

24/12.5



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

Proceso Constructivo de la Línea
No. 9 Metropolitana.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A:
MIGUEL ANGEL MEDEL MONTIEL

MEXICO, D. F.

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

CAPITULO I	Descripción y Antecedentes	
I.1	Generalidades.....	1
I.2	La Red Actual.....	3
I.3	Avance de la Obra.....	4
I.4	Selección de Líneas.....	7
CAPITULO II	Justificación de la Construcción	
II.1	Plan Maestro del Metro (PMM).....	12
II.2	Objetivos del Plan Maestro del Metro..	13
II.3	Evaluación.....	15
CAPITULO III	Anteproyecto y Proyecto	
III.1	Criterios Generales para el Anteproyec to del Tipo de Línea.....	21
III.2	Obras Inducidas en la Construcción de una Línea del Metro.....	24
III.3	Estudio del Subsuelo para el Diseño -- del Metro.....	28
III.4	Trazo.....	30
III.5	Perfil.....	32
CAPITULO IV	Ejecución de la Obra en General	
IV.1	Solución en Cajón Subterráneo.....	35
IV.2	Características más importantes en el Proceso Constructivo en la Estructura Subterránea.....	44
IV.3	Solución Túnel Profundo.....	52
IV.4	Solución Elevada.....	54

CAPITULO V	Proceso de Construcción de la Línea - Elevada en Particular	
V.1	Detalles Generales de la Línea Elevada..	56
V.2	Consideraciones sobre las Alternativas - Estudiadas.....	59
V.3	Idealización de la Estructura.....	64
V.4	Procedimiento Constructivo para la Es-- tructura Elevada.....	65
V.5	Obra Electromecánica.....	69

CAPITULO VI	Conclusiones	
VI.1	Consecuencias Sociales con la Construc-- ción de la Línea "9".....	72
VI.2	Déficit de Transporte.....	75
VI.3	Prospectiva para el Futuro.....	76

CAPITULO 1 DESCRIPCION Y ANTECEDENTES.

I.1 GENERALIDADES.

La red del Metro de la Ciudad de México se extiende constantemente desde su inauguración en 1969, estableciendo nuevas marcas de longitud, viajes, zonas servidas velocidad de construcción ... y nuevas tecnologías, tratando de satisfacer a una demanda cada día mayor y persiguiendo permanentemente el objetivo de crecer para ir desalentando y reemplazando la utilización del transporte individual por todos admitido como nocivo para la salud de la población, sin entrar en más detalles.

Su condición de transporte colectivo establece una mezcla de usuarios y sus viajes por toda la Ciudad en un futuro cercano, tendrá influencia benéfica en la mejor utilización del tiempo del ciudadano y, por ende, de sus condiciones de vida, regenerando el espacio urbano de zonas decadentes que traerá como consecuencia una especie de integración urbanística y una mejor articulación del aparato socioeconómico.

Destaca el hecho de que la Ciudad de México se encuentra entre las más pobladas del mundo ocupando, desdichadamente, los primeros lugares en ese aspecto. En un estudio presentado ante las Naciones Unidas se dijo que posiblemente sea la Ciudad de mayor concentración urbana en el orbe para el año 2 000.

De ahí que en materia de desarrollo urbano se requieren decisiones que esten contempladas dentro del contexto-

socioeconómico, con objeto de proporcionar a todos los habitantes de la Ciudad los recursos necesarios para satisfacer sus demandas de desplazamiento entre los diferentes puntos de la metrópoli. Para ello se ponen a disposición de los ciudadanos, los medios colectivos de transporte, que por sus características resultan atractivos a todos los usuarios potenciales.

La capital del país cuenta con buenas bases en lo que a transportación se refiere, ya que desde la época prehispánica los trazos de los canales que servían de comunicación conservan todavía su concepción original habiendo cambiado sólo los sistemas de transportación.

Desde un punto de vista técnico, las vías terrestres que conectaban en ese entonces la isla con el área metropolitana externa, fueron muy bien planeadas al grado que hoy en día son utilizadas por ejes viales o las líneas del metro.

De este último sistema de transporte cuyo nombre se deriva de la palabra "metropolitano", importantes Ciudades como París, Londres, Nueva York y Moscú, entre otras han ido desarrollando, durante el presente siglo, infraestructura y tecnología.

Se le considera como el más seguro y eficaz, incluyendo, además, las ventajas anticontaminantes que hoy en día son imprescindibles para contrarrestar el deterioro ecológico. Sin embargo, a pesar de que este sistema sea la alternativa más viable para resolver los problemas de transportación de las grandes Ciudades también es cierto que requiere del apoyo

y complementación de otros medios colectivos.

Al convertirse en la columna vertebral del transporte masivo y operado con altos índices de eficiencia, debe desalentar el uso del automóvil particular con las repercusiones positivas consecuentes en los renglones económico, psicológico, social y, sobre todo, ecológico.

1.2 LA RED ACTUAL

La red actual del Metro en esta capital cuenta con siete líneas, y tiene un total de 111.5 Km. con 102 estaciones de las cuales 10 son correspondencia, y su capacidad de transportación es de 6 millones 500 mil usuarios diariamente.

En su inauguración el 5 de septiembre de 1969 la línea "1" comprendía 16 estaciones, que iban de la anterior terminal Zaragoza hasta la estación Chapultepec, con una longitud de 12.6 kilómetros. Actualmente esta línea abarca cuatro estaciones más, corriendo entre dos terminales, Pantitlán y Observatorio con una longitud de 18.5 kilómetros.

El sistema se ha ido desarrollando y se han tenido 22 inauguraciones más: líneas "1" "2" "3" en sus tramos Zaragoza- Observatorio, Taxqueña-Tacuba, Tlatelolco-Hospital General (1969-1970). Posteriormente, fue hasta el 25 de agosto de 1978 en que se continuó la línea "3" con una estación más, ligándola a la estación la Raza. Más tarde se inauguró la ampliación a Indios Verdes, en 1979 y las líneas "4" y "5" en -

1981 y 1982, respectivamente.

Durante la pasada administración se puso en servicio la ampliación de la línea "3", hasta Ciudad Universitaria , la línea "6" y las ampliaciones de las líneas "1" y "2" a Pantitlán y Cuatro Caminos respectivamente. Y por último la línea "7" inaugurada muy recientemente que va de la estación Tacuba-Barranca del Muerto.

I.3 AVANCE DE LA OBRA.

Una de las obras que estan en proceso de construcción, y en la que se han implementado nuevas técnicas de construcción es la línea "9" cuya inauguración está programada para fines de 1986.

La línea elevada que existe actualmente se hizo -- con un sistema en el que la utilización de la mano de obra tuvo una importancia bastante grande. En aquel entonces las autoridades favorecieron la utilización de la mano de obra como en el presente y se idearon algunos sistemas que fueron muy -- funcionales pero que ya han sido superados.

En la técnica actual se estan empleando elementos de concreto precolado y pretensado. Este procedimiento tiene las ventajas de facilitar las operaciones constructivas, ya -- que las trabes se fabrican en planta fuera de la obra, y son -- controladas severamente en su calidad con el resultado de poder aportar elementos más esbeltos que cubren claros más grandes que los de la línea "4".

En dicha línea los claros son del orden de 30 a 35 metros en tanto que en la línea "9" se está logrando 40 a 45 metros y esto es un buen avance de tecnología.

La utilización de métodos tradicionales, encarecería la obra ya que no existiría el ahorro considerable de materiales, puesto que las secciones forzosamente tendrían que ser mayores.

La cimentación de esta línea está desarrollada en base a pilotes, sobre los que se construirán las zapatas que cumplen con la función de distribuir la carga uniformemente para continuar con las columnas y cabezales.

Estos dos últimos son los elementos que van a soportar las trabes portantes, las cuales recibirán a las centrales por medio de apoyos de neopreno. Los apoyos son similares a los que se utilizaron en el puente Coatzacoalcos II; un elemento metálico en el cual se confina el neopreno que se calcula considerándolo como un líquido de manera que funciona como tal lo que le da bastante movilidad al apoyo cuando está diseñado como móvil. Cuando el apoyo es fijo tiene otras características pero gira alrededor del neopreno.

Siguiendo el procedimiento una vez colocadas las trabes se utilizan otros elementos que ligan a un juego de ellas. En este caso son cuatro piezas por sección, a las que se les llama tímpanos.

Después de ligadas, encima de los tímpanos se coloca una losa que es sobre la que finalmente se distribuye el ba

lastro y se instala la vía.

Este sistema constructivo en general es tan rápido como el de cajón o el de túnel yá que se han estandarizado los tiempos de tal manera que no hay una gran diferencia entre ellos. Todo es en función del número de personas que trabajen y de los turnos que se establezcan por lo que se ha teorizado un programa consistente en 33 meses. Es importante no perder de vista el que durante todo el tiempo el proyecto acompaña a la obra, por los problemas que se presentan durante la construcción, debido a las interferencias de las instalaciones municipales que podrían causar algunas modificaciones.

Sin embargo con la utilización de presforzados y precolados, existe un ahorro de tiempo, ya que simultáneamente se trabaja en las plantas y en el lugar de la obra.

La Línea "9" va a correr en su totalidad desde la estación Pantitlán, en el extremo sur-oriente del aeropuerto de la Ciudad de México hasta extremo poniente de la Ciudad, Observatorio. En esta estación tendrá posibilidad de conectar con la Línea "1" y más adelante con la estación Tacubaya, que será el transbordo con las Líneas "1" y "7". El transbordo con la Línea "2" se hará en la estación Chabacano y con la Línea "4" en la estación Jamaica. En Pantitlán se tendrá transbordo con las Líneas "5" y "1".

Se tiene prevista la inauguración de la primera etapa de la Línea "9" para diciembre de 1986, y en agosto de 1987 la segunda etapa. En su totalidad contará con 13.6 Km.

I.4 SELECCION DE LINEAS.

El transporte es un problema de carácter dinámico- que por lo mismo enseña y nos enseña que no existen soluciones integrales inmediatas y que el desarrollo de una red de transporte colectivo se va logrando paulatinamente, apoyada en los resultados y experiencias obtenidas del proyecto, la construcción y la operación de cada línea.

Los trazos ideales están sujetos a modificaciones - que son consecuencia de las condiciones de servicio a determinadas zonas del tipo de subsuelo, de interferencias con instalaciones subterráneas, monumentos históricos etc.

En su iniciación una red de Metro, debe tener dos líneas principales perpendiculares entre sí y desarrollarse mediante la construcción de líneas paralelas, formándose en un futuro una cuadrícula que cubrirá progresivamente el área urbana. La cuadrícula se liga posteriormente con uno o varios anillos.

Los principios fundamentales para la estructura -- ción de una red de Metro con su tránsito, operación y construcción.

Respecto al tránsito, las líneas del Metro deben:

- a) Corresponder a las corrientes establecidas de circulación sobre las que transitan diariamente los mayores volúmenes de pasajeros y cubrir las zonas de mayor den

sidad demográfica.

- b) Dar servicio a las zonas más congestionadas.
- c) Abarcar los centros de actividades principales de la Metrópoli.
- d) Permitir a los usuarios un ahorro de tiempo en sus recorridos, por medio de líneas lo más rectas posibles e interconexiones múltiples.

Respecto a la operación el Sistema debe:

- a) Obtener el mayor número de pasajeros.
- b) Lograr un movimiento regular de pasajeros durante el día.
- c) Lograr una velocidad comercial alta, mediante un trazo con un mínimo de curvas y estaciones.
- d) Asegurar el servicio con el menor número de trenes.
- e) Permitir la reestructuración progresiva y completa de los transportes superficiales y su coordinación con el Metro.

Respecto a la construcción, el Sistema debe considerar:

- a) El monto de la inversión que corresponde a los diferentes tipos de construcción de las líneas (elevada, superficial, subterránea y túnel profundo).
- b) Las molestias y el costo que representan los desvíos de tránsito durante la construcción.
- c) Las ventajas y desventajas de la solución elegida, en comparación con otras alternativas de trazo.

Análisis de las líneas:

Para el análisis de las líneas se estudiaron hasta 40 trazos posibles que obedecían a requerimientos específicos:

- 1) Por densidad demográfica. El 60% de longitud total -- corresponde a zonas cuya densidad es de más de 250 habitantes por hectárea, que es de las más altas de la Ciudad.
- 2) Por uso del suelo. En un 80% se aprovechan los corredores tradicionales de transporte colectivo, tal es el caso de las avenidas Insurgentes Norte, Cuauhtémoc, -- Universidad, Morazán, Río Consulado, 100 Metros, etc.
- 3) Por origen y destino. Se comunican grandes núcleos habitacionales con importantes centros de trabajo, como

ejemplo tenemos los trazos de las Líneas "5" y "6" y que debido al volumen de pasajeros que tienen su origen y destino en los extremos de la Ciudad en las partes oriente y poniente, emplean actualmente de 4 a 5 - horas diarias en su desplazamiento pendular vivienda - trabajo - vivienda.

