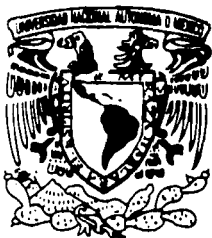


21121
47



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES "ACATLAN"

"VIA DE ENLACE DEL METROPOLITANO LINEA B CON LINEA 5
DE LA RED DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO
DE LA CIUDAD DE MEXICO : CORRESPONDENCIA OCEANIA"

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

JULIO CESAR VILLAZANA LEMUS

ASESOR: ING. LEONARDO ALVAREZ LEON



MARZO 2003

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1



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.



**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLÁN"
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**SR. JULIO CÉSAR VILLAZANA LEMUS
ALUMNO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
P R E S E N T E**

En atención a su solicitud presentada con fecha de 30 de agosto de 2001, me complace notificarle que esta Jefatura de Programa aprobó el tema que propuso, para que lo desarrolle como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**"VÍA DE ENLACE DEL METROPOLITANO LÍNEA B CON LÍNEA 5
DE LA RED DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO
DE LA CIUDAD DE MÉXICO: CORRESPONDENCIA OCEANÍA"**

INTRODUCCIÓN

I. EL METROPOLITANO LÍNEA B

II. VÍA DE ENLACE

III. PLANEACIÓN

IV. PROYECTO GEOMÉTRICO

V. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

VI. PROCESO CONSTRUCTIVO

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico o impreso el contenido de mi trabajo profesional.

NOMBRE: Julio César

Villazana Lemus

FECHA: 9 Mayo - 2003

FIRMA: [Firma]

P.A. Rocío Villazana Lemus

Asimismo fue designado como asesor de tesis el ING. LEONARDO ÁLVAREZ LEÓN, pido a usted, tomar nota en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses, como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Esta comunicación deberá publicarse en el interior del trabajo profesional.

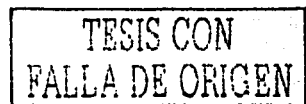
A T E N T A M E N T E .
" POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU "
Acatlán Edo. de México a 23 de noviembre de 2001

Jefe del Programa

Ing. Manuel Gómez Gutiérrez



ENEP ACATLÁN
JEFATURA DEL
PROGRAMA DE INGENIERÍA



AGRADECIMIENTOS:

A mis padres:

*Dedico este trabajo a mis padres: Macaria y Salomón, ya que han sido mi motivación, ejemplo de superación y apoyo incondicional en todo momento de mi vida, y por que sé que siempre podré contar con ustedes.
¡Los amo papas!*

A mi hermana:

Te doy gracias Rocio por infundir en mí ese gran valor que solo tú posees para luchar contra todo y seguir adelante y superarse día con día. ¡Gracias Robusj.

A mi Tío:

Doy gracias a mi tío Rey Villazana por el apoyo que me ha brindado en momentos difíciles.

A mis asesores:

Dedico especialmente este trabajo a mis asesores Ing. P. Agustín Valera Negrete y al Ing. Leonardo Álvarez León, por su orientación y paciencia durante todo el proceso de elaboración de este trabajo de tesis profesional.

A la UNAM:

Doy gracias a mis profesores por su dedicación y Especialmente doy gracias a la UNAM Campus Acatlán por darme la oportunidad de forjarme en sus aulas y por permitirme ser parte de ella.

A mis amigos:

Gracias a mis compañeros y amigos por su apoyo y amistad incondicional. ¡Juntos lograremos nuestras metas!

A mi hermano:

Dedico este trabajo a la memoria de mi gran amigo Oscar Cano Torres; la amistad trasciende fronteras. †

A Caro:

Te doy gracias Caro, por todo el apoyo incondicional que me has brindado en todo momento y por todo lo que representas para mí.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLANEACIÓN PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE LA VÍA DE ENLACE DEL METROPOLITANO LÍNEA B CON LÍNEA 5 DE LA RED DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO: CORRESPONDENCIA OCEANÍA.

INTRODUCCIÓN.

CAPITULO I

EL METROPOLITANO LÍNEA B.

I.1 HISTORIA DEL TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE MÉXICO.	01
I.1.1 Evolución del Transporte en la Ciudad de México.	
I.1.2 El Sistema de Transporte Colectivo Metro y su Función en el Transporte Metropolitano.	
I.2 FUNDAMENTOS DEL PLAN MAESTRO DEL METRO.	09
I.2.1 Antecedentes.	
I.2.2 Etapas de Construcción de la Red del Metro.	
I.2.3 Bases Jurídicas.	
I.2.4 Objetivos, Áreas de Estudio y Cobertura.	
I.2.5 Definición del Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros (PMMTL).	
I.3 EL METROPOLITANO LÍNEA B.	26
I.3.1 Generalidades del Metropolitano Línea B.	
I.3.2 La Línea B Dentro del Sistema Metropolitano de Transporte.	
I.3.3 Programa.	
I.3.4 Localización del Metropolitano Línea B.	
I.3.5 Vialidad Coincidente con el Metropolitano Línea B.	
I.3.6 Soluciones Adoptadas para la Obra Civil.	
I.3.7 Capacidad del Metropolitano Línea B.	

CAPITULO II

VÍA DE ENLACE.

II.1 OPERACIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO.	36
II.1.1 Alimentación Eléctrica.	
II.1.2 Vías.	
II.1.3 Material Rodante.	
II.1.4 Equipos de Seguridad.	
II.1.5 Operación de una Línea.	
II.1.6 Ventajas y Beneficios del Metro en el Transporte.	
II.2 ESTRUCTURA DE UNA LÍNEA DE METRO.	47
II.2.1 Estructura General de una Línea de Metro.	
II.2.2 Estaciones.	
II.2.3 Tramo Interestación.	
II.2.4 Vías.	
II.2.5 Talleres y Depósito de Trenes.	

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.3 VÍA DE ENLACE.	58
II.3.1 Definición e Importancia de una Vía de Enlace.	
II.3.2 Elección e Implantación de una Vía de Enlace.	
II.3.3 Justificación de la Construcción de las Vías de Enlace.	
II.3.5 Operación de la Zona de Maniobras de la Estación Oceanía.	

CAPITULO III

PLANEACIÓN.

III.1 ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCIÓN.	68
III.1.1 Preparación para Futuros Enlaces con Líneas de Metro.	
III.1.2 Alternativas de Construcción.	
III.1.3 Criterios Generales para la Elección del Tipo de Solución.	
III.1.4 Criterios Generales para la Localización de la Vía de Enlace desde el Punto de Vista Operativo.	
III.2 AFECTACIONES.	75
III.2.1 Afectaciones.	
III.2.2 Obras Inducidas.	
III.3 LOCALIZACIÓN DE LA VÍA DE ENLACE.	81
III.3.1 Localización de la Vía de Enlace.	
III.3.2 Análisis Operativo de las Vías de Enlace.	

CAPITULO IV

PROYECTO GEOMÉTRICO.

IV.1 TOPOGRAFÍA.	90
IV.1.1 Localización de Instalaciones Municipales.	
IV.2 TRAZO.	92
IV.2.1 Proyecto Preliminar de Trazo.	
IV.2.2 Proyecto Ejecutivo de Trazo.	
IV.2.3 Cálculo de Curvas Horizontales Simples.	
IV.3 PERFIL.	102
IV.3.1 Proyecto Preliminar de Perfil.	
IV.3.2 Proyecto Definitivo de Perfil.	
IV.4 GÁLIBOS.	113
IV.4.1 Proyecto de Gálidos.	
IV.4.2 Gálido Horizontal.	
IV.4.3 Gálido Horizontal en Tramo Tangente (Una Sola Vía).	
IV.4.4 Gálido Horizontal en Curva (Una Sola Vía).	

CAPITULO V

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

V.1 MECÁNICA DE SUELOS Y COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.	120
V.1.1 Exploración Geotécnica.	
V.1.2 Estructuración de la Vía de Enlace.	
V.2 SOLICITACIONES Y COMBINACIONES DE CARGA.	134
V.2.1 Solicitaciones.	
V.2.2 Combinaciones de Carga.	
V.3 ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL.	139
V.3.1 Ámbito del Diseño Estructural.	
V.3.2 El Proceso del Diseño Estructural.	
V.3.3 Análisis Estructural.	
V.3.4 Diseño Estructural.	
V.3.5 Ejemplo de Aplicación de Análisis Estructural.	

CAPITULO VI

PROCESO CONSTRUCTIVO.

VI.1 TRAMO ELEVADO.	152
VI.1.1 Cimentación Tipo del Tramo Elevado.	
VI.1.2 Columnas.	
VI.1.3 Trabes.	
VI.2 MURO ESTRIBO.	165
VI.2.1 Excavación.	
VI.2.2 Construcción del Aereplén..	
VI.3 ANALISIS DEL COSTO DEL FINANCIAMIENTO.	170
VI.3.1 Análisis del Costo del Financiamiento.	

CONCLUSIONES. 173

GLOSARIO. 175

BIBLIOGRAFÍA. 179

INTRODUCCIÓN.

A través de los años, el transporte de pasajeros en la Ciudad de México ha venido evolucionando, desde la utilización de caballos de silla, carretas, diligencias, estableciéndose el servicio de transporte colectivo a mediados del siglo XVIII (en el cual se cobra un pago de tarifa por el servicio) con carruajes tirados por caballos; es aquí donde impulsados por la demanda de transporte de pasajeros comienza realmente la evolución de los medios para desplazarse de un punto a otro de la Ciudad, pasando en esta etapa, la utilización de ferrocarriles tirados por mulas (1863), tranvías eléctricos (1900), apareciendo las primeras líneas de camiones en 1908 y el incremento en la utilización del automóvil a partir de 1925, con lo cual el transporte en la Ciudad de México tuvo un desarrollo importantísimo en cuanto a infraestructura vial, ya que fue necesario crear grandes avenidas, ejes viales, vías de circulación continua, pero el problema de transporte masivo de pasajeros no sufrió ningún cambio debido a que la mayoría de los automovilistas viajaban solos, con lo que persiste el problema de transporte masivo.

Todos los problemas de transporte masivo en la Ciudad de México son originados por diversos factores entre los que podemos destacar como los más importantes los siguientes:

- Aumento desmesurado de la población.
- Falta de planeación y zonificación adecuadas de la Ciudad y zonas aledañas.
- Falta de una planeación eficiente de los sistemas de transportación.

Con lo cual se ve la necesidad de implementar un sistema de transporte colectivo masivo conocido como **Metro**, con una planeación racional mediante la explotación de trenes. En 1965, el Sistema de Transporte Colectivo (STC) comienza los estudios para construir este sistema de transporte, y en 1969 se construye la primera Línea de Metro.

Actualmente el Sistema de Transporte Colectivo Metro, cuenta con una amplia red, constituida por casi 180 Km de construcción, que dan servicio a los habitantes de la Ciudad de México, por lo que el Metro es considerado la columna vertebral del transporte en la Ciudad ya que es capaz de transportar grandes cantidades de pasajeros en cada viaje.

De los 180 Km construidos, 23.70 Km corresponden a la última Línea construida denominada **Metropolitano Línea B** que conecta al centro de la Ciudad de México con los Municipios conurbados de Nezahualcóyotl y Ecatepec, en el Estado de México, con lo que se pretende agilizar el movimiento de personas entre estos dos puntos, y en especial en la zona norte, captando gran cantidad de personas en Ciudad Azteca.

Dicha Línea es muy importante ya que libera en gran parte los problemas de congestión vial que se generan en la zona céntrica y sobre todo en la zona nororiental en el Estado de México, permitiendo la interacción con otros medios de transporte, lo que se traduce en un ahorro de miles de horas/hombre cada día.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Dado que la función esencial del Metro es la de transportar el mayor número de personas en el menor tiempo posible con el máximo índice de seguridad y eficiencia, es de vital importancia que la infraestructura del Sistema de Transporte Colectivo Metro se encuentre en óptimas condiciones de funcionamiento. Dicha infraestructura esta formada por: vías principales y vías secundarias, estaciones y tramos interestación, además de los equipos electrónicos y electromecánicos, por lo que el buen funcionamiento del sistema depende de la interacción de cada una de las partes involucradas, por lo que se considera de gran importancia desde el punto de vista técnico – operativo el estudio de las vías secundarias (en las que los trenes circulan sin pasajeros) y especialmente el de las vías de enlace, debido a que son las vías que unen a una Línea con otra permitiendo la intercirculación entre Líneas del Metro para comunicar los trenes con los talleres y desplazamiento de los trenes de trabajo.

Como vemos, para que una nueva línea pueda operar, forzosamente necesita una vía de enlace ya que sin ella no existe forma de poder dotarla de trenes para ofrecer el servicio a los usuarios.

Tomando en cuenta lo anterior se ve la necesidad de planear la vía de enlace, es decir, se debe definir el lugar óptimo para construir el enlace, tanto desde el punto de vista operativo (cercanía a talleres) como del punto constructivo (ventajas y desventajas de la solución elegida, el monto de la inversión, afectaciones, etc.).

Dentro de la planeación de este enlace es muy importante analizar todas las opciones que se presentan (correspondencias con otras líneas), mostrando las características, así como las ventajas y desventajas de cada una, ya que solo de esta manera se está en posibilidades de elegir la mejor opción para la implantación de la vía de enlace en la correspondencia que más convenga.

Una vez que se tiene definido el lugar donde se alojará la vía de enlace es necesaria la elaboración del proyecto para su posterior construcción.

En este trabajo de tesis, se pretenden analizar los factores que intervienen en la planeación y localización de una vía de enlace, específicamente el enlace entre el Metropolitano Línea B con Línea 5 correspondencia Oceanía, así como la elaboración del Proyecto Geométrico (Trazo, Perfil y Gálibos), así como los aspectos básicos de su proceso constructivo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

v

CAPITULO I

EL METROPOLITANO LÍNEA B.

Objetivo Específico.

Analizar la importancia que tiene el Metropolitano* Línea B dentro del Sistema de Transporte Colectivo.

I.1 HISTORIA DEL TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE MÉXICO.

I.1.1 EVOLUCION DEL TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE MÉXICO.

La Ciudad de México en sus dos parcialidades: Tenochtitlan y Tlatelolco, se asentaban en una isla de casi 11 Km² de extensión con cerca de 90,000 habitantes (segunda mitad del Siglo XV). Rodeaba a esta isla una laguna de poca profundidad y en gran parte de aguas salobres.

En sus principios, la isla estaba comunicada con tierra firme sólo por la vía acuática, pero después de la segunda mitad del Siglo XV se empezaron a construir calzadas dique, que comunicaban a la isla y servían para controlar tanto la salinidad como el nivel de los lagos.

El mercado de Tlatelolco era el Centro Comercial del Imperio y el punto de distribución de víveres y mercaderías y áreas de almacenamiento adecuados a su función. Para ello los "ingenieros" indígenas crearon una serie de calzadas de comunicación con la tierra firme y regiones lejanas.

La isla de México esta muy bien comunicada por medio de cinco calzadas principales, además de un gran número de canales de navegación que tenían sus terminales en una red urbana interior, ya que la Ciudad tenía calles terrestres, calles de una parte de tierra y la otra de agua y otras calles, generalmente las interiores eran solamente de agua. Cabe hacer notar que todas estas vías de comunicación tenían un trazo ortogonal bien definido (líneas perpendiculares entre sí); las calzadas más importantes en aquellos tiempos eran las siguientes:

1. Calzada de Iztapalapa, que salía de la puerta sur del recinto del Templo Mayor a la altura de la puerta norte del actual Palacio Nacional y seguía rumbo al sur, por el actual trazo de las calles de Pino Suárez hasta llegar a Iztapalapa, de donde se dirigía al Lago de Chalco pasando por Tláhuac. De Chalco, la ruta seguía por Omequemecan (Amecameca) para llegar a Cuautla y continuar a Izúcar de Matamoros, Huejuapan, Oaxaca, Tehuantepec y Xoconochco. Una importante ruta comercial por la que llegaban los productos de tierra caliente como el cacao, el algodón, el oro, etc.

