo que hizo innecesarias -  
las juntas, eliminándose éstas.

Las fases de la construcción por cajones de Milán en nues-  
tra ciudad, a lo largo de casi 30 Km, fueron los siguientes:

#### PRIMERA FASE:

Cavado de dos zanjas de 80 cm de anchura y poca profundi -  
dad, a lo largo del futuro tunel, protegidas lateralmente y en-  
la superficie con brocales de concreto ligeramente reforzado. -  
Estas excavaciones fueron hechas a mano, porque en esta profun-  
didad se encuentran las instalaciones de teléfonos, líneas de -  
energía eléctrica, alumbrado público, semáforos, agua potable -  
domiciliaria, ciertos drenajes superficiales, además de los res -  
tos de la cimentación de viejos edificios y pavimentos.

#### SEGUNDA FASE.

Mediante brocas giratorias de diámetro igual al grueso de la futura pared (60 a 80 cm) se practican perforaciones verticales de 10 m de profundidad y a distancias de 5 m entre cada dos, sucesivas. Estas perforaciones son rellenadas con lodos bentoníticos, evitando con ello su derrumbe.

#### TERCERA FASE.

Con gruas provistas de excavadoras de almeja se continúan las zanjas de 80 cm de ancho, de la primera fase, llevando su profundidad hasta 10 m. Estas excavaciones son igualmente rellenas con los lodos bentoníticos.

#### CUARTA FASE.

En cada una de las perforaciones de la segunda fase, se coloca un tapón rígido de concreto, que servirá para limitar y ligar entre sí los colados y que después será retirado. A continuación se introducen las armaduras metálicas preconstruidas que en unión del colado de hormigón vendrán a formar los muros laterales del cajón. Estas armaduras tienen un ancho de 5 m y un largo ó altura de 10m.

#### QUINTA FASE:

QUINTA FASE.

Mediante embudos (tolvas) de largo cuello (10 m por .20 m de diámetro), colocados mediante gruas, en forma que su salida llega al fondo de la excavación, es depositado el colado de

hormigón, el cual empuja desde abajo los lodos bentoníticos, a los que reemplaza como relleno.

#### SEXTA FASE.

Terminada la construcción de los muros laterales y pasando el tiempo necesario para su correcto fraguado, se procede a excavar el terreno comprendido entre ellos. Para evitar su desplome hacia adentro, se instalan vigas transversales, que más tarde serán retiradas. La excavación se continua hasta la profundidad requerida para el colado de la losa del piso del tunel, de un metro de grueso y con su cara superior a 6.35 m del de la calle.

#### SEPTIMA FASE.

Sobre una losa prefabricada, de 55 cm de grueso, es colado un techo de 15 cm. La parte superior del conjunto queda a 1 m del piso de la calle. Se restituyen los niveles de aquella, y más adelante se realizan las obras necesarias en el interior del tunel ya terminado.

**CAPITULO II**  
**MANTENIMIENTO DE VIAS**

**A).- DESCRIPCION DEL EQUIPO :**

La vía en general, es un conjunto de dispositivos necesarios para soportar, guiar y suministrar energía eléctrica al material rodante. En el metro existen seis tipos diferentes de vía; que son los siguientes:

1).- Vía principal con pistas metálicas.- usadas para funcionamiento normal entre estaciones. Elementos que la constituyen:

- 1.1 - Rieles de seguridad; sus funciones son las siguientes:
- Asegurar el retorno de corriente (usada para la tracción del material rodante).
  - Como detector del material rodante para la señalización.
  - En tramos en los cuales se interrumpe la barra guía (cruces, desviaciones, comunicaciones entre vías y talleres).
  - Los rieles de seguridad junto con las ruedas metálicas guían el tren, también cuando sufre un defecto los neumáticos horizontales que lo guían.
  - Cuando los neumáticos portadores sufren averías, el riel de seguridad soporta al material rodante.
  - Se utiliza para el transporte de equipo para mantenimiento.

1.2 - Pistas de rodamiento; su función es la de soportar el material rodante y se encuentran instaladas en la parte exterior de los rieles.

Dependiendo del tipo de instalación de la vía, pueden ser metálicas ó de concreto.

La continuidad de la pista de rodamiento, se logra mediante soldadura en el primer caso, en el segundo, por medio de

piezas metálicas, logrando un traslado uniforme de el material rodante.

1.3 - Barras guía : Tiene dos funciones; transmitir la energía eléctrica para la tracción del material rodante, así como guiarlo en tramos rectos y curvos de la vía por medio de los neumáticos guía.

Son metálicas, de perfil angular y se encuentran al exterior de los rieles de seguridad y de las pistas de rodamiento.

1.4 - Vía secundaria sobre balasto : se utiliza para maniobras. Los elementos que la constituyen son los mismos que en la vía principal. Estas vías están construidas tanto con pistas de rodamiento de concreto, como de pistas de rodamiento metálico, normalmente se utilizan para circular a baja velocidad, y no son utilizadas para el transporte de usuarios.

1.5 - Vía sobre fosa : este tipo de vías, únicamente se encuentra en los talleres, los rieles debidamente aislados, descansan directamente sobre los muros de las fosas y están sujetos con pernos y anclajes empotrados. En este caso el material rodante es directamente soportado por el riel.

Vía de lavado ; los rieles debidamente aislados, descansan empotrados sobre traveses de concreto.

La tracción se proporciona por medio de una sola barra guía colocada sobre aisladores y fijos a un costado interior del muro.

Fosa de visita en la línea : se caracteriza por contener pistas de concreto sobre los muros de la fosa, con los rieles aislados y el suministro de la energía eléctrica

la proporciona la barra guía de un solo lado.

1.6 - Vías especiales sobre concreto en cruces de línea : -  
En los cruces de líneas, el espacio limitado obliga a que las -  
pistas de rodamiento y los rieles de seguridad, aislados ambos, -  
se coloquen directamente sobre el concreto por medio de grapas -  
de sujeción y anclaje empotrados en el concreto.

Los aisladores se colocan en sus bases, que a su vez se -  
fijan por anclajes empotrados en el concreto.

2).- APARATOS DE VÍA .- se componen de diversas piezas de -  
fundición de acero al manganeso, agujas, contrarrieles, cerrojos -  
motores de cambio de vía.

Las piezas de fundición comprenden a su vez, el riel de -  
seguridad y la pista de rodamiento, se unen por medio de plan -  
chuelas y se fijan a los durmientes por medio de tirafondos. -

Las agujas tienen dos posiciones, y dependiendo de su po -  
sición definen la trayectoria a seguir por el material rodante -  
en la zona del aparato de vía, la barra guía se interrumpe y -  
para conservar un doble guiado lateral se utilizan los contra -  
rieles por medio de las ruedas metálicas, guían al material ro -  
dante en la dirección elegida.

Los cerrojos de agujas son de dos clases, individual y -  
axial, ambos tienen por objeto mantener la posición elegida -  
de las agujas, de tal manera que garantizan la dirección del -  
material rodante no permitiendo el cambio involuntario.

Los motores del cambio de vía, proporcionan el cambio de -  
posición de las agujas en forma automática, estos motores se -  
usan generalmente en la línea, ya que en talleres el cambio se -  
hace manualmente.

3).- BALIZOS .- el balizo está constituido de traviesas -

río ó piedra triturada.

Su función es la de repartir sobre el piso los esfuerzos y cargas transmitidas por el material rodante.

Debido a los asentamientos que sufre la ciudad de México, y a los continuos movimientos sísmicos, se hace necesaria la utilización del balasto que soporte directamente la vía por medio de los durmientes ya que esto permite renivelaciones periódicas de la vía.

La piedra deberá provenir de rocas estables y duras, talos como granito, basalto, cuarzo, etc.

El buen funcionamiento del balasto y el alargamiento de los períodos de renivelación se logra si se controla en forma adecuada; la calidad, dimensiones y procesos de obtención.

La aprobación del Sistema de Transporte Colectivo, respecto a las cualidades antes mencionadas, está basada en el criterio seguido por la A.S.T.M. (American Society for Testing of Materials), de donde se obtienen las siguientes conclusiones:

Las piedras obtenidas de las canteras para la producción de balasto deberán provenir de los bancos más sanos y duros. Debiéndose rechazar el material proveniente de despalmes, de bancos de mala calidad.

No se admitirá material blando ó arrietado.

Los límites máximos permitidos para los elementos de mala calidad son establecidos por las siguientes normas:

A.S.T.M.	C-205-54	Elementos blandos	5%
A.S.T.M.	C-117-49	Material que pasa la malla número 200	1%
A.S.T.M.	C-172	Elementos arrietados	0.9%

Se deberá lavar el balasto con el objeto de eliminar polvo y arena que pudieran encontrarse mezcladas con piedra.

La resistencia al desgaste de la piedra medida en la máquina de los Angeles, deberá ser suficiente para que el porcentaje de pérdida registrado sea menor de 23%, debiendo tener las partículas una densidad de  $2.70 \text{ Kg/dm}^3$ .

Para verificar lo antes mencionado, se tomará un volumen de  $0.500 \text{ m}^3$  de balasto, ya sea a la salida ó a la llegada.

4).- DURMIENTES .- Los durmientes ordinarios soportan las cargas que se desarrollan en las pistas de rodamiento y rieles de seguridad, y a su vez las transmiten al balasto.

Ciertos durmientes soportan además a los aisladores de las barras gufa-siendo estos diferentes de los ordinarios.

Los durmientes se fabrican de azobe (madera africana), con las siguientes dimensiones:

Dimensiones del durmiente	Ordinarios "A"	Soporte de barra gufa "GA"
longitud (en cm)	260	270
ancho (en cm)	24	26
espesor (en cm)	14	15

Los durmientes se maquinan por el ancho de una de sus caras (cajeado) donde se coloca el riel y la pista de rodamiento y los durmientes, y los durmientes que soportan los aisladores llevan un maquinado adicional, donde se coloca el soporte lateral del aislador (raiser o conejo o "rod" luna).

Las dimensiones anteriores son las de los durmientes

usados en la vía principal, sin embargo existe una serie de durmientes que se diferencian por sus dimensiones ó por los maquinados.

Dado que se necesita cubrir las condiciones para cambio de vías, cuevas, para pistas de rodamiento de concreto.

Características de los durmientes de vía recta ó curva con radio mayor de 360 m (principal):

La distancia entre ejes de dos durmientes sucesivos llamado espaciamiento de los durmientes es de 75 cm.

La distancia entre las caras interiores del hongo de los rieles es de 1.435 m, por lo tanto el cajado de los durmientes debe conservar esta dimensión se utilizan dos tipos de durmientes: "A" y "GA" y se colocan de la siguiente manera:

Entre cada dos durmientes "GA" se encuentran tres durmientes "A".

Características de los durmientes de vía curva con radio inferior de 360 m (principal) :

El espaciamiento de los durmientes es de 60 cm, en este tipo de vía existen las siguientes zonas en forma consecutiva: recta, transición, curva de radio constante, transición y recta.

La distancia interior entre la parte superior de los rieles es de 1.439 m para el tramo curvo.

Donde se requieren los siguientes tipos de durmientes: Para el tramo recto: - durmientes tipo "A" y "GA" cuyo cajado nos da una distancia de 1.435 m (El primero ordinario y el segundo maquinado para la colocación de alfileres).

Para el tramo en transición: - debido a que este tramo es muy corto, se utilizan los durmientes de transición "B", que no

están maquinados para soportar el aislador y cuyo cajado nos da una distancia de 1.435 m y 1.439 m en forma gradual.

Para el tramo curvo:- se requieren dos tipos de durmientes: "C" y "CC" cuyo cajado nos da una distancia entre rieles de 1.439m soportando el primero el riel y la pista de rodamiento, el segundo soporta en forma adicional un aislador por cada lado. La diferencia entre estos dos durmientes es el maquinado.

Durmientes que soportan los aparatos de vía - los aparatos de vía están soportados por diferentes tipos de durmientes de dimensiones más ó menos irregulares.

Estos durmientes soportan una serie de rieles fundidos y rieles de transición de 80 a 100 lb/yd, por lo que el cajado en los durmientes es muy particular en cada uno de ellos.

- Durmientes que soportan las vías - Las vías secundarias son aquellas en que circulan los trenes vacíos y a bajas velocidades, los cuales se localizan en talleres y enlaces.

Se tienen vías secundarias con pistas de concreto y vías secundarias con pista metálicas.

Las diferentes necesidades de las vías secundarias con pistas de concreto, se cubren con ensambles tipo de 6.00, 5.80 y 3.00 m; siendo unidos los extremos de uno a otro por medio de cuñas metálicas que se fijan al durmiente por medio de tirafondos, quedando de esta manera fijos, tanto la cuña como la pista de rodamiento.

Estas uniones quedan situadas entre dos durmientes. Ensamblés tipo de 6.00 m, existen seis el res: 6.00 AG, 6.00 AT, 6.00 CG, 6.00 A, 6.00 AT, 6.00 C.

Se utilizan en la mayor parte de las vías de taller, es decir, para líneas de mantenimiento.

- Ensamblés tipo de 5.80 m - existen dos el res: 5.80 BT y 5.80 RT, se utilizan al final de la vía, cuando también se utiliza

a un muro, quedando los rieles embebidos en concreto.