CAPITULO 2 JUSTIFICACION DE LA CONSTRUCCION

II.1 PLAN MAESTRO DEL METRO (P.M.M.)

El criterio adoptado para construir la línea, fué regido por los principios fundamentales del Plan Maestro del Metro (1977). El cual se basa en la densidad demográfica en las zonas a servir, el uso del suelo, el origen y destino de los obreros y empleados, la afluencia de pasajeros provenientes de zonas suburbanas o periféricas hacia el centro así como también, el estudio de movimiento de pasajeros a través de otros sistemas de transporte alimentadores del metro como autobuses, trolebuses, taxis, colectivos, etc.

El Plan Maestro del Metro como parte del Plan Rector de Vialidad y Transporte, elaborado por el Departamento del Distrito Federal, viene a construir lo que se ha llamado la columna vertebral del sistema de transporte colectivo en la Ciudad de México.

El Metro con sus grandes ventajas por sí solo, no resuelve el problema del transporte urbano, forma parte de un todo constituido por el transporte de superficie: autobuses, trolebuses, tranvías y taxis.

En 1978 se actualizó el Plan Maestro del Metro y prevee la dotación a los habitantes de la Ciudad de México en el año 2 010 de una red con 378 Km. de longitud en la que operarán 807 trenes en 21 líneas y con intervalos mínimos de 100 segundos en las horas de máxima demanda, teniendo una capaci-

dad de transportación de 24 millones de pasajeros al día. Sin embargo se ha visto la conveniencia de aumentar los alcances del P.M.M. y construir sistemáticamente 15 Km. por año para conformar una red de 444 Km. que estará acorde con las expectativas de desarrollo de la Ciudad, especialmente en la zona poniente.

II.2 OBJETIVOS DEL PLAN MAESTRO DEL METRO.

- Definir una política de ampliación de las líneas que induzca a la utilización del transporte masivo.
- Definir las reservas territoriales, destinadas a las edificaciones necesarias para una adecuada operación del Sistema y preservar los derechos de vía.
- Propiciar la reestructuración urbana y el ordenamiento del uso del suelo.
- Disminuir la contaminación ambiental.
- Crear más opciones de traslado a los centros de trabajo, recreación y servicio.
- Impulsar el desarrollo de la tecnología y de la industria nacional, relacionados con la operación del sistema a fin de sustituir importaciones y generar empleos.
- El propósito del Plan Maestro del Metro, es tener una

base de ordenación del área urbana, que sea el punto de partida del desarrollo ininterrumpido que resuelva por una parte, la deficiente transportación actual y que -- por otra plantee acciones a mediano y largo plazo, adaptándolas a la dinámica de una urbe que se perfila como la más grande del mundo en razón de su crecimiento demográfico, económico y social.

A efecto de continuar la ampliación de la red del Metro de la Ciudad de México, se procedió al análisis y actualización de los problemas de vialidad y transporte tomando en cuenta el crecimiento demográfico, territorial y el número de vehículos, así como también las obras viales realizadas durante los últimos 10 años. Se estableció así un diagnóstico de la problemática urbana que se puede resumir en la forma siguiente:

- Crecimiento incontrolado de la mancha urbana.
- Desplazamientos de población a lugares cada vez más alejados entre sí, debido a la segregación de la vivienda, los lugares de trabajo y los de servicio.
- Escasez de áreas verdes.
- Inmigrantes que se acumulan en la periferia de la Ciudad.
- Densidades de población inadecuada que provocan sobre- o subutilización de la infraestructura urbana.

Con base en estos puntos y contando con la experiencia obtenida en la construcción y en los años de operación de las líneas iniciales del Metro y a la vista del Plan Maestro, la selección de las líneas de la segunda y tercera etapas se definió en base a los siguientes principios:

- Cubrir las zonas con mayor densidad demográfica y de escasos recursos económicos.
- Permitir a los usuarios un ahorro de tiempo por medio de rutas e interconexiones.
- Intercomunicar los principales centros de actividad.
- Permitir la reestructuración progresiva de los transportes de superficie en coordinación con el Metro.
- El trazo de las líneas debe dar servicio en los lugares donde la demanda sea mayor de 10 000 pasajeros por hora.
- Evitar la entrada de autobuses foráneos y suburbanos al centro de la Ciudad.
- Posibilidades físicas para la construcción de las estructuras.

II.3 EVALUACION:

Al evaluar las alternativas para la ampliación del

Metro de la Ciudad de México se desarrollaron diferentes elementos de investigación de operación y análisis de sistemas para determinar los factores económicos y técnicos de las alternativas propuestas.

Los procedimientos de evaluación, permitieron simular cada alternativa con ayuda desde luego de la poderosa herramienta de la computadora empleando modelos que responden a las necesidades previstas, siendo estos, los que a continuación se describen:

II.3.1 EL MODELO DE GENERACION DE VIAJES.

Este modelo consiste de una expresión matemática que, basándose en una zonificación realizada sobre el área metropolitana de la Ciudad de México, ha de predecir el número de viajes que se generan en cada zona para cada horizonte del proyecto. El modelo calcula el número de viajes que se generan por día y en la hora de máxima demanda, en concordancia con el crecimiento de la población y del número de vehículos particulares de cada zona. Considera también la accesibilidad actual y futura de las diferentes regiones del área urbana, permitiendo así reproducir las políticas y estrategias de planeación establecidas en el plan de desarrollo urbano de la Ciudad de México.

II.3.2 EL MODELO DE DISTRIBUCION DE VIAJES.

Con los viajes diarios u horarios resultantes del modelo anterior, se puede calcular los destinos de los viajes-

generados en cada zona mediante este modelo, obteniendo finalmente la matriz origen - destino del área analizada, incluyendo todas las subdivisiones involucradas.

Todas las expresiones correspondientes a los modelos anteriores, se calibran con información veraz y confiable obtenida a través de encuestas, aforos y otros tipos de mediciones similares.

II.3.3 EL MODELO DE ASIGNACION DE VIAJES.

Es una herramienta que permite determinar en cada movimiento origen - destino, el mejor recorrido sobre el sistema de transporte planteado. Los datos que alimentan al modelo, comprenden una matriz entre cada pareja de zonas, de la red de transporte que une las zonas y datos de control del modelo que definen las velocidades y tiempos de espera en los elementos de la red.

El modelo obtiene las captaciones de las líneas de transporte, simulado el movimiento de pasajeros entre diferentes zonas de la Ciudad, a una hora seleccionada del día.

El modelo supone que los viajes entre diferentes zonas se efectúan por la ruta de menor esfuerzo a través de la red vial.

Para los estudios se codificaron todas las rutas de autobuses de la red ortogonal, considerando el tipo de acceso a terminales y fluidez de la ruta (Eje Vial, calle secunda-

ria, vías de acceso controlado, etc.) en los lugares donde dos o más líneas se intersectan, se codificaron los enlaces entre líneas a manera de permitir el flujo de pasajeros de una línea a otra.

De manera semejante se codificaron las líneas del Metro, trolebuses, tranvías y autobuses.

Para cada rama de la red vial, se codificó la distancia, tipo de rama, (autobuses, Metro, trolebús, tranvía, autobús, peatonal, ascenso, descenso, movimiento de correspondencia, capacidad de transporte, líneas de transporte y la indicación del sentido simple, doble).

El modelo permite obtener una gran variedad de resultados, tanto para revisión de datos como para análisis externo, siendo algunos de ellos los siguientes:

- Revisión de conexiones de la red.
- Revisión de intersección de líneas.
- Revisión de rutas mínimas.
- Información de rutas mínimas.
- Información de control del modelo.
- Información de matriz origen - destino.

- Información de líneas.
- Información de la red vial por sectores de la cuadrícula.
- Información de tipos de viajes.
- Información de distancias.
- Graficación de flujos.

Este modelo se está aplicando con múltiples propósitos.

- a) Selección de ampliaciones a la red del Metro de la Ciudad de México intentando encontrar la alternativa que reduzca el total de horas - hombre, dedicadas al transporte y el incremento del sistema sin crear perturbaciones de confluencia vial.
- b) Análisis del comportamiento de las líneas de superficie, con objeto de optimizar la planta del equipo rodante, permitiendo definir frecuencias y ubicación de las líneas.
- c) Comparación de alternativas de utilización de transporte para el boleto único multimodal.
- d) Análisis operativo de cada línea del Metro, estudiando

los congestionamientos en las estaciones y la ocupación de vagones bajo diferentes condiciones de frecuencia de paso.

Para dar respuesta a estas preguntas, se creó una segunda herramienta, llamada modelo interno de operación del Metro.

El modelo interno se diseñó para cumplir tres requerimientos básicos:

- 1) Servir como una ayuda en la asignación de trenes del sistema y ser sensible a los cambios en asignación, - no solo en términos del número de trenes, sino también a combinaciones en el número de vagones.
- 2) Servir para la prueba de políticas de operación de cada línea, de tal manera que estos cambios pueden incorporarse fácilmente.
- 3) Servir no solo para simular una situación actual, sino permitir la evaluación en condiciones de operación futura, conociendo el incremento de pasajeros por crecimiento natural.

CAPITULO 3 ANTEPROYECTO Y PROYECTO

III.1 CRITERIOS GENERALES PARA EL ANTEPROYECTO DEL TIPO DE LINEA.

El sistema está constituido por estructuras de tipo subterránea, bien sea en cajón o en túnel superficial y elevada. Para la selección de cada uno de estos tipos, se tomaron en cuenta los siguientes factores en términos generales:

- Costo de obra civil por Km.
- Tiempo de ejecución de la obra civil.
- Obstrucción de la vía pública durante la ejecución.
- Interferencias con los servicios municipales.
- Conservación de obras y equipo.
- Mantenimiento de la vía.
- Paisaje urbano: aspecto estético.
- Futura disponibilidad vial
- Libramientos viales perpendiculares inducidos.
- Selección adecuada del procedimiento para construcción de un túnel.

A continuación se hacen algunos comentarios de cada uno de los factores anteriores.

Por lo que respecta al costo de la obra civil, el más alto corresponde a la línea subterránea, bien sea con cajón o por medio de túnel, en tanto que el costo de la línea superficial es cercano al de la solución elevada. Parecería que la línea superficial sería bastante más económica que la elevada, sin embargo al adicionar a ésta el costo de los desvíos, de la limitación del derecho de vía de 10 m. de ancho, de la construcción de las estaciones cuyas áreas de servicio son subterráneas, y de los pasos a desnivel perpendiculares cuya frecuencia fue promedio de un paso por cada kilómetro aproximadamente, su costo resulta cercano al de la línea elevada.

Por lo que respecta a los tiempos de construcción, la velocidad para la solución subterránea es del orden de 90 a 110 m. por mes, en tanto que para la solución elevada es de 70 a 90 m. por mes, por lo que se puede observar que para la solución subterránea la velocidad de construcción es ligeramente mayor que la de la elevada. Por lo que toca a la solución superficial, los rendimientos que se alcanzan son de 130 a 150 m. por mes. Las Velocidades antes mencionadas son desarrolladas por un solo frente de trabajo.

En cuanto a la obstrucción de la vía pública durante la construcción, la solución que causa mayores problemas es la subterránea, reduciéndose éstas en la solución elevada.

Las interferencias con instalaciones municipales

son tales en el caso del subterráneo, obligado en ocasiones a desvíos importantes de grandes colectores o de redes de distribución de agua. Estas interferencias causan menos problemas - en los tramos elevados y superficial.

Por lo que respecta a la conservación y mantenimiento de los equipos, la solución subterránea presenta mejores condiciones que la superficial y la elevada debido a que los equipos no están expuestos a la intemperie.

Tal vez uno de los factores más importantes es el del paisaje urbano; ya que el aspecto estético se altera de acuerdo con el tipo de solución elegida. La magnitud de la alteración del paisaje urbano depende primordialmente del ancho de la calle, así por ejemplo, el problema causado por la línea elevada se acentúa en calles de anchura menor de 40 m , en tanto que en la solución superficial se requiere una anchura mínima de 50 m para lograr soluciones satisfactorias. En estas consideraciones se debe tomar en cuenta, además, el tipo de zona por la que atraviesa la línea, industrial, comercial o residencial, el tipo de usuarios a quienes beneficiará y la formación de una barrera continua que no existe para el tipo de soluciones elevadas o subterráneas.

En relación con la futura disponibilidad vial, la solución subterránea no la afecta, en tanto que la solución superficial ocupa un ancho equivalente a tres carriles de circulación y la elevada ocupa solamente dos.

Por lo que respecta a libramientos perpendiculares

inducidos, la solución superficial genera problemas en cruces importantes, cuyas soluciones viales repercuten en la construcción de estructuras subterráneas o elevadas para salvar el obstáculo que representa la línea.