* Referencia en pág. 26

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PAGINACIÓN DISCONTINUA

2. Calzada de Tlacopan (Tacuba), que inicia en la puerta poniente del recinto del Templo Mayor de México-Tenochtitlan y llegaba a la ribera del lago, a la altura de Popotla. Al llegar a la población de Tlacopan, ya en tierra firme, la calzada se dividía en una vía periférica que comunicaba a las poblaciones ribereñas como Tacubaya, Azcapotzalco, Tepeyac, etc., con la montaña, rumbo al Valle de Tollocan; por otro lado, se comunicaba con la región de Jilotepec, que era y sigue siendo la vía de comunicación con el norte del país.
3. Calzada del Tepeyacac, que comunicaba la isla con el Santuario de la Tonantzin (hoy Basílica de Guadalupe), dicha calzada partía de la puerta norte del Templo Mayor siguiendo el trazo de la actual calle de República de Argentina, hasta llegar a México Tlatelolco, partiendo hacia el norte hasta llegar a tierra firme, donde se comunicaba con otras calzadas que iban con rumbo a Tenayuca, Tlalnepantla, Azcapotzalco y una vía larga rumbo al oriente, a la región de Puebla y Tlaxcala que a su vez seguía hasta la costa del Golfo. Con el tiempo esta calzada se convierte en la ruta del FFCC Mexicano en su tramo desde Tlatelolco hasta la Villa.
4. Calzada de Nonoalco, que iniciaba en el Templo Mayor de Tlatelolco y se dirigía a Tlacopan (Tacuba) por la calzada hoy conocida como Flores Magón. La calzada comenzaba en la isla y se dirigía al poniente; esta calzada tenía una desviación rumbo a Azcapotzalco en lo que hoy conocemos como Calzada de Camarones.
5. Calzada de Tenayucan que hoy conocemos como Calzada Vallejo, es la última de las grandes calzadas que comunicaban la isla con la tierra firme y su área metropolitana; esta calzada era muy importante en lo económico, ya que comunicaba el gran mercado de Tlatelolco con una gran serie de isletas salineras y con la región de Tlalnepantla, Tula y Xilotepec.

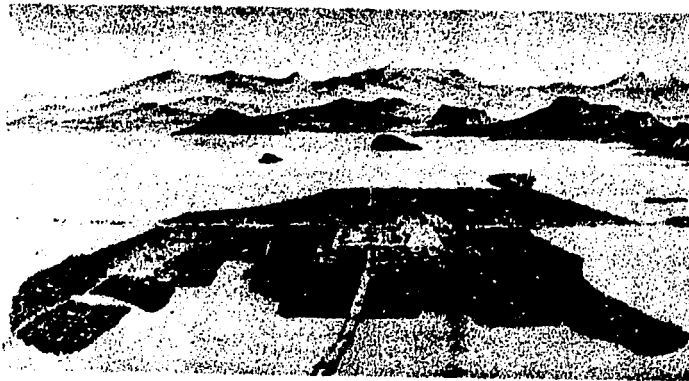


Fig. 1.1 Ciudad de México Siglo XV.

Desde un punto de vista técnico, las vías terrestres de comunicación de la isla con su área metropolitana externa fueron muy bien planeadas, a grado tal, que siguen funcionando y hoy en día son utilizados por los ejes viales y las líneas del Metro.

Después de la Conquista las amplias avenidas que comunicaban el Recinto del Templo Mayor de México-Tenochtitlan con las Calzadas de Iztapalapa, Tlacopan, Tepeyac y los embarcaderos a Texcoco, se ven reducidos a calles de corte europeo de algo menos de la mitad de ancho; este cambio perjudica enormemente la concepción urbanística de la capital de la Nueva España hasta tiempos recientes, en que se han reampliado algunas de las calzadas, recuperando su amplitud e importancia.

Con la introducción de los animales de silla, carga y tiro, las antiguas vialidades indígenas de la ciudad se vieron asimismo afectadas, ya que muchas calles de agua fueron cegadas y convertidas en calles de tierra.

Durante la colonia el sistema de transporte evolucionó de los caballos y burros de silla y carga, a un sistema de arriería, apareciendo por las calles de la ciudad, carretas, carretones, carretelas, carros, carrozas, así como diligencias. Cada una de estas innovaciones traía consigo modificaciones en la red vial. En el año de 1625 existían más de 15,000 vehículos tirados por caballos.

A finales del Siglo XVII se incrementó el uso de las diligencias para el transporte foráneo de pasajeros y carga de la Cd. de México a Veracruz, por lo que aumentó el movimiento de vehículos en la ciudad. Las primeras calles y banquetas empedradas aparecieron en 1769, y hacia el año de 1792, la población de la ciudad llegó a 130,000 habitantes.

A mediados del Siglo XVIII se estableció el servicio de transporte colectivo (servicio de transporte de pasajeros que se ofrece al público mediante vehículos para tránsito urbano, sujeto a un pago de tarifa por el servicio) con los carruajes largos con asientos laterales y acceso posterior tirado por caballos cuya ruta inicial fue de San Ángel a Tacubaya.

Con la llegada a México de la Revolución Industrial a principios del Siglo XIX y sus grandes adelantos mecánicos y científicos, la ciudad empieza realmente a cambiar, ya que en áreas desocupadas o baldías, se instalan la Maestranza de Talleres de Nonoalco y las estaciones Colonia y Buenavista.

En 1863 existe una red urbana de ferrocarril, cuyos vagones eran tirados por mulas. Posteriormente fueron electrificados y son realmente los pioneros de la moderna red del transporte colectivo.

Con el advenimiento de la electricidad en 1900, la ciudad se cubrió de una complicada red de postes y cables eléctricos.

A cada adelanto tecnológico, la ciudad respondía adaptándose a las nuevas circunstancias dentro de las limitaciones de espacio que le imponía el tamaño de su área urbana y ancho de sus calles.

Los Ferrocarriles Nacionales de México se iniciaron el 1° de Enero de 1873 con 420 Km de longitud, entre México y Veracruz. En 1881, el Ferrocarril Interoceánico entre

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Veracruz, México y Balsas, Gro. y en 1884 el de Ciudad Juárez. Fue así como surgió el centro ferroviario Buenavista. En esa fecha la población era de 300,000 habitantes¹.

La mayor parte de las antiguas calzadas prehispánicas se siguieron utilizando en la Colonia y la primera etapa del México independiente, pero fueron insuficientes a finales del Siglo XIX.

Con el surgimiento de la Villa de Tacubaya, se estableció una red de tranvías eléctricos que llegaban hasta la población de Tizapán, en la actual Delegación de Villa Álvaro Obregón. Esta red electrificada substituía el antiguo ferrocarril del Valle, que llegaba adelante de la población de Mixcoac, por donde pasa la Línea 7 del Metro.

Por el otro lado de la ciudad, la vieja calzada de Iztapalapa (hoy de Tlalpan), era servida por una línea de tranvías que circulaban por Coyoacán, Xochimilco y Tlalpan.

Por la vieja calzada de Tlacopan corrían tranvías eléctricos (1908), que pasaban por el conocido Puente de Alvarado y la Ribera de San Cosme, para llegar a la antigua Escuela de Agricultura y el Colegio Militar. Al llegar a Popotla y Tacuba, corría por calles angostas y de ahí se dirigía hacia el antiguo Atzacapotzalco.

La Calzada de Tepeyac o de los Misterios fue utilizada para instalar las vías del Ferrocarril Mexicano. Por ello se construyó paralelamente una vía electrificada que unía la Basílica de Guadalupe con el Centro de la Ciudad.

El primer ferrocarril establecido en la Ciudad de México corría hasta la Villa de Guadalupe.

La Calzada Nonoalco quedó relegada, lo mismo que la de Tenayucan (Vallejo) a un segundo o tercer término y utilizadas sólo para transporte menor o zonal. Por ello no fueron utilizadas para instalar tranvías eléctricos.

En el caso de la Calzada de Nonoalco, se siguió utilizando como tal, pero paralelamente se instaló una vía de ferrocarril que salía de Buenavista y llegaba a Tacuba, para después proseguir rumbo a Cuernavaca, Toluca, y al Centro y norte del país.

Los transportes acuáticos fueron muy importantes, no tan sólo en la época prehispánica y la colonial, sino también en el Siglo XIX y principios del XX. Los canales como el de la Viga eran vitales para el abasto de víveres para la ciudad. Hay la constancia de una línea de vapores que hacían servicio entre la Ciudad de México y el Lago de Chalco.

Existían también líneas férreas que salían de la parte norte de la ciudad, como el Ferrocarril Central de Hidalgo y los ferrocarriles que partían de la estación San Lázaro. Hay que mencionar también el autovía que comunicaba la Ciudad de México, con las

¹ Los datos en su mayoría están tomados del libro "La Ciudad de México y el Distrito Federal". Hira de Gortari y Regina Hernández. D.D.F. 1988.

poblaciones industriales San Rafael, Edo. de México (en las faldas del Iztaccihuatl) Amecameca y Atlixco, Puebla.

En 1895 se realizó el primer censo de población en el que se registró una cifra de 427,000 habitantes en el Distrito Federal en una superficie de 1,200 Km². La era automotriz se inició tres años después con la llegada del primer automóvil a la Ciudad de México.

El establecimiento del sistema de transportes eléctricos en 1900, significó un importante paso en el transporte masivo de pasajeros, al que se debe en mucho la vitalidad de nuestra urbe en nuestros días. En ese año se establecieron los límites del Distrito Federal, que perduran hasta la fecha, con una superficie total de 1,483 Km².

De 1910 a 1920, el número de habitantes en la capital se mantuvo prácticamente constante debido a la etapa revolucionaria que paralizó nuevamente el desarrollo económico nacional y, por lo mismo, el de la Ciudad de México.

Las primeras líneas de "camiones" (línea "Santa María Mixcalco y Anexas") fueron puestas en servicio alrededor de 1915 y 1917.

El desarrollo propiciado a partir de 1917 con la proclamación de la nueva Constitución marcó un periodo de recuperación en el país y el desarrollo nacional en todos los órdenes. Este desarrollo se significó especialmente en nuestra capital con el uso del automóvil, ya que en 1925 había en ella 21,200 unidades.

Cuando en 1930 la población superó el millón de habitantes, su crecimiento se realizó en proporción geométrica², incrementándose de igual forma los problemas urbanos.

Las antiguas avenidas, construidas en la época prehispánica, Colonial e Independiente: Av. Chapultepec, Bucareli, Paseo de la Reforma, 5 de Mayo, etc., y las nuevas arterias de circulación: Álvaro Obregón, Insurgentes, Revolución, 20 de Noviembre, Melchor Ocampo, Cuauhtémoc y Baja California, entre otras, casi siempre ubicadas sobre anteriores derechos de vía de las líneas de tranvías o sobre ríos entubados, se complementaron entre sí para recibir el aumento constante del número de vehículos.

La población creció de 1930 a 1940, según el censo de esta última fecha, a 1,760,000 habitantes, y el área urbana a 92 Km².

En 1946 aparecieron las primeras industrias al norte de la ciudad, en: la colonia Industrial Vallejo en el Distrito Federal y en los municipios de Ecatepec, Tlalnepantla y Naucalpan en el Estado de México, provocando el crecimiento de la red vial para conectar la ciudad con estos lugares dando lugar a las primeras manifestaciones de "conurbación".

² Serie Geométrica $U_n = \sum_{n=1}^{\infty} ax^{n-1} = a + ax + ax^2 + \dots + ax^{n-1}$ donde a y x son números reales, con $x \neq 1$, n es entero positivo.

La Ciudad Universitaria generaría también un importante crecimiento hacia el sur, surgiendo nuevas avenidas: División del norte, Tasqueña, Av. Universidad, Río Mixcoac, Cuitlahuac, etc., así mismo se iniciarían los estudios para la construcción del Viaducto Miguel Alemán, la primera vía rápida.

El crecimiento demográfico adquirió considerables proporciones, alcanzando una tasa de incremento superior al 5% entre los años 1950 a 1964; La población llegó en 1950 a 3'100,000 habitantes, y en 1964 superó los 6'000,000, duplicándose en 14 años, al mismo tiempo que el área urbana aumentó de 200 a 320 Km² en el mismo periodo, y el número de vehículos automotores de 130,000 a 450,000, o sea, 3.5 veces. Esto creó grandes problemas de tránsito, reflejados en serios congestionamientos.

Para solucionar los embotellamientos, las autoridades del Departamento del Distrito Federal (D.D.F.), construyeron tres vías rápidas de circulación continua: Viaducto Miguel Alemán (1956), la Calzada de Tlalpan (1960), y el Anillo Periférico (1961), destinados principalmente al tránsito de automóviles, por lo que el transporte masivo (transporte de grandes cantidades de personas utilizando un número mínimo de vehículos de gran capacidad) no tuvo ningún adelanto; únicamente el derecho de vía para la circulación de tranvías significó algo a favor del transporte colectivo.

En 1965, debido a un uso irracional del suelo, la desordenada distribución de los centros habitacionales, comerciales e industriales y de otras actividades, obligaba a los habitantes de la capital a realizar grandes recorridos en todas direcciones, en una superficie de 372 Km² limitada por el proyecto del Anillo Periférico y con longitudes máximas de 25 Km de norte a sur y de 20 Km de oriente a poniente.

Según registro de la Dirección de Tránsito, en el año de 1965 existían 309,710 vehículos, el 80% de los cuales circulaban diariamente por la ciudad; 247,809 vehículos transportaban a 8'383,120 pasajeros por día, además de los transportes de carga, camionetas, remolques, bicicletas y motocicletas, cuyo número ascendía a 450,000.

El 76% de la población se transportaba en medios masivos y el 24% en taxis y vehículos particulares.

Por la zona céntrica de la ciudad, circulaban 4,000 unidades de transporte urbano correspondientes a 65 de las 91 líneas de autobuses y transportes eléctricos, además de 150,000 automóviles que acudían al centro y se estacionaban en las calles; sumándose a todo lo anterior el hecho de que el 40% del total de viajes diarios se realizaba en esta área, originando que la velocidad de los autobuses y tranvías en las horas pico fuera muy baja, perdiéndose millones de horas hombre durante el transporte.

14,352 autobuses suburbanos y foráneos transportaban a 539,060 pasajeros, entrando por el norponiente a través de la carretera de Querétaro, por el norte desde Pachuca, por el surponiente desde Toluca, por el sur desde Cuernavaca, y por el oriente desde Puebla.

La mayor parte de las terminales de estos autobuses se encontraban en el primer cuadro o en el perímetro, y principalmente en la zona de la Merced; además de que muchas de ellas se localizaban en las calles, y realizaban servicio urbano; haciendo paradas continuas, reduciendo aún más la velocidad de operación.

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

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

La zona centro de la Ciudad de México, ha sido tradicionalmente la más conflictiva en cuanto al problema del tránsito de vehículos se refiere, fundamentalmente por las siguientes consideraciones:

- a) Es el lugar donde se asientan los poderes del Gobierno Federal.
- b) Ha sido tradicionalmente el centro de las actividades comerciales en la Ciudad.
- c) La falta de planeación adecuada en los sistemas de transportación provocaba que el 75% de los autobuses y otros transportes colectivos transitaran por el primer cuadro de la ciudad.

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

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

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

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

Por este motivo y dentro de una planeación racional, se analizó la conveniencia de construir el Metro, concibiendo a este como un sistema de transporte masivo de pasajeros mediante la explotación de trenes, constituyendo así la columna vertebral del sistema de transporte de la Ciudad de México. Esto sucedió a partir del año de 1965, en que se inician los primeros estudios para construir este sistema que es el más seguro, eficiente y confortable, respecto a cualquier otro sistema de transportación colectiva.

La Red del Sistema de Transporte Colectivo y los ejes viales de la Ciudad de México, tienen semejanza con la de las antiguas vías de comunicación de la Gran Tenochtitlan, tanto en su traza como en su propósito fundamental: comunicar de forma eficiente a los sitios y espacios para el desarrollo integral de sus habitantes.

I.1.2 EL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO Y SU FUNCIÓN EN EL TRANSPORTE METROPOLITANO.

El Metro desempeña en la actualidad, un papel importante en el transporte de pasajeros de la Ciudad de México y el Área Metropolitana.

En 1994 de los 30.75 millones de viajes que se generan en el Área Metropolitana de la Ciudad de México (AMCM), aproximadamente el 68% fue atraído por el Distrito Federal (D.F.) y el 32% restante por los Municipios conurbados del D.F.