- Ensamblados tipo de 3.00 m: existen dos clases: 3.00 A y 3.00 C; se utilizan para cambios bruscos ó sea, radios pequeños.

Nomenclatura usada en los ensambles tipo :

6.00 m .- Indica una longitud efectiva de la pista de rodamiento de 6.00 m, en tramos rectos y de transición; en tramo curvo indica que la pista de rodamiento correspondiente al gran radio, es de 6.00 m, siendo de 5.803 m para el radio pequeño.

5.80 m .- No existen tramos curvos en este tipo de ensamble, por lo tanto indica una longitud efectiva de la pista de 5.80 m en tramo recto y en transición.

3.00 m .- No existen tramos de transición en este tipo de ensamble, e indican una longitud efectiva de la pista de 3.00 m en el gran radio y de 2.901 m en el radio pequeño.

A .- Tramo en línea recta. Por lo tanto se tendrá una distancia entre partes superiores de rieles de 1.435 m.

T .- Tramo en transición de la recta a curva. Dependiendo de su posición, indica una distancia entre partes superiores de rieles variable de 1.435 m a 1.439 m.

C.- Tramo en curva, con distancia entre rieles de 1.439 m.

G.- Indica doble guiado lateral por barra guía. Los ensambles sin G toman la corriente de tracción de la única barra guía ensamblada en el tramo.

RB.- Indica riel embebido en concreto.

#### TIPO Y CANTIDAD DE DURMIENTES USADOS EN LOS ENSAMBLES

Todos los durmientes tienen un espaciamiento entre ejes de 75 cm, medidos según el caso, en línea recta, ó por el borde exterior del radio grande.

#### NOMENCLATURA DE LOS DURMIENTES:

- A - Durmiente ordinario, maquinado para soportar riel y pista recta.
- GA - Igual que "A", más maquinado para soportar un aislador por cada extremo.
- JA - Durmiente maquinado para soportar riel, pista y cuña de unión en recta.
- T - Durmiente maquinado para soportar riel y pista en transición.
- GC - Igual que "C", más maquinado para soportar un aislador por cada extremo.
- JC - Durmiente maquinado para soportar el riel, pista y cuña de unión en curva.
- SA - Durmiente maquinado para soportar riel, pista y un aislador en un extremo, en recta.
- SC - Durmiente maquinado para soportar riel, pista y un

aislador en un extremo, en curva.

SACR1, SACR2, SACR3 .- durmientes maquinados para soportar riel, pista, más un maquinado para soportar un aislador en un extremo que en forma gradual, va alejando la barra guía de la vía, el número uno significa maquinado para línea recta, el 2 para transición, y el 3 para curva.

5).- RIELES DE SEGURIDAD .- Los rieles de seguridad están constituidos por tramos de 18 metros soldados entre sí a tope.- Originalmente por el procedimiento aluminio térmico, actualmente por medio de soldadura eléctrica.

La parte superior del riel se llama Monga, la parte media se llama alma y la inferior patín.

En vía corriente, en las terminales y en los talleres el riel utilizado es del tipo 80 ASCE.

Los aparatos de vía solamente tienen rieles de 100 lb. El enlace entre el riel de 80 lbs. y el riel de 100 lbs. se realiza por medio de un riel de enlace mixto de 100/80 lbs. unido con planchuelas por el lado del aparato y soldado por el lado de la vía corriente.

La composición química de los rieles es la siguiente:

Carbono	-	0.62 a 0.77 %
Manganeso	-	0.60 a 0.90 %
Fósforo	-	0.04 % máximo
Azufre	-	0.055 % máximo
Silicio	-	0.10 a 0.20 %

Fierro

- Resto

El tendido se efectúa sobre los durmientes de azobe, los cuales se llenan un cajeadado ó maquinado con un desnivel del lado interior de 6 mm.

Se fijan en cada durmiente por medio de tirafondos, uno a cada lado del riel.

Cuando llevan junta de señalización las dos secciones están separadas entre sí por una junta extrema de material aislante y unidas por planchuelas especiales de madera tratada ó metal y forro aislante que asegura la rigidez mecánica y el aislamiento eléctrico.

6).- PISTA DE RODAMIENTO :- Existen dos tipos de pista de rodamiento, que son:

6- 1).- PISTAS DE RODAMIENTO METALICO.

6- 2).- PISTAS DE RODAMIENTO DE CONCRETO ARMADO.

6- 1).- Pistas de rodamiento metálico: Son tramos de 18 metros de longitud de laminado especial en forma de "I" de alas anchas de 230 mm de ancho en el patín, y la mesa de rodamiento tiene 140 mm de altura y un peso de 68.40 Kg por metro lineal.

Los tramos de pista metálica que forman una misma hilera son soldados a tope por medio de soldadura eléctrica.

6- 2).- Pistas de rodamiento de concreto armado: Son elementos de una longitud máxima de 6.00 m, de sección rectangular que tienen en su base 230 mm de ancho por 140 mm de altura.

Se colocan igualmente al exterior de los rieles y paralelas a estos.

Se fijan los durmientes con tirafondos.

7).- AISLADORES DE BARRA GUÍA :- Existen dos tipos:

- 7- 1).- Los aisladores Spaulding de polyester armado de fibra de vidrio.
- 7- 2).- Los aisladores Sediver; se componen de dos partes metálicas aisladas por una campana de vidrio color verde.

Los aisladores se colocan sobre zoclos metálicos de bridas laterales y se fijan a la base por medio de cuatro tornillos.

El zoclo se coloca de manera que las cuñas metálicas montadas en los extremos de los husillos, entren en las aberturas previstas para ello en la punta de las bridas.

El zoclo descansa entonces sobre el durmiente por el relieve que se encuentra en su parte inferior, insertándose en la ranura.

El zoclo se fija por medio de un tornillo pasado, de la cara superior a través del durmiente hasta la cuerda de la pieza colocada en la base de éste llamada candelero.

8).- BARRA GUÍA :- Son de ángulo de acero dulce fundido, en tramos de 18 m de largo.

Las dimensiones son: cara vertical 152.4 mm, cara horizontal 101.60mm, espesor 22.2 mm. Peso 40.4 Kg por metro (lineal)

Su composición química es la siguiente:

Carbono	:	0.14 % máximo
Silicio	:	0.20 % máximo
Manganeso	:	0.4 a 0.85 %
Fosforo	:	0.06 % máximo
Azufre	:	0.04 % máximo
Fósforo más azufre	:	0.07 % máximo

Las barras guía actualmente se soldan con el sistema de soldadura eléctrica.

Las barras guía se sujetan en los aisladores por medio de tres tuercas de 5/8 autofrenadas, que se atornillan en pernos soldados sobre el interior de la cara vertical de la barra guía por el procedimiento Nelson.

Una calza permanente (gálipo) se coloca entre la cabeza del aislador y el lado interior vertical del ángulo.

Las barras se colocan a los lados de los rieles y pistas de rodamiento teniendo del centro de la pista al centro de la barra guía una altura de 131 mm  $\pm$  5 mm.

El escantillón entre las dos barras guías laterales debe ser de 2497 mm  $\pm$  3, - 2 mm.

Las barras guía "B" y "C" se cortan en la zona de los aparatos de vía y se les hace forma de cruceta doblada hacia afuera con una extensión hasta de 9 m de largo. Esto permite salir y entrar libremente a las escobillas positivas del carro motor en contacto con la barra guía.

Tramos de protección :- Estos tramos se conocen como "zonas neutras" y miden 11.40 m de longitud. Se hace un maquinado de 4 mm a la cara vertical de la barra y se colocan placas aislantes de Isolex, con una extensión de 7.40 m que terminan 2m. antes de los extremos de la zona neutra.

Esto se hace en caso de un seccionamiento y con el fin de evitar que dos secciones consecutivas sean puenteadas por escobillas positivas de un tren.

#### Protección de la barra guía:

Bajo túnel.- a fin de evitar accidentes al personal, la barra guía se cubre en el lado del muro con una cinta aislante de cloruro de polivinil ó banda de neopreno de 1 cm de espesor

sobre el lado horizontal superior de la barra guía.

En las estaciones.- para evitar corto-circuito provocados por la caída de objetos a la vía. Además de la protección de neopreno llevan en la cara vertical un aislante de isolex colocado a lo largo del andén.

9).- SEÑALIZACION :- Las señales sirven para garantizar la seguridad de la marcha de los trenes.

Clasificación de señales:

- Señales fijas
- Señales móviles
- Señales de trenes

Cada una de estas, se subdivide en: ópticas y acústicas.

SENALES FIJAS: son aquellas que transmiten órdenes e indicaciones en forma permanente a los conductores.

Los conductores deben conocer perfectamente la ubicación de las señales en la línea donde presta sus servicios.

SENALES MOVILES: son aquellas que pueden ser presentadas de manera imprevista a los conductores de los trenes, y como su nombre lo dice no poseen un lugar permanente para su ubicación.

SENALES DE TRENES: son todas aquellas señales que están en los trenes.

TIPOS DE SEMAFOROS los semáforos están formados por dos, tres ó cuatro lentes dispuestas generalmente en forma superpuesta ó excepcionalmente yuxtapuesta.

Estos lentes son de forma circular, pudiendo encontrarse en color verde, rojo y amarillo.

Además, fuera del bloque que forma el semáforo, existe una lente más pequeña, también en forma circular que normalmente se encuentra encendida presentando una luz blanca azulada, esta recibe el nombre de lámpara piloto.

En la parte inferior tiene una ó dos letras en fondo blanco iluminado con letras negras.

SEÑALES DE ESPACIAMIENTO: estas señales sirven para mantener un espacio de seguridad entre los trenes que circulan sobre una misma vía, en el sentido normal de la circulación.

Las señales de espaciamiento son identificadas por los nombres y letras siguientes:

- Señal de entrada .-- para las señales ubicadas a la entrada de las estaciones y designada con la letra "E" la cual se localiza en la parte inferior del semáforo.
- Señal de salida .-- para las señales ubicadas a la salida de las estaciones y designada con la letra "S", la cual se localiza en la parte inferior del semáforo.
- Señal de entrada -  
per isible: - esta señal se encuentra a la entrada de la estación y que además exista la posibilidad de cambio de vía adelante de esta y se designa con las letras "EP" las cuales se localizan en la parte inferior del semáforo.

CODIGO DE LUCES DE SEÑALES DE ESPACIAMIENTO :

- Luz verde : vía libre
- Luz roja : alto

SEÑAL DE MANIOBRA :- los semáforos de las señales de maniobra son idénticos en su construcción y aspecto a los de las señales de espaciamento.

La identificación de las señales de maniobra está dada por una placa presentando, en negro sobre fondo blanco:

- una letra, como en el caso de las señales ubicadas en las vías B, V e Y, en la zona de talleres Zaragoza.
- una letra y un número de una ó dos cifras, como el caso de las señales de garaje y los talleres (G1, T5, T15 etc)
- una letra, seguida de las letras A ó B (ZA, 7B etc)
- un número de dos cifras (15, 24, 27, etc)
- un número de dos cifras seguido de las letras A ó B, en el caso de un C.D.V. que está encuadrado por dos señales de maniobra (14 A, 14 B, 24 A, 24B, etc)

CODIGO DE LUCES:

Luz roja con lámpara piloto apagada :

Alto Total.

Luz roja con lámpara piloto encendida:

Alto espaciamento

Luz amarilla:

Reducción de velocidad de 15 Km/h

Luz verde :

Vía libre

SEÑAL DE ADVERTENCIA : Estas señales sirven para advertir que existe una señal más adelante. Dado que algunas no son muy visibles ó debido a una curva ó distancia; estos advertidores se identifican por una placa que se encuentra en la parte inferior con la letra A seguida de una I con un número que puede ser: 1, 2 ó 3.

CÓDIGO DE LUCES :

Luz verde : Vía libre.

Dos luces amarillas : Ajustar velocidad de manera de estar en condiciones de detenerse ante la siguiente señal ó bien de pasar en reducción de velocidad ante ella.

10).- OBTENCION DE LA ENERGIA : la energía eléctrica es suministrada por la Compañía de Luz, proviene de las subestaciones Monoalco y Jamaica, llega en forma de corriente trifásica de 85 K.V. a alimentar la subestación de alta tensión de Buen Tono (P.C.C.).

Dada la ubicación de las subestaciones alimentadoras, la alimentación a Buen Tono solo quedaría cortada con la desenergización total del anillo eléctrico.

Cada cable alimentador de 85 KV alimenta una subestación la cual alimenta a su vez la mitad de las instalaciones del Sistema, siendo posible ante la falla de una subestación alimentar la totalidad de las instalaciones por medio de la otra.- La corriente de 85 KV a su paso por la subestación es transformada en 15 KV que alimenta cuatro bases de tracción y dos bases de alumbrado que a su vez son los encargados de alimentar las subestaciones de rectificación y de alumbrado y fuerza (que alimentan los llamados puestos de Transformación y Rectificación) los cuales son alimentados a través de un interruptor automático llamado disyuntor de alta tensión ó D.H.T., el cuál está bajo el control de los reguladores de P.C.C.