En lo referente a la selección adecuada del procedimiento para la construcción de un túnel es necesario hacer los estudios geotécnicos necesarios y suficientes, para elegir en primer lugar un trazo adecuado de una línea de Metro, y posteriormente seleccionar el adecuado procedimiento constructivo y maquinaria a emplear, es decir, excavar el túnel por métodos convencionales o la posibilidad de utilizar alguna máquina integral de perforación de túneles (escudos). Es importante destacar que para una línea profunda del Metro hay que prever algunos aspectos importantes tanto para comodidad del usuario como de operación como son : escaleras mecánicas en las estaciones y adecuados sistemas en casos de alguna falla.

III.2 OBRAS INDUCIDAS EN LA CONSTRUCCION DE UNA LINEA DEL METRO.

DEFINICION .- Como una definición de lo que es la Obra Inducida tenemos: "Conjunto de Actividades Programadas, relativas a dar solución a todas aquellas interferencias que se -- presentan para llevar a cabo la construcción de la obra determinada, en este caso el Metro, las cuales se pueden desarrollar en forma independiente o paralela a la obra".

Entre las instalaciones que pueden representar una

interferencia tenemos: postes de alumbrado, semáforos, energía eléctrica, teléfonos, trolebuses con sus respectivos cables para dar servicio; vías de tranvía o ferrocarril; especies vegetales como árboles o palmeras; cables subterráneos de alumbrado, tuberías subterráneas para la conducción de gas propano, petróleo, agua potable, drenaje; predios de propiedad particular, federal o ejidal; etc.

La manera para determinar cuando una instalación representa una Obra Inducida en general es la siguiente:

Definido un primer trazo o anteproyecto del Metro se realizan recorridos para verificar aquello que pueda afectar los trabajos, asimismo, se proporcionan estos primeros datos a aquellas Dependencias u Organismos que controlan o pueden intervenir en la solución de las Obras Inducidas, para que sobre los planos de trazo vacien toda su información y así tener un programa general de los elementos que integran una interferencia.

Conociendo estos datos es factible revisar los anteproyectos con relación a la ruta elegida y realizar una primera evaluación de los alcances económicos de las Obras Inducidas, en su caso se podrá reanalizar los proyectos contemplados para efectuar las modificaciones pertinentes.

Una vez desarrollados los proyectos definitivos para la construcción de la línea, se verifica nuevamente con recorridos de campo y reuniones con los Organismos que controlan o intervienen en la solución de las interferencias que se nos

puedan presentar, para definir con claridad aquellos elementos que nos involucran una Obra Inducida. Entre los organismos - que se mantiene una relación por este motivo tenemos:

- Delegaciones del Departamento del Distrito Federal.
- Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del Departamento del Distrito Federal.
- Servicio de Transportes Eléctricos.
- Compañía de Luz y Fuerza del Centro S. A.
- Teléfonos de México.
- Petróleos Mexicanos.
- Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Comisión de Avalúos de Bienes Nacionales.

Siendo estos algunos Organismos con los que mayor frecuencia se tienen interferencias, aunque se llega a tratar con otros, sobre todo en el caso de afectaciones de predios.

En el movimiento de instalaciones afectadas por los trabajos, los proyectos para tal fin podrán involucrar, re-tiros provisionales o definitivos, aunque en general trataremos que sean de esta última forma.

Las afectaciones que son generadas por la construcción de la Línea Metro se pueden deber a: trazo, estación, -- puesto de rectificación o estacionamiento; y los predios factibles de encontrarse en esta situación pueden ser de propiedad-particular, ejidal o federal.

Una vez conocido el proyecto del Metro y determinadas las afectaciones necesarias al mismo, debidamente justificadas, se realizarán los levantamientos de los predios afectados, marcando en ellos la zona requerida.

En el caso de ser propiedad particular, se envían a las Delegaciones del Departamento del Distrito Federal, las cuales se encargan de su adquisición, cuyo proceso para tal -- fin es el siguiente:

Solicitud de boleta predial y escrituras con el fin de acreditar la propiedad del inmueble; solicitud de avalúo a la Comisión de Avalúos de Bienes Nacionales; trato con el propietario para llegar a un convenio de compra - venta en base al avalúo; por medio del cual se establece generalmente el pago del 50% al 70% a la firma del convenio y entrada al predio y del 50 al 30% a la escrituración, esto con el fin de cubrir algún gravamen del mismo. Cuando exista algún inquilino ya sea que ocupe el predio como vivienda o negocio, tendrá derecho al pago de una ayuda social debido a los gastos que con el desalojo se le presentan.

En el caso de predios de propiedad federal que pueden pertenecer a Instituciones tales como el Instituto Mexica-

no del Seguro Social, Comisión Federal de Electricidad, Ferrocarriles Nacionales de México, etc., se puede llegar a acuerdos más directamente mediante convenios particulares o realizando permutas por otros predios propiedad del Departamento del Distrito Federal.

Las afectaciones, desvíos de tránsito y cortes de servicios, para realizar los desvíos de los sistemas que representan una interferencia, necesariamente tendrán una repercusión en la Ciudadanía, por lo que al efectuarlos es necesario, tener los elementos de apoyo para justificar tales hechos.

El conocimiento oportuno del proyecto de la obra Metro, nos permitirá adelantar los proyectos de modificación de las diversas instalaciones que causen una interferencia; así como programar su ejecución en base a los programas de obra.

La solución oportuna de las Obras Inducidas, permi tirá la ejecución de la obra Metro; de una manera continua.

La magnitud de ciertas Obras Inducidas podrá influir en la definición de un proyecto de la obra Metro.

III.3 ESTUDIO DEL SUBSUELO PARA EL DISEÑO DEL METRO

Conocer la estratigrafía y propiedades mecánicas del subsuelo a lo largo del eje de trazo, es factor preponderante para ratificar la decisión del tipo de estructura que se utilizará.

El estudio del subsuelo consiste en ejecutar una serie de sondeos de exploración y extraer muestras bien sean alteradas o inalteradas, para determinar posteriormente sus características con diversas pruebas de laboratorio.

El criterio que se establece para determinar el tipo y la profundidad de cada exploración consiste en realizar -- por lo menos un sondeo inalterado en los sitios donde se construyen estructuras importantes, como estaciones, edificios, -- etc. Los sondeos alterados se llevan a cabo con el objeto de determinar con más precisión la estratigrafía del subsuelo, la profundidad de estos es igual que la de los sondeos inalterados ya que de esta manera se pueden correlacionar perfectamente.

III.4 TRAZO.

El trazo y la localización de la línea son definiciones que obedecen a factores de operación, de eficiencia de los usuarios en el trayecto origen - destino y de servicio de la línea dentro del panorama general de la red y del sistema. Muy pocas veces puede decirse que la Geotecnia sea el factor -- que determine el trazo de la línea. Sólo en algunos casos, en pequeños tramos o en zonas locales, la presencia de suelos blandos o las características especiales del subsuelo hacen que la línea deba cambiar localmente su trazo.

Es recomendable que siempre que se pueda, el trazo se ubique sobre calles y avenidas y sólo en casos extremadamente necesarios se localice el eje abajo de construcciones.

La razón es obvia, puesto que, por una parte, las cargas que actuarán sobre el túnel o cajón cuando sea el caso se verán incrementadas por la presencia de la cimentación de las construcciones, las deformaciones que produce el proceso de excavación o túneles pueden causar daños en las estructuras superficiales y cualquier problema de tratamientos de inyección o abatimiento del NAF (Nivel de Aguas Freáticas) que se requieran desde la superficie serán prácticamente imposibles de realizar. Asimismo cualquier problema de inestabilidad que se produzca en el túnel puede reflejarse en la superficie y ser más grave aún la presencia de las construcciones.

En forma parcial, el trazo puede tener modificaciones o desvíos cuando pase cercano a edificios o estructuras pesadas, se recomienda que siempre que se pueda se trate de buscar una ubicación del eje lo más alejada posible de estas estructuras con objeto de que no se traslapen la zona de los esfuerzos producidos por el tuneleo y los producidos por la cimentación.

En los casos en que no sea posible modificar localmente el trazo por la presencia o cercanía de estructuras pesadas o de instalaciones municipales como las arriba señaladas debe estudiarse la posibilidad de reforzar al suelo, si es que no fuera lo suficientemente firme o compacto, mediante tratamiento de inyecciones desde la superficie o cualquier otro procedimiento.

Una vez seleccionado el recorrido de la línea del Metro, se procede a realizar el Planteamiento Preliminar del

eje de trazo mediante una poligonal gráfica llevada sobre planos fotogramétricos, tratando de colocar dicho eje en el centro aproximado de la calle o a cierta distancia de los parámetros, especificada por los estudios de Mecánica de Suelos. Esto permite colocar en forma semigráfica la posición de los puntos de apoyo para tangentes del trazo, valor de deflexiones -- aproximadas así como el planteamiento de las curvas entre los tramos rectos y de esta manera proceder a la verificación de la Geometría Preliminar que se refiere a localizar en el terreno los puntos obligados del trazo, para que con estos datos se afine el proyecto calculando las curvas reales de acuerdo con medidas lineales y ángulos verdaderos, y de esta manera se procede a la elaboración del proyecto definitivo.

III.5 PERFIL.

En este renglón, la geotecnia quizá tenga una mayor influencia sobre la determinación del perfil y la profundidad del túnel o cajón que en el caso del trazo.

Partiendo de la base que se tiene conocido el perfil geológico y estratigráfico de los suelos donde puede quedar alojado el túnel, puede decirse que la profundidad de la línea va a quedar definida principalmente por la profundidad de los accesos y de las estaciones. Estas a su vez estarán definidas por los criterios de operación y de acceso a los usuarios. Cuando por alguna razón la geotecnia prevalece ante estos criterios se da por resultado estaciones con accesos difíciles y profundos.

Otro factor importante que determina la profundidad de la excavación del Metro en la zona de las estaciones es el proceso constructivo que se tiene planeado utilizar para la -- construcción de los accesos, el cual depende del tipo de suelo que se tenga, del área disponible y de la cercanía con estructuras vecinas importantes. Estos procedimientos pueden estar constituidos por estructuras de contención para excavar a cie lo abierto, por lumbreras y túneles ó por cajones construidos hacia abajo utilizando aire comprimido, por solo mencionar al gunos.

Partiendo de que la profundidad de las estaciones queda definida por los factores, antes mencionados, el siguien te punto será definir la profundidad y el perfil de los tramos de túnel entre estaciones.

En este caso es donde la geotecnia tiene la mayor participación pues es cuando la presencia de suelos duros o po co compactos puede hacer factible una variación en la profundi dad del túnel para evitar dichos suelos y facilitar los procesos de construcción. Es conveniente siempre, partir del per-- fil que ahorra la mayor cantidad de energía a los trenes, es - decir, el perfil de categoría entre estaciones.

Este perfil está condicionado a su vez por las máximas pendientes con que operar los trenes.

Una vez definido este perfil debe efectuarse una revisión minuciosa del perfil estratigráfico con objeto de co nocer el tipo de suelos que se van a tunear.

En este momento, el perfil puede modificarse debido a la presencia de bolsas o estratos de suelos blandos o -- sueltos en el frente, por la presencia de arenas finas o sueltas en la clave, boleos o materiales similares empacados en -- gravas y arenas que puedan hacer peligroso o inestable el proceso de túneles por la presencia de ríos o cauces subterráneos que tengan presiones piezométricas importantes, arenas finas o sueltas sujetas a la acción de presiones hidrostáticas por la acción del nivel freático y que hagan inestable la clave o las paredes del túnel, la presencia de estratos sueltos o blandos por encima de la clave, etc.

Es conveniente asimismo profundizar el perfil del túnel entre las estaciones cuando la línea pasa abajo o cerca de construcciones, o cuando se tiene la presencia de grietas geológicas u oquedades naturales o artificiales que pueden poner en peligro su estabilidad.

CAPITULO 4 EJECUCION DE LA OBRA EN GENERAL .

A continuación se describen brevemente los diferentes procedimientos para la construcción de la línea "9" . En el trayecto de toda la línea se emplearán 3 procedimientos y son :

IV.1 SOLUCION EN CAJON SUBTERRANEO .

La línea subterránea por cajón, es más costosa que la superficial y la elevada dado que en la ciudad de México - las condiciones del subsuelo son muy desfavorables para las excavaciones, así como también existe el problema de múltiples - instalaciones municipales, para las cuales se tienen que hacer obras inducidas y durante el proceso constructivo el tránsito se tiene que desviar por otras avenidas. Esta vía resulta de evidente aplicación en calles estrechas (12 a 15 metros mínimo) y en las zonas céntricas, cuya densidad urbana tiene un porcentaje muy alto.

Los gálibos del cajón se determinaron en función del sistema de vía de las dimensiones requeridas por los carros y de las especificaciones para el trazo.

El ancho libre en tramo recto es de 6.90 m compuesto de dos anchos de carro de 2.50 m cada uno, un espacio intermedio de 0.40 m y dos andadores laterales de 0.75 m cada uno .