La participación relativa que tienen los diversos modos de transporte de pasajeros en la movilidad del Área Metropolitana (Distribución Modal) es la siguiente:

El taxi colectivo de ruta fija tiene el mayor porcentaje al registrar el 52.3%, seguido del automóvil particular con el 15.9%, el metro con el 14.6% (sin incluir transbordos), el autobús urbano con el 8.7%, el autobús suburbano con 3.3%, el taxi libre y de sitio con el 2.4%, el trolebús con 1.2% y por último la bicicleta con el 0.70% y la motocicleta con el 0.1 %. Ver figura I.2.

Lo anterior refleja que el 82.6% de los viajes se efectúan en transporte público, el 15.8% en automóvil particular y el 1.5% en otras formas.

Como se puede observar, aunque solo el 14.6% de los viajes efectuados en el AMCM se efectúan en Metro, éste es el principal modo de transporte, ya que es capaz de transportar en cada viaje grandes masas de pasajeros por cada unidad que circula en la red, lo cual no ocurre con ningún otro modo de transporte dentro del AMCM, por lo cual el Metro es considerado la columna vertebral del transporte en la ciudad de México.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

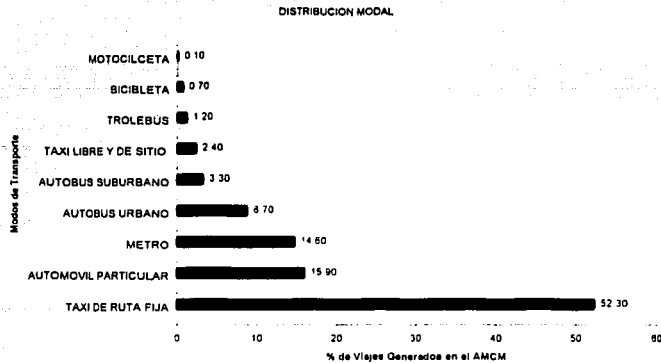


Fig. 1.2 Distribución Modal.

En la siguiente tabla I.1, se observa que en 26 años el número de viajes crecerán un 73% respecto a los de 1994, con un ritmo anual promedio del 4.1% en el periodo 1994-2000, del 26% entre 2000 y 2006 y del 1.1% durante el lapso 2006-2020, lo que se traduce en una tasa de crecimiento medio anual de 2.1% de 1994-2020.

PRONOSTICO DE MOVILIDAD EN EL AMCM	
HORIZONTE (AÑO)	VIAJES (MILLONES)
1994	30.8
2000	39.3
2006	45.8
2020	53.3

Tabla I.1 Pronóstico de Movilidad.

I.2 FUNDAMENTOS DEL PLAN MAESTRO DEL METRO

I.2.1 ANTECEDENTES.

La historia del transporte en la Ciudad de México, ha constituido desde siempre un reto y una prioridad para el Gobierno de la Capital. En 1942 vivíamos en el Distrito Federal 1'800,000 habitantes, distribuidos en una superficie urbana de 99.2 Km². Circulaban 50 mil

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

vehículos y la convivencia entre los ciudadanos era tranquila y cordial. Se vivía a un ritmo diferente.

El siglo pasado empezó el transporte masivo de pasajeros con la operación del tranvía de vapor, que unía el centro de la ciudad con otros de producción agropecuaria y fue a finales del mismo Siglo XIX cuando aparecieron los primeros tranvías eléctricos.

En la actualidad, de acuerdo al censo de población y vivienda del año 2000 efectuado por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) nuestra metrópoli cuenta con alrededor de 17.40 millones de habitantes, una mancha urbana de 1,500 Km² y un parque vehicular de 3.4 millones de vehículos.

Con esta información podemos tener una comprensión clara de los obstáculos que hay que vencer para diseñar una Red de Transporte Público que facilite la movilización de los capitalinos, ofreciéndoles un servicio oportuno, eficiente y rápido. No hace falta subrayar que en este problema el transporte Metro constituye la columna vertebral hacia esa solución integral que buscamos.

El Metro inició sus operaciones en septiembre de 1969 y desde entonces la administración responsable del mismo se ha venido esforzando para hacerlo crecer aunque el crecimiento de la Ciudad se ha producido en forma extraordinariamente rápida.

Desde 1942, cuando las dimensiones de nuestra Ciudad implicaban retos menores, se emitió la Ley de Tránsito y Transportes, que el Departamento del Distrito Federal ha venido modificando de acuerdo con el crecimiento de la zona urbana y de la población. Se le ha dado al problema del transporte y la vialidad un tratamiento bajo la perspectiva de modernización, eficiencia y seguridad a partir de cuatro grandes objetivos:

- a) Establecer una normatividad moderna para su funcionamiento.
- b) Garantizar la disponibilidad de un sistema de transporte colectivo eficiente.
- c) Dotar al Distrito Federal de vialidad suficiente y adecuada para soportar las necesidades del transporte urbano y,
- d) Establecer estrategias comunes coordinando acciones del Gobierno Federal, del Estado de México y del propio Gobierno del Distrito Federal.

Al asumirse la responsabilidad y el compromiso de fortalecer la transportación no contaminante, se analizó el Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros 1996 (PMMTL), que fue elaborado oportunamente por la Secretaría de Transportes y Vialidad del Departamento del Distrito Federal.

El PMMTL constituye uno de los puntos más importantes de la nueva estrategia que se ha puesto en marcha; determina con gran claridad nuevas rutas en el corto plazo, para

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

el año 2003 y establece opciones viables para atender los requerimientos a mediano plazo (año 2009) e inclusive a largo plazo (año 2020).

Se debe subrayar la trascendencia de este Plan, que considera la gran extensión de nuestra Área Metropolitana e identifica que la mayor proporción de los viajes personales son de gran longitud y que en el futuro inmediato van a exigir una alta capacidad de transporte rápido, seguro y suficiente como es el Metro.

El área Metropolitana de la Ciudad de México (AMCM) es uno de los desarrollos urbanos más extensos del mundo, ya que tiene una longitud extrema norte-sur, de 53 Km (Tepotztlán – Topilejo) y de 45 Km en el sentido oriente-poniente (Chalco - Chamapa), que nos hace suponer recorridos medios de desplazamiento de 15 a 17 Km y con tendencia creciente, ya que su continuo urbano sigue expandiéndose para satisfacer las necesidades de suelo, derivadas de su ritmo de crecimiento demográfico, que aunque en descenso, sobre todo si lo comparamos con el de las décadas pasadas, aún sigue siendo importante, figura 1.3



Fig. 1.3 Área Metropolitana de la Ciudad de México. (AMCM)

Ante esta situación y la evidente insuficiencia y deficiencia del transporte público de superficie, una parte de sus habitantes utilizan en gran medida el automóvil como modo de traslado, por lo que se registra un constante incremento del parque vehicular, con la consiguiente saturación y congestión en horas punta, de la red vial primaria y su repercusión en altos índices de contaminación que en forma endémica sufre la ciudad, a pesar de las inversiones para mejorar la infraestructura vial, ésta se encuentra en permanente rezago respecto a los requerimientos que le impone el acelerado desarrollo vehicular y urbano.

Para corregir lo anterior, los sistemas de transporte de alta y media capacidades, como el Metro, adquieren importancia vital, al conjugar traslados masivos rápidos y a grandes distancias, con beneficio para los usuarios y el Gobierno de la Ciudad.

I.2.2 ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN DE LA RED DEL METRO.

Desde la última revisión de su programa de desarrollo en 1985, la Red del Metro creció un promedio anual de 5.39 Km al pasar de 102.379 Km a 156.277 Km de servicio, por la prolongación de dos de sus líneas y la puesta en operación de tres más.

A pesar de esto, siguen sin terminarse, según su proyecto original, las líneas 4 Santa Clara – Santa Anita, 5 Tlalnepantla - Pantitlán, 6 El Rosario – Villa de Aragón, 7 El Rosario – San Jerónimo, 8 Indios Verdes - Acoxta y 9 Observatorio - Pantitlán, lo que no ha permitido optimizar las inversiones realizadas en su construcción.

Como es del conocimiento general, el Metro y los Trenes Ligeros no resuelven por sí mismos el transporte masivo de la Metrópoli; sin embargo, son el eje sobre el cual se deben reordenar los demás sistemas y lograr una coordinación eficiente y suficiente de los modos de superficie, que brinde la cobertura requerida por el Área Metropolitana.

La presencia del Metro en la Ciudad de México se inicia a finales de la década de los sesentas, en su primera etapa, que comienza con la puesta en operación de la Línea 1, de la Estación Zaragoza a la Estación Chapultepec y posteriormente a Tacubaya, así como la inauguración, un año más tarde, de la Línea 2 (Tacuba - Tasqueña) y un tramo de la Línea 3 (Tlatelolco – Hospital General), con lo que se concluye la primera etapa, que corresponde a 35.907 Km de servicio y 39.709 Km construidos.

En la segunda etapa, se amplió la Línea 1 en 1.412 Km de servicio, de Tacubaya a Observatorio y se adquirió material rodante, con lo que la Red del Metro alcanzó 37.319 Km de servicio y 41.4 Km construidos.

El crecimiento de la red se detiene por un lapso considerable hasta 1977, cuando se inicia la tercera etapa, con la ampliación de la línea 3 hacia el norte (Tlatelolco – Indios Verdes) y hacia el sur (Hospital General – Zapata), la construcción de la Línea 4 (Martín Carrera – Santa Anita) y de la Línea 5 (Politécnico – Pantitlán), que agregan 34.063 Km de servicio a la red, con lo que ésta alcanza una longitud de servicio de 71.382 Km.

En la cuarta etapa, se amplía la Línea 1 hasta Pantitlán, la Línea 2 a Cuatro Caminos, la Línea 3 hasta Ciudad Universitaria y se construyeron las Líneas 6 (Martín Carrera – El Rosario), 7 (El Rosario – Barranca del Muerto) y 9 (Tacubaya – Pantitlán), que suman 52.538 Km de servicio, y así, la red alcanza una longitud de 123.92 Km.

En la quinta etapa se construyen la Línea 8 (Garibaldi – Constitución de 1917) y la Línea A (Pantitlán – La Paz), que es la primera de carácter metropolitano y que agregan 32.357 Km de servicio a la red, debido a lo cual, ésta llega a 156.277 Km de servicio y 178.08 Km construidos.

Por otra parte se usó el derecho de vía de los antiguos tranvías para instalar el Tren Ligerero de Tasqueña a la estación Embarcadero, en el centro de Xochimilco, con 14.005 Km de servicio.

I.2.3 BASES JURÍDICAS.

La planeación y construcción de las dos primeras etapas del Metro (1967-1976), estuvo bajo la responsabilidad del Sistema de Transporte Colectivo (STC), pero al iniciar la tercera etapa en 1977, se constituyó la Comisión Técnica Ejecutiva del Metro (COTEME), la que posteriormente se convirtió en órgano desconcentrado denominado Comisión de Vialidad y Transporte Urbano (COVITUR), que se encargó de la planeación y construcción de 3ra, 4ta y 5ta etapas, mencionadas anteriormente.

La planeación de la etapa (1995-2000), corresponde a la Secretaría de Transportes y Vialidad del DDF.

Para la elaboración del proyecto ejecutivo y la construcción de la sexta etapa, COVITUR se transforma en la Dirección General de Construcción de Obras del Sistema de Transporte Colectivo, dependiente de la Secretaría de Obras y Servicios del Gobierno del D.F.

Visto lo anterior, se define el PMMTL como un instrumento rector, de carácter dinámico, para la ampliación sistemática de la red, congruente con el Programa Integral de Transporte y Vialidad 1995-2000 del D.F. y los planes y programas del Estado de México.

Para mantener actualizado este Plan, se requiere efectuar revisiones sistemáticas, que permitan adecuarlo a las cambiantes condiciones del AMCM, por lo que establecerá las etapas de ampliación de la red del Metro y Trenes Ligeros y preverá la infraestructura urbana, con el objeto de optimizar las inversiones, a fin de lograr un mayor beneficio social en la aplicación de recursos.

TRC CON
FALLA DE ORIGEN

I.2.4 OBJETIVOS, ÁREAS DE ESTUDIO Y COBERTURA.

I.2.4.1 OBJETIVO GENERAL DEL PLAN MAESTRO DEL METRO Y TRENES LIGEROS (PMMTL).

Proporcionar de manera eficiente y confiable, donde la demanda lo justifique, el servicio de transporte colectivo de alta y mediana capacidades, en corredores que garanticen grandes velocidades en vías confinadas, según los lineamientos de los Programas Integrales de Transporte y Vialidad del Distrito Federal y del Estado de México.

I.2.4.2 OBJETIVOS PARTICULARES.

Establecido el objetivo general del Plan, es posible determinar los objetivos particulares de sus diferentes redes de transporte, vialidad, ecología y desarrollo del Área Metropolitana:

- El ámbito de cobertura de este servicio será el AMCM, y deberá considerar el impacto de los flujos de viajes del resto de la Zona Metropolitana y de las ciudades vecinas de Toluca, Pachuca, Tlaxcala, Puebla, Cuernavaca, Cuautla y Querétaro.
- Conformar una Red de Metro y Trenes Ligeros que estructure el sistema de transportación de pasajeros del Área Metropolitana.
- Obtener el mayor beneficio social posible de las inversiones, las que deberán realizarse en la forma, medida, lugar y tiempo que la dinámica poblacional y urbana requieran.
- Ofrecer, mediante la instrumentación del Plan, un servicio colectivo de transporte de pasajeros, de mediana y alta capacidades, que induzcan a la disminución del uso intensivo del transporte particular, así como también del transporte colectivo de superficie de mediana y baja capacidades, en las zonas servidas.
- Apoyar las acciones de reordenamiento de la estructura urbana y de la actividad económica en la zona, de acuerdo a los planes y programas vigentes y a los acuerdos establecidos con las autoridades de desarrollo urbano del Distrito Federal y del Estado de México.
- Incrementar las opciones de transporte de las personas dentro del AMCM.
- Coadyuvar en los programas ecológicos que se implanten, por parte de las autoridades competentes, en el Valle de México.
- Proponer las soluciones técnicas y operativas más confiables y económicas a fin de ser aplicadas en los diferentes corredores de transporte que sean seleccionados.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Ser el instrumento para prever la infraestructura urbana, que facilite la sustitución de los transportes de superficie en los corredores cuya demanda futura estimada, requiera del servicio de una línea de Metro o Tren Ligerero.

Clasificación de los Sistemas.

Para nuestro medio, los sistemas ferroviarios que integran el Plan se clasificaron, de acuerdo a su capacidad de transportación de pasajeros, en dos categorías:

- Sistema de mediana y alta capacidad (Metro), de 15,000 a 60,000 Pasajeros/hora/sentido.
- Sistema de baja capacidad (Tren Ligerero), hasta 15,000 Pasajeros/hora/sentido.

De la demanda de transporte detectada y pronosticada, dependerá el tipo de transporte a emplear en cada corredor seleccionado.

Objetivo Particular del Metro.

Proporcionar cobertura en zonas y corredores con altos volúmenes de viajes, mejorando los niveles de servicio de los sistemas de superficie, así como constituirse en el eje de los sistemas de transporte metropolitano de pasajeros.

Objetivo Particular de los Trenes Ligeros.

Proporcionar cobertura en corredores cuyas demandas lo justifiquen, mejorando el nivel de servicio de los sistemas de superficie. Su red auxiliará la estructuración del transporte metropolitano de pasajeros.

I.2.4.3 AREA DE COBERTURA.

La cobertura del Metro y de los Trenes Ligeros abarca las 16 Delegaciones Políticas del DF y 28 Municipios del Estado de México, fue definida por el INEGI, con una superficie de 1,472 Km² y una población aproximada de 16.2 millones de habitantes en 1994. De esta extensión territorial el 51% (751 Km²) corresponden al D.F.

Los 28 municipios considerados como conurbados físicamente y que constituyen el AMCM, fueron los que se estudiaron a detalle. Estos municipios son: Acolman, Amecameca, Atizapán de Zaragoza, Coacalco, Cuautitlán Izcalli, Cuautitlán, Chalco, Chicoloapan, Chimalhuacán, Ecatepec, Huixquilucan, Ixtapaluca, Jaltenco, La Paz, Melchor Ocampo, Naucalpan, Nextlalpan, Nezahualcóyotl, Nicolás Romero, Tecáma, Teoloyucan, Tepetzotlán, Tlalmanalco, Tlalnepantla, Texcoco, Tultepec, Tultitlán y Zumpango.