Las subestaciones ó Puestos de Rectificación, P.R., se encargan de transformar y rectificar la tensión a 750 V.C.D., necesaria para el movimiento de los trenes.

Están ubicadas a 1.1 Km de distancia una de otra, de tal

manera que no se afecte el mínimo de tensión y corriente requerida para el movimiento de los trenes.

Existen dos tipos de P.R.; una denominada de seccionamiento y otra de alimentación en tracción.

En las primeras, el disyuntor ultra rápido alimenta directamente una de las zonas y la zona adyacente es alimentada a través de los contractores de seccionamientos.

En la segunda, el disyuntor ultra rápido se encuentra en todas las subestaciones y permite la alimentación del puesto de Rectificación a los cableados que alimentan la barra guía. El disyuntor ultra rápido es común a las dos vías, de manera que las mismas se encuentran en paralelo a pesar de que el disyuntor ultra rápido esté abierto.

El retorno de la corriente a las subestaciones de Rectificación se efectúa por los rieles de seguridad, los cuales logran su continuidad eléctrica a través de los puentes de inductancia.

**B).- MANTENIMIENTO PREVENTIVO :**

El objetivo primordial de mantenimiento de vías, es mantener en óptimas condiciones de explotación las instalaciones de la vía, con el fin de prestar el servicio público, en forma regular de horarios e ininterrumpidamente durante las horas de operación.

Actualmente se encuentran en servicio 42 Km de vía doble, distribuidos en tres líneas, de la siguiente manera:

Línea 1 : 16.6 Kms con 19 estaciones.

Línea 2 : 18.2 Kms con 22 estaciones.

Línea 3 : 7.4 Kms con 7 estaciones.

Por lo que respecta a la zona de talleres Zaragoza y Taxqueña, así como los peines de Observatorio se encuentran instalados 19.5 Km de vía sencilla.

Con la finalidad de poder programar la **prioridad** y periodicidad con la que se debe de dar mantenimiento a cada uno de los elementos un análisis quedando actualmente como sigue:

Mantenimiento de aparatos de vía.- consiste en limpiar y lubricar los cerrojos, así como limpiar y engrasar las agujas y las piezas moldeadas, donde hace contacto la rueda metálica de los trenes.

Personal necesario: de 3 a 5 personas. (Una persona da mantenimiento a 2 aparatos por turno).

Frecuencia: Aparatos Tg 0.13 instalados en terminales, cada quince días. (maniobras "O" y "V") así como aparatos de enlace a talleres.

Aparatos Tg 0.13 de servicio provisional y enlaces en las tres líneas cada treinta días.

Aparatos Tg 0.20 instalados en talleres una vez cada 30 días.

Juntas aislantes de señalización de riel y pista:

El mantenimiento consiste en desmontar, limpiar, barnizar, reponer los elementos dañados (bujes, juntas ó forros) y montar.

Personal necesario: se requiere una persona para dar mantenimiento a cuatro juntas. Se emplean tres personas por turno.

Frecuencia: una vez al año en líneas y talleres.

Reposición de pernos Nelson :

Se sueldan por procedimiento Nelson los pernos caídos por los esfuerzos a que está sujeta la barra guía, en los aisladores y juntas de dilatación, en el caso de los aisladores, se desmonta este y por medio de un gato mecánico se eleva la barra por encima del aislador para que se pueda soldar.

Personal necesario: se necesitan tres personas por turno para colocar un promedio de ocho pernos por turno.

Equipo: una máquina de soldar, un autoarmón, un gato mecánico.

Ajuste de barra guía :

Verificación y corrección de las medidas geométricas entre la barra guía de cada vía por medio de un escantillón, utilizando láminas de ajuste entre el aislador y la barra guía.

Personal necesario: se requiere de un grupo de 8 personas, las cuales ajustan 290 aisladores por turno.

Apriete de tornillos de fijación de aislador :

Apretar con máquina tirafondera los cuatro tornillos de fijación que tiene el aislador.

Personal necesario: se requiere de un grupo de cinco personas, las cuales aprietan 714 tornillos por turno.

Frecuencia: una vez al año, en las líneas y talleres.

Equipo: cuatro máquinas tirafonderas.

Apriete de tornillo de candelero :

Apretar con máquina tirafondera el tornillo que fija el zóclo, a través del eje, con el candelero.

Personal necesario: se requieren tres personas, las cuales aprietan 286 tornillos por turno.

Frecuencia: una vez al año en las líneas y talleres.

Equipo: Dos máquinas tirafonderas.

Grafitado de barra guía :

Consiste en limpiar y grafitar la barra guía.

Personal necesario: se requiere de dos personas por turno que limpian y grafitan 850 metros.

Frecuencia: una vez al año, en las tres líneas y talleres.

Ajuste de aparatos de vía T<sub>1</sub> 0.13 :

Probar junto con personal de señalización, el libre movimiento de motor y agujas. En caso de encontrar problemas se procederá a efectuar los ajustes necesarios.

Personal necesario: dos personas revican y en su caso ajustan un promedio de 3 aparatos por turno.

Frecuencia: Cuatro veces al año.

Limpieza de vías :

Este equipo se utiliza para el lavado de aparatos, juntas de señalización, así como para el desazolve del canal cubeta, por medio de un chorro a presión y en algunos casos cuando el balasto está contaminado.

Personal necesario: se requieren dos personas.

Frecuencia: aparatos de vía y juntas de señalización; 3 veces al año. Y para desazolve una vez al año.

Equipo: un trackmobile, un carro tanque de 25 000 litros de capacidad.

Grupos de emergencia :

Cubrir las horas de operación del Sistema con el objeto de acudir de inmediato a solucionar las fallas que se presenten.

Personal necesario: se requieren dos turnos de trabajo, con un mínimo de cinco personas en cada uno.

Equipo: una camioneta equipada.

c).- MANTENIMIENTO CORRECTIVO :

Debido a la acción que ejercen los trenes al desplazarse sobre el suelo y las alteraciones naturales que se tienen en el perfil de una línea, se verifica constantemente el sistema de vías, para efectuar trabajos de compactación y nivelación.

Nivelación y compactación de vía :

Para efectuar la nivelación se utilizan gatos mecánicos en los lugares donde se tenga que subir la vía, compactandola por medio de vibradores en las cabezas de los durmientes.

Personal necesario: un grupo de 38 personas, que avanzan un promedio de 115 metros por turno.

Frecuencia: se requiere corca de 3 años para compactar la misma zona.

Equipo: un tracomobile, una plataforma de 18 metros, 16 vibradores, 4 generadores y 10 gatos mecánicos.

El mantenimiento correctivo de los demás elementos de la vía, es cambiar el elemento dañado por uno nuevo.

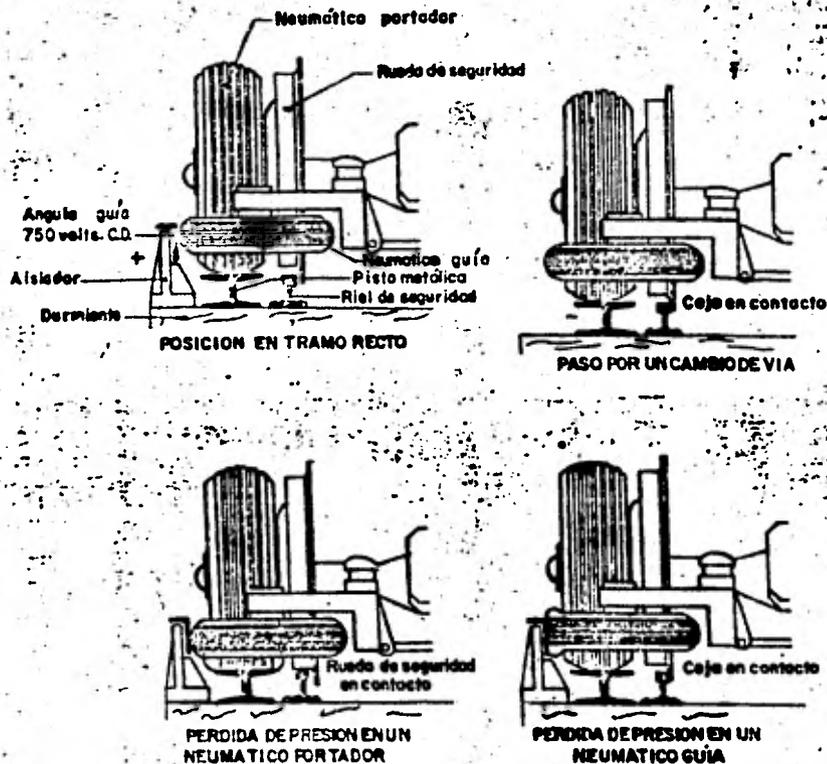
d).- EJEMPLO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO :

NIVELACION Y COMPACTACION DE VIAS.

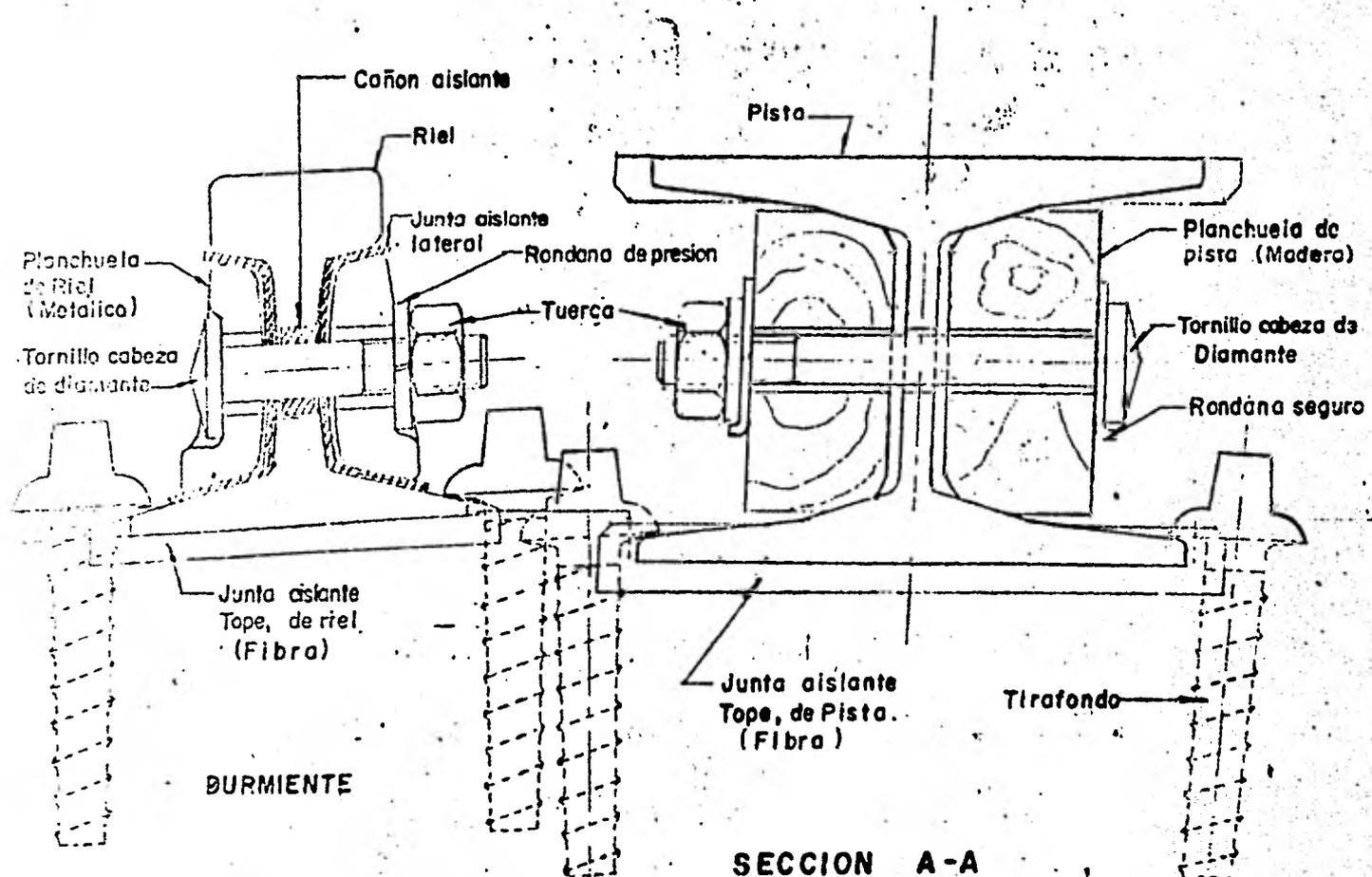
En los muros que existen a los lados de la vía, se pintaron -  
unas palomas, las cuales estan medidas con la rasante de vía y -  
estas se obtuvieron midiendo del hongo del riel hacia arriba un -  
metro exactamente.

Existen dos palomas en el mismo cadenamiento, con estas se -  
tiende un hilo de lado a lado y de este hilo se mide con una re -  
gla de madera un metro, si no es la mediana, ya sea que le falte -  
ó le sobre para llegar a medir un metro.