La altura interior tiene un total de 4.80 m constituidos por 0.40 m de espesor de balastro, 0.30 de durmiente y de pista de rodamiento, 3.60 m de altura del vehículo, y --

0.50 m de espacio libre sobre el techo del tren.

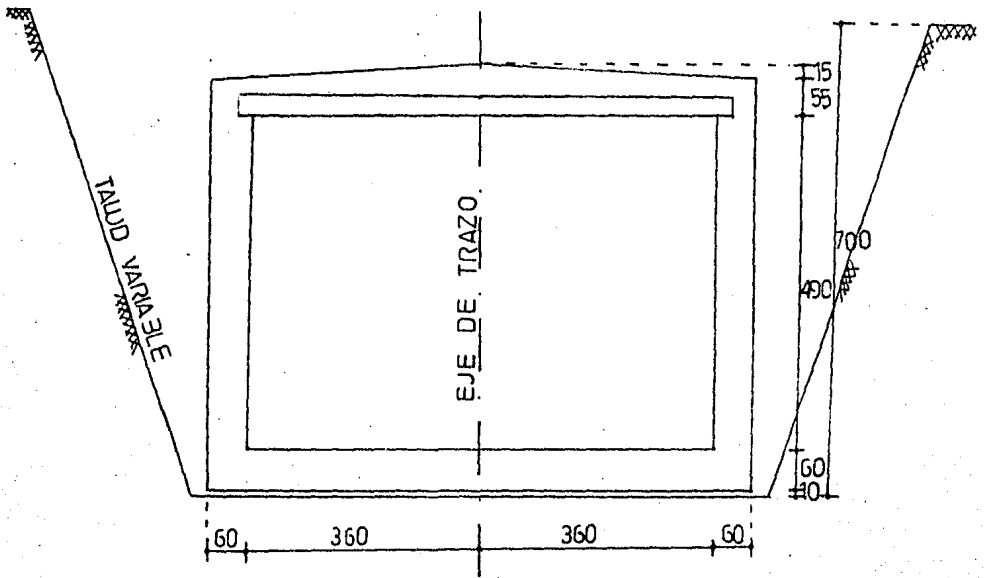
En los tramos curvos, ambas dimensiones deben incrementarse por los desplazamientos central y extremo del carro y por la sobreelevación transversal, que prevee en las curvas. - Las dimensiones resultantes para una curva de 150 m de radio - son de 7.40 m en el sentido horizontal y de 5.50 m en vertical.

La sobreelevación máxima es de 160 mm dada a razón de 4 mm por metro sobre una longitud de 40 m de espiral.

Lo anterior permite una velocidad máxima de 48 Km/h. en curvas de 150 m de radio y en curvas de radio superior a - 240 m, la velocidad puede ser igual a la permitida en tramos - rectos.

Los conductos subterráneos requieren de una serie de obras adicionales para albergar equipos electromecánicos. - Estas obras complementarias están constituidas por nichos de seguridad, de visitadores, de acometida de cables, rejillas de ventilación natural de absorción y de extracción de tiro forzado. Las rejillas de ventilación tienen como función permitir que el efecto de émbolo de un tren en marcha, desaloje del túnel el aire recalentado en el interior. Las especificaciones de ventilación natural señalan 270 m² de rejilla de ventilación por cada 1 000 m de túnel para dos vías.

IV.1.1 CONSTRUCCION DEL CAJON SUBTERRANEO.



CAJON SENCILLO CON EXCAVACION A

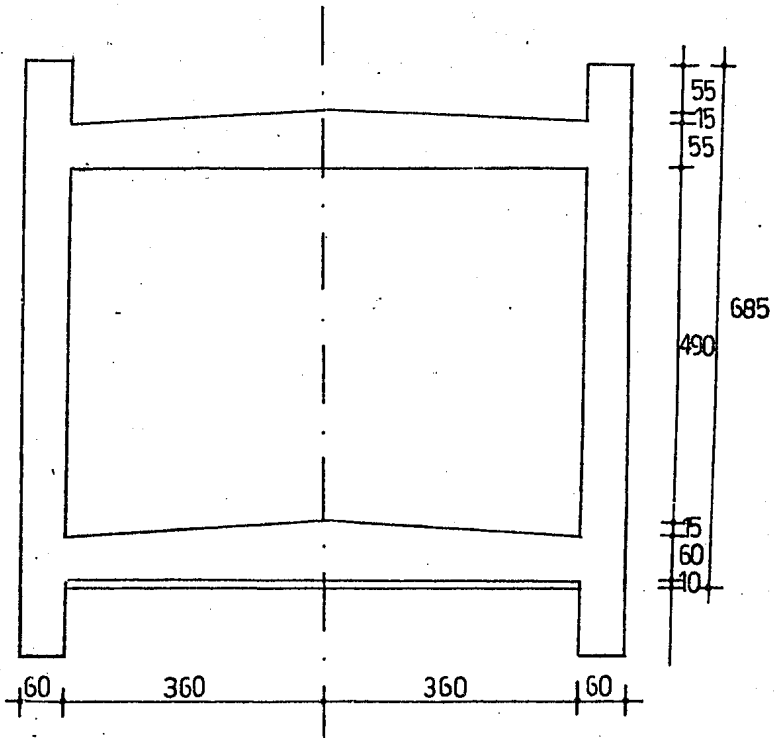
CIELO ABIERTO

Teniendo en cuenta las características del suelo y los problemas del hundimiento de la Ciudad, se han adoptado tres soluciones básicas para las estructuras subterráneas (cajón subterráneo) las cuales dependen no sólo de las propiedades mecánicas del subsuelo en cada zona, sino también del espacio disponible en las calles para las operaciones de construcción de la cercanía a edificios existentes.

Los tipos de estructuras para el cajón subterráneo son las siguientes:

a) CAJON CONVENCIONAL.- Con muro estructural construido a cielo abierto suele utilizarse en avenidas o calzadas sumamente anchas, es un cajón rectangular de concreto con muros de aproximadamente 1.00 m de espesor, losa inferior de 0.80 m y losa superior de 0.60 m aproximadamente, construido dentro de una excavación a cielo abierto con profundidad máxima de 7 metros. Los taludes de la excavación son diseñados de acuerdo con las características de los suelos en cada tramo y el fondo es estabilizado (si se trata de suelos finos arcillosos o limosos) abatiendo el nivel freático previamente a la excavación mediante el bombeo, con objeto de reducir la magnitud de las expansiones de dicho fondo, y por consiguiente mantener el factor de seguridad contra deslizamientos de los taludes.

b) CAJON CON MURO ADEME Y/O MURO ESTRUCTURAL.- Es también un cajón rectangular construido mediante un sistema de muro ademe que consiste en colar primero los muros de cajón dentro de zanjas excavadas con un cucharón de almeja provisto de una barra guía, estabilizando la zanja con lodo bentonítico y co-



CAJON CON TABLAESTACA ESTRUCTURAL

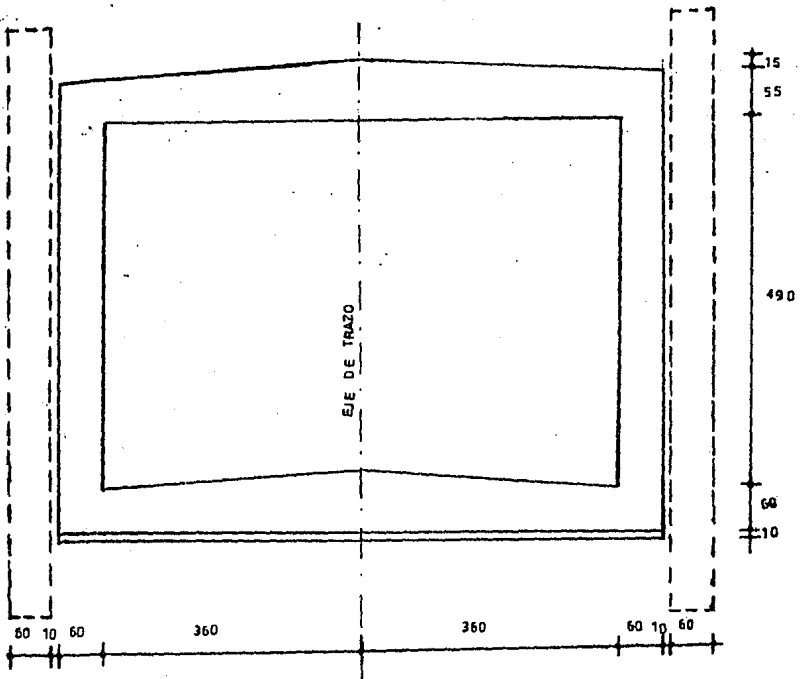
lando el concreto dentro de la zanja con una trompa de colado-
previa colocación del acero de refuerzo. Una vez fraguados --
los muros, se excava el prisma de tierra comprendido entre --
ellos, abatiendo previamente el NAF mediante pozos profundos --
equipados con bombas de tipo eyector, apuntalando los muros --
con puntales de acero hasta alcanzar la profundidad de la losa
inferior.

Este proceso constructivo tiene dos alternativas;
una en la que tanto la losa superior como la inferior se ligan
estructuralmente a los muros ademe, integrando así una estruc-
tura rígida. La otra alternativa es construir entre los muros
ademe otro cajón rectangular de menor espesor; esta solución --
se aplica en casos en que la profundidad del desplante del Me-
tro sea tan grande que requiera mayor peso en la estructura pa-
ra contar así con una cimentación del tipo compensada.

La razón principal es que al aumentar la profundi-
dad de perfil, aumenta el volumen de excavación del núcleo, --
por lo que es necesario compensar peso a dicho volumen, agre-
gando este muro de acompañamiento.

Dependiendo del tipo del cajón de Metro que se cons-
truya y de acuerdo a como tenemos estudiado garantizar la imper-
meabilización de la Sección Cajón, el sistema con que se cuen-
ta actualmente para impermeabilizar el cajón, ya sea con Muro-
Milán Estructural o con Muro de Acompañamiento, es el siguien-
te:

Para enunciar el sistema de impermeabilización en



CAJON CON MURO ESTRUCTURAL Y TABLA-
ESTACA DE ACOMPAÑAMIENTO

este tipo de sección, se explicará brevemente el proceso constructivo de dicha sección.

- Colado de muro de concreto reforzado estructural.
- Abatimiento del N.A.P. mediante pozos de bombeo colocados a cada 10.00 m.
- Excavación del núcleo entre los muros estructurales, mediante sistemas mecánicos y manuales, hasta el nivel de losa de fondo, apuntalando o troquelando los muros para evitar alguna falla ocasionada por el empuje del suelo.
- Demolición del muro en la zona de la losa de fondo, donde se anclará el refuerzo de ésta.
- Retiro de troqueles y colocación de losa presforzada como tapa.
- Colado de losa de compresión armada sobre losa presforzada.
- Relleno sobre cajón del Metro.

Estas actividades se realizan en tramos de 6 metros, por lo que los puntos principales en donde es posible que haya filtraciones, son los siguientes:

- En las juntas de colado entre los muros estructurales.

- En las juntas que se provocan en la demolición del muro, para anclar el armado de la losa.
- En las juntas de colado entre losas de fondo.
- En el muro estructural.

Para garantizar la impermeabilización en las zonas anteriores, llevamos a cabo las siguientes actividades:

Para las juntas de colado entre los muros estructurales, entre la losa de fondo, se coloca una Banda de P.V.C. - (Cloruro de Polivinilo) de 22 cm., a lo largo de toda la junta. Dicha banda impide el paso del agua en la junta de colado.

Para las juntas de colado que se provocan por la demolición del muro estructural para integrar las losas de fondo y superior la impermeabilización, se seguirá utilizando una resina epóxica comercial entre el muro y la losa, así como mediante una buena calidad del concreto.

Para las posibles filtraciones en el muro estructural, la impermeabilización se basa en lo siguiente:

- Buena calidad del concreto y construcción del muro.
- El espesor del muro estructural $e = 0.60$ m es más que suficiente para impedir el paso del agua.
- Cuando los procedimientos anteriores no garantizan la

impermeabilización por ser de características especiales el terreno en que se construye la sección cajón del metro, tales como materiales granulares o alto contenido de humedad en su superficie, se procede a realizar inyecciones al terreno contiguo a la zona de filtración con una mezcla o lechada de agua - cemento a presión.

IV.2 CARACTERISTICAS MAS IMPORTANTES EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO EN LA ESTRUCTURA SUBTERRANEA.

a) CONSTRUCCION DE BROCALES.- Los brocales son estructuras en ángulo recto, de concreto armado y colados en el sitio, la estructura está compuesta por dos ramas, una horizontal llamada alero y una vertical llamada faldón.