Lo anterior no excluye la posibilidad, si así lo justifican los pronósticos de viajes en algunos corredores identificados, que ésta área de cobertura sea ampliada más allá del límite fijado previamente (fig. I.3)

Lo anterior, es producto del acelerado crecimiento urbano y demográfico de la ciudad y su área de influencia, debido a la desconcentración interna y a la concentración regional de las actividades económicas, sociales, políticas y culturales, así como al movimiento de bienes, servicios y personas entre las diversas regiones de producción y consumo.

1.2.5 DEFINICIÓN DEL PLAN MAESTRO DEL METRO Y TRENES LIGEROS (PMMTL).

El PMMTL considera las alternativas de ampliación de la Red del Sistema de Transporte Colectivo propuestas a diversos horizontes (2000, 2006 y 2020), para que estas sean evaluadas por las autoridades definiendo prioridades para que de esta manera se esté en capacidad de decidir y actuar conforme a las recomendaciones del Plan.

El propósito central de este estudio es determinar un sistema de Metro y Trenes Ligeros para el año 2020, que atienda la demanda pronosticada en ese horizonte, en forma tal, que la operación durante las horas de mayor captación, de ser posible, no presente sobrecargas o subutilización de sus líneas; es decir, se debe establecer un sistema equilibrado entre oferta y demanda.

1.2.5.1 ETAPAS DE AMPLIACIÓN Y RED GENERAL 2020.

6ª. Etapa de ampliación para el año 2000.

Corresponde esta etapa a administración (1995 – 2000), la cual se conformó de la manera siguiente: ampliación sur de la Línea 7 de Barranca del Muerto a San Jerónimo; ampliación norte de la Línea 8 de Garibaldi a Indios Verdes; y sur, de Escuadrón 201 a Acoxpa; así como la ampliación poniente de la Línea 12 de Atlalilco a Mixcoac. La longitud de servicio de estas ampliaciones será de 30.585 Km que, sumada a la existente, dará un total de 219.250 Km.

7ª. Etapa opciones de ampliación para el año 2006.

En vista de que esta etapa se implantará en la siguiente administración, se plantearon tres opciones para que en su momento y conforme a la problemática urbana que tenga la Ciudad de México y su Área Metropolitana, se adopte la mejor opción que permita optimizar las inversiones ya realizadas y estructurar la red en la zona centro de la Ciudad, facilitando el acceso de los usuarios procedentes del noreste (primera opción), atender un corredor norte – sur al norponiente centro de la Ciudad (segunda opción) o dar atención a los usuarios del norponiente de la Ciudad con una nueva Línea (tercera opción). Por tal motivo, se presentan dichas opciones para el horizonte 2006 y como consecuencia de ello las correspondientes para el horizonte 2020 según se muestra en la tabla 1.2; en la tabla 1.3 se muestra la captación diaria y la captación en horas de máxima demanda de usuarios para los diferentes opciones de ampliación.

**OPCIONES DE AMPLIACION DEL PMMTL A
DIVERSOS HORIZONTES (KM)**

TIPO	1998	2000	2006	2020	TOTAL AMPLIAC.	TOTAL
OPCION 1 ACCESO DE USUARIOS PROCEDENTES DELNOROESTE						
METRO	161.906	30.585	17.52	6P7.039	115.144	277.05
METRO RM	14.649	0	0	52.625	52.625	67.274
T. LIGERO	14.005	0	0	126.515	126.515	140.52
TOTAL	190.56	30.585	17.52	246.179	294.284	484.844
OPCION 2 CORREDOR NORTE-SUR AL NORPONIENTE DE LA CIUDAD						
METRO	160.031.	30.585	13.21	71.349	115.144	275.175.
METRO RM	14.649	0	0	52.625	52.625	67.274
T. LIGERO	14.005	0	0	126.515	126.515	140.52
TOTAL	188.685	30.585	13.21	250.489	294.284	482.969
OPCION 3 NORPONIENTE DE LA CIUDAD						
METRO	160.031.	30.585	19.965	64.594	115.144	275.175.
METRO RM	14.649	0	0	52.625	52.625	67.274
T. LIGERO	14.005	0	0	126.515	126.515	140.52
TOTAL	188.685	30.585	19.965	243.734	294.284	482.969

Datos Obtenidos del PMMTL 1996

Tabla I.2 Opciones de Ampliación del PMMTL

**CAPTACION DIARIA Y CAPTACION EN HORAS DE
MAXIMA DEMANDA
DIVERSOS HORIZONTES (USUARIOS)**

TIPO	2000	2006	2020
OPCION 1			
CAPTACION DIARIA	6,194,855.00	7,764,473.00	12,788,811.00
CAPTACION HMD	743,383.00	931,737.00	1,534,657.00
OPCION 2			
CAPTACION DIARIA	6,194,855.00	7,532,572.00	12,788,811.00
CAPTACION HMD	743,383.00	903,909.00	1,534,657.00
OPCION 3			
CAPTACION DIARIA	6,194,855.00	7,623,905.00	12,788,811.00
CAPTACION HMD	743,383.00	914,689.00	1,534,657.00

Datos obtenidos del PMMTL 1996

Tabla I.3 Captación Diaria en HMD

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1ª Opción de Ampliación para el Año 2006. (Usuarios procedentes del norponiente),

Esta etapa corresponde al horizonte 2006, la cual quedó conformada de la siguiente manera: ampliación norte de la Línea 4, de Martín Carrera a Santa Clara; ampliación norte de la Línea 5 de Politécnico a Tlalnepantla; así como el tramo central de la Línea 13, de San Lázaro a Tlatelolco. (Fig. I.4). La longitud de servicio de estas líneas suma 17.520 Km que, adicionada a lo existente, dará un total de 236.770 Km.

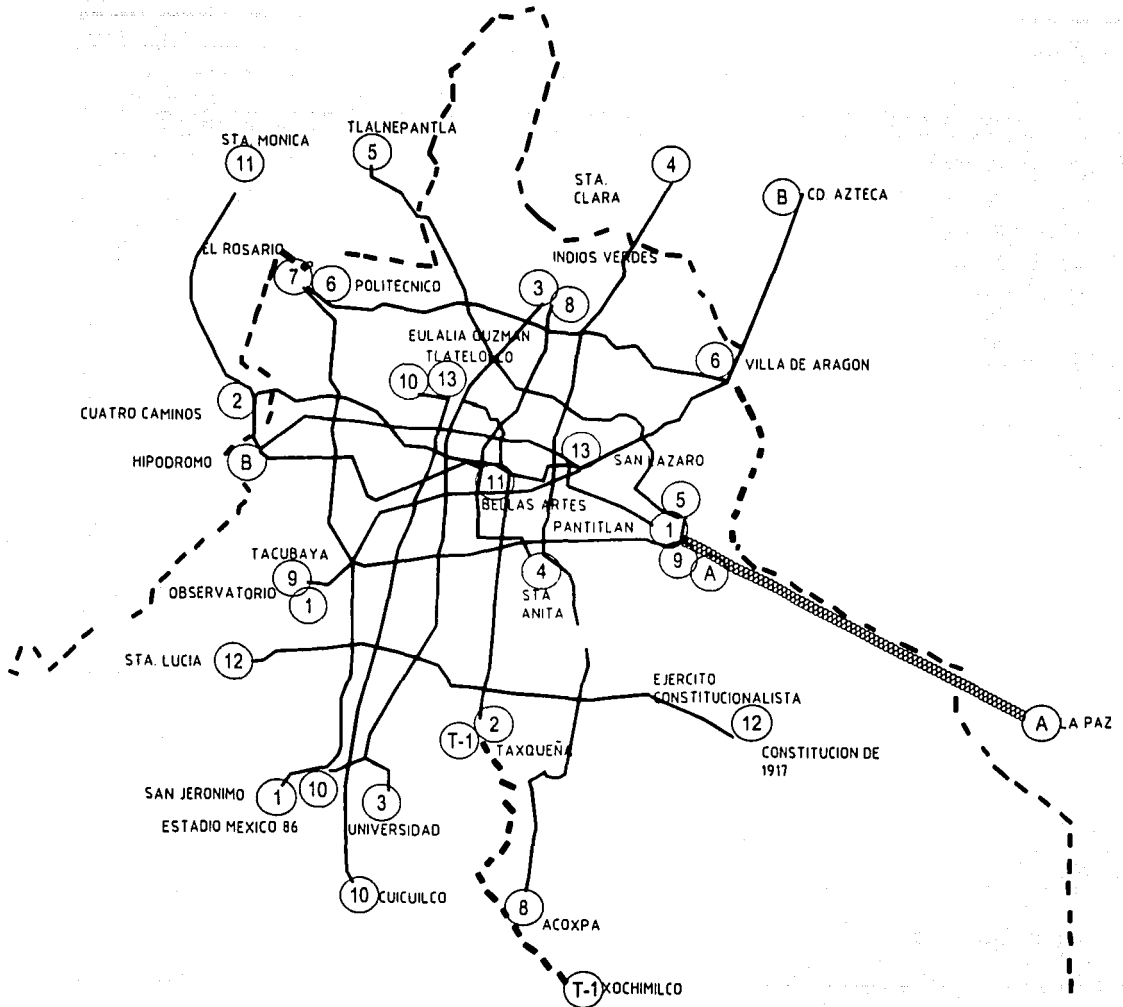


Fig. I.4 1ª Opción de Ampliación al Año 2006.

1ª Opción de Ampliación para el año 2020 (Norte-Sur al norponiente).

En este horizonte se consideran las ampliaciones de las líneas 6, 9, 12, 13 y B, así como la construcción de las restantes 13 Líneas comprendidas en el PMMTL. La longitud de servicio será de 244.84 Km que sumada a la existente, llegará a 482.949 Km.

2ª Opción de Ampliación para el año 2006.

Esta etapa quedará conformada con la Línea 10, de Buenavista al Estadio México 68. La longitud de servicio de esta línea será de 13.210 Km.

2ª Opción de Ampliación para el Año 2020.

En este horizonte, se consideran las ampliaciones de las líneas 4, 5, 6, 9, 11, 12 y B, así como la construcción de las restantes 13 líneas comprendidas en el PMMTL.

3ª Opción de Ampliación para el año 2006.

Esta etapa corresponde al horizonte 2006, la cual quedó conformada con la construcción de la Línea 11, de Santa Mónica a Bellas Artes. La longitud de servicio será de 19.965 Km que, sumada a la existente, dará un total de 239.215 Km.

3ª Opción de Ampliación para el año 2020.

Se considera la ampliación de las Líneas 4, 5, 6, 9, 12 y B, así como la construcción de las 13 Líneas comprendidas en el Plan Maestro. Su longitud de servicio es de 243.734 Km, para una longitud acumulada de 482.949 Km.

En vista de la limitación presupuestal que el D.D.F. prevé para la siguiente administración, se ha tomado la decisión de diferir las metas de construcción, equipamiento y servicios planeadas para el horizonte 2000, al 2003; y como consecuencia el horizonte del 2006 se recorre al horizonte 2009, manteniéndose el de largo plazo (2020) como originalmente se planeó.

Red General 2020.

La red general al año 2020, se integró en función de lo siguiente:

- a) Satisfacer a través de los corredores propuestos las líneas de deseo más importantes.
- b) Propiciar el equilibrio de movilidad en la red de transporte masivo, con la redistribución de cargas en el sistema.
- c) A través de ampliaciones a algunas de las líneas actuales, lograr una mayor utilización de la capacidad instalada y optimizar las inversiones ya realizadas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- d) Atender las líneas de movimiento de mayor intensidad entre el D.F. y los municipios conurbados.

I.2.5.2 CONFIGURACIÓN DEFINITIVA.

La configuración definitiva de la red general al año 2020, estará integrada por 27 Líneas que sumarán 482.949 Km de longitud de servicio, en las que se pronostica una captación de 12.79 millones de usuarios/día y una afluencia de 1.53 millones de usuarios en la hora de máxima demanda.

De acuerdo con estas cifras, la propuesta de red definitiva de transporte masivo para el horizonte 2020 representa una construcción adicional de 294.284 Km de servicio en ampliaciones y nuevas líneas.

La Red de Metro comprende 14 líneas sobre neumáticos y 3 sobre rueda metálica, así como las ampliaciones de las líneas 4, 5, 6, 7, 8, 9, B, y 12, que darán una longitud de servicio de 113.249 Km en prolongaciones y nuevas líneas para ese horizonte.

Respecto al Metro con rueda metálica, habrá dos nuevas líneas suburbanas con una longitud conjunta de 52.625 Km, con lo cual se tendrán en total, tres líneas de este tipo.

Para complementar el sistema, se propone una red de trenes ligeros integrada por nueve líneas, que abarcaran 126.515 Km para el horizonte 2020.

Una vez definido el sistema de redes para el año 2020, es posible conocer su captación estimada diaria, que constituye el atributo de mayor peso, y derivados de éste, el ahorro en horas hombre y la sustitución de transporte de superficie, por lo que este parámetro se toma como base para la jerarquización de las líneas por construir, de las redes que conforman el PMMTL.

I.2.5.3 ALCANCES DEL PMMTL.

Los alcances del Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros al año 2020, se enumeran a continuación:

- 1) Línea 4, ampliación norte, Santa Clara – Martín Carrera. La longitud de servicio de esta ampliación será de 5.506 Km; se calcula que 387,048 pasajeros utilizarán la línea diariamente.
- 2) Línea 5, ampliación norte, Tlalnepantla – Politécnico. Tendrá 5.849 Km de longitud de servicio; la captación esperada en toda la línea es de 480,459 usuarios al día.
- 3) Línea 6, ampliación oriente, Martín Carrera – Villa de Aragón. La longitud de servicio será de 5.617 Km; la captación diaria esperada en toda la línea se estimó en 420,594 usuarios.

- 4) Línea 7, ampliación sur, Barranca del Muerto – San Jerónimo. La longitud de servicio de la ampliación será de 5.263 Km. Se estima que habrá una captación diaria en toda la línea de 580,787 usuarios.
- 5) Línea 8, ampliación norte, Indios verdes – Garibaldi. Tendrá una longitud de servicio de 6,290 Km, se espera una captación en toda la línea de 1'289, 468 usuarios al día.
- 6) Línea 8, ampliación sur, Switch en Francisco del Paso y Troncoso – Calzada Acoxta. Su longitud de servicio será de 9.307 Km; se espera que la línea (norte, centro y sur) captará 1'289.468 usuarios al día.
- 7) Línea 9, ampliación poniente, Observatorio – Tacubaya. Tendrá 1.459 Km de longitud de servicio. Para toda la línea se pronosticó una captación de 426,714 usuarios diariamente.
- 8) Línea 10, Eulalia Guzmán – Cuicuilco. Con una longitud de servicio de 18.640 Km; La captación diaria se estimó en 577,668 usuarios.
- 9) Línea 11, Santa Mónica – Bellas Artes. Su longitud de servicio será de 19.965 Km; se espera una captación de 383,511 usuarios diarios.
- 10) Línea 12, Santa Lucía- Switch en Calzada Ermita Iztapalapa. Se determinó una longitud de servicio de 12.305 Km; su captación en toda la línea será de 626,439 pasajeros diarios.
- 11) Línea 13, Parque Naucalli – San Lázaro. Su longitud de servicio será de 17.485 Km; se pronosticó una captación de 274,359 usuarios diariamente.
- 12) Línea B, ampliación poniente. Hipódromo – Buenavista. Tendrá una longitud de servicio de 7.458 Km. La línea captará diariamente 788,168 usuarios al día.
- 13) Línea C, Cuautitlán Izcalli, El Rosario; será una de las líneas de mayor longitud con 24.900 Km; se prevé una captación de 344,283 usuarios por día.
- 14) Línea D, Coacalco / Ojo de Agua – Santa Clara. Su longitud de servicio será de 27.725 Km; se estima que habrá una demanda de 291,177 usuarios al día.
- 15) Línea T-2, Constitución de 1917 – Chalco. Su longitud de servicio será 23.840 Km; se pronostica una captación diaria de 552,351 usuarios.
- 16) Línea T-3, Villa de Aragón – Emisora. Cubrirá 16.762 Km de servicio; la captación estimada será de 482,684 usuarios por día.
- 17) Línea T-4, Olivar del Conde – Ejército Constitucionalista. Tendrá una longitud de servicio de 17.130 Km; se estima una captación de 416,586 usuarios diariamente.