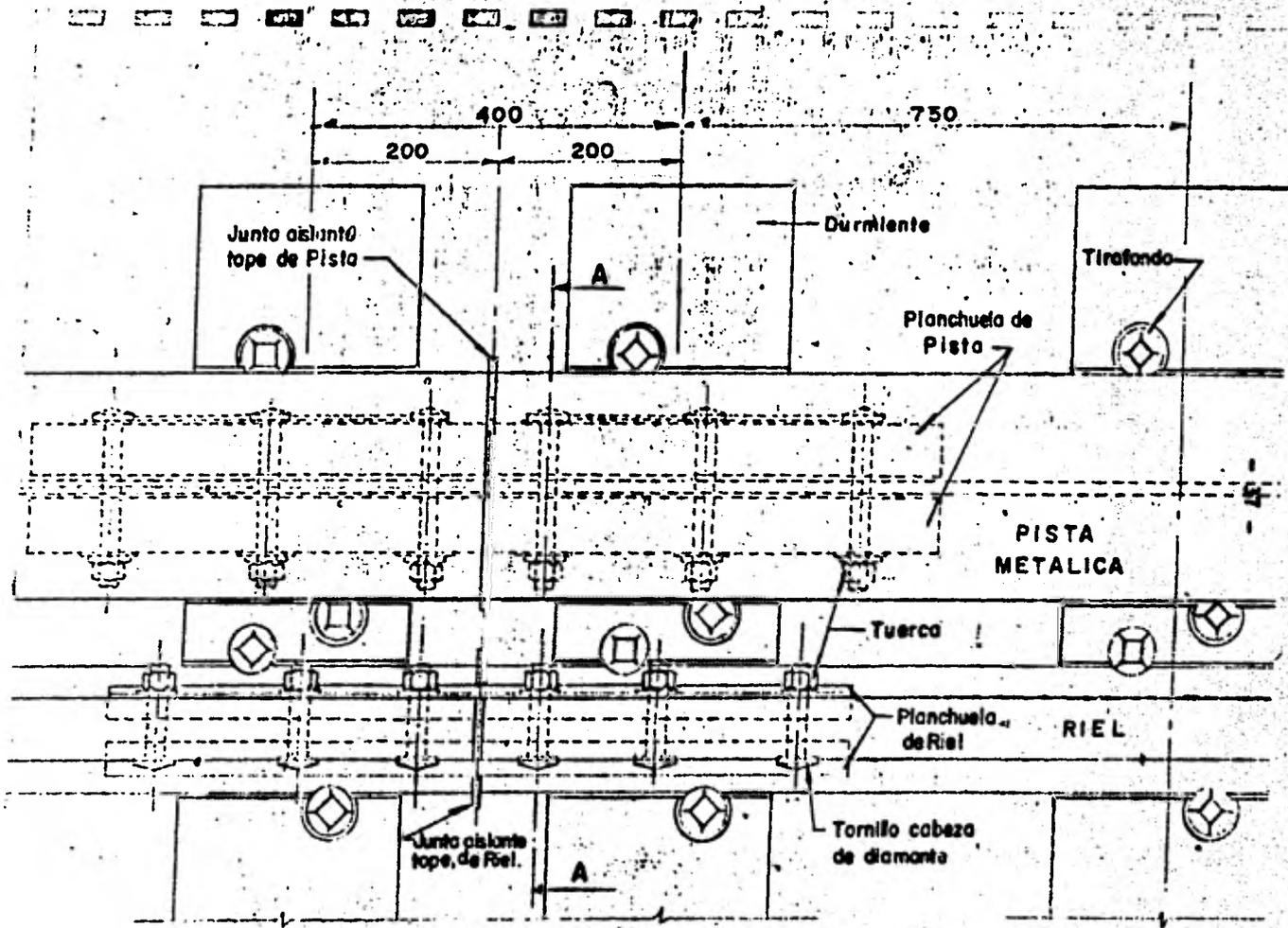
Se sube la vía por medio de gatos colocándolos en el riel una  
vez que el balasto se encuentra libre se meten las vibradoras, una  
a cada lado del durmiente, con esto se comienza a compactar, después  
se baja la vía y se mide nuevamente, en caso de que le haga falta  
altura se pasa una gondola con las cuales se va regando balasto -  
y se repite la operación antes descrita.



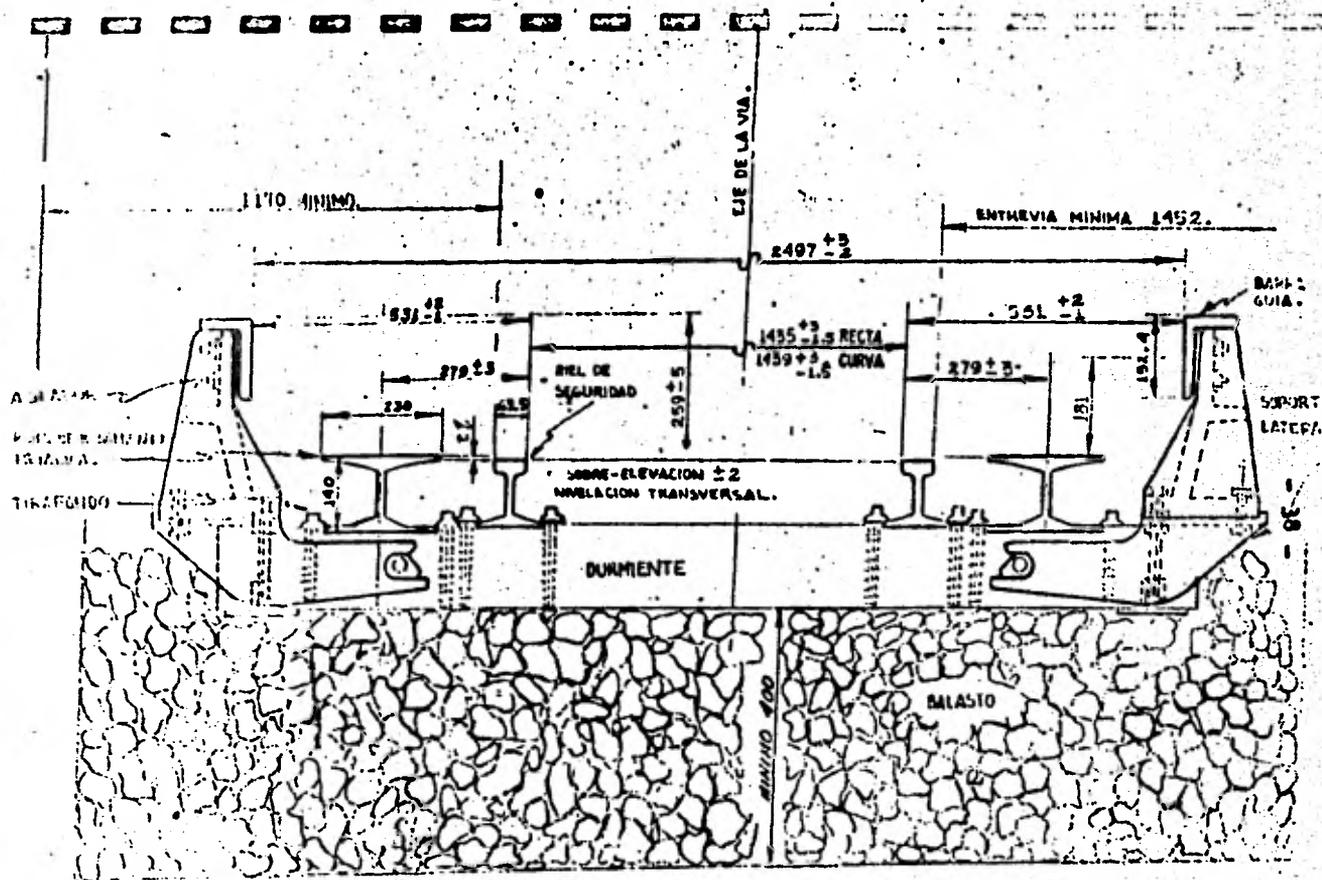
**DIFERENTES FUNCIONAMIENTOS DE LOS NEUMATICOS Y RUEDA DE SEGURIDAD**



**JUNTA AISLANTE EN VIA PRINCIPAL**



**JUNTA AISLANTE EN VIA PRINCIPAL**

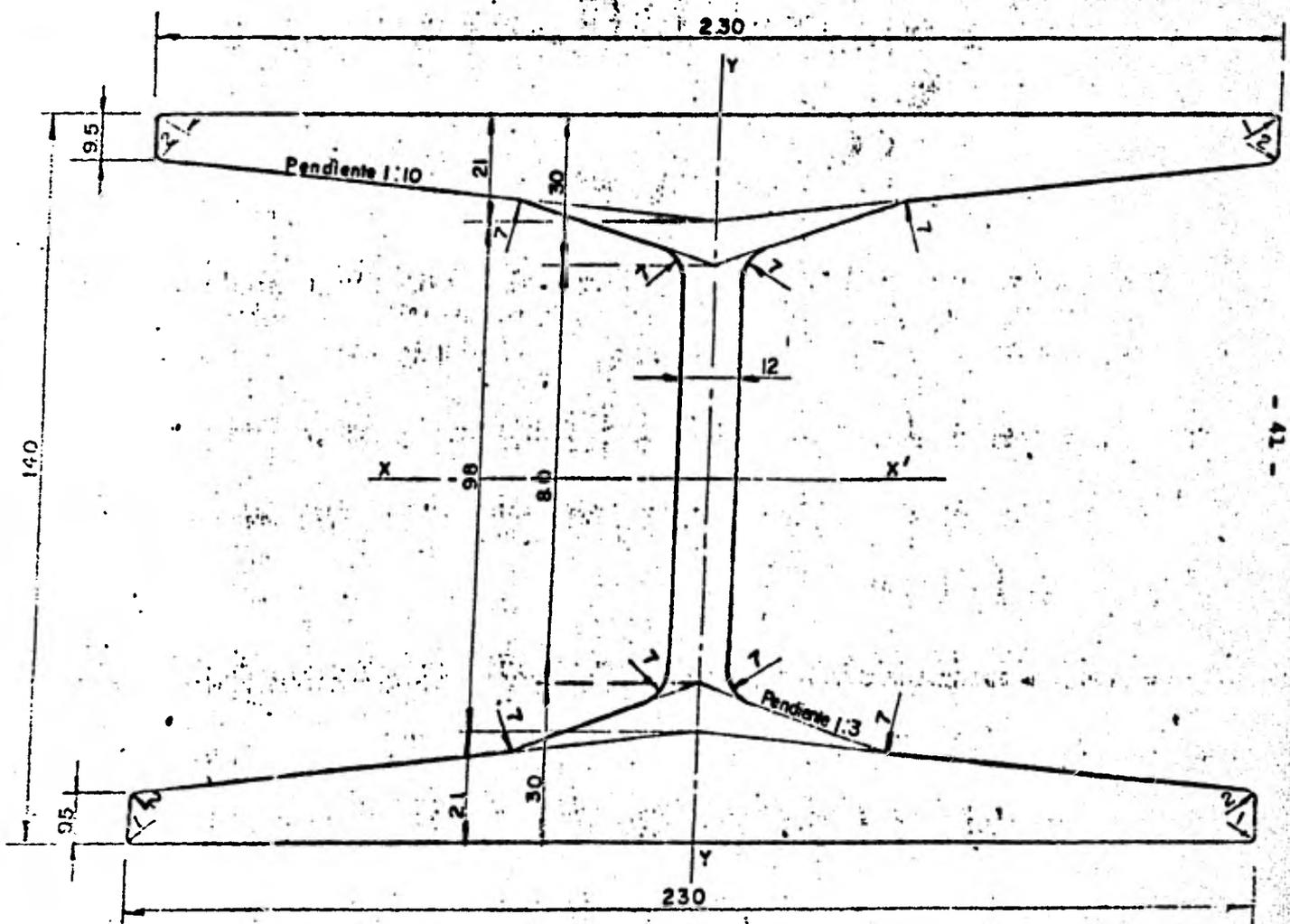


Acción en milímetros.