La función de los brocales es retener los rellenos sueltos así como servir de guía y apoyo a las herramientas de excavación, para que se logre esta última función los brocales deberán dejar un espacio libre igual al espesor de los muros - colados en sitio o muros pantalla. Para su construcción se realizan las siguientes operaciones: trazo, ruptura de pavimento, excavación de la zanja, armado, cimbrado y colado.

La excavación de la zanja generalmente se ejecuta con herramientas manuales - pico y pala - la profundidad de la zanja y del brocal es variable, según los rellenos que existan, pero esta profundidad no debe ser menor de 1.5 m y no mayor que la profundidad a la que se encuentra el nivel freático.

El armado de los brocales es con varillas de $3/8"$ a cada 30 cm. en los dos sentidos. El colado se ejecuta simultáneamente en ambos lados de la zanja, para que no se desplace la cimbra. El concreto empleado tiene una resistencia de 150 Kg/cm^2 . Una vez que es retirada la cimbra es muy importante troquelar los brocales, ya que están sometidos a pequeños empujes de tierra, movimiento de maquinaria y filtraciones de agua. Este troquelamiento se hace por medio de pólines.

b) EXCAVACION PROFUNDA PARA LOS MUROS COLADOS EN SITIO.-

La excavación y colado de los muros pantalla o muros Milán, se realiza por tramos o tableros de 6 m alternadamente. Antes de iniciar la excavación y ya que se tienen los brocales construidos, se aísla un tramo de 5.0 m por medio de compuertas de madera y se rellena el tramo aislado con lodo bentonítico hasta 30 cm. por debajo del borde superior, este lodo sirve para estabilizar las paredes de la zanja que se va haciendo. El lodo bentonítico debe dejarse en reposo un mínimo de 8 horas para poder iniciar la excavación. La excavación de la zanja se realiza por medio de una draga de almeja libre o de almeja guiada, esto es para garantizar la verticalidad y el alineamiento de la zanja. Para poder excavar los tramos contiguos a los ya colados, es necesario que éstos hayan alcanzado el 50% de su resistencia nominal. No deberan pasar mas de 24 horas entre la excavación de la zanja y el inicio de colado y no más de 6 horas entre haber alcanzado el nivel de desplante de los muros y el inicio del colado.

c) COLOCACION DEL ARMADO DEL MURO MILAN.- Cuando se ha concluido la excavación y se ha verificado la profundidad de -

la zanja se procede a hacer la limpieza del fondo de la misra, para evitar que los azolves se mezclen con el concreto y ocasionen una disminución de su resistencia. Después se procede a la introducción de las juntas metálicas y la parrilla armada. Las juntas metálicas son tubos huecos que dan forma de hembra al tablero donde se introducen y de macho a los tableros adyacentes al extraer la junta y colados. Estas van acompañadas de una banda de P.V.C. que queda adherida al concreto una vez que se extrae la junta metálica esta banda integrada de P.V.C. sirve de pantalla impermeable en las juntas de los tramos de muro.

Las parrillas del armado están contraventeadas con rigidizadores para que al ser levantadas por una grúa e introducidas a la zanja, no se cuelguen y tengan deformaciones.

La colocación de la parrilla del armado se hace por medio de una grúa y para evitar que floten en el lodo bentonítico es empujada por la misma grúa, una vez colocada y centrada la parrilla hay que sostenerla y asegurarla, ya sea troquelándola con madera contra los brocales o por medio de gatos hidráulicos, esto para evitar que emerja durante el colado.

A estas parrillas del armado se les hacen una serie de preparaciones como son: dejar dos espacios de 60 X 60cm. verticalmente y que sirven de guías para el paso de las trompas de colado, otra es, que el lado interior y a la altura de la losa de fondo y techo se hace una preparación o caja con espuma de poliuretano, para posteriormente romper estas áreas y desdoblar las varillas y anclarles con el armado de las losas y hacer que trabajen en conjunto.

El tiempo máximo entre la introducción de la parrilla a la zanja y el inicio de colado del muro es de 4 horas. Lo que es, para evitar que el lodo se impregne demasiado al armado y reste adherencia entre varillas y concreto.

d) COLADO DEL MURO MILAN.- Después de colocada, centrada y nivelada la parrilla del armado; se procede al colado del muro Milán por medio de dos trompas de colado. Estas trompas están integradas por tramos de tubo de 2 m de longitud, unidos por coples herméticos, para evitar que las uniones succionen aire o lodo bentonítico.

Al tramo de tubo que sobresale a la superficie se le adiciona una tolva sobre la que se descarga el concreto, conforme avanza el colado se van retirando los tramos de tubo. Debe cuidarse que la trompa de colado quede ahogada en el concreto por lo menos 1.5 m para propiciar su acomodo se sacuden las trompas al estar colando.

Como el peso específico es mayor que el de la bentonita, hace que ésta vaya emergiendo hacia la superficie, en donde se realizan algunas pruebas para determinar si se vuelve a ocupar o se desecha.

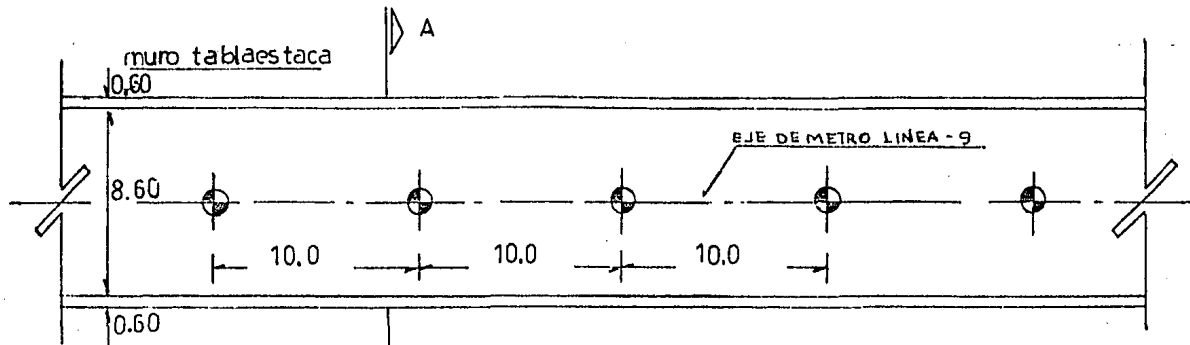
En resumen el muro Milán consiste en la sustitución del terreno natural por lodo bentonítico y de éste por concreto.

e) EXCAVACION DEL NUCLEO Y COLOCACION DE TROQUELES.- Una vez que el concreto de los muros alcanzó su resistencia nomi-

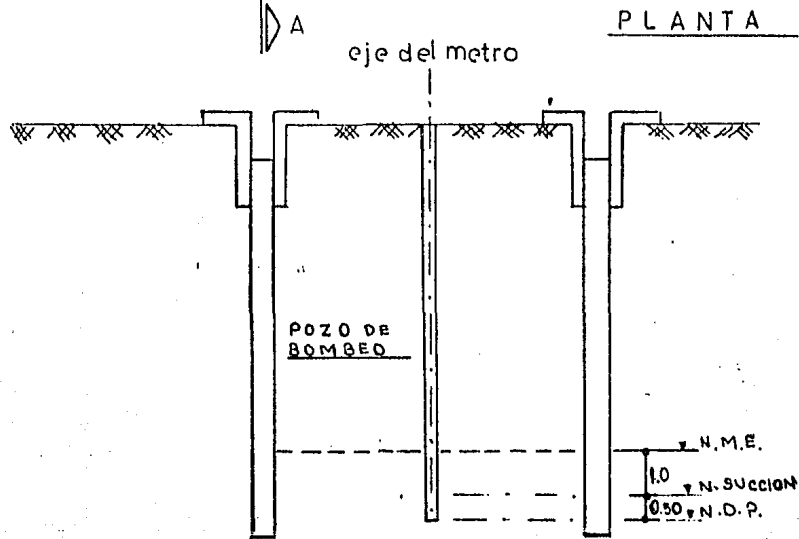
nal (28 días para cemento tipo I y 14 días para tipo III), se procede a hacer la excavación del núcleo. Como actividad previa de la excavación está el abatimiento del nivel freático, este abatimiento se realiza por medio de pozos de bombeo, estos pozos se colocan a cada 10 m sobre el trazo del Metro. Para la construcción de los pozos, primero, se realiza una perforación de 30 cm. de diámetro por medio de una broca, su profundidad es 2 m mayor que el nivel de plantilla más abajo del cajón. Una vez que se ha hecho esta perforación se procede a colocar el ademe que es un tubo metálico de 3" de diámetro ranurado en toda su longitud, al rededor de éste tubo se coloca -- una malla fina para evitar que entren partículas de tierra al tubo, el resto de la perforación se rellena con grava y arena que sirven de filtro, posteriormente se colocan dentro del tubo 2 mangueras una para inyectar agua y otra para succionarla -- ésto para acelerar el flujo de agua hacia los pozos de bombeo. El abatimiento del nivel freático se empieza a realizar 8 días antes del inicio de la excavación y se suspende una vez que se ha colocado la loza de piso.

Las actividades de excavación y colocación de troqueles son simultaneas, conforme avanza la primera se ejecuta la segunda. La excavación del núcleo se ejecuta con retroexcavadora o draga hasta antes de colocar el primer nivel de troqueles, después y debido a dichos troqueles solamente se utiliza la draga con almeja libre.

Los troqueles se colocan para evitar que el empuje de la tierra voltee el muro Milán, generalmente se colocan en 2 niveles y a cada 50 cm. de las juntas de tramo de muro, es--



UBICACION DE POZOS



CORTE A - A

tos troqueles deben quedar alineados en los 2 sentidos.

f) CONSTRUCCION DE LOSA DE FONDO.- Cuando se ha excavado hasta el nivel de desplante de la losa de piso, se procede a colocar el troquel inferior y colar una plantilla de concreto pobre o de grava, una vez fraguada esta plantilla se arma la losa de fondo, traslapando su refuerzo con el de los muros para garantizar una junta continua entre muros y losa.

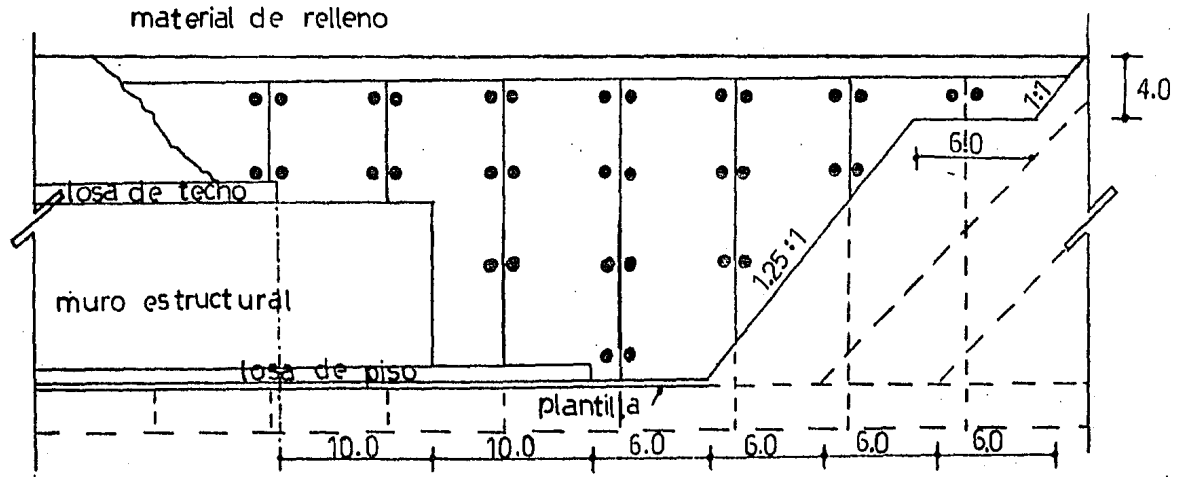
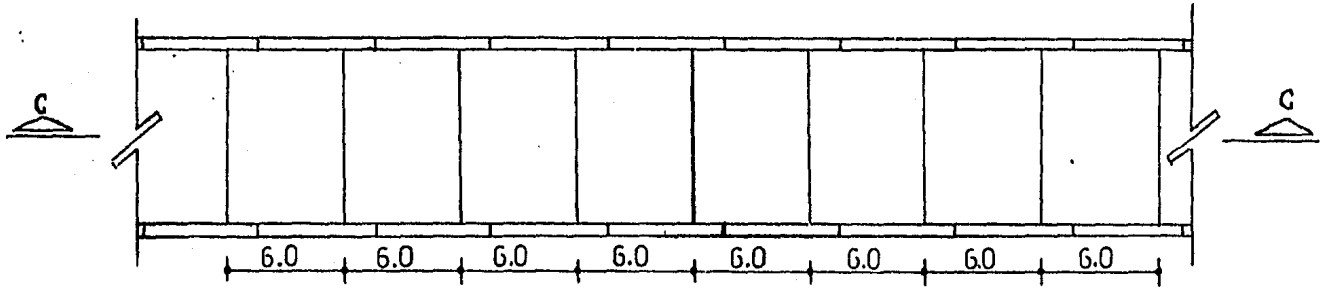
El colado de losa se hace respetando las pendientes, niveles y se integra a ella a ambos lados tubería de P.V.C. -- que actúa como dren definitivo. Después de colada la losa de fondo se retira el nivel inferior de troqueles.

g) CONSTRUCCION DE LOSA DE TECHO.- La losa esta formada por tabletas precoladas y presforzadas y una losa de concreto-armado colada en el lugar, sobre éstas tabletas. Antes de colocar las tabletas se habrán preparado los muros, descopetando-- los hasta el nivel requerido. Las tabletas se asientan sobre una capa de mortero cemento - arena con un apoyo de 15 cm. a cada extremo. Habiendo fraguado el mortero se colocan las tabletas, vigilando la colocación de la junta de P.V.C. y preparando las superficies de contacto muro - losa. Posteriormente se efectúa el colado de la losa superior y finalmente se retiran los troqueles superiores.

h) IMPERMEABILIZACION, RELLENO Y PAVIMENTACION.- Después del colado de la losa se le dá un riego de asfalto sobre el -- que se esparce arena, los rellenos se inician 10 días después del colado de la losa estos rellenos son de tegetate o de gra-

CAJON

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO POR



CORTE C-C

va cementada con tepetate y compactados al 95%. En el caso de un cajón subterráneo la impermeabilización es sencilla pero en las estaciones se utiliza un procedimiento más elaborado para garantizar una absoluta impermeabilidad.