- 18) Línea T-5, Pantitlán – Degollado. Tendrá una longitud de servicio de 14.550 Km. La captación estimada diaria será de 361,367 usuarios.
- 19) Línea T-6, Pantitlán – Estadio Neza 86. Su longitud de servicio será de 10.560 Km, se estima que tendrá una captación diaria de 253,93 usuarios.
- 20) Línea T-7, Atizapán – El Rosario. La longitud de servicio será de 9.985 Km; su captación estimada será de 248,433 usuarios al día.
- 21) Línea T-8, Estadio México 68 – Emisora. Tendrá una longitud de servicio de 13.380 Km; se estima una captación diaria de 229,289 usuarios al día.
- 22) Línea T-9, Ejército Constitucionalista – Estadio Neza 86. Su longitud de servicio tendrá 9.205 Km; su captación esperada será de 216,969 usuarios por día.
- 23) Línea T-10, Pirámides – Ciudad Azteca. Tendrá una longitud de servicio de 11.105 Km; se estima una captación diaria de 82,080 usuarios.

En la tabla I.4, se muestran las redes del sistema de transporte electrificado al año 2020, las que quedaron conformadas por:

- 14 Líneas de Metro con rueda Neumática.
- 3 Líneas de Metro con rueda metálica.
- 10 Líneas de Tren Ligero.

En las figuras I.5 y I.6 se muestra la actual Red del Sistema de Transporte Colectivo Metro, y la Red definida al año 2020 de acuerdo al Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros, respectivamente.

La misión principal del Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros, es la de planear y programar el crecimiento de la Red de transporte ferroviario de pasajeros, a fin de atender debidamente la demanda esperada en los diferentes horizontes.

De manera general, la demanda que se espera, procede de zonas cada vez más alejadas del centro de la metrópoli, por lo que surge la necesidad de la construcción de líneas de Metro y Trenes Ligeros de carácter metropolitano, enlazando al Distrito Federal con los municipios conurbados del Estado de México.

No obstante, en las áreas servidas actualmente por la Red del Metro, los viajes en transporte colectivo continúan incrementándose, llegando al grado de saturar algunas de las líneas de la Red.

A ésta evolución no puede ser ajeno el proceso de planeación del transporte, por tal motivo, y a efecto de optimizar el conjunto de la infraestructura instalada, resulta prioritaria e impostergable la modernización y mantenimiento de algunas de sus instalaciones, para seguir brindando un buen servicio a todos los usuarios de la Red.

RED DE METRO Y TRENES LIGEROS AL AÑO 2020.

LINEA	ORIGEN DESTINO	KILOMETROS DE SERVICIO
METRO CON RUEDA NEUMATICA (STC).		
1	Observatorio - Pantitlán	16.654
2	Cuatro Caminos - Tasqueña	20.712
3	Indios Verdes - Ciudad Universitaria	21.279
4	Santa Clara - Santa Anita	14.869
5	Tlalnepantla - Pantitlán	20.284
6	El Rosario - Villa de Aragón	17.049
7	El Rosario - San Jerónimo	22.274
8	Indios Verdes - Acoxta	27.093
9	Observatorio - Pantitlán	14.493
10	Eulalia Guzmán - Cuicuilco	18.640
11	Santa Mónica - Bellas Artes	19.965
12	Santa Lucia - Constitución de 1917	16.622
13	Parque Naucalli - San Lázaro	17.485
B	Hipódromo - Ciudad Azteca	27.736
METRO CON RUEDA METALICA (STC).		
A	Pantitlán - La Paz	14.649
C	Cuautitlán Izcalli - el Rosario	24.900
D	Coacalco/Ojo de Agua - Santa Clara	27.725
TREN LIGERO (STE)		
T-1	Tasqueña - Embarcadero	14.005
T-2	Constitución de 1917 - Chalco	23.840
T-3	Villa de Aragón - Emisora	16.760
T-4	Olivar del Conde - E. Constitucionalista	17.130
T-5	Pantitlán - Degollado	14.550
T-6	Pantitlán - Estadio Neza 86	10.560
T-7	Atizapán - El Rosario	9.985
T-8	Estadio México 68 - Emisora	13.380
T-9	E. Constitucionalista - Estadio N. 86	9.205
T-10	Pirámides - Ciudad Azteca.	11.105
Red de Metro		342.429
Red de Trenes Ligeros		140.520
TOTAL		482.949

Datos obtenidos del PMMTL 1996

Tabla I.4 Red del Metro y Trenes Ligeros Horizonte 2020.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LINEA B

BUENAVISTA - CD AZTECA
PRIMERA ETAPA

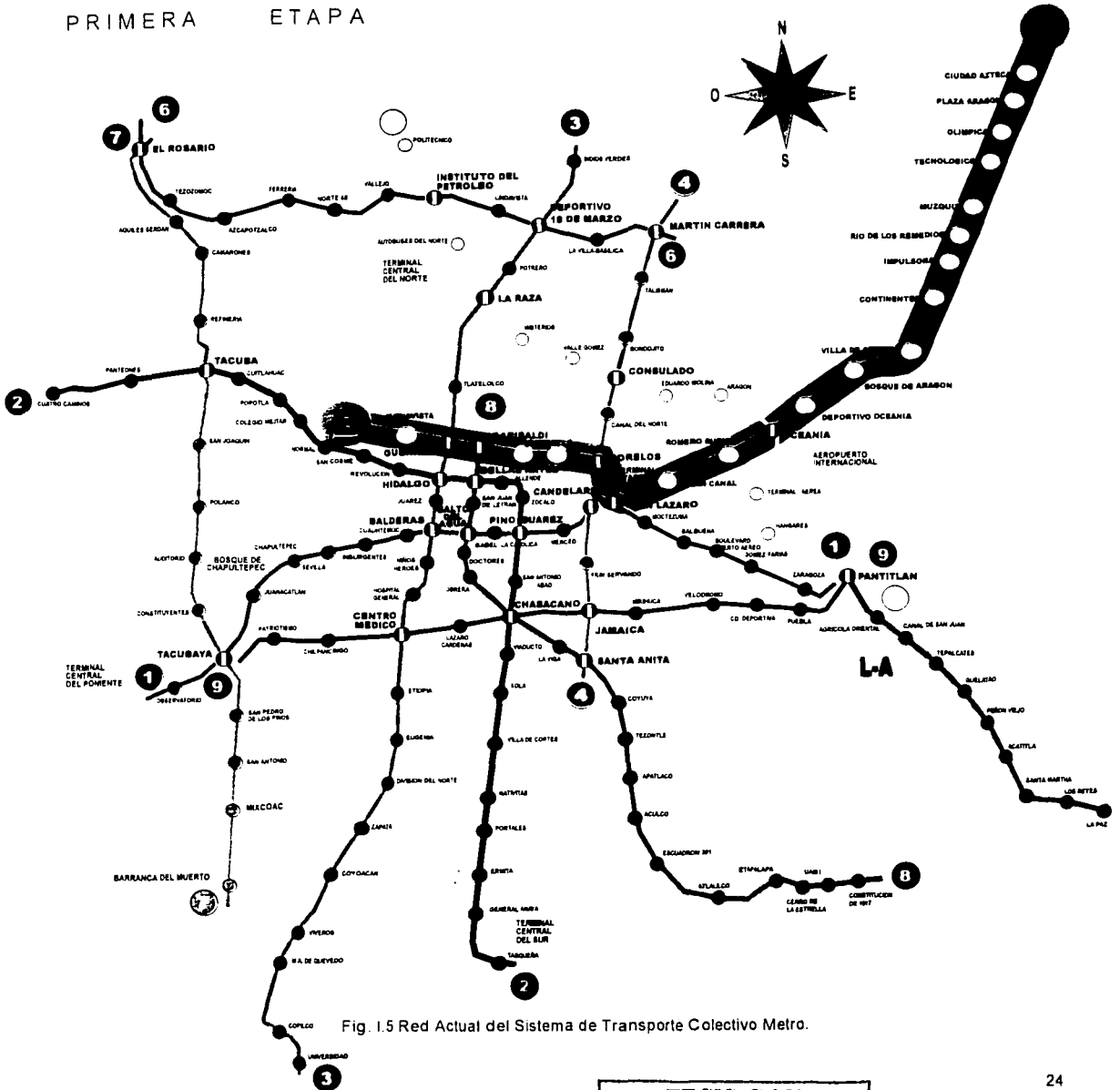


Fig. 1.5 Red Actual del Sistema de Transporte Colectivo Metro.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

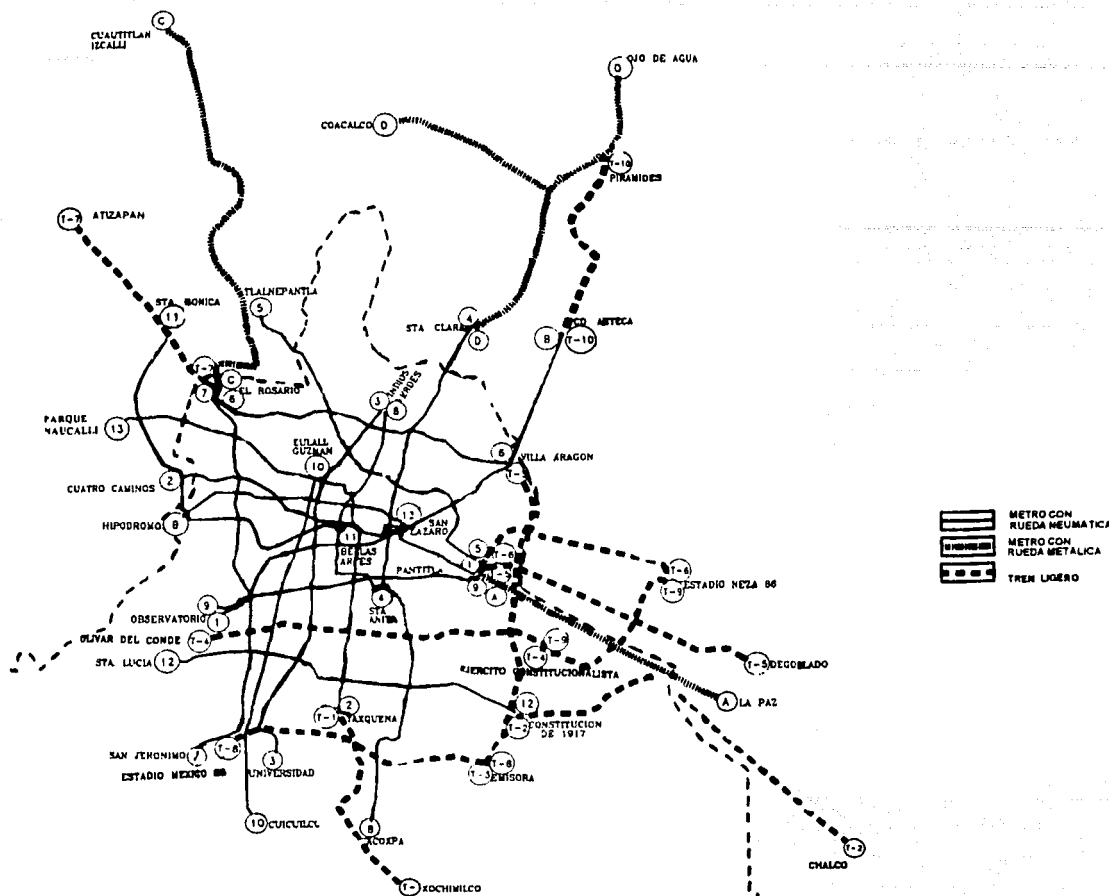


Fig. 1.6 Red Definitiva a 2020.

Como se ha mencionado, la estrategia adoptada para racionalizar y satisfacer adecuadamente la movilidad en la Ciudad de México, permite la congruencia con las políticas de desarrollo urbano y de incremento demográfico, tanto del Distrito Federal como de los municipios conurbados del Estado de México, de tal suerte, que si bien habrá que elevar la oferta de servicio de acuerdo con el aumento de la demanda de viajes, la tasa de incremento anual será decreciente, en razón de la forma de operación de los sistemas de transporte que evitarán los transbordos y viajes no necesarios y la congruencia de las zonas residenciales con el equipamiento y los servicios urbanos.

La ejecución del Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros, contribuye a restaurar las condiciones favorables para el crecimiento armónico de la ciudad. Las acciones son planeadas y acordes con los objetivos que el Gobierno ha establecido para dotar a los habitantes del equipamiento y de los servicios necesarios. Conforme avance el Plan, se atenderá el rezago de transporte que se ha venido acumulando y se resolverán gradualmente los congestionamientos de tránsito, contaminación ambiental, la saturación de los vehículos colectivos y las molestias que actualmente padecen los usuarios en sus traslados de un lugar a otro de la ciudad, aplicando la política de estimular el transporte colectivo y desalentar el transporte individual.

La consolidación de un sistema de transporte eficiente y suficiente, permitirá disfrutar de los viajes, reducir los tiempos de trayecto, aumentar las horas destinadas a la productividad, la cultura, arte y esparcimiento, así como la naturaleza y la obra del hombre.

I.3 EL METROPOLITANO LÍNEA B.

El Metropolitano Línea B, es una Línea de la Red del Sistema de Transporte Colectivo Metro destinada al transporte masivo de pasajeros entre la Ciudad de México y los municipios conurbados de Nezahualcóyotl y Ecatepec.

I.3.1 GENERALIDADES DEL METROPOLITANO LÍNEA B.

Para garantizar la vialidad urbana y ambiental de la ciudad de México se requiere, entre otras acciones, implementar un eficiente sistema de transporte público para sus habitantes. Tanto el Metro como el sistema de transporte eléctrico de trolebuses y el tren ligero, integran la columna vertebral del sistema de transporte de la ciudad.

En la actualidad, ante la doble condicionante que debe satisfacer el transporte, atender una demanda siempre creciente y al mismo tiempo contribuir a la reducción de los índices de contaminación, se refuerza la estrategia de dar prioridad al transporte colectivo sobre el individual y al transporte eléctrico sobre el de combustión interna.

Considerando que el Sistema de Transporte Colectivo Metro constituye el modo de transporte masivo que menos contamina el ambiente, es de fundamental importancia la expansión continua de su Red, por lo que dentro de los objetivos del Programa Integral de Transporte y Vialidad, del Gobierno del Distrito Federal, se contempló la construcción de la Línea B, con un enfoque puramente metropolitano, que en su primera etapa conectará al Centro Histórico de la Ciudad de México con la zona nororiente del Área Metropolitana, ampliando no sólo la cobertura del sistema en el Distrito Federal, sino también dando servicio a los municipios de Nezahualcóyotl y Ecatepec en el estado de México, con lo cual se garantiza una respuesta integral que contempla el entorno social como un continuo urbano.

I.3.2 LA LÍNEA B DENTRO DEL SISTEMA METROPOLITANO DE TRANSPORTE.

Dentro de Sistema Metropolitano de transporte se concibe a esta Línea como el Transporte masivo entre el nororiente del Área Metropolitana y el Centro Histórico, obteniéndose los siguientes beneficios:

1. Enlaza directamente las Delegaciones Cuauhtémoc, Venustiano Carranza y Gustavo A. Madero, del Distrito Federal, con los Municipios de Nezahualcóyotl y Ecatepec, del Estado de México.
2. Capta una importante demanda en punta de la estación Ciudad Azteca, ayudando a descargar la entrada de vehículos por la supercarretera a Pachuca y la saturación de la Línea 3 en Indios Verdes.
3. Recibe la captación transversal a lo largo de las ocho estaciones dentro del Estado de México, tanto del poniente como del oriente.
4. Fortalece la Red del Metro, incrementando en 13% su longitud y en 14% su número de estaciones, resaltando la correspondencia con cinco de las 10 líneas, que se tendrán cuando se ponga en servicio esta línea.
5. Establece el transbordo con la Línea 8 en Garibaldi, la Línea 3 en Guerrero, la Línea 4 en Morelos, la Línea 1 en San Lázaro y la Línea 5 en Oceanía.
6. Fortalece la atención al gran centro generador de viajes del área Metropolitana, que es el Centro Histórico, y su expansión hacia el oriente y el norte.
7. Mejora sustancialmente la velocidad y condiciones de desplazamiento a lo largo de su vialidad coincidente, con el siguiente beneficio a otros modos de transporte (automóviles y autobuses).
8. Fortalece el ordenamiento del transporte en minibuses y autobuses a lo largo de la línea y en la zona nororiente.

I.3.3 PROGRAMA.

El programa del Metropolitano Línea B, se encuentra condensado en la tabla I.5.