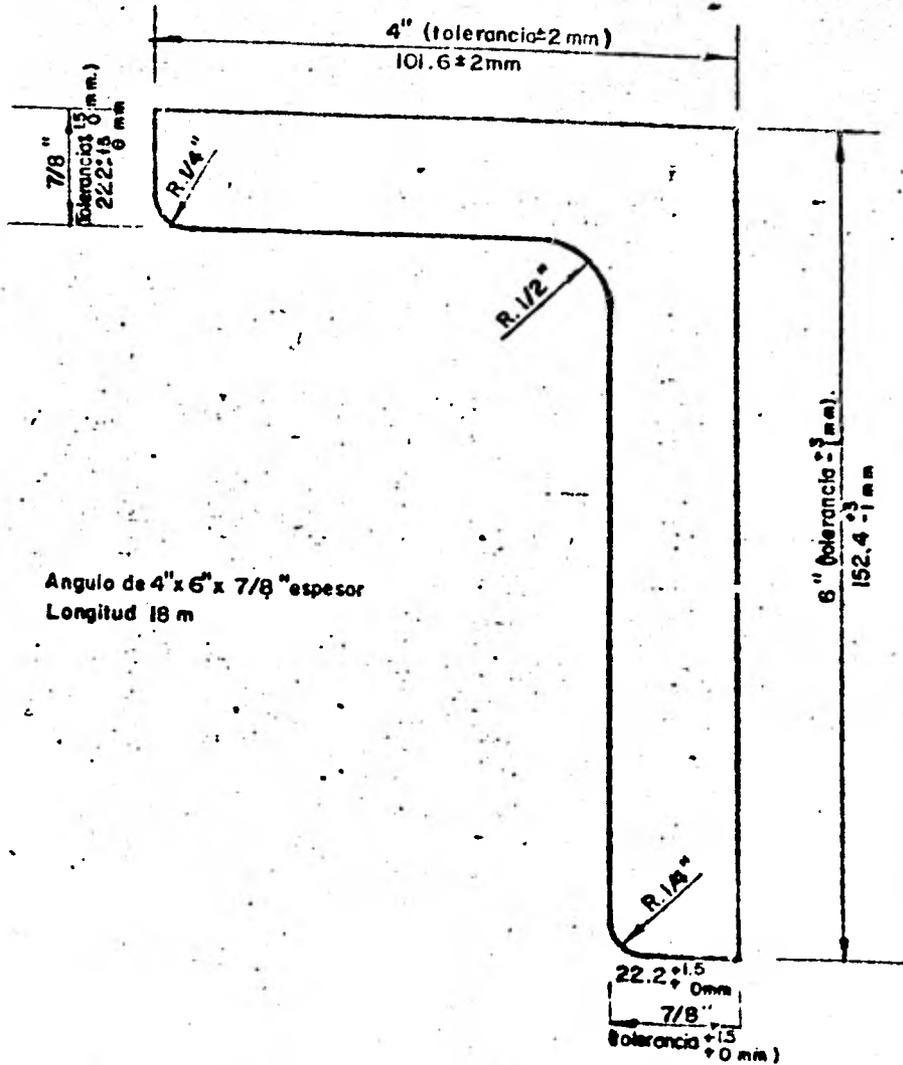
**VIA PRINCIPAL**







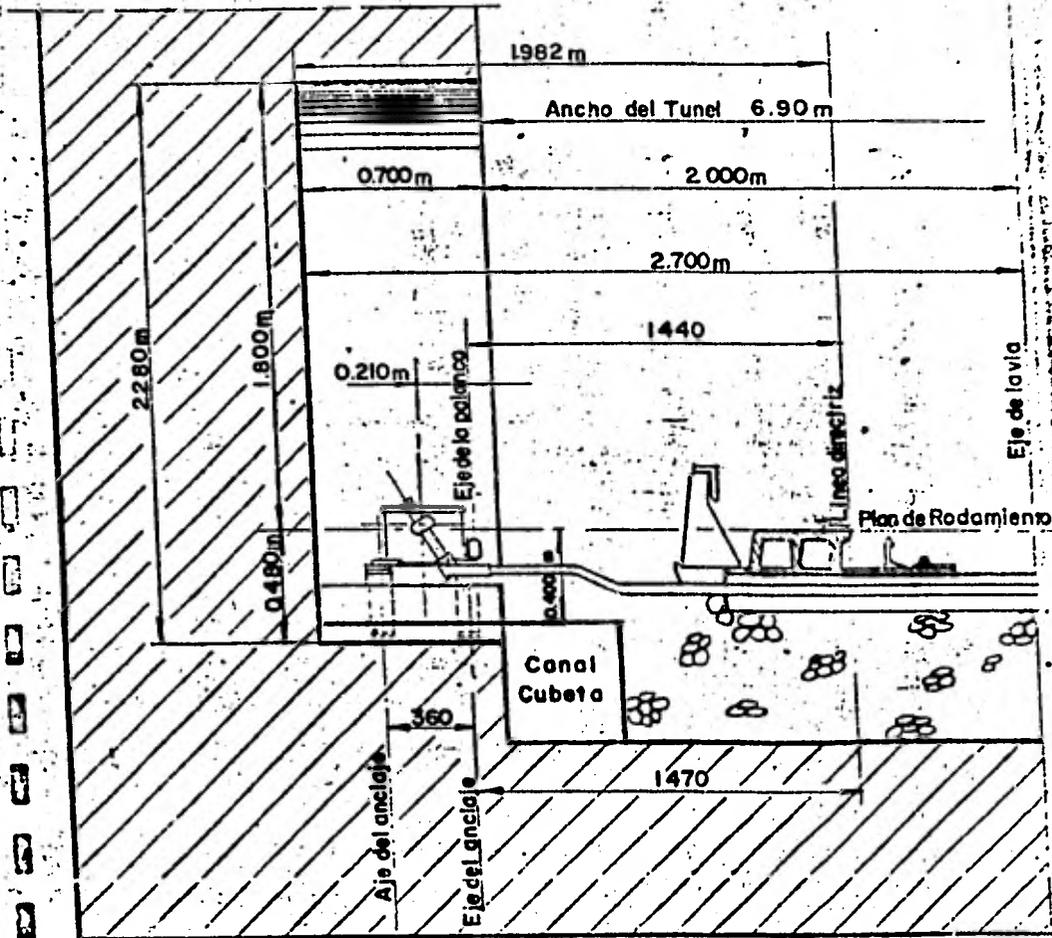
PERFIL DE LA PISTA METALICA



Angulo de 4" x 6" x 7/8" espesor  
Longitud 18 m

# PERFIL DE LA BARRA GUIA

SECCION F-F



DETALLE DEL NICHOS DEL MOTOR  
CAMBIO DE VIA (TIPO 66)

### CAPITULO III

#### MANTENIMIENTO DE ESTRUCTURAS :

##### a) DESCRIPCION DE INSTALACIONES :

Las estaciones a lo largo de las líneas del Metro sirven para la captación de usuarios y también para salir de la línea cuando lo desea el usuario.

El Metro cuenta actualmente con 46 estaciones:

Línea 1 (Zaragoza - Observatorio)	: 19 estaciones
Línea 2 (Taxqueña - Tacuba)	: 28 estaciones
Línea 3 ( Hospital General-La Raza)	: 8 estaciones

Estas estaciones las podemos clasificar en tres tipos:

- 1) Estaciones base ó de Correspondencia
- 2) Estaciones a cielo abierto (Calzada de Tlalpan)
- 3) Estaciones subterráneas

##### 1) Estaciones base ó de correspondencia:

Estas estaciones sirven para cambiar de línea. Cuentan con dos entradas con escaleras para bajar a la estación. Además tienen dos andenes los cuales miden 1.50 metros de largo por 3 metros de ancho aproximadamente. También cuentan con dos taquillas, dos hileras de torniquetes de entrada ó salida, los cuales se localizan enfrente de las taquillas ó a un costado de estas. Dentro de la estación cuenta con cuatro escaleras eléctricas y cuatro escaleras normales, las que sirven al usuario para el transbordo de líneas.

También se cuenta con un local técnico que sirve para guardar herramienta, local de la policía Bancaria Industrial, local de Intendencia, baños para el personal que labora, bodegas.

De este tipo de estaciones existen 3, que son: Pino Suárez, - Balderas e Hidalgo.

## 2). Estaciones a cielo abierto:

Estas estaciones están localizadas a lo largo de la Calzada de Tlalpan. Constan de dos entradas, en las cuales existe una taquilla por cada lado y una barrera de torniquetes para entrada y salida de usuarios, tiene también dos escaleras eléctricas; una para cada lado y únicamente para subir a la rampa que cruza la Calzada de Tlalpan, al término de esta rampa se encuentran dos escaleras para bajar al andén, el cual tiene 1.50 m de largo y aproximadamente 6 metros de ancho. También consta de baño para los empleados, local de la Policía Bancaria Industrial, local para uso de bodega.

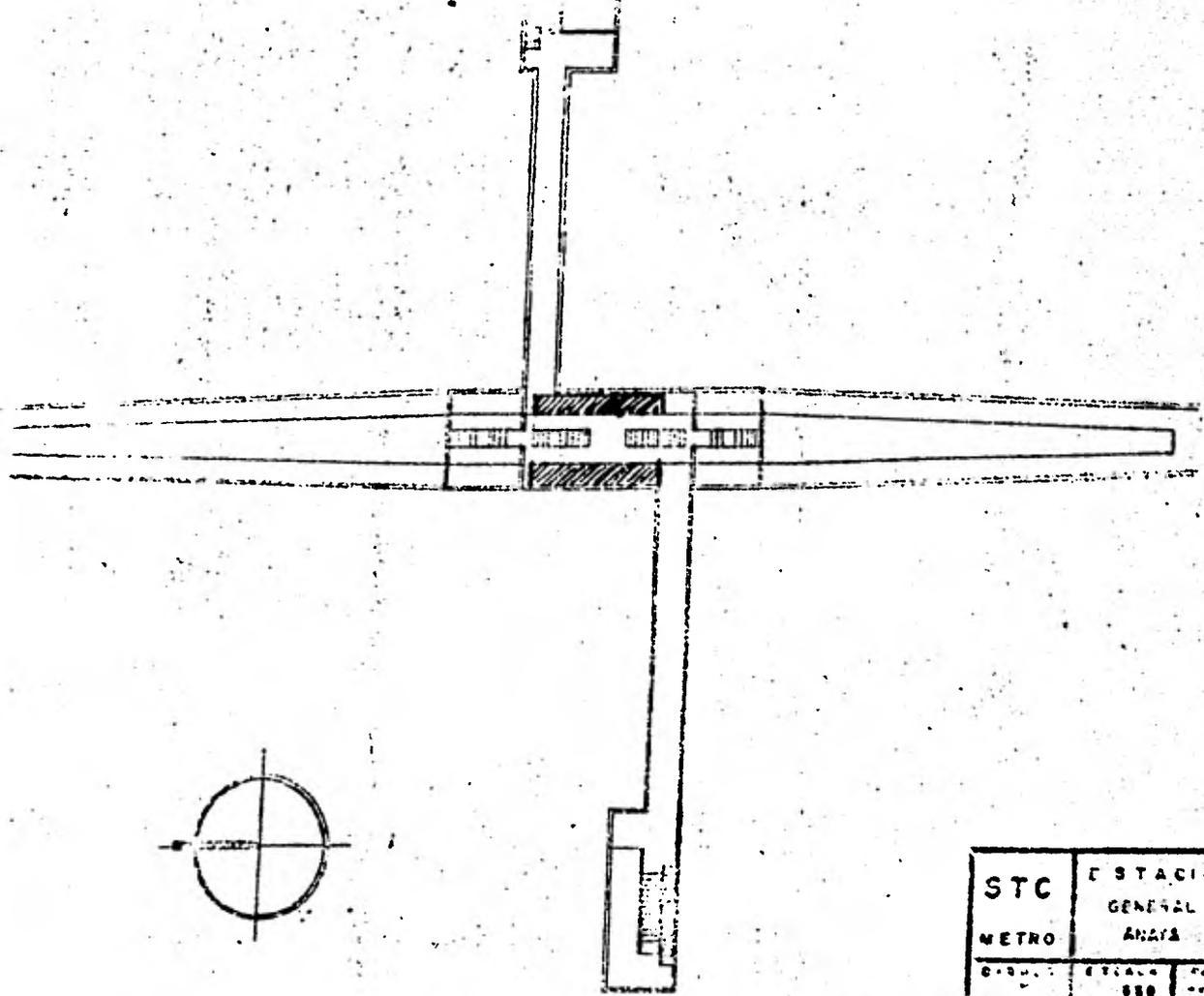
## 3). Estaciones subterráneas :

Estas estaciones constan de dos entradas con una escalera para llegar a un descanso en donde se encuentra ubicada la taquilla; que existen dos, una a cada lado. Después de la taquillas se encuentra una barrera de torniquetes de entrada ó salida de los usuarios. Este tipo de estaciones cuenta con dos escaleras para pasar al andén ó cambiar de vía, que en el caso de cambiar de vía también se tiene un pasillo que pasa por la parte de abajo de la línea.

Una de las escaleras es eléctrica y la otra es normal, además se cuenta con dos pasillos que comunican al andén, este mide -

1.50 metros de largo por 3.00 de ancho.