La pavimentación se realiza en la forma tradicional, sub-base, base y carpeta asfáltica.

IV.3 SOLUCION TUNEL PROFUNDO.

La línea por túnel se usa cuando es necesario tener el menor número posible de interferencias con la superficie. - A pesar de que su costo inicial resulta más elevado que en las otras alternativas; se ha confirmado que el tiempo de recuperación de la inversión es bastante rápido.

Por otra parte, la principal ventaja de la línea - por túnel, es que su construcción no afecta a la vialidad existente. Ventaja que para el caso de la Ciudad de México es de vital importancia ya que las horas hombre que se pierden en - transporte son excesivas.

Otra ventaja es el ahorro por concepto de obras inducidas de servicios municipales en general, que en la solución por cajón se tiene que hacer, a diferencia de la solución por túnel donde, dichas obras se evitan ya que a la profundidad a la que va alojado el túnel, las instalaciones ya no interfieren.

Los factores que intervienen en la determinación -

de la profundidad del Túnel, son la estratigrafía del subsuelo, los equipos e instalaciones necesarios en las estaciones como lo son escaleras, accesos, vestíbulos, andenes, etc., así como también la profundidad mínima recomendable dada por la distancia que los usuarios tienen que bajar para llegar a la estación.

Para la construcción de los accesos de las estaciones en Túnel, se tienen que afectar predios a ambos lados de las vialidades, igual que en las estaciones, superficiales y elevadas.

Económicamente la línea por Túnel es más costosa que la de cajón, pero debido a las ventajas anteriormente mencionadas, a largo plazo es redituable.

Los procedimientos empleados en la construcción del Túnel según las características del suelo son las siguientes:

a) La excavación del Túnel se realizará con un escudo de frente abierto. Estos escudos son de 9.15 m de diámetro, 6.35 m de longitud total, 0.80 m de cuchilla, 3.78 m de cuerpo intermedio y 1.77 m de faldón con un brazo giratorio con mecanismos para sujetar las dovelas y colocarlas alrededor del Túnel. Estas dovelas son de un diámetro algo menor que el de la excavación por lo que el espacio libre es rellenado con un mortero de cemento en el menor tiempo posible para el sostenimiento de la excavación.

b) SAN MARCOS. La excavación del Túnel se hará por medio de un banqueo, dividiéndose la sección transversal del Túnel -

en dos secciones: sección media superior y sección media inferior.

La longitud de avance máximo será de 1.20 m y el avance de banco será de 2.40 m.

El recubrimiento provisional será de concreto lanzado de 25 cm. de espesor con doble malla electrosoldada del tipo 6" X 6" 4/4. En la sección media inferior se construirán zapatas de apoyo de 0.80 X 0.40 m.

CON MARCOS METALICOS. La excavación del Túnel se efectuará por medio de un banqueo dividiendo la sección transversal del Túnel en dos secciones.

La longitud de avance máximo y de avance de banco será similar a la indicada para la zona anterior.

El recubrimiento provisional será con marcos metálicos, concreto lanzado de 15 cm. de espesor y una malla electrosoldada. También deberán construirse zapatas de apoyo al marco de 0.80 X 0.40 m en la sección media inferior.

IV.4 SOLUCION ELEVADA.

La línea elevada es más costosa que la superficial y su implementación se restringe a avenidas con un mínimo de 30 m de ancho con el objeto de permitir una adecuada integración del contacto urbano. Sus principales ventajas consisten-

en que no afecta mayormente a la vialidad y reduce los problemas de interferencia con las instalaciones municipales.

En vista de que la solución elevada es una novedad en México para el Metro, se estudió exhaustivamente la necesidad de conservar el mayor número posible de carriles de circulación en las calles donde se empleará esta solución, llevó a la decisión de utilizar una sola hilera de columnas de apoyo, en forma similar a lo observado en algunos otros metros del mundo. En el capítulo siguiente se detalla mejor este tipo de solución.

CAPITULO 5 PROCESO DE CONSTRUCCION DE LA LINEA ELEVADA EN PARTICULAR.

V.1 DETALLES GENERALES DE LA LINEA ELEVADA.

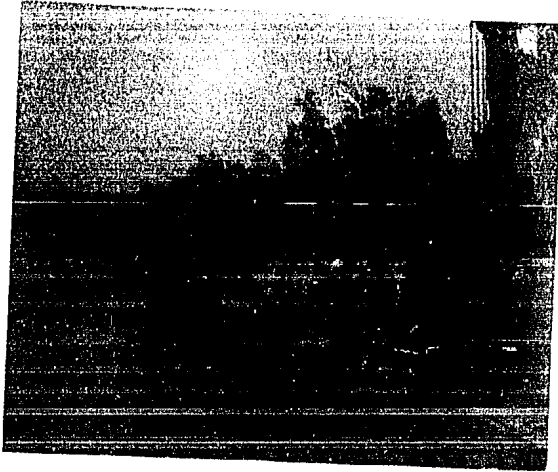
En la planeación de las nuevas Líneas del Sistema de Transporte Colectivo (Metro), se incluyó una solución novedosa, la cual consistió en construir líneas elevadas sobre la porción central de avenidas amplias, con estaciones también -- elevadas que permitan a los usuarios abordar y descender de los convoyes bajo cubierto.

Una vez definido el apoyo en una sola hilera de columnas como se mencionó en el capítulo anterior, se procedió a analizar las distintas alternativas posibles para las trabes, tanto desde el punto de vista del material a emplear: acero, concreto pretensado, concreto postensado, como desde el punto de vista de la sección transversal: Viga I, T, o cajón, y de los claros que podrían salvarse.

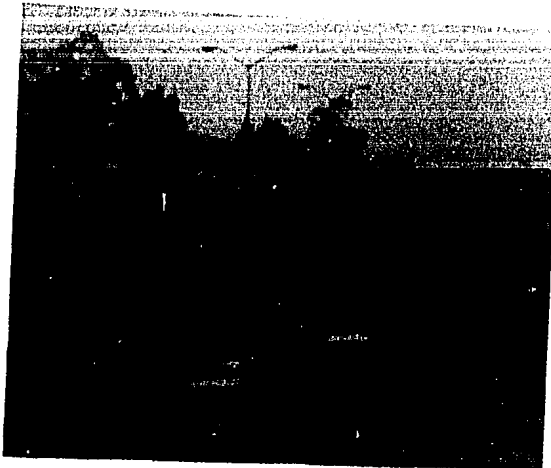
Las alternativas estudiadas fueron las siguientes:

1) ESTRUCTURA ISOSTATICA: Vigas libremente apoyadas sobre columnas, con las siguientes variantes en claros y sección.

a) Precolada pretensada a base de cuatro cajones de sección reducida uno bajo cada eje de rodamiento, con claros de 40, 45 m, unidos por una losa colocada sobre ellos con ancho total de 8 m.



Tramo Elevado y Tendido de Vía.



b) Precolada pretensada a base de 2 cajones de mayor dimensión cuyas almas coincidan con los ejes de rodamiento, con claros de 20 y 25 m., unidos por una losa colada sobre ellos.

c) Cuatro vigas I de acero con una losa de concreto colada sobre ellas con claros de 20, 25, 40, 45 m.

d) Cuatro vigas T precoladas, pretensadas, con claros de 40, 45 m., unidas por tramos de losa colada en sitio.

2) ESTRUCTURA ISOSTÁTICA Consistente en tramos simplemente apoyados en los extremos de un cabezal colado sobre columnas. El voladizo de los cabezales a cada lado de la columna se hizo variar entre 2 y 5 m. Las secciones de los tramos de trabe eran similares a las de la alternativa 1.

3) ESTRUCTURA CON COLUMNAS ARTICULADAS EN SU BASE. Claros desiguales con sección de cajón postensado colado en sitio, -- continuo con las columnas.

Se hizo una comparación económica de las distintas alternativas estudiadas tomando en cuenta las cantidades de materiales necesarios por Km. de línea en cimentación (Zapata da do y pilotes) y superestructura (columnas, cabezales en su caso, traveses y losas) tanto de concreto colado en sitio, como -- precolado o acero estructural, para los distintos claros estudiados y para soluciones a base de concreto ligero hecho con -- agregados de arcillas expansivas o concreto de peso volúmetri-- co normal y tomando en cuenta la posibilidad de que se supri-- miera o no el balastro para la colocación de la vía.

Se tomaron también en cuenta las dificultades de tipo constructivo, los equipos de construcción que sería necesario utilizar en cada solución, grúas, juegos de cimbra, etc.

V. 2 CONSIDERACIONES SOBRE LAS ALTERNATIVAS ESTUDIADAS

Las estructuras continuas altamente hiperestáticas presentan ventajas de redistribución de elementos mecánicos al ser sometidas a sobre cargas excepcionales, por ejemplo, las causadas durante un sismo; sin embargo, para su correcto funcionamiento requieren que los apoyos no permitan desplazamientos verticales diferenciales que ocasionarían esfuerzos adicionales de importancia. Para lograr esto, sería necesario utilizar cimentaciones con pilotes apoyados en la capa dura del subsuelo de la Ciudad de México, con profundidad variable que llegue en algunas zonas a más de 35 m; lo cual motivaría por otro lado el que se afectara la zona adyacente a la cimentación, pues impediría el hundimiento general de la Ciudad que en promedio es del orden de 10 cm por año, formándose desniveles importantes alrededor de las zapatas de cimentación, que perturbarían seriamente la vialidad, sobrecargarían fuertemente los pilotes debido a la fricción negativa que se generaría.

Por otro lado, las ventajas de la continuidad solo serían en dirección de la línea, pues, en dirección perpendicular, dado que se apoyaría en una sola columna, la estructura sería isostática. Además, la solución continua es más vulnerable a los cambios de temperatura.

Debido a estas razones, se optó por utilizar la solución isostática que tolera fácilmente hundimientos diferenciales y permite la solución de cimentación con pilotes de fricción. Desde el punto de vista sísmico, en dirección de la línea se puede hacer suficientemente resistente sin incrementos importantes de costo; el análisis sísmico perpendicular a la línea, es igual para las soluciones continua o isostática.

Las soluciones con base articulada, presentan el inconveniente de que en dirección perpendicular a la línea, la base no puede ser articulada por trabajar la estructura en voladizo, incrementándose fuertemente el costo de las articulaciones y complicándose su diseño.

Las trabes se apoyaron sobre placas de neopreno, una de ellas rígida horizontalmente para restringir los desplazamientos y la otra flexible, equivalente a un móvil. Para reducir los movimientos de la trabe en dirección perpendicular a la línea, se usó una saliente que encaja en un hueco dejado previamente en la columna. Se tomaron precauciones especiales para evitar la caída de una trabe durante los movimientos sísmicos intensos.

Las dimensiones de la columna en el extremo superior están regidas por espacios entre trabes para poder postensarlas y por la separación entre apoyos perpendicularmente a la línea para tomar eficientemente el momento de cabeceo y de sismo; la sección obtenida por requisitos estructurales era de menores dimensiones, por los que se podía optar por hacer una columna de sección constante con ménsulas en el extremo supe-

rior para satisfacer los requisitos constructivos, o bien, hacerla de sección variable reduciéndola del extremo superior hacia la base. Por razones arquitectónicas se optó por esta última solución.