I.3.4 LOCALIZACIÓN DEL METROPOLITANO LÍNEA B.

I.3.4.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA.

El Metropolitano Línea B se ubica en la zona norte del Área Metropolitana de la Ciudad de México, comunicando sus zonas nororiente y poniente con el Centro Histórico.



ETAPA	FECHA
Inicio del proyecto	Dic-93
Inicio de la construcción	Oct-94
Pruebas estáticas	Primer semestre 1999*
Energización en 750 VCD	Primer semestre 1999*
Pruebas dinámicas	Primer semestre 1999*
Marcha en vacío	Segundo semestre 1999*
Inicio de operaciones	Segundo semestre 1999*

Tabla I.5 Programa

* Sólo se ejecuto en el Tramo de Buenavista a Villa de Aragón, comprendido dentro del Distrito Federal.

** El Tramo Continentes a Ciudad Azteca, se concluyó en Diciembre del 2000.

En su primera etapa, se construyó la conexión del centro Histórico con la zona nororiente, en el tramo comprendido entre Ciudad Azteca en el municipio de Ecatepec en el estado de México, y la estación Buenavista en la delegación Cuauhtémoc del Distrito Federal.

En la segunda etapa, se construirá la conexión de la Línea en el tramo de la estación Buenavista a la estación Hipódromo, quedando esta como terminal definitiva en la delegación Miguel Hidalgo, conectándose de esta manera la zona poniente con el Centro de la Ciudad. (Figura I.7 Localización Geográfica del Metropolitano Línea B).

I.3.4.2 LOCALIZACIÓN DE LA LÍNEA.

En su primera etapa tiene una longitud de 23.70 Km. Inicia dentro del Distrito Federal, en la Colonia Santo Tomás, bajo el Eje 1 Norte, entre el Circuito Interior y la calle Lauro Aguirre.

En su recorrido se desplaza por el Eje 1 Norte, Av. Eduardo Molina, calle Artilleros, Av. Oceanía, Av. 608 y Av. Central, hasta la Av. México en Ciudad Azteca, Estado de México.

I.3.4.3 LOCALIZACIÓN DE LOS TALLERES.

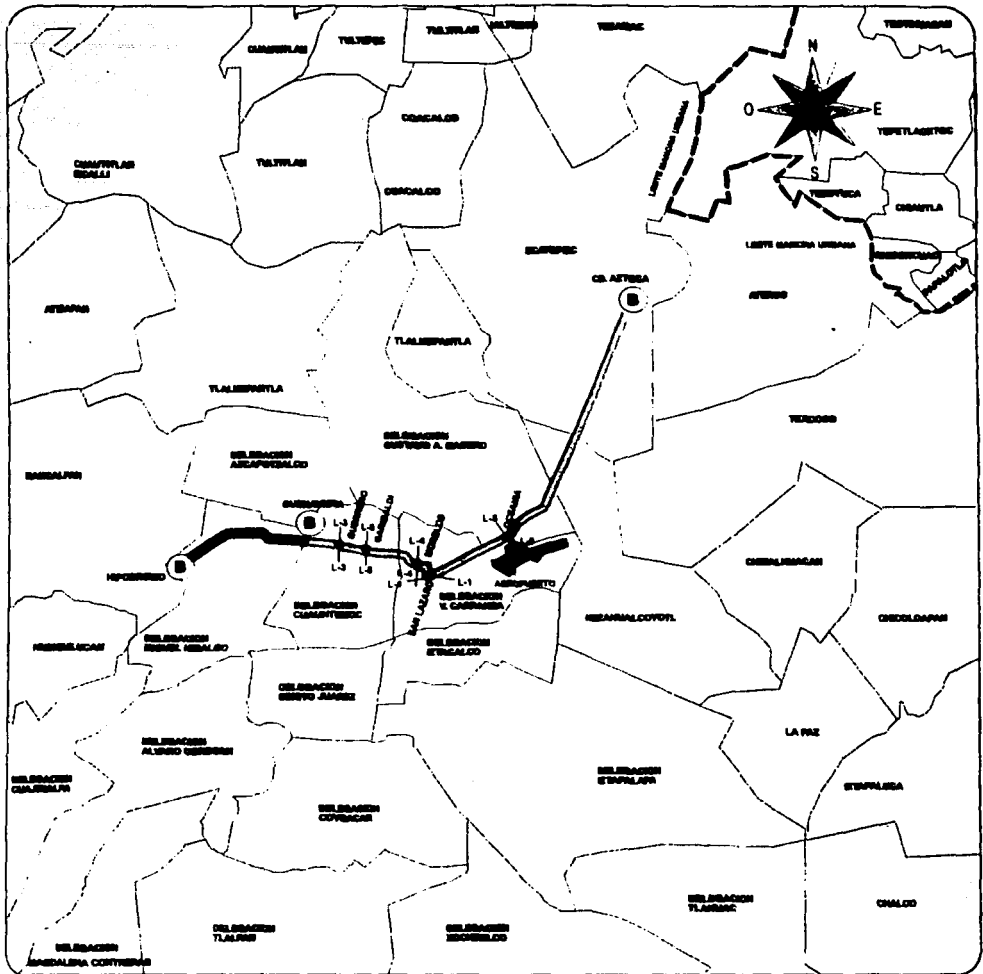
Los talleres se ubican dentro del Estado de México en un predio de 11 hectáreas, sobre el camellón de la Av. Central, entre el Boulevard de los Aztecas y la Av. México.

I.3.5 VIALIDAD COINCIDENTE CON EL METROPOLITANO LÍNEA B.

De acuerdo con la solución constructiva adoptada para el Metropolitano Línea B, la vialidad coincidente al trazo del Metro se desarrolla mejorando el contexto urbano de las zonas donde se aloja, en algunos tramos restituyendo la vialidad, en otros creando nuevas y en su mayor parte una vía de acceso controlado de 19 Km de longitud.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

METROPOLITANO LINEA - B






-  1a ETAPA BUENAVISTA - CD. AZTECA
-  CONSTRUCCION A FUTURO
-  LIMITE MANCHA URBANA

Fig. 1.7 Localización Geográfica del Metropolitano Línea B.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LINEA

Urb. VILLA AZTECA PRIMERA ETAPA TALLERES

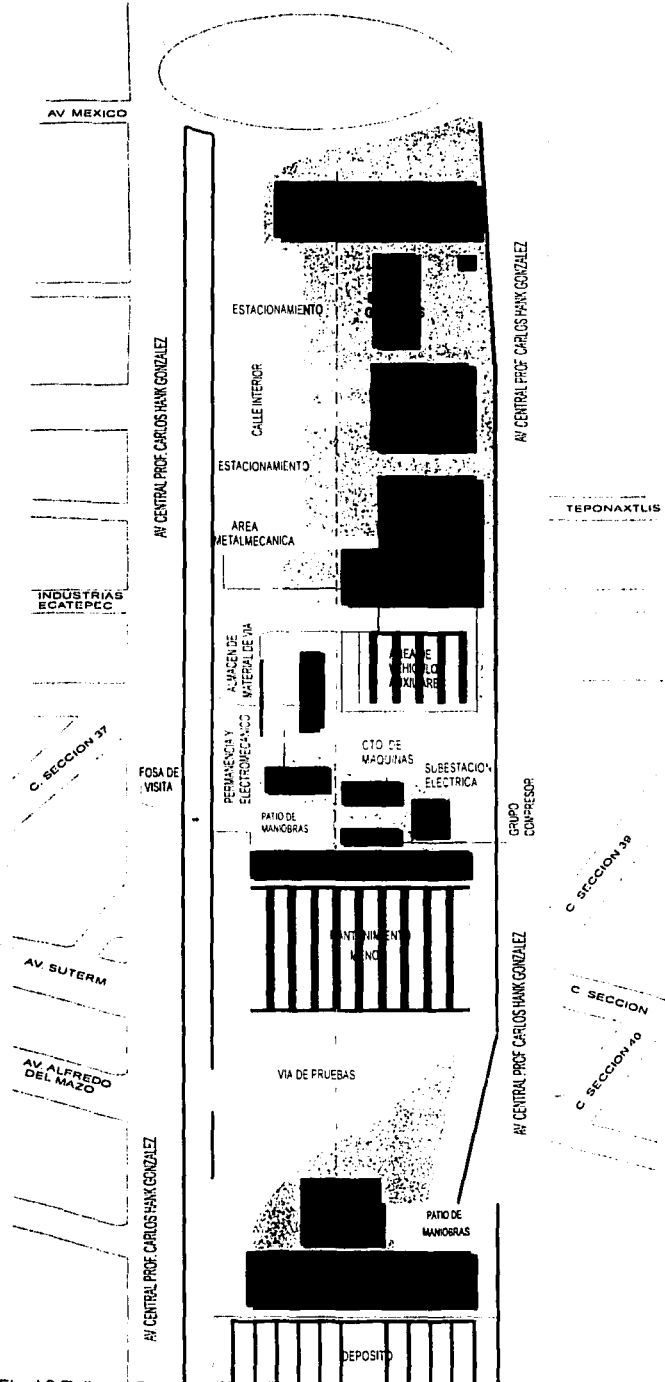
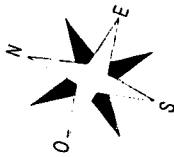


Fig. 1.9 Talleres Ciudad Azteca.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

I.3.5.1 VIALIDAD COINCIDENTE CON EL TRAMO SUBTERRÁNEO.

Sobre el Eje 1 Norte, desde Av. Insurgentes Norte y hasta la Av. Ing. Eduardo Molina, se restituye la vialidad a sus condiciones originales, tanto en pavimento, como de los servicios con los que cuenta actualmente, conservando su sección y mejorando las características y equipamiento de eje vial.

I.3.5.2 VIALIDAD COINCIDENTE CON EL TRAMO ELEVADO.

Sobre la Av. Ing. Eduardo Molina desde la calle Héroes de Nacozari a la calle Artilleros, la propia calle de Artilleros y parte de la Av. Oceanía, se hará la restitución de pavimentos y jardinería, se reforestará y aportarán mejoras urbanas, al convertirse la Av. Oceanía en una vialidad de acceso controlado.

I.3.5.2 VIALIDAD COINCIDENTE CON EL TRAMO SUPERFICIAL.

Sobre la Av. 608 y la Av. Central, se realiza una vialidad rápida de acceso controlado, que sumada al tramo elevado sobre la Av. Oceanía, alcanza un total de 19 Km aproximadamente; ésta a su vez, fortalece la gran vialidad de 43 Km de longitud al oriente del Área Metropolitana, desde la zona de Venta de Carpio en Ecatepec hasta la Delegación Xochimilco, utilizando el Eje Vial 3 Oriente.

La vialidad coincidente incluye también la construcción de tres distribuidores viales y trece puentes peatonales, ofreciendo un total de **44** cruces para transeúntes.

En el Distrito Federal se construirán los siguientes puentes y distribuidores viales:

- Distribuidor vial en el cruce Eje 1 Norte – Av. Oceanía – Av. Zaragoza.
- Puente vehicular en el cruce Av. Oceanía – Av. Marruecos.
- Distribuidor vial en el cruce Av. Oceanía – Av. 608 – Av. 602 – Av. 506.
- Paso deprimido Av. 613 bajo Av. 608.
- Distribuidor vial en el cruce Av. 608 – Av. 412 – Av. Central – Av. Taxímetros.

Así mismo en el Estado de México se contempla la construcción de los siguientes puentes:

- Puente vehicular en Av. Central – Boulevard de los continentes – Av. Jorge Jiménez Cantú.
- Puente vehicular en Av. Central – Av. Valle de las Zapatas – Hacienda de las Presillas.
- Puente vehicular en Av. Central – Periférico Arco Norte (Río de los Remedios)
- Puente vehicular en Av. Central – Gobernador Fernández – Valle de Guadiana.
- Puente vehicular en Av. Central – Valle de Júcar – Gobernador Alfredo del Mazo.
- Puente vehicular en Av. Central – Av. Ciudad Azteca – Sor Juana Inés de la Cruz.
- Puente tipo de herradura, de acceso al paradero "Ciudad Azteca".
- Puente vehicular en Av. Central – Boulevard de los Aztecas.
- Puente vehicular en Av. Central – Boulevard de los Teocallis.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.3.6 SOLUCIONES ADOPTADAS PARA LA OBRA CIVIL.

La obra Civil se concibió en tres tipos de solución: túnel somero, elevada y superficial.

- **El túnel somero** se aplica en una longitud de 5.90 Km, desde su extremo poniente hasta la Avenida Eduardo Molina, consiste en un cajón rectangular cuyo desplante está a una profundidad variable entre 9 y 15 m. Se logra construyendo dos tablaestacas colocadas en el lugar, que sirven para soportar el terreno, posteriormente se realiza la excavación a "cielo abierto", y se construye una losa de fondo con el arranque de los muros laterales; después, se termina el resto de los muros junto con la losa superior y se efectúa el relleno para restituir la vialidad mediante pavimentos.
- **La solución elevada** se realiza en un tramo de 4.40 Km y se logra mediante una infraestructura a base de pilotes de fricción, con una longitud del orden de 27 m, sobre los cuales se desplanta un cajón-zapata que recibe un dado donde se empotran dos columnas, las cuales se rematan mediante capiteles que sostienen traveses portantes prefabricadas, diseñadas para recibir a las vigas portadas, cuyo conjunto forma el sistema de piso para las instalaciones de vía del Metro.
- **La solución superficial** se desarrolla en una longitud de 13.40 Km a lo largo de la Av. 608 y la Av. Central. Consiste en un cajón de concreto, abierto, con una losa de piso de 50 cm de espesor y dos muros laterales para confinamiento y protección.

En la tabla 1.6 se muestra la longitud y el tipo de solución constructiva correspondiente a cada tramo del Metropolitano Línea B.

TRAMO	LONGITUD	SOLUCION
Cola – Buenavista	1338.161	Subterráneo
Buenavista – Guerrero	670.897	Subterráneo
Guerrero – Garibaldi	906.899	Subterráneo
Garibaldi – Lagunilla	623.994	Subterráneo
Lagunilla – Tepito	760.765	Subterráneo
Tepito – Morelos	647.749	Transición
Morelos – San Lázaro	1445.866	Elevado
San Lázaro – R. Flores Magón	1056.895	Elevado
R. Flores Magón – Romero Rubio	1058.488	Elevado
Romero Rubio – Oceanía	959.165	Transición
Oceanía – Dvo. Oceanía	1012.895	Superficial
Dvo. Oceanía – Bosque Aragón	1315.29	Superficial
Bosque Aragón – Villa de Aragón	934.41	Superficial
Villa de Aragón – Continentes	1485.481	Superficial

TRAMO	LONGITUD	SOLUCION
Continentes – Impulsora	1543.038	Superficial
Impulsora – Río de los Remedios	585.972	Superficial
Río de los Remedios – Muzquiz	1305.45	Superficial
Muzquiz – Tecnológico	1635.445	Superficial
Tecnológico – Olímpica	746.154	Superficial
Olímpica – Plaza Aragón	856.033	Superficial
Plaza Aragón – Cd. Azteca	723.13	Superficial
Cd. Azteca – Cola	2105.712	Superficial
Total	23730.899	

Tabla I.6 Soluciones Constructivas de Obra Civil para el Metropolitano Línea B.

I.3.7 CAPACIDAD DEL METROPOLITANO LINEA B.

- Longitud 23.7 Km (13.5 Km en el D.F. y 10.20 Km en el Estado de México.
- Estaciones
 - 1 Terminal Definitiva: Ciudad Azteca.
 - 1 Estación Provisional: Buenavista.
 - 5 Estaciones de Correspondencia.
 - 14 Estaciones de paso.
- Tramo Interestaciones 1,021 m en promedio.
- Número inicial de Viajes 39,500 Pasajeros/Hora/Sentido con 38 trenes y 140 segundos de intervalo.
- Número total de viajes esperado 600,000 Pasajeros/Día.
- Material rodante Neumático tercer riel.
- Capacidad 1,530 personas (En tren de 9 carros a carga normal 6 Pasajeros/m²/de pie.
- Velocidad Máxima 75 Km/hr
- Velocidad Comercial 37 Km/hr
- Intervalo de diseño de 90 segundos

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

CAPITULO II

VÍA DE ENLACE.

Objetivo Específico.

Analizar la importancia que tienen las vías de enlace dentro de la operación general del Sistema de Transporte Colectivo Metro.