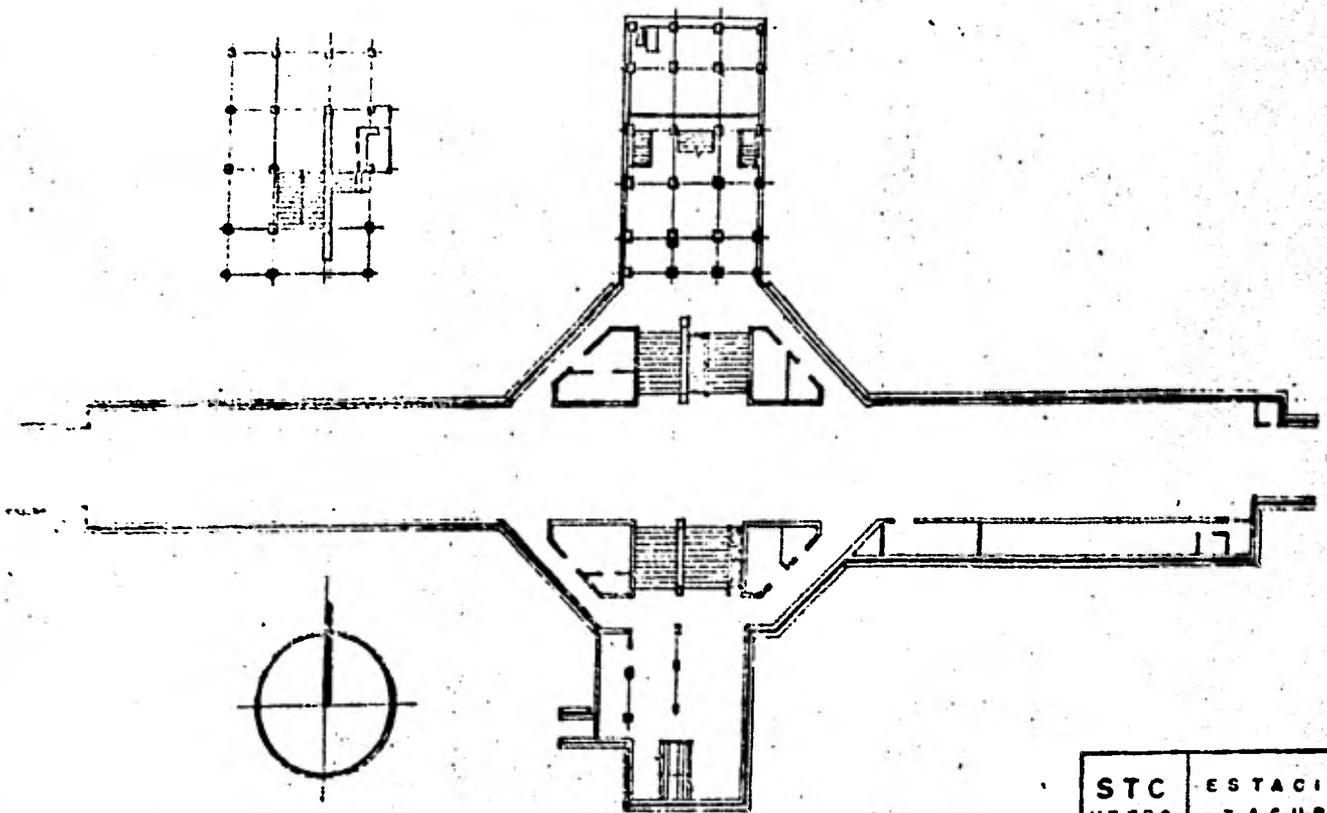
También cuenta con una serie de locales técnicos, para intendencia, baños y local de Policía Bancaria Industrial.



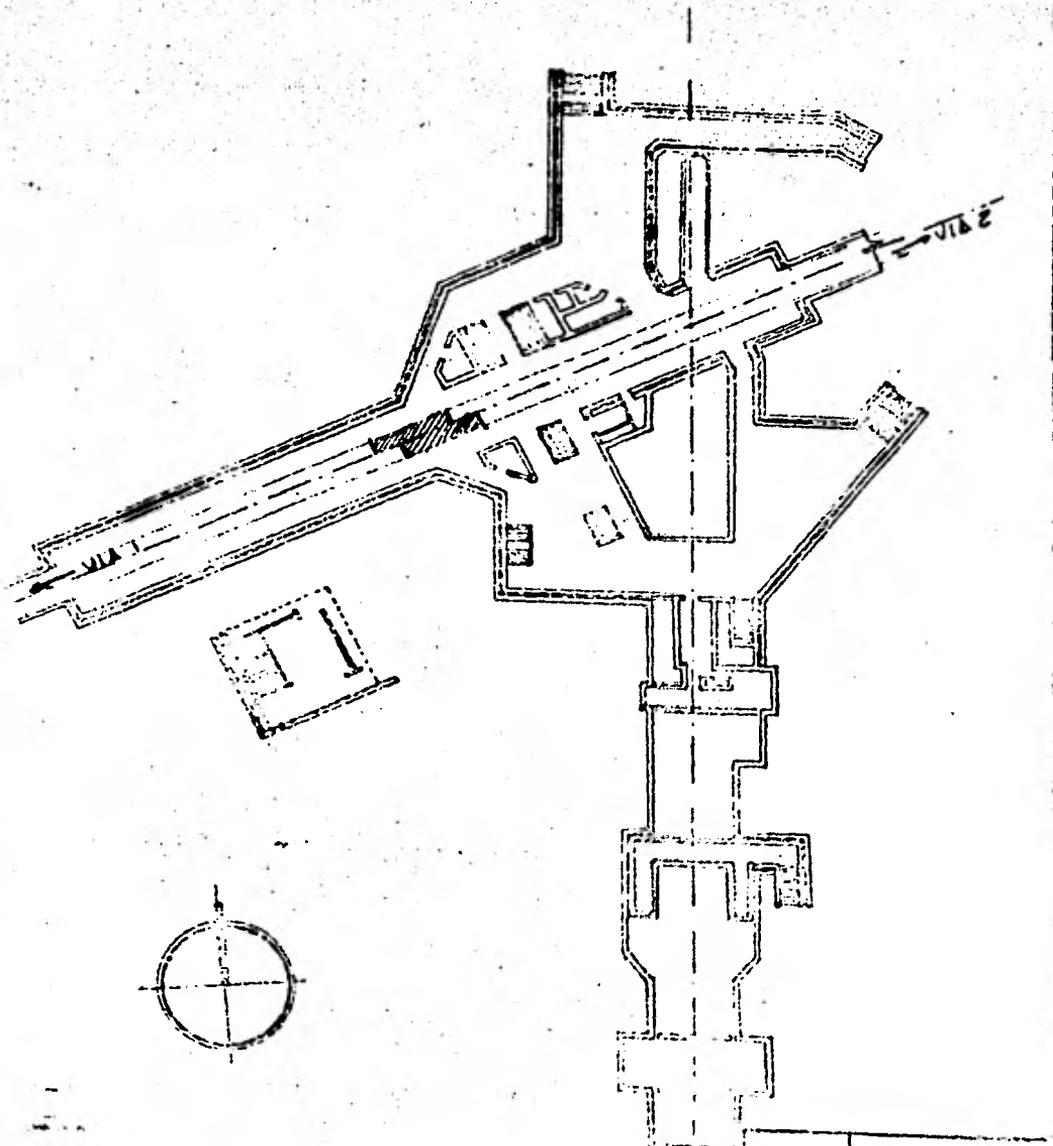
- 47 -



STC	ESTACION GENERAL ANAYA	
METRO	ESTACION	000



<b>STC</b> <b>METRO</b>	<b>ESTACION</b> <b>TACUBA</b>	
NO. DE DISEÑO	ESCALA	PLANO NO.
FECHA	1:500	100



ST C ESTACION  
1927

ESTACION  
1927

b).- MANUTENIMIENTO PREVENTIVO :

El mantenimiento preventivo es aquel que tiene como finalidad ejecutar trabajos periódicos para evitar el mal aspecto de las estaciones.

- Albañilería : en las instalaciones del Metro, son las encargadas de efectuar los trabajos de mantenimiento preventivo de los acabados pétreos y protecciones bituminosas.

Esta área es la encargada de rejuvenecer periódicamente los plafones con acabado de thirol, así como proteger contra la penetración del agua a las superficies expuestas a la intemperie con impermeabilizantes, cambio de huellas y pisos variando los períodos según la intensidad de tráfico.

- Thirol : este acabado existe en un 70 % de los plafones del Metro y consiste en colocar una pasta compuesta por: polvo de marmol, cero fino ó cero grueso, cemento blanco ó gris, cal-adhitivo, adhesivo, (acetato), y agua.

El rejuvenecimiento de este acabado se hace con polvo de marmol cero fino, cemento blanco, ó gris, adhesivo (acetato) y agua, esto se aplica con una pistola de aire como lechada.

El equipo empleado es: andamios tubulares, compresor de aire, pistola acusticótera, artesa, cuchara y el equipo de seguridad que consiste en: casco, guantes de hule, goggles, overol y botas.

- Impermeabilización : la impermeabilización tiene como principal función el no permitir la entrada de agua a las estaciones e instalaciones expuestas a la intemperie.

Este trabajo se efectúa normalmente cuidando que las pendientes sean las suficientes como para permitir el drenado del agua hacia las coladeras y así evitar el encharcamiento.

Esta pendiente se protege con material bituminoso con una

alma de fibra de vidrio para tener elasticidad y así absorber las deformaciones, esta capa impermeable se protege contra el intemperismo con grano de mármol ó con una pintura especial.

Estos trabajos se efectúan cada dos años.

- Cambios de huellas : el desgaste de estos elementos se debe al tráfico de usuarios y se ha observado que en estaciones de transferencia ó terminales es necesario programar el cambio de estas cada 4 años, y en estaciones de mínima afluencia creemos que pueden durar hasta 30 años.

- Pisos : los pisos del Metro son de mármol, losetas pétreas en sus variaciones de pasta, arcilla, concreto, con recubrimiento epoxi ó corindón, concreto con recubrimiento vinílico.

Los periodos de cambio varían con la intensidad de tráfico.

2).- CANCELERIA : esta área es la responsable de mantener en buen estado a: puertas, cortinas, barandales, pasamanos, diapasones, marcos, nichos, acabados en cartón prensado, mecanismos de árbol, etc. Manufacturados de los siguientes materiales: fierro, acero inoxidable, hierro y aluminio, en diferentes formas y dimensiones.

El mantenimiento preventivo en esta área consiste en mantener lubricados los mecanismos y en posición molduras ó perfiles en general.

Lubricación de mecanismos: La Jefatura de Mantenimiento de Estructuras es la responsable del buen funcionamiento de cortinas metálicas, árboles de torniquetes de salida y rejillas. A estos elementos se les lubrica con grasa ó aceite cada tres meses.

Molduras y perfiles en posición.- en el Metro se tienen una gran cantidad de molduras y perfiles, así como la posición de estos es variable entre el fierro, hierro, acero inoxidable ó aluminio en diferentes acabados, y es importante mantener todos estos elementos en la posición ideal de uso.

Estos elementos van sujetos por tornillos, por adhesivos, por ensambles y remaches, siendo necesario al momento de la falla hacer el cambio.

3).- CERRAJERIA : el mantenimiento preventivo de los diferentes elementos de seguridad como son chapas de diferentes tipos de candados y seguros de imán.

El mantenimiento preventivo en una estación se efectúa aproximadamente en dos turnos y consiste en hacer una revisión del mecanismo de cerraduras lubricándolas con grafito.

4).- PLOMERIA : esta área es la responsable de tener en buen estado y funcionando los drenajes de agua negra y pluviales, tuberías de agua potable, muebles sanitarios e hidráulicos.

El mantenimiento preventivo se compone de las siguientes actividades:

- A).- Reposición de elementos por desgaste
- B).- Calibrar elementos
- C).- Sondeos a drenajes

A).- Reposición de elementos de desgaste :

- a.- empaques
- b.- válvulas
- c.- tuberías

a.- Empaques :

Los empaques existen en las tuberías de agua potable y

es necesario su cambio de acuerdo al uso del equipo, variando desde 8 meses en un grifo de agua en uso constante, hasta dos años en fluxómetros con poco uso.

**b.- Válvulas:**

Las válvulas en las instalaciones del Metro se programan sus cambios de acuerdo a la intensidad de uso, teniendo como mínimo de tiempo de duración dos años y en donde es poco el accionamiento de las válvulas se cree que duran aproximadamente 6 años.

**c.- Tuberías:**

Las tuberías en el Metro se sustituyen de acuerdo a las condiciones del terreno, pues hemos visto que las tuberías de fierro galvanizado para agua potable se han picado en un lapso de tres años, cuando el terreno es salitroso.

**B).- Calibrar elementos :**

- a) .- Flotadores
- b).- Fluxómetros

**a).- Flotadores:**

Los flotadores van unidos normalmente a una válvula y sirven para calibrar el nivel de los diferentes elementos, como son tinacos, cisternas, etc.

**b).- Fluxómetros:**

Este elemento funciona a presión hidrostática, y se calibra para mandar el agua necesaria para el funcionamiento.

**C).- Sondeos a drenajes :**

Las tuberías de drenajes debido al poco uso que tienen es muy común que algunos residuos se vayan quedando y provocan-

do tapazones en las instalaciones del Metro. Las instalaciones sanitarias se sondan tres veces al año, y las pluviales una vez cada dos años.

Los equipos empleados en esta área pueden ser:

- a.- Sondas mecánicas
- b.- Sondas manuales
- c.- Pistolas de presión
- d.- Bombas de presión

5).- PINTURA :

El mantenimiento preventivo de pintura se hace en dos etapas y trabajan en equipo con albañilería y personal de pintura, debido a que primero se resana y después se aplica la pintura. En lo que respecta a las partes metálicas, estas se pintan en su totalidad.

C).- MANUTENIMIENTO CORRECTIVO :

El mantenimiento correctivo es el que se encarga de reparar las fallas de las estaciones ocasionadas por el mal uso de las instalaciones ó por defectos de ejecución en el mantenimiento preventivo.