Considerando la importancia que reviste el hundimiento de la Ciudad de México, fue necesario adoptar una solución tal que "siguiera" dicho hundimiento y se estudiaron varias alternativas, desde el uso de cajones compensados, hasta zapatas semicompensadas con pilotes de fricción, finalmente adoptada.

Se realizaron estudios de mecánica de suelos en cada uno de los apoyos, consistentes en pruebas de penetración estandar para verificar estratigrafía y tipo de materiales, haciendo también pruebas completas de consolidación del material obtenido en sondeos de tipo inalterado en algunos apoyos para definir las propiedades mecánicas del subsuelo tales como compresibilidad, resistencia al corte, etc.

Para determinar las dimensiones de las zapatas así como el número de pilotes por apoyo, se tomaron en cuenta los siguientes valores totales admisibles desde el punto de vista de mecánica de suelos:

- a) Capacidad de carga con factores de seguridad igual a 1.20 bajo sollicitaciones estáticas y dinámicas.
- b) Hundimiento total de un apoyo no mayor de 15 cm.

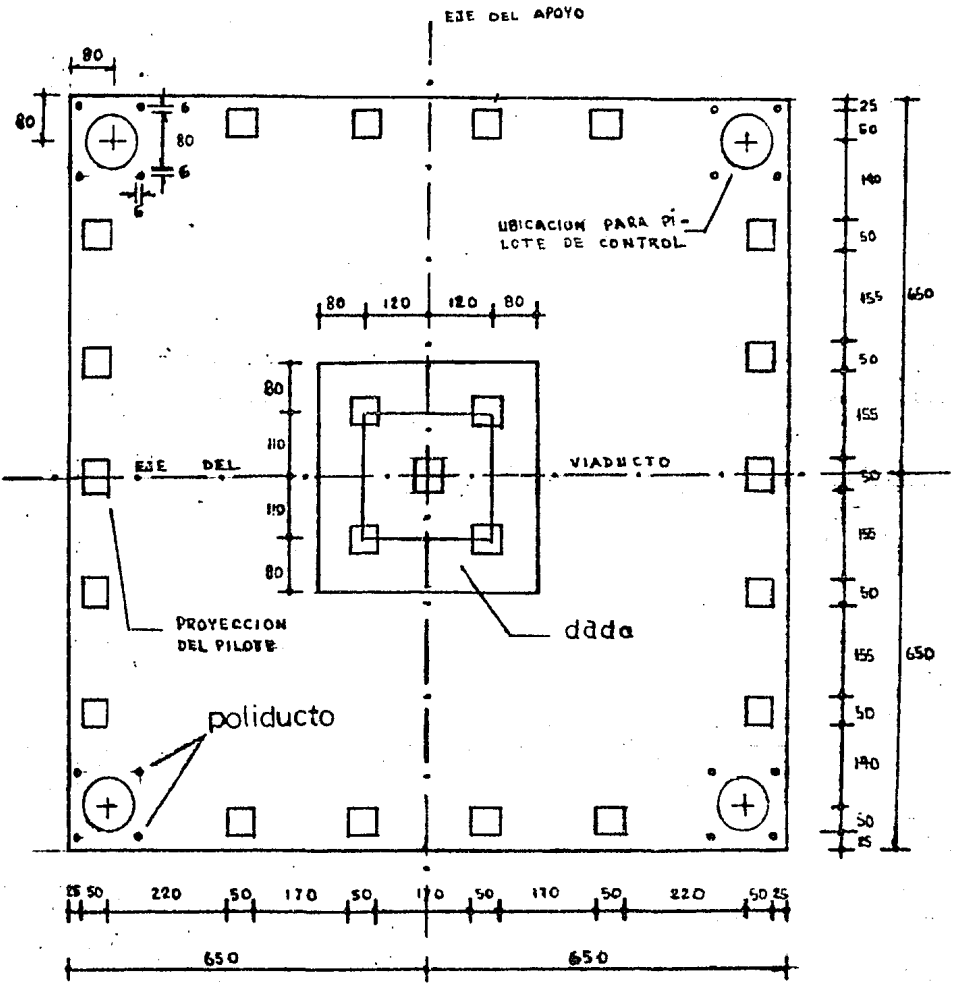
c) Presión máxima admisible al nivel de desplante de la losa de cimentación de 8 a 8.5 ton/m² en tramo de 9 a 9.5 ton/m² en estaciones.

También se revisó la capacidad de carga de los pilotes trabajando a tensión por efecto de momentos flexionantes y a cortante generados éstos por las cargas estáticas y dinámicas de la estructura.

Para claros de 35.0 m las zapatas resultaron del orden de 13 X 13 metros, espesor de 1.15 m promedio y un dado de repartición de 3.80 X 4.0 m y de 80 cm. de peralte colocado en la base de la columna. El número de pilotes para estos apoyos varía de 21 a 25 aproximadamente, con una longitud promedio de 19 metros, en dos tramos precolados.

En las esquinas de las zapatas se dejaron preparaciones para colocar pilotes de control a futuro, cuya función será la de enderezar la estructura en caso de que fuera necesario.

La solución que responde a los factores ya descritos, y que finalmente se adoptó está constituida por zapatas macizas de concreto reforzado apoyado en pilotes de fricción, una sola hilera de columnas en sentido transversal y vigas de concreto prefabricadas con un claro entre apoyos de 35 m aproximadamente. La unión entre vigas y columnas se logra mediante apoyos de neopreno reforzado con placas de acero.



ZAPATA

V. 3 IDEALIZACION DE LA ESTRUCTURA.

Para analizar los efectos sísmicos, la estructura se consideró como un péndulo invertido según el Reglamento de construcciones para el D. F. ya que más del 50% de su masa está concentrada en la parte superior y basta la formación de una sola articulación plástica en la columna para producir el colapso, lo que hace que sea una estructura vulnerable a los efectos sísmicos y obliga a diseñarla tomando en cuenta todos los efectos que puedan obrar en ella.

En lo que respecta a la trabe, ésta se consideró con un apoyo articulado en el extremo norte según la dirección de la línea y un apoyo simple en el extremo sur. Esta idealización se hizo con el propósito de permitir que la trabe tuviera libertad de movimientos producidos por efectos internos y extremos, tales como contracciones volumétricas, deformaciones por postensado, aceleración y frenaje de trenes, sismo, etc.

El apoyo de las trabes sobre las columnas está constituido por dos conjuntos de placas de neopreno y acero en cada extremo. En el lado norte el espesor total del apoyo es de 4.1 cm. con objeto de limitar los desplazamientos horizontales y que funcione como apoyo articulado; en el lado sur el espesor total es de 16.3 cm, lo que da la libertad de desplazamiento horizontal necesario para considerar este apoyo como deslizante; la separación de conjuntos de placas en dirección perpendicular a la línea es de 2.50 m. a ejes.

V. 4 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA ESTRUCTURA ELEVADA.

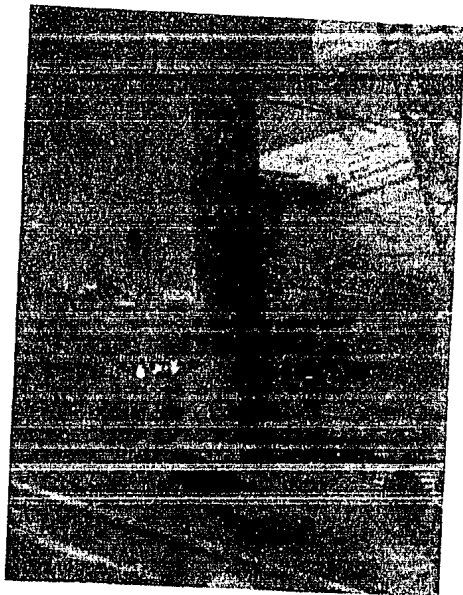
a) PERFORACION.- Esta perforación es de 0.40 m de diámetro extrayendo el material de perforación hasta una profundidad de $2/3$ de la longitud del pilote más la profundidad de desplante de la zapata (2.20 m aproximadamente). Para mantener la estabilidad de las paredes se mantiene una recirculación de agua y la perforación no quedará abierta más de 24 horas.

b) HINCADO DE PILOTES.- Se utilizan pilotes de sección cuadrada de 50 X 50 cm. y se hincan desde la superficie del terreno natural. Los pilotes están contruidos por dos tramos: El tramo inferior (punta) de 13 m de longitud (constante) y el superior (extensión) de longitud variable. La unión es mediante placas de acero soldadas, para poder efectuar esta unión el tramo inferior del pilote estará cuando menos hincado 12 m.

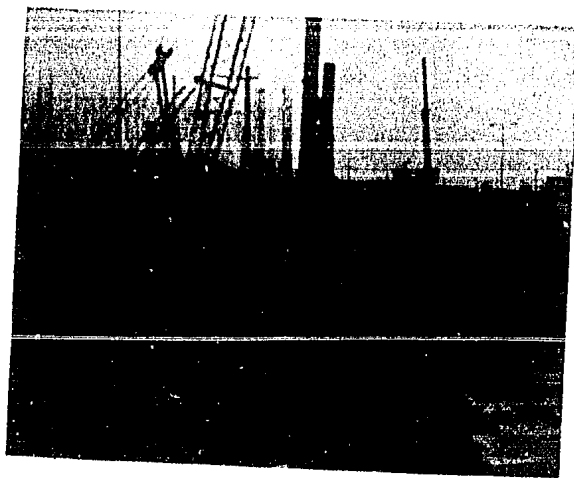
Para garantizar la verticalidad se debe contar con una estructura guía, con niveles propios independientes de la piloteadora. El desplante máximo permisible del pilote es del 1% de su longitud total.

El cabezal del pilote se protege con un "colchón" compuesto por 3 capas de madera de 5 cm. de espesor cubiertas con un capuchón metálico, el hincado se efectúa con un martillo "DELMAC D-22" y la altura de caída no excederá 1 m.

Mediante un equipo auxiliar de mordazas se deberá sujetar el pilote para evitar que éste se pegue por efecto de la tixotropía de la arena no se permitirán recesos mayores de



Colocación de Pilotes.



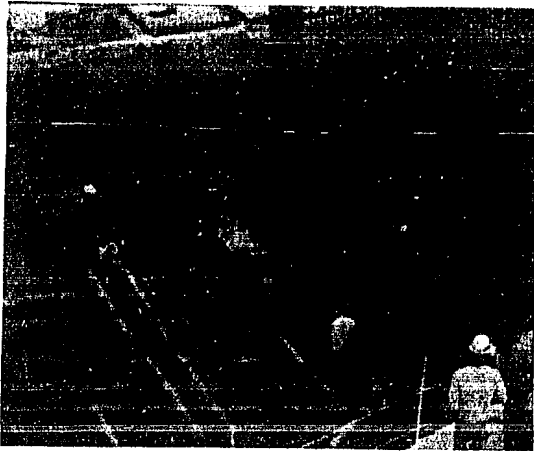
90 minutos en el hincado, todo pilote cuya integridad estructural resulte dudosa, debe ser reemplazado por otro.

Primero se hincan los pilotes del centro y posteriormente los de la periferia, empezando en cualquier esquina y continuando con un mismo sentido de giro.

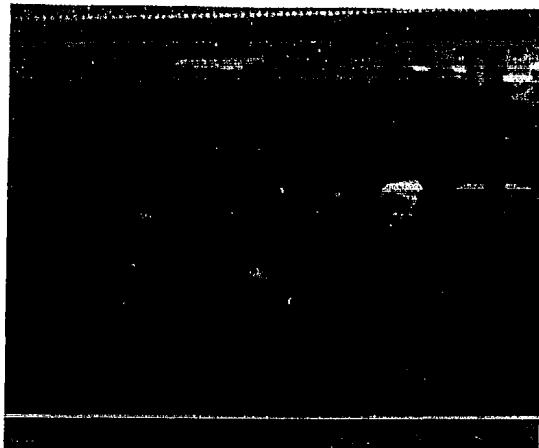
c) **EXCAVACION DE LA ZAPATA.** - Se realiza a cielo abierto y está limitada por taludes 0.5: 1 horizontal a vertical. El ancho máximo es igual al ancho de proyecto de zapata más 1.50m en la primera etapa se excava la mitad del ancho total, hasta la profundidad de desplante y se cuela una plantilla de 10 cm. de espesor de concreto pobre con acelerante de fraguado, dos horas después se demuele la parte superior de los pilotes. En la segunda etapa, simultáneamente a la demolición se continúa con la restante excavación.

No transcurrirán más de 12 horas entre la máxima excavación y el colado de la plantilla. Para evitar que se inunde la excavación se construyen dos cárcamos de bombeo de 0.30 m de profundidad conectados por una zanja rellena de grava limpia, el agua producto de filtraciones se extraerá con bombas autocebantes.

d) **ARMADO, CIMBRADO Y COLADO DE ZAPATAS.** - Las dimensiones son variables entre 10.50 y 13.0 m con altura de 1.20 m f'c de concreto = 250 Kg/cm^2 y f_y del acero de 4 000 Kg/cm^2 . Una vez terminado con el descabece de pilotes se procede al habilitado del acero de refuerzo y al mismo tiempo el cimbrado de la zapata para vaciar un volumen aproximado de 203 m^3 de concreto, paralelamente se dejan 4 perforaciones para la colocación fu-



Colado de Zapatas.