ANTECEDENTES.

La función esencial del Metro es la de transportar el mayor número de personas en el menor tiempo posible, con el máximo índice de seguridad y eficiencia, proporcionando un intervalo entre trenes adecuado a la demanda y normas de comodidad recomendables. Por tal motivo se deben conservar en óptimas condiciones de funcionamiento las instalaciones fijas o infraestructura del sistema de Transporte colectivo en los que se incluyen las vías (principales y secundarias), las estaciones, los tramos interestación; además de los equipos y sistemas electrónicos y electromecánicos entre los que destacan: la Energización, la Señalización, Pilotaje Automático, Mando Centralizado y Telecomunicaciones, los cuales son controlados por el Puesto Central de Control (P.C.C.), considerado el cerebro electrónico del Metro.

II.1 OPERACIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO.

Para ofrecer un servicio seguro y eficiente a los usuarios, el Metro cuenta con un complejo sistema de instalaciones eléctricas, electromecánicas y electrónicas, que interactuando en forma coordinada unas con otras, se logra el funcionamiento de las Líneas del Metro.

A continuación, se explica como funcionan cada uno de estos sistemas, haciendo referencia a las instalaciones con que cuenta el Metropolitano Línea B, que son genéricas para cualquier otra línea de la Red del Sistema de Transporte Colectivo.

II.1.1 ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA.

En las líneas del Metro se requiere para su funcionamiento de una gran cantidad de energía eléctrica, en virtud de que con ello funcionan los trenes, dispositivos de las estaciones y la mayoría de los equipos de los talleres y edificios administrativos, así como equipos instalados en los tramos interestación. La demanda de energía eléctrica para las líneas existentes es de 706,018.00 Kva, de los cuales 86,500 Kva son para carga de alumbrado y fuerza; los restantes 619,517.92 Kva son para carga y tracción.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para satisfacer las necesidades de energía eléctrica, el Metropolitano Línea B recibirá el suministro de 230 Kv y en instalaciones propias la transformará en una primera fase a 23 Kv; posteriormente, en 2ª fase, la transformará a 750 VCD para la tracción del Metro y 127/250 VCA para uso normal a lo largo de la línea y en las estaciones.

Estos valores de tensión se distinguen de la siguiente manera:

- Alimentación Tracción (energización de las vías, de donde el tren toma la corriente).
- Alimentación de Alumbrado y Fuerza (para los edificios, talleres, estaciones, tramos interestación)

II.1.1.1 ALIMENTACIÓN DE LA LÍNEA.

La Línea B recibirá energía eléctrica de dos subestaciones de la compañía de Luz y Fuerza del Centro: la Subestación Merced, ubicada en San Antonio Tomatlán, y la Subestación Peralvillo, ubicada en Ferrocarril industrial y Calzada de Guadalupe.

Mediante conductores subterráneos se transportará la energía eléctrica a lo largo de calles y avenidas hasta la Subestación Eléctrica de alta Tensión (SEAT), ubicada en Av. Océania y Ferrocarril Industrial (Figura II.1).

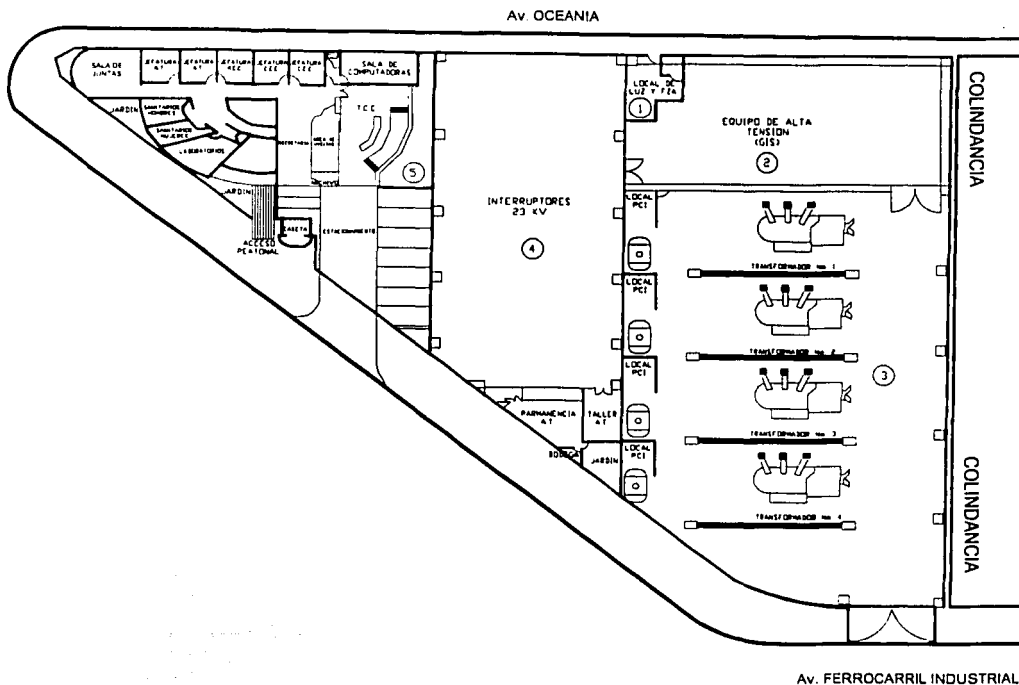


Fig. II.1 Subestación Eléctrica de Alta Tensión (S.E.A.T. Océania).

El SEAT Oceanía, está integrado por las siguientes áreas:

1. Área de medidores de Luz y Fuerza del Centro.
2. Interruptores a base de Hexafloruro de azufre (615). (Equipo de Alta Tensión).
3. Transformadores de 230 Kv.
4. Área de distribución de 23 Kv.
5. Sección de control. Existe un tablero que permite la operación remota del cierre y apertura de los interruptores de potencia de las Subestaciones de Rectificación (SR's y las cabeceras de alumbrado y fuerza en caso de falla).

II.1.1.2 ALIMENTACIÓN PARA ALUMBRADO Y FUERZA.

Una vez determinada la longitud total de cada línea y los tipos de estaciones que la componen, se estima la demanda de energía eléctrica de las subestaciones de alumbrado y fuerza para estaciones y tramos (SAF).

A partir del SEAT Oceanía, se llevan alimentadores por conducción subterránea hacia todas las estaciones de la línea, instalándose dos subestaciones en cada una, donde se transforma la energía de 23 Kv a 127/250 VCA. (Figura II.2). Para casos de falla de una subestación se diseñó que la otra, localizada en la vía opuesta, aportará el suministro.

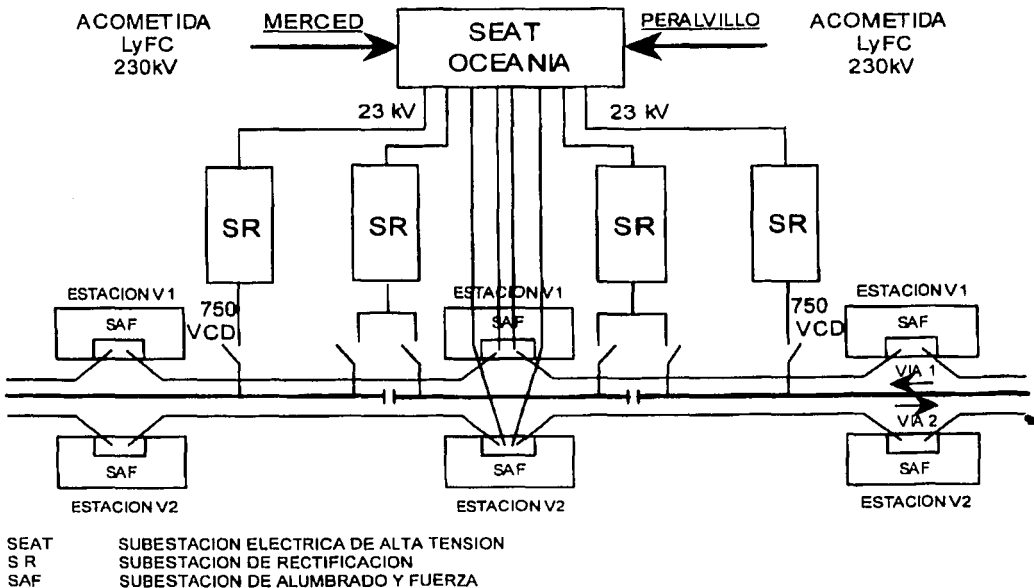


Fig. II.2 Alimentación para Tracción y de Alumbrado y Fuerza.

II.1.1.3 ALIMENTACIÓN A LOS TRENES.

Desde el SEAT Oceanía, se conducen también vía subterránea los conductores alimentadores en 23 Kv se reciben en 18 subestaciones de Rectificación (SR's) (figura anterior) a lo largo de la línea, de donde se reduce y rectifica la corriente para alimentar las vías en 750 VCD, esta se distribuye por medio de cables que se conectan a las barras de ángulo que pasan la alimentación eléctrica a los trenes a través de escobillas; el retorno de la corriente se efectúa por medio de rieles y pistas de rodamiento.

II.1.2 VÍAS

La vía está constituida principalmente por tres elementos metálicos (riel, pista de rodamiento y barra guía) sirven para guiar y mantener una base lo suficientemente rígida para permitir un desplazamiento uniforme y confortable del material rodante (Figura II.3); además, estos se utilizan como conductores para la transmisión de la energía eléctrica que necesita el material rodante para su funcionamiento. Por medio de accesorios aislantes adecuados, se obtienen en estos perfiles interrupciones eléctricas que permiten el establecimiento de circuitos para señalización y tracción y que mantienen la continuidad mecánica requerida.

- Riel de rodamiento ligero. Su función es la de asegurar el retorno de la corriente eléctrica, asegurando con ella el funcionamiento de la señalización. Estos rieles se utilizan excepcionalmente para el rodamiento y guiado de los trenes a través de la rueda metálica llamada de seguridad.
- Pista de rodamiento. Son las que reciben la carga del tren mediante las ruedas neumáticas y están constituidas por rieles metálicos soldados en sus extremos y colocados en el exterior de la vía férrea, descansando en las cabezas de los durmientes, sobre los que son tirafondeados.
- Barra guía. Son las que aseguran el guiado de los carros y la alimentación de los mismos con corriente de tracción. Las barras guías están constituidas por perfiles angulares metálicos, colocados en el exterior de las pistas de rodamiento montados sobre aisladores mediante pernos soldables; dichos aisladores se colocan en los extremos de los durmientes.

II.1.3 MATERIAL RODANTE.

El material rodante sobre neumáticos que se utiliza en la red del Metro de la Ciudad de México, es el resultado del perfeccionamiento de un primer diseño hecho en Francia en el año de 1951 y de otras versiones de los años 1955 y 1959 realizados en ese mismo país y de los carros que se usaron en Montreal (Canadá) en 1963.

Si se comparan los trenes con ruedas neumáticas con los de ruedas metálicas, los primeros tienen como ventajas, una mayor adherencia, que permite aceleraciones

mayores durante la tracción y el frenado. En consecuencia, velocidades promedio más altas. Además ofrece la posibilidad de circular sobre rampas más pronunciadas y menor número de carros motores dentro de un mismo tren, con los ahorros consiguientes en la inversión inicial y en los costos de mantenimiento. Aunado a esto, la marcha sobre neumáticos es más silenciosa y más cómoda. También produce una reducción de las vibraciones inducidas en los edificios vecinos a los túneles.

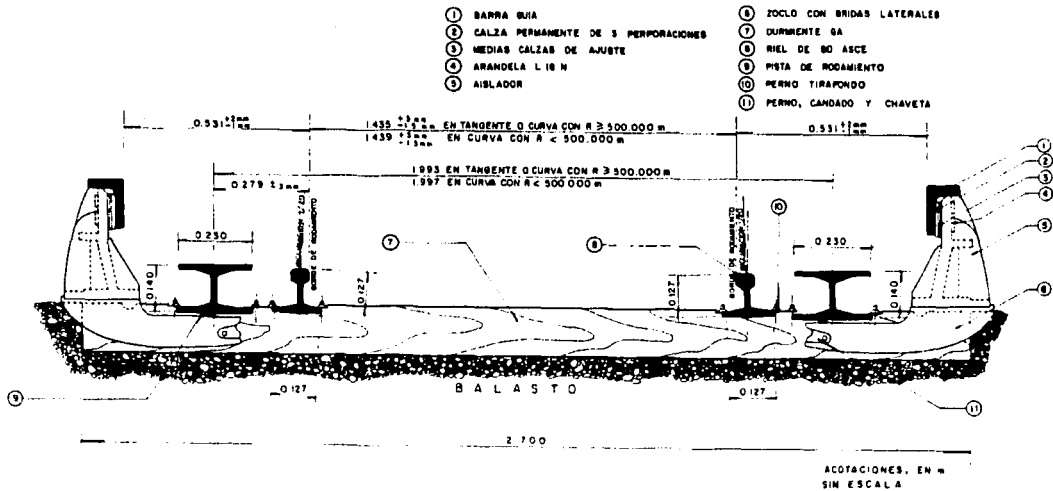


Fig. II.3 Vía Sobre Balasto.

Cada carro está soportado por dos bogies; cada uno de estos está soportado por cuatro ruedas de acero, cuatro ruedas guía (horizontales) también neumáticas, cuatro ruedas neumáticas y dos motores de corriente directa de 150 HP, contando así cada carro motriz, con 4 motores que totalizan 600 HP.

No todos los carros que conforman un tren, son motrices, de los nueve carros que conforman los convoyes, 6 de ellos (65%) son motrices, lo que da una potencia de 3600 HP/tren. Los tres restantes carros, cuentan con dispositivo de frenado, pero no con motores de tracción.

La composición de cada tren es la siguiente:

- 2 carros motrices con cabina de mando. (M)
- 4 carros motrices sin cabina de mando. (N)
- 3 carros sin motores y sin cabina. (R)

El orden de los vehículos es el siguiente:

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

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El tren cuenta con cinco modos de conducción disponible:

- **Pilotaje Automático (PA).** Es la conducción que normalmente es utilizada mientras el tren circula en las vías principales, servicios provisionales y maniobras de terminal. Durante el recorrido del tren el PA va leyendo la información que se encuentra en el tapiz fijo y la compara con la condición real con la que circula el tren dando como resultado una aceleración, frenado o paro del tren.
- **Conducción Manual Controlada (CMC).** Este modo de conducción es similar a las condiciones del PA, solo que el conductor además de accionar el arillo de hombre muerto coloca el manipulador a cualquier posición de tracción para el movimiento del tren respetando los límites de velocidad que son señalados en el recorrido, así mismo coloca el manipulador en cualquier posición de frenado para el paro total del tren en la estación y en señales al alto.
- **Conducción Manual Limitada (CML).** Es el primer modo de conducción con características diferentes, ya que en los modos anteriores se pueden alcanzar velocidades de hasta 70 Km/hr y además no puede pasar una estación sin detenerse en ella. El modo CML es el modo de conducción que alcanza una velocidad máxima de 50 Km/hr y al pasar por una estación a menos de 25 Km/hr el tren no se detendrá a menos que el conductor lo desee.
- **Conducción Manual Restringida.** Este modo de conducción permite al tren avanzar cuando existe una falla en el PA fijo a una velocidad máxima de 35 Km/hr.
- **Conducción Libre a Tracción Dos.** Las características de este modo de conducción son similares a las CMR, la única diferencia es que se puede avanzar con las puertas abiertas y es el único modo de conducción que permite la marcha hacia atrás desde la cabina delantera.

II.1.4 EQUIPOS DE SEGURIDAD.

Las vías del Metro aparte de ser el dispositivo necesario para soportar, guiar y suministrar energía eléctrica a los trenes, es un medio que sirve para salvaguardar la seguridad de los mismos, a través de equipos instalados en las vías como son:

- Señalización.
- Pilotaje Automático.
- Mando Centralizado.
- Telecomunicaciones.

II.1.4.1 SEÑALIZACIÓN.

Es un sistema de seguridad para controlar la circulación de los trenes, consta de dispositivos entre los cuales encontramos: señales de espaciamiento, de maniobra y

advertidores, así como indicadores de velocidad autorizada, permitiendo que los trenes circulen con intervalos muy reducidos protegidos siempre por dos señales al alto atrás de cada tren. (Figura II.4).