1).- Albañilería :

En el mantenimiento correctivo de albañilería, se encarga de los siguientes trabajos:

- A).- Pisos
- B).- Muros
- C).- Plafones
- D).- Escaleras

A)- Pisos: Los pisos del Metro en mantenimiento correctivo es necesario normalmente debido a movimientos que se efectúan en las estaciones. Estos movimientos originan la ruptura de piezas de mármol, piezas de arcilla, pisos de concreto, pisos de pasta, concreto con recubrimiento epoxi.

B)- Muros: Los muros falsos en el Metro se construyeron para proteger a los acabados de las filtraciones.

Estas filtraciones son producidas por el agua que en gran cantidad se encuentra en el subsuelo del Valle de México y como los muros son de concreto, un elemento no permeable, hubo necesidad de colocar todos los acabados aproximadamente de 10 a 30-cm. Separados de los muros estructurales.

Los muros falsos en el Metro son de: 1)asbesto

2)tabique

1)Asbesto: normalmente este elemento se coloca como base para los acabados en: anánes, vestíbulos y columnas.

Los recubrimientos para estos elementos pueden ser de: mármol de diferentes tipos y colores, mosaico veneciano de diferentes tipos y colores, papel laminado con resinas en diferentes tipos y colores, recubrimiento con pastas en diferentes tipos y colores y según la zona de trabajo algunos con recubrimientos epoxicos.

2)Tabique: este muro normalmente se usa para ocultar los drenajes de agua pluvial, que se encuentran ubicados en las instalaciones del Metro.

Estos muros van recubiertos con morteros dando diferentes acabados con mármol veneciano, elemento de barro comprimido, pastas.

- C).- Plafones: los plafones en el Metro son: a) Falsos  
b) Directos

a) Falsos:

Los plafones falsos son aquellos que por arquitectura se colocan separados de la losa, estos acabados pueden ser: 1) thirol

2) acoustone

3) yeso

1) Thirol: este es un acabado agradable a la vista, en el Metro se coloca sobre asbesto ó sobre metal desplegado.

a) Sobre asbesto: normalmente se hace esto por arquitectura, para dar un acabado constante en falsas trabes ó plafones-cortos.

b) Sobre metal desplegado: este tipo de acabado tiene como estructura soportante unos tirantes que se anclan en la losa.

2) Acoustone: este tipo de acabado tiene una estructura soportante a base de tirantes anclados a la losa que reciben la carga del plafón por medio de canales y "T" de láminas en las cuales van ensamblados las losetas de 30 x30.

3) Yeso: este tipo de acabado tiene una estructura similar a las anteriores en su soportería en donde es colocado el yeso, el cual en algunas ocasiones se recubre con pintura.

Los plafones en el Metro de este tipo pueden ser de thirol ó de pasta.

El thirol se coloca directamente a la losa con un adhesivo.

Pasta, en el Metro se coloca un acabado rugoso en las pasarelas, en el cual la pasta se elabora a base de blanco de yeso.

y agua.

3).- Escaleras: Las escaleras en el Metro son de concreto forjadas con tabique para recibir la huella ó peralte.

a) Huellas: Las huellas en el Metro son de mármol Santo Tomás (el mármol más duro existente en México) de 32x60x2 cm de espesor y con cuatro ranuras antiderrapantes de concreto con aditivos endurecedores (huellas precoladas) con filo de fierro.

b) Peraltes: los peraltes en el Metro son de: mármol, concreto, pasta en sus diferentes tipos, barro comprimido en sus diferentes tipos.

## 2).- CANCELERIA :

Esta área es la responsable de reparar las fallas ocasionadas por el mal uso de los elementos de cancelería, como por ejemplo: colocar molduras caídas ó sueltas, fijar barandales, pasamanos ó diapazones, arreglar cortinas, efectuar trabajos de soldadura, colocar vidrios, colocar elementos de cartón-comprimido con recubrimientos de resinas.

## 3).- CERRAJERIA :

En el área de mantenimiento correctivo se efectúan reparaciones por el mal uso que se les da a los elementos de seguridad.

Los trabajos que se realizan son:

- a) Duplicado de llaves
- b) Apertura de cerraduras y candados
- c) Cambio de combinación a elementos
- d) Igualación de combinaciones
- e) Reparación de elementos
- f) Extracción de llaves rotas
- g) Colocación y reposición de elementos.

a) Duplicado de llaves:

Este trabajo se efectúa con máquinas eléctrica ó manual, dicho trabajo se realiza con mucha frecuencia debido principalmente a la pérdida.

b) Apertura de cerraduras y candados:

Este trabajo se efectúa normalmente y es debido también a la pérdida de llaves y es llevado a cabo por medio de ganzuas ó picadores para colocar las teclas ó pivotes a la altura convenientes para así hacer girar el mecanismo.

c) Cambio de combinación a elementos:

Este trabajo consiste en cambiar las teclas ó pivotes en los cilindros de las cerraduras ó candados en su órden ó en su numeración de tal modo que se tenga una combinación diferente.

d) Igualación de combinación:

Este trabajo se hace para estandarizar las cerraduras ó candados de acceso a áreas comunes y así con una sola llave abrir cualquiera de ellas. El trabajo consiste en colocar pivotes ó teclas en igual serie y ordenar.

e) Reparación de elementos :

f) Extracción de llaves rotas:

Normalmente las llaves se rompen dentro de las cerraduras ó candados por no introducir la llave bien en la cerradura y girarla, así como por deficiencias en el mecanismo de la cerradura.

Este trabajo consiste en extraer la llave rota con pinzas

de punta, gansuas ó picadores. Y cuando el mecanismo se encuentra en mal estado se desarma la cerradura para efectuar la compostura.

g) Colocación y reposición de elementos :

Este tipo de trabajo se efectúa cuando hay necesidad de colocar una puerta nueva ó cuando el deterioro de las piezas no permite su reparación.

4).- PLOMERIA :

El área de plomería realiza los siguientes trabajos:

- a) Fugas en muebles
- b) Fugas en tuberías
- c) Instalación de nuevas redes
- d) Desasolve
- e) Reposición de muebles y accesorios

a) Fugas en muebles:

Por lo regular las fugas en muebles se deben al desgaste de los empaques en las diferentes uniones de los muebles con sus accesorios; los muebles más comunes en las instalaciones del Metro son: W.C.,lavabo, vertedero, mingitorio.

b) Fugas en las tuberías:

Este tipo de trabajos se debe a que las juntas en las tuberías se deterioran por estar a la intemperie ó enterrados en terrenos salitrosos. Así mismo los accesorios que sirven de conectores ocasionan fallas por estar mal colocadas y su reparación se efectúa de acuerdo al material del mismo. Las tuberías pueden ser de: fierro fundido, P.V.C., Fierro galvanizado, asbesto y cobre.

**c) Instalación de nuevas redes:**

Estas se llevan a cabo cuando hay necesidad de abastecer un nuevo local como puede ser: baños, locales de limpieza, nuevas permanencias ó cuando hay necesidad de hacer algún servicio nuevo como colocar redes para la limpieza de trenes.

**d) Desazolve :**

Para desazolver los registros, drenajes y bajadas de aguas pluviales, se utilizan tres tipos de equipo, que son:

- A) Manuales
- B) Eléctricos
- C) Presión

**A) Manuales:**

El manual consiste en palas, cucharones, cubetas, etc.

**B) Eléctricos:**

Los eléctricos pueden ser a base de sondas mecánicas dentro de las mismas, en la actualidad se cuenta con los Kollman K - 50 y K -1500. El Kollman K -50 se utiliza en tuberías no mayores de 2" de , y el K-1500 se utiliza para tuberías de 2" a 4" de diámetro.

**C) Presión:**

El Metro cuenta con dos equipos que son: la pistola manual ó la bomba de alta presión.

**e) Reposición de muebles y accesorios:**

Se efectúa este trabajo cuando por desgaste ó mal uso es necesaria su reposición.

Los accesorios más comunes en este tipo de trabajo son: fluxómetros, tapas de tanque bajo, flotadores de tanque bajo, juntas prohel, llaves de diferentes muebles y válvulas de paso-rojillas de coladeras, asientos de taza.

5).- **PINTURA :**

El mantenimiento correctivo de pintura es aplicable - aproximadamente cada dos años, lo cual por sus magnitudes requiere de una planeación muy especial y además que sea fuera de periodo de lluvias.

Una vez limpia la superficie de aplicación se procede a - pintar por uno de los siguientes métodos:aspersión, brocha ó - rodillo.

**D).- TRATAMIENTO DE FILTRACIONES :**

El principal motivo de filtraciones en el Sistema de Transporte Colectivo es debido a las condiciones del subsuelo de la Ciudad de México, cuya proporción de agua - arcilla llega a ser de 500% y el nivel freático lo tenemos a una profundidad promedio de 2 metros, con respecto al nivel del terreno natural, es de suponerse que las estructuras subterráneas requieren de métodos efectivos que aseguren la impermeabilidad de las mismas, las cuales fueron construídas a base de concreto reforzado dándonos por consecuencia un coeficiente de permeabilidad propia del concreto, también este último en algunas zonas presenta equedades - debido al procedimiento de construcción y por esa misma razón - encontramos contaminaciones de lodos. Bentoníticos y fisuras, - además de juntas de construcción y dilatación en las cuales se utilizaron bandas de P.V.C. y neopreno respectivamente, las cuales no están trabajando satisfactoriamente en algunos casos, anotando también como causa que originan las filtraciones, las fugas de tuberías de conducción de aguas negras, pluviales, potables de las redes municipales, registros y tuberías de conducción de cables eléctricos como alumbrado público, teléfonos, etc

La importancia de controlar las filtraciones reside en que estas abaten el nivel freático provocando asentamientos en estructuras del Metro y adjuntas principales, causan un deterioro notable en los acabados de las estaciones dejando una mala impresión, dan molestias al público usuario poniendo en peligro su seguridad, pues las superficies mojadas se vuelven peligrosas en zonas de andenes y escaleras, dañan el equipo electromecánico en tubos de escaleras mecánicas, subestaciones, charolas de cableado de alta y baja tensión, nichos de aparatos de vías, barras guía, equipo de bombeo, etc. cabe hacer notar que la avería en cualquiera de estos equipos puede tener como consecuencia el paro total ó parcial del servicio ó mal funcionamiento.

en zonas aisladas.

Por lo que es necesario usar sistemas de trabajo efectivo, para la resolución y prevención de estos problemas que hayan sido producto de la experimentación de los procedimientos conocidos para llegar al más óptimo ó bien a la mejor combinación posible de acuerdo a la naturaleza del escurrimiento a tratar. - Conforme iba terminándose la construcción de estaciones y tunel surgían los escurrimientos los cuales aparecían de acuerdo a la recuperación del nivel freático, por lo que hubo necesidad de empezar a hacer frente a este problema siendo la base para el ataque inicial la inyección de lechada de cemento Portland-agua y en el caso del tunel construido con escudo, llegó a utilizarse la mezcla de cemento Portland- arcillas y arenas siendo necesario este sistema por los huecos que dejaba el equipo y que debían ser rellenados; posteriormente se aplicó el sistema de sellado a base de cemento Portland y acelerante, obteniendo por conclusión, que el primero nos daba un índice de inyección bastante elevado y los resultados no eran los deseados porque se trataba de generalizar en todos los casos, sin embargo sabemos que la dimensión de los granos ó floculos de la base sólida en suspensión en este tipo de morteros limita la penetrabilidad, principalmente en el concreto donde los conductos capilares son muy pequeños; el segundo, que también trató de generalizarse, presentó de inmediato el problema de que las filtraciones surgían en una área adjunta a su aplicación y en los casos en que se consideró efectiva, volvía a aparecer en un lapso de 2 a 3 meses, debido a que su colocación es casi superficial y no efectiva, por la presión hidrostática a la cual estaba expuesto el material de sellado, por lo que terminaba desprendiéndose en muchos casos.

Uno de los problemas era la penetración, por tanto se buscaron materiales químicos cuya viscosidad fuera igual ó ligeramente mayor que la del agua, pues se trata de alcanzar todos -

los huecos donde esta pudiera tener acceso, además que presentara la ventaja de colocarlo unicamente donde fuera necesario.

Tomando en cuenta las características anteriores se encontraron resinas que ya habían sido aplicadas practicamente con buenos resultados y estas pertenecen a dos grandes clases:

a) Monómeros acuosos, que después de la polimerización se transforman en una masa homogénea medianamente resistente.

b) Polímeros precondensados ó sea fabricados de tal forma que son productos parcialmente polimerizados y como consecuencia de su fraguado nos dan altas resistencias comparadas con el concreto.

Por la naturaleza de nuestro trabajo se optó por la primera y fué el AM-9 de los laboratorios Cyanamid el escogido, dándonos de inmediato buenos resultados.

Actualmente usamos en combinación la inyección de AM-9, la inyección lechada de cemento Portland - agua, el calafateo del cemento Portland y aditivos expansores e impermeabilizantes integrales y dejando la pasta de cemento Portland - acelerantes - para aplicaciones provisionales al instante de efectuar las inyecciones.