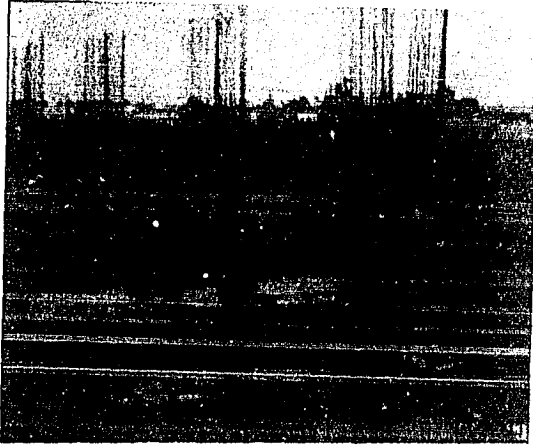
tura de pilotes de control. El tiempo entre el colado de la -
plantilla y zapata no excederá de 72 horas a la vez se colocan
4 bancos de nivel superficiales para observar la magnitud de -
los movimientos y dos gatos planos para conocer la distribución
de presiones de la zapata sobre el terreno.

e) ARMADO, CIMBRADO Y COLADO DEL DADO.- Se inicia el ar-
mado conjuntamente con el de la zapata quedando éste hasta una
altura de 2.00 m aproximadamente, se coloca un dren para aguas
pluviales de 6" de diámetro que queda ahogada en el dado y co-
lumna. Una vez colada la zapata se cuele el dado con un volú-
men aproximado de 12 m³ de concreto, el curado en las superfi-
cies expuestas se realiza una vez iniciada la segunda etapa de
fraguado, el decimbrado se ejecuta después de 24 horas .

f) ARMADO, COLADO Y CIMBRADO DE LA COLUMNA.- Para reali-
zar este trabajo se requiere efectuar el colado con bomba a fin
de garantizar el correcto terminado de éste.

V. 5 OBRA ELECTROMECHANICA.- Una vez, concluida la Obra Civil-
se inician las instalaciones Electromecánicas, que comprenden:

Para la vía, el tirar balastro en dos capas, coló-
car durmientes, colocar aparatos de vía donde haya maniobras,
riel, pista de rodamiento y aisladores de polyester, los cuales
suelan y soportan la barra guía. Hacer todas las fijaciones y
alineaciones necesarias. Posteriormente se hace el cableado -
para alta y baja tensión, se instalan las subestaciones de reg
tificación para transformar una tensión de 15 000 volta. co --



Vista de una Estación Elevada.



corriente alterna a 750 volts. corriente directa, asimismo las subestaciones de alumbrado y fuerza que transforman 15 000 volts. corriente alterna a 220 / 127 volts. corriente directa.

Se continúa con la señalación, tanto semáforos como locales técnicos, los equipos de control como mando centralizado, paro automático y comunicaciones. Por otra parte se instalan los equipos electromecánicos con torniquetes, extractores de aire y equipos de bombeo. Las taquillas son acondicionadas para su operación, así como los locales de personal de conductores, permanencias y demás servicios que tiene una estación. En terminales se instala la fosa de visita del Material Rodante.

CAPITULO 6 CONCLUSIONES

VI.1 CONSECUENCIAS SOCIALES CON LA CONSTRUCCION DE LA LINEA

" 9 "

La construcción de la línea "9" del Metro es una obra de infraestructura de considerable magnitud y conjuntamente a las 7 líneas ya existentes forman la columna vertebral del transporte colectivo de la Ciudad de México.

Entre los cambios más importantes que causará la construcción de esta línea del Metro serán; la regeneración de las zonas de la ciudad que se encontraban en estado decadente, lo que permitirá lograr mejores condiciones de vida para los habitantes que residen a ambos lados del trazo de la línea. Además, permitirá una regeneración social y, lo que es más importante, está coadyuvando a cubrir una necesidad básica de los habitantes de una manera rápida cómoda y económica; el transporte.

En la construcción de la línea involucrará importantes cambios socioeconómicos y como cualquier sistema de transporte del mundo, dará servicio a todos los estratos sociales de la población, independientemente de que unos y otros hagan uso o no del mismo.

La diferencia entre unos y otros usuarios depende más que nada, de la situación económica de los mismos. Los que utilizan el transporte colectivo de la Cd. de México en general son personas de ingresos reducidos y el Metro cumple la función

de darles servicio.

Hay un sector de la población que utiliza otro tipo de transporte como taxis y los automóviles particulares. Es evidente que existe una diferenciación al usar esos sistemas - debido principalmente a características propias de la economía de los usuarios.

No obstante lo anterior, dentro del mismo Metro - existe una mezcla de usuarios que si bien no es muy marcada, si hace acto de presencia.

Por el hecho de ser utilizado por la mayor parte de la población, el sistema de transporte colectivo (S.T.C.), cualquiera que éste sea, adquiere dimensiones históricas y características sociales. Todo transporte debe ser, sin lugar a dudas, un beneficio social en la medida de su aprovechamiento y de la generación de empleos, directos o indirectos que trae consigo.

La construcción de la línea implica graves problemas ya que muchas veces hay que cerrar calles, desviar el tránsito y eso ocasiona demoras y molestias al público que vive en la zona.

Los diversos barrios y colonias por donde se traza una línea o una estación sufren una metamorfosis notable, rápida unas, lenta otras.

Los barrios y colonias evidentemente se ven benefi

ciados desde muchos puntos de vista ya que la plusvalía de los predios aumenta automáticamente, con los atractivos que ofrece tener a corta distancia un servicio más como lo es el Metro, - que permite transportarse rápidamente y con las opciones de -- transbordar a otras líneas.

El Metro en una zona traerá a mediano o largo plazo una regeneración natural del lugar, la creación de actividades comerciales y negocios, que harán más atractivo el paisaje urbano de los alrededores de la estación o de las avenidas por donde pasa la línea.

Es bien cierto que durante la etapa constructiva de ese sistema el urbanismo que modifica, se ve afectado de una u otra forma.

Si se trata de una línea subterránea como en un tramo de ésta el contexto urbano casi no cambia, con la excepción de las zonas de las lumbreras.

VI. 2 DEFICIT DE TRANSPORTE.

Antes que nada debemos reconocer que tenemos un déficit de transporte muy grande.

Actualmente la capital no es la ciudad que como otras en el mundo, cuenta con toda su infraestructura para poder buscar un mejor nivel y mayor confort para los usuarios.

Lo que necesitamos es mayor capacidad de transporte y las metas están encaminadas hacia esos objetivos, pero antes debemos cubrir el déficit.

En el Departamento del Distrito Federal (D.D.F.) - existe un programa muy agresivo de construcción de líneas del Metro y de adquisición y renovación de unidades de transporte de superficies.

La brecha se irá reduciendo a mediano y largo plazo, pero se considera que la solución al problema no depende exclusivamente de las autoridades, también están los ciudadanos. Si el usuario del transporte entendiera los esfuerzos que se están haciendo respondería con una mayor comprensión y participación.

Una manera de colaborar consiste en que el usuario planee adecuadamente sus rutas desde que sale de su origen, hasta su destino.

La creación de nuevas rutas del Metro y de autobu-

es significarán la mayor posibilidad de cambios de itinerario que puede resultar en ahorros de tiempo de traslado.

VI. 3 PROSPECTIVA PARA EL FUTURO.

Hace 25 años no se creía factible la construcción del Metro como una solución barata al problema de la transportación de pasajeros, sin embargo tenemos ahora 100 Km. muy eficientes.

En la zona Metropolitana se generan 22.4 millones de viajes/ persona/ día (VPD), que son satisfechos de la siguiente manera:

<u>MODO</u>	<u>TIPO DE SERVICIO</u>	<u>VPD</u>	<u>TOTAL VPD</u>	<u>%</u>
METRO			6'515,716	29.1
AUTOBUSES	Urbanos	5'821,759		
	Suburbanos	3'147,925		
	Escolares	181,612	9'161,300	40.9
STE	Trolebuses	280,614		
	Tranvías	59,035	339,649	1.5
TAXIS	Colectivos	1'838,715		
	Libre-Sitio	154,802	1'993,517	8.9
AUTOMOVILES			4'267,815	19.0
OTROS	Motocicletas	15,498		
	Bicicletas	90,929		
	Camiones de carga	29,158	135,585	0.6

Dicha situación conlleva el uso exagerado de la vialidad para circular y estacionarse; el excesivo consumo de energéticos, y contaminación ambiental ocasionada por el ruido y el humo de los vehículos automotores.

Hay que señalar que los problemas deben resolverse en función del área conurbada la cual crece muy por encima del promedio nacional y que está constituida por el Distrito Federal y once Municipios vecinos del Estado de México.

Con hipótesis optimista del Plan de Desarrollo Urbano, la población de la zona Metropolitana alcanzará 23 millones de habitantes en el año 2 009, y con la hipótesis media a 33 millones en el mismo año. Es preferible no hablar de la hipótesis pesimista (que llegará a más de 50 millones).

De los 33 millones de personas para la opción intermedia, 18 radicarán en los municipios conurbados y 15 en el Distrito Federal. Esta población generará, únicamente en el Distrito Federal, alrededor de 40 millones de viajes diariamente y podría llegar a los 50 en el supuesto caso de que gran parte de los habitantes del Estado de México siguieran dependiendo del equipamiento de los servicios del Distrito Federal; es decir, la movilidad significará el doble de la que actualmente se registra.

A pesar de la reducción en el número de vehículos particulares, los viajes generados por éstos pasarán de los 7 millones diariamente. En caso de sobrepasar considerablemente dicho número, se llegaría fácilmente a la inmovilidad, con los

problemas adicionales generados por el excesivo consumo de combustible, contaminación, etc.

Por lo anterior, se deduce, sin duda que debemos dar prioridad al desarrollo de los transportes colectivos, y sobre todo del Metro.

Para 1988 se habrá concluido la 4a Etapa de construcción. Si a partir de 1989 se continúan las obras con un ritmo de 8 Km/año la red alcanzará 331 Km con capacidad de 19 millones de V.P.D. y cubriendo el 49% de los viajes. Si el ritmo aumentara a 12 Km/año la red alcanzaría 416 Km de longitud, que es la meta fijada por el Programa Maestro del Metro para atender la movilidad del Distrito Federal esperada por las expectativas demográficas y de desarrollo urbano. En ese año, el Metro participará con 23 millones de V.P.D., es decir, el 58 % del total de viajes.

El Metro (transporte masivo) no puede funcionar bien sin el apoyo del transporte colectivo de superficies. En efecto, los servicios de autobuses, trolebuses y taxis colectivos, deben estar coordinados para alimentarse mutuamente, y principalmente, al Metro.

Por otra parte, los avances tecnológicos y los cambios sociales, obligan a pensar en otras alternativas de desplazamiento que deberemos evaluar adecuadamente. Entre ellos, el tren ligero, unidades articuladas, etc.

Sin embargo, la situación económica desempeñará el

papel fundamental en las decisiones que se tomen.

Debemos reconocer que hasta el presente, la presión demográfica no nos ha permitido cerrar la brecha que existe entre lo que se necesita y lo que tomemos....

Si no se corrigen las tendencias actuales en el ámbito metropolitano, nos encaminaremos a una catástrofe.

Las soluciones deben tomarse a nivel Nacional, y disponer de planes globales de desarrollo donde se destaque el impulso al sector primario, así como acciones de desconcentración de las actividades económicas y administrativas, que necesariamente vendrán a racionalizar el crecimiento económico; a mejorar la distribución de la población en el territorio Nacional y por supuesto a regular el crecimiento de la Ciudad de México.

Pero hay que insistir tenemos los planes y programas. Hay que tomar decisiones y realizarlas, de no ser así, -- nunca tendremos recursos para que la oferta derrote a la demanda, ni evitar que se llegue al colapso.

Será necesario continuar el esfuerzo entre Universidades, Escuelas, Comercios, Industrias y Entidades Estatales.

Para afrontar la carga de problemas del transporte de los siguientes 25 años se necesita emplear, desde ahora una mejor tecnología y demandar adelantos anticipados.

Las nuevas generaciones, junto con las actuales, rerecen nuevas y mejores formas de convivencia dentro de las áreas urbanas. Lo menos que podemos hacer es aportar nuestro conocimiento y nuestro esfuerzo para lograr, desde nuestra disciplina, la Ingeniería - Civil, ciudades más productivas, mejor comunicadas y más dignas de vivir en ellas.

BIBLIOGRAFIA .

- ESPECIFICACIONES DE COVITUR - I.S.T.M.E.

- REVISTA DE INGENIERIA .

- REVISTA OBRAS .