PLANIFICACION :

Partiendo de las revisiones periódicas efectuadas en las instalaciones se determina con la mayor precisión posible, los avances de impermeabilización, la efectividad de los métodos utilizados y las condiciones de cada zona con respecto a los escurrimientos permitiéndonos evaluar cada uno de estos para elaborar los programas de reparación y los procedimientos para-

tratar los casos extraordinarios como son: surcos, gastos fuertes.

Se hace notar aquí que el criterio a seguir en la programación de los trabajos es de acuerdo al daño que se pueda sufrir en el momento en aparatos electromecánicos en general y/ó en la seguridad del público usuario.

Se hacen también programas preventivos en áreas donde las filtraciones se presentan en épocas de lluvia como son: losas superiores sobre las que se localizan zonas jardinadas, pavimentos agrietados y tuberías que se azolvan fácilmente ocasionando la saturación del colchón de relleno, estos trabajos se realizan en tiempo de estiajes, siendo atacados indistintamente los problemas de acuerdo al programa ocasionado por el nivel freático el cual no varía con las épocas del año en determinadas profundidades generalmente abajo de la losa superior.

Los anteriores programas nos indican también las necesidades aproximadas de materiales necesarios para ellos, por razón de que el mortero químico AM-9 es un producto de importación.

Es importante hacer notar que los trabajos en zona de vías se efectúan a partir del corte de tracción hasta las 5.00 horas.

#### EQUIPO UTILIZADO :

En la inyección de mortero químico AM-9 se utilizan bombas dobles marca "Halliburton", cuyo cuerpo y accesorios son fabricados de acero inoxidable de bastante buena calidad, como complemento de este equipo, van recipientes de fibra de vidrio de colores distintos, para la identificación de las soluciones que debe llevar cada uno, estas bombas van previstas también de manómetros para conocer las presiones de inyección, las cuales varían de 28.74 a 42.6 lbs./pulgada, para la ejecución de los barrenos donde se efectuara la inyección se utilizan taladros de precisión para trabajo pesado industrial, con una potencia de 850 watts a-

8 Amperes de corriente monofásica de 127 volts, el cual tiene un largo de 55 cms y un peso aproximado de 9 Kg y va provisto de brocas de  $3/4$  " de diámetro con longitudes de 45 y 80 cms cada una, las cuales se usan de acuerdo a la profundidad que requiere la inyección, se cuenta con escaleras sencillas y dobles de aluminio, en algunos casos con plataforma, así como andamios tubulares para trabajos que requiere a bastante volumen de ejecución ó tiempo de realización.

En los casos de demoliciones de zonas contaminadas se hace uso de los martillos de percusión de corriente monofásica de 127 volts con potencia de 850 watts, 8 amperes y 140 golpes por minuto, con un peso de 9.3 Kg, el cual deberá ir siempre equipado con un cincel puntiagudo y un cincel plano para el caso de inyección de lechada se utilizan bombas manuales de un pistón, con dos mangueras, una para succión y otra de inyección y un depósito de 200 lts.

#### SEGURIDAD :

Cuando los trabajos son efectuados en el tunel, zona de vías, se utilizan piezas cortocircuitadoras de metal y mango aislante las cuales van colocadas del riel a la barra guía, poniendo antes la lámpara testigo que nos indica la ausencia de corriente y estas deberán probarse antes, una lámpara roja que indica la presencia del personal y una lámpara de cuarzo.

#### EJECUCION :

Los trabajos previos a la ejecución de un problema consiste en la exploración del área adjunta, tanto interior como exterior con el fin de conocer el origen, ya que puede tratarse

de una aportación de agua potable ó de aguas negras, lo anterior es importante para decidir que es más viable, si la reparación - de la causa ó el efecto, pues es mucho más fácil arreglar la fuga de una tubería de agua potable ó desasolver y destapar un drenaje ó levantar una jardinera de poco relleno para juntar la losa superior ó la elaboración de drenes para desalojar las acumulaciones que nos afectan, teniendo la ventaja de que estos trabajos se llevan a cabo en cualquier turno evitando así el tener que esperar el corte de corriente, para obturar la filtración, y en este caso se corre el riesgo de que esta pueda surgir por su régimen laminar en otra zona.

En los casos en los que es difícil definir el caudal del problema se efectúan trabajos previos, como es la aplicación de colorantes indicadores que nos muestran la ubicación de la falla en el exterior.

La revisión nos da también los datos para dictaminar el procedimiento y escoger los materiales adecuados, ya que por ejemplo, en una junta de dilatación en losa superior sobre el nivel freático y en época de lluvias en la que se decidió aplicar AM-9, el material de calafateo deberá ser de preferencia flexible, pues al mismo tiempo se evita la caída del AM-9 antes de su gelado, debe evitar la salida del agua, pues el AM-9 en este caso con la falta de humedad hace que se contraiga, entonces es cuando trabaja el material elástico, deteniendo el agua mientras el AM-9 recupera la que perdió en época de secas, aunque la experiencia nos demuestra que al recuperarse 100% el volumen de la gelatina no queda acomodada en forma original, es por esto que el material elástico debe ser aplicado en tal forma que se adhiera a las paredes de la junta pudiendo seguir sus movimientos.

No será así en una junta de dilatación, en contacto direc-

te con el nivel freático en donde la presión hidrostática no es muy grande, ahí el material de calafateo es a base de cemento y acelerante, el cual nos servirá únicamente para la retención del AM-9 hasta su gelado, posteriormente a este se puede prescindir del material rígido aunque muchas veces el sologe rompe, pues la gelatina en este medio húmedo no se contrae, garantizando el sellado.

Existe también otro tipo de juntas de dilatación, las cuales están cubiertas con bandas de neopreno adheridas por contacto con adhesivo, el cual por operación falló, surgiendo el escurrimiento, en este caso se perfora la banda para colocar un niple empapándolo con pavilo para evitar su caída y hacer llegar el AM-9 a las partes no adheridas, este procedimiento a sido rápido y efectivo ya que se han hecho pruebas con adhesivos y calafateo y ha resultado más lento y menos efectivo. Excepto donde la presión hidrostática es mucha, entonces se calafatea entre la banda y el concreto y luego se inyecta aumentando la concentración del AM-9, adicionándole como carga un polvo fino que puede ser bentonita ó cemento Portland, para obtener una gelatina más rígida, que en estos casos es necesaria, procurando que el tiempo de gelado sea el más corto posible.

Si el problema se localiza en una junta de construcción en donde se colocaron bandas de P.V.C. longitudinalmente abogando la mitad del ancho de esta en cada colado, con el fin de hacer más difícil el paso del agua, se procede a barrenar en el centro de la junta a una separación conveniente ya que se trata de cubrir con AM-9, por lo que deberá hacerse una ranura en toda longitud, en forma de "v" a una profundidad donde se localiza el veneno y a un ancho que nos permita la aplicación del material de sellado, procediendo primeramente a la limpieza del área a rellenar, luego a calafatear con cemento Portland y acelerante, el cual forma una masilla que se aplica instantaneamente con el fin único de dismi-

nir la presión hidrostática, colocando enseguida un mortero de cemento Portland - arena y aditivo expensor, si se requiere por la ubicación de la junta asegurar aún más su sellado, se aplica una tercera capa a base de cemento Portland - arena y un aditivo impermeabilizante, el cual queda integrado al mortero, el caso de una junta con lodos bentoníticos, debido a la incorrecta substitución por el concreto, se efectúa la demolición de toda zona contaminada hasta encontrar la banda de P.V.C., ya que continuar es peligroso por los empujes que se tienen del terreno, se aplica cemento Portland - acelerante para juntar el agua en una ó dos salidas que se canalizan por medio de mangueras, ya que se trata de evitar que al colocar el nuevo concreto se mezcle con el agua de filtración, a continuación se cimbra y se vacía el concreto preparado con aditivos expansores, una vez que ha endurecido y se ha retirado la cimbra, se procede a inyectar las canalizaciones bajo dos criterios:

a) Si al llegar en la demolición a la banda de P.V.C. se observa que la contaminación continua, se inyecta lechada de cemento Portland - agua y aditivos integrales, pues se trata de consolidar e impermeabilizar la zona que no se removió. Si des ués de esto aún quedan pequeños escurrimientos que se considera la necesidad de evitarlos, se efectúan inyecciones de AM-9 las cuales llegaran hasta donde la lechada no pudo penetrar a la banda de P.V.C. se inyecta AM-9 unicamente.

b) Si se encontró concreto sano antes, ó al llegar a la banda de P.V.C., se inyectará AM-9 unicamente.

La losa superior del tunel fué construída con trabes precoladas las cuales fueron junteadas al momento de su colocación,

dicho junteo se hizo a base de un mortero de cemento Portland - arena, siendo este insuficiente para evitar el paso del agua, - por lo ancho del tunel, el procedimiento en este caso es apli - car un mortero - cemento - arena - aditivos expansores y ace - lerantes, se procede a una inyección pequeña de AM-9.

En las juntas de muro y losa superior, se presentan escu - rrimientos que caen generalmente sobre charolas de cables de - 15 KVA, como primer paso, se desvía el agua por medio de man - gueras ó láminas de fibra de vidrio en forma provisional, pro - cediendo a atacar la filtración, efectuando barrenos para loca - lizar los venenos, colocando niples de 2 a 3 metros de espacia - miento, ya que este tipo de fallas se presentan en longitudes de 10, 15 y 20 metros y se calafatea para mantener en su sitio el - AM-9.

La visualización del avance de la inyección y si esta va - por el camino deseado nos da el color rojo que va incluido en - una de las soluciones del mortero para este fin, pues si este - color aparece por alguna parte del calafateo, será necesario - taponear la fuga de inmediato para evitar la fuga de solución, - siendo importante que esta fluya por todas las zonas donde cir - cula el agua.

El tratamiento de fisuras en muros que presentan filtraci<sub>o</sub> nes y cuya falla no se considere estructural se colocan tres - barrenos a igual distancia cada uno de ellos y se procede a in - yectar AM-9 simultáneamente en los dos extremos dejando el de - enmedio para observación de agua, que en cuanto se presenta el - color rojo se taponea. Si esto no llega a suceder y los barre - nos que se inyectaron han tomado más de lo previsto generalmen - te de 8 a 12 litros, dependiendo de lo largo y ancho de la fi - sura se suspenden las inyecciones y se inyecta por el barreno - central.

Cuando los muros y demás elementos estructurales presen - tan filtraciones, debido a oquedades ocasionadas por qué fué - mal vibrado el concreto y estas son repetitivas en volumen consi - derable, se efectúan barrenos en forma cuadrículada, procedien -

do a la inyección de lechada - agua - cemento y como carga inerte una arena generalmente silicia cuya granulometría este considerada entre malla 200 y 300, y como aditivo unicamente se utiliza expansor, siendo la secuencia de las inyecciones alternadas con respecto a las distancias de los barrenos, en este caso si quedan pequeños escurrimientos se tratan con AM-9.

Se han encontrado filtraciones cuya manifestación es simplemente húmeda, pero por su ubicación se decidió tratarlas, en estos casos debido a la pequeñez de los poros del concreto donde circula el agua no es posible la introducción satisfactoria de la solución AM-9, por lo que se procede a efectuar demoliciones, y aplicar el sistema de sellado en tres etapas con cemento acelerante, mortero-arena-expansor y mortero de cemento arena - impermeabilizante.

El medio de toda inyección son los barrenos cuyo fin es localizar los orificios vanaeros ó fisuras por donde circula el agua y se efectúa en cantidad como sea necesario, inyectándose en aquellos que presentan mayor descarga, es aquí donde va colocada una sección de tubo galvanizado y en el una "T" a la cual se conecta el AM-9 siendo pues en esta sección de tubo galvanizado donde se efectúa la mezcla, debida a la presión de las bombas.

En los nichos de tracción de 15 KVA localizados en los túneles, llegan ductos de cables y a traves de estos se reciben descargas de aguas, unicamente pluviales que mojan el sistema de aparatos y ruptores, en este caso si es justificable hacer canalizaciones, para lo cual se fabrica un dren en forma de canal que recibe las aportaciones de dichos ductos colocándose un drenaje interno del tunel, muchas veces se ha mencionado el mortero químico AM-9 cuya composición lo hace altamente tóxico, en polvo ó diluido, no así ya gelado, por lo que es necesario adop-

tar medidas de seguridad para los operarios que lo manejan, pues el contacto continuo es peligroso, ya que la toxicidad es acumulativa, por lo que se proporciona además del equipo de seguridad una capacitación para su manejo.

IV).-

CONCLUSIONES :

La base para realizar un buen mantenimiento correctivo y preventivo en el Sistema de Transporte Colectivo (METRO), son las siguientes:

1).- Mano de obra especializada del personal de mantenimiento, que tenga el entrenamiento necesario para la reparación y renovación de las diferentes áreas en que trabaja.

2).- Materiales : conocer las características de cada material que se usa, por medio de análisis y pruebas de laboratorio.

3).- Planeación : realizar programas de trabajo, ya que para estos trabajos se cuenta únicamente con cinco horas promedio para la realización de los trabajos.

4).- Planeación de compras, para tener un almacén surtido de herramientas y materiales.