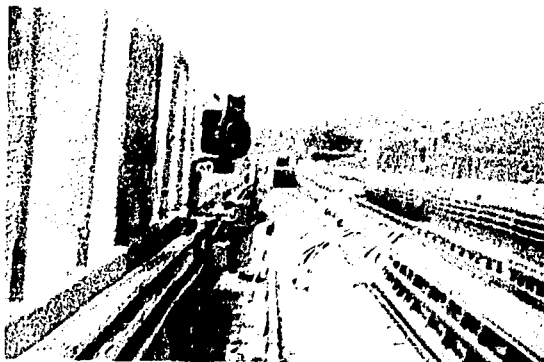


Fig. II.4 Señalización en Vías Principales.

Las señales de espaciamiento se encuentran a lo largo de la línea; las señales de maniobra se ubican en las zonas destinadas para ello, como son los talleres, garage y en la línea donde existe la posibilidad de explotar un servicio provisional. Los advertidores de señales, le advierten al conductor reducir su velocidad ya que la siguiente señal se encuentra al alto. Los indicadores de velocidad son como su nombre lo dice, señales que le indican al conductor la velocidad a circular.

II.1.4.2 PILOTAJE AUTOMÁTICO.

Es un sistema automatizado, que tiene como objetivo mejorar y optimizar la circulación de los trenes con un máximo de seguridad, además de automatizar la marcha de los mismos, confiando a los equipos la ejecución de funciones repetitivas, lo que permite controlar la velocidad del tren sobre el valor requerido, haciendo que con la carga del tren este se detenga en el punto normal de paro con precisión y confort para el usuario respetando también la señalización que se tiene.

El equipo de Pilotaje Automático se divide en:

- **Equipo Fijo.** Que es el que se encuentra a lo largo de la línea a través de un tapete fijo colocado en la barra guía, el cual lleva información de velocidad y señalización persistente para el paso del tren.
- **Equipo Embarcado.** Es el que el tren trae como dispositivo, siendo su función leer la información del tapete fijo comparando esta información fija con la información generada por el tren lo cual trae como resultado una aceleración o desaceleración del tren dependiendo de la información generada. La información del tapete fijo es leída por un captor colocado en el tren a la altura del quinto carro.

II.1.4.3 MANDO CENTRALIZADO.

El Mando Centralizado, tiene como objetivo visualizar a través de un tablero de control el tráfico de trenes.

La representación se realiza estación por estación por medio de recuadros que se iluminan al paso del tren, teniéndose también la configuración del sistema de alimentación y tracción por zonas y secciones. El medio por el cual se cumple el objetivo enunciado es la teletransmisión, equipo electrónico y un código digital, este código tiene la capacidad de recibir más de 200 informaciones por segundo.

Como complemento de lo que constituye el Mando Centralizado, es que cuenta con un sistema computarizado que en tiempo real controla en forma automática el tráfico de trenes tanto en terminal como en línea.

II.1.4.4. TELECOMUNICACIONES.

Es un sistema de comunicación que comprende una red de telefonía interna que enlaza todos los puntos de las líneas (taquillas, locales de jefes de estación, teléfonos de andenes, etc.), oficinas y el Puesto Central de Control (P.C.C.), contando con un sistema de comunicación directa entre el P.C.C. y las líneas a través de teléfonos de señales, obteniéndose una óptima coordinación en la operación de las Líneas del Metro. Así mismo se cuenta con un sistema de telefonía de alta frecuencia entre el P.C.C. y los trenes cuya comunicación se puede realizar por zonas.

Estas diferentes maneras de comunicarse logran que el Metro de México sea de los más seguros y eficientes, ya que por cualquier medio se tendrá comunicación directa con el P.C.C. y los puntos más importantes de la Red para atender cualquier imprevisto. (Figura II.5)

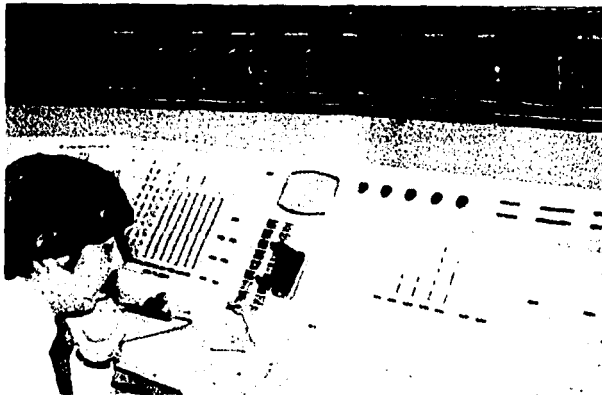


Fig. II.5 Telecomunicaciones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Es a través de cables colocados en charolas localizadas a lo largo de las líneas del Metro, donde se conectan todos los puntos que conforman el sistema asegurando la comunicación mencionada.

II.1.5 OPERACIÓN DE UNA LÍNEA.

II.1.5.1 PUESTO CENTRAL DE CONTROL (P.C.C.)

El P.C.C. cumple una función importante en la operación del Metro, ya que es el área donde se tiene el control de la línea, es aquí donde se regula ésta a través de un tablero de control óptico, el cual tiene simulado las estaciones en ambas vías y por medio de Led's y números que prenden y apagan conforme el tren se desplaza teniéndose la visualización de todos los trenes de la línea.

En esta sala se tiene un tablero de control óptico, que permite observar el desplazamiento de los trenes en las vías, ajustar los intervalos entre ellos y establecer comunicación directa y constante entre los operadores de estos tableros y los conductores de los trenes, auxiliándose con la utilización de computadoras que aseguran una coordinación eficiente.

Es aquí, en el P.C.C. donde las informaciones de señalización, Pilotaje Automático, Mando Centralizado y Telecomunicaciones llegan a este tablero y le indican al regulador la condición en que los trenes circulan.

El regulador en caso de avería o incidente tiene siempre una comunicación constante y directa con todos los trenes de la línea a través de telefonía de alta frecuencia, dando las instrucciones pertinentes para solucionar las averías.

Es el P.C.C. el que se encarga de llevar una adecuada regulación de los trenes, procurando se tenga un intervalo igual para cada tren, para ello se auxilia a través de un sistema de computadoras que funcionan con tiempo real y un sistema periférico llamado Programadora General de Trafico (P.G.T.) y por medio de los Despacho Bajo Orden (D.B.O.) los cuales llevan a cabo un apagado y encendido de tres focos en forma triangular colocados en las salidas de las estaciones indicando al conductor detenerse hasta que sea extinguido el D.B.O.; la extinción del D.B.O. lo hace el regulador manualmente cuando considera que el intervalo se vuelve a emparejar. (figura II.6)

Para el funcionamiento y operación de estos equipos de tracción es necesario una coordinación y comunicación directa con el Puesto de Distribución de Corriente (P.D.C.) ya que ellos son los encargados de controlar la distribución de la corriente, en fuerza y alumbrado.

El P.C.C. tiene el control de todas las comunicaciones internas que existen en el sistema, enlazando todas las estaciones de la Red para cualquier información ya sea por línea o por estación a través del Centro de Comunicaciones (C.C.).

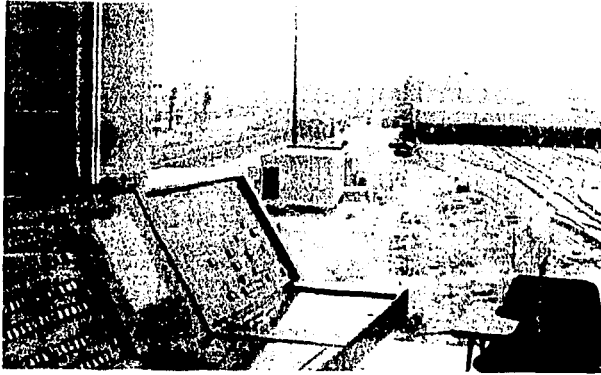


Fig. II.6 Programadora General de Tráfico.

Por la importancia del P.C.C. es considerado el Cerebro Electrónico del Metro. (Figura II.7).

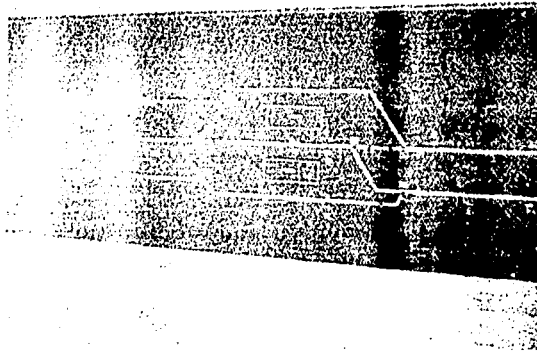


Fig. II.7 Puesto Central de Control (PCC).

II.1.6 VENTAJAS Y BENEFICIOS DEL METRO EN EL TRANSPORTE.

El S.T.C. constituye un eje central en el sistema de transporte de pasajeros de la Ciudad, ya que en la operación se ahorran grandes cantidades de energéticos, reduciendo los costos de transportación en relación con los otros modos de transporte, específicamente el transporte automotor, así mismo considerando las características técnicas del Metro, hacen que este sea un sistema con atributos que garantizan un servicio adecuado para el transporte.

Los atributos del Sistema de Transporte Colectivo Metro son los siguientes:

- **Capacidad.** El Metro es el sistema con mayor capacidad de transporte por viaje, considerando que en un tren compuesto por nueve carros puede transportar 1,500 pasajeros en cada sentido, llegándose a trasladar de 30,000 a 60,000 pasajeros por hora.
- **Velocidad.** Los trenes del S.T.C. pueden desarrollar velocidades de 70 Km/hr, aunque la velocidad comercial es de 37 Km/hr aproximadamente.
- Esta velocidad es superior al servicio de transporte concesionado de ruta fija donde su velocidad comercial es hasta de 30 Km/hr en horas de máxima demanda.
- **Seguridad.** El funcionamiento automatizado con sistemas de control operacional y de regulación de tráfico, aunado con los programas de mantenimiento, garantizan una operación óptima, otorgando un alto grado de seguridad al pasajero. Esta es superior a los demás modos, donde observamos restricciones en sus técnicas y su viabilidad.
- **Frecuencia.** La importancia de la frecuencia radica en el nivel de servicio que proporciona a los usuarios, tanto en los tiempos de espera como en la capacidad de los carros, por ello el servicio que presta el Metro se ve con la necesidad de transportar usuarios con apego a los horarios de los trenes respetando los tiempos de estacionamiento en las estaciones.
- **Regularidad.** El S.T.C. es un sistema con tecnología moderna, por lo que el funcionamiento se realiza mediante complejos dispositivos de señalización y control, lo que permite tener velocidades altas y frecuencia en el paso de trenes, respetando los intervalos previstos entre estos lográndose una regularidad en el servicio.
- **Facilidad de Acceso.** Para entrar a las instalaciones y realizar el viaje en el Metro solo es necesario adquirir el boleto y depositarlo en los torniquetes respectivos, por lo que el acceso al Metro es relativamente sencillo.
- **Cobertura.** Alrededor de las estaciones de la Red, se forman zonas que reciben el impacto del funcionamiento del Metro, es decir existen otros sistemas de transporte en especial el concesionado que aprovecha un espacio cerca de las estaciones para establecer sus "bases" y captar pasajeros.

Por todo lo anterior, vemos que el Sistema de Transporte Colectivo, supera por mucho a los otros medios de transporte, ofreciendo mayores ventajas y comodidades de transportación para los usuarios.

II.2 ESTRUCTURA DE UNA LÍNEA DE METRO.

II.2.1 ESTRUCTURA GENERAL DE UNA LÍNEA DE METRO.

La estructura general de una línea del STC – Metro se puede apreciar en la figura II.8 en donde se observa que sus principales elementos son:

- ESTACIONES
 - Terminales
 - De paso
 - Correspondencia
- TRAMO INTERESTACIÓN
 - Túnel Cajón
 - Elevado
 - Superficial
- VIAS
 - Vías Principales
 - Vías de prueba
 - Aparatos de cambio de vía

Vías Secundarias

- Espuelas de comunicación
 - Peines de acceso a naves de depósito
 - Colas definitivas de maniobras
 - Vías de talleres
 - Vías auxiliares
- TALLERES Y DEPÓSITO DE TRENES

A continuación, se describirá más ampliamente cada uno de estos elementos.

II.2.2 ESTACIONES.

La estación se define como el lugar donde el tren se detiene para el ascenso y descenso de los usuarios y es el lugar donde los pasajeros entran y salen del Sistema Metro pagando un precio por el servicio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

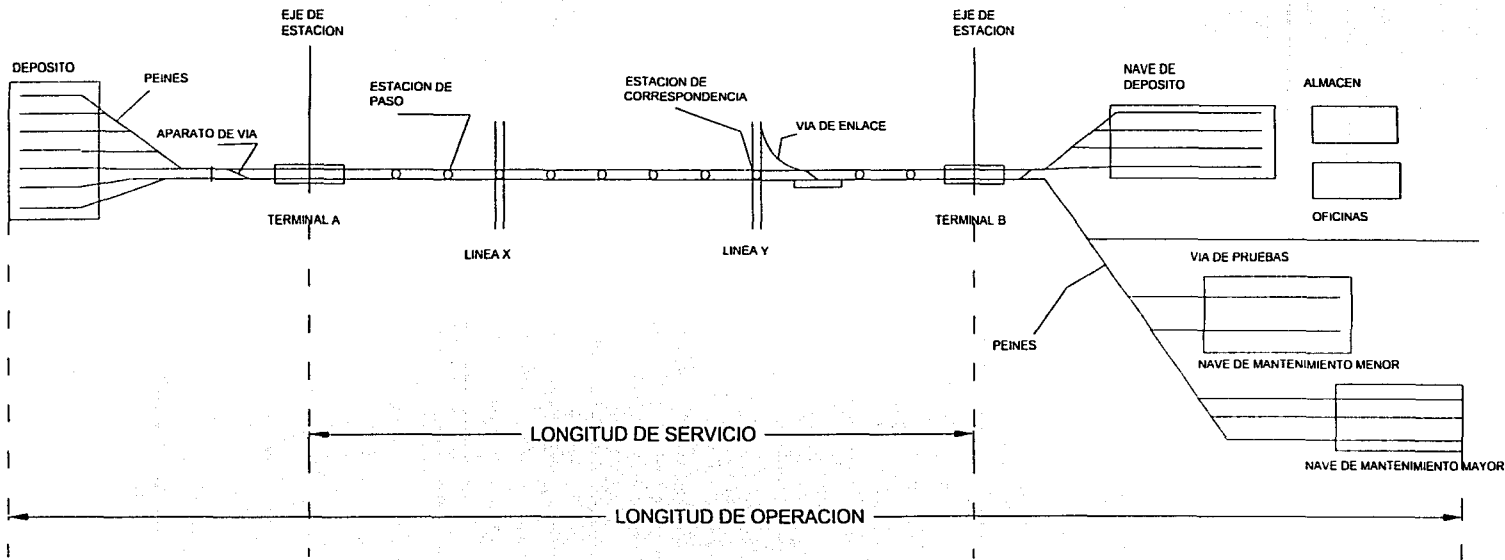


Fig. II.8 Estructura de una Linea de Metro.

Existen diversas clasificaciones de las Estaciones en la Red del STC – Metro.

II.2.2.1 CLASIFICACION DE LAS ESTACIONES EN CUANTO A SU EXPLOTACIÓN.

Por la función que desempeña dentro de la red general del sistema de líneas del Metro, las estaciones se clasifican en:

- **Estaciones de Paso.** Son las que se encuentran en puntos intermedios de las líneas, donde el tren únicamente se detiene para el ascenso y descenso de los pasajeros. (Ver Tabla II-1).
- **Estaciones de Correspondencia.** Son aquellas que se encuentran en el cruce de dos o más líneas del Metro, y tienen como característica primordial, permitir a los usuarios cambiar de línea en dos o más direcciones, pudiendo efectuar de esta manera un recorrido indefinido de todo el sistema pasando de una línea a otra. (Ver Tabla II.1)
- **Estaciones Terminales.** Son aquellas que se encuentran al final del trayecto. Las terminales pueden ser provisionales (Terminal Buenavista) ó definitivas (Terminal Cd. Azteca). Las Terminales requieren en todos los casos de instalaciones adecuadas y de estacionamiento de trenes. (Ver Tabla II.1).

II.2.2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE ACUERDO AL TIPO DE CONSTRUCCIÓN.

- **Subterráneas.** Son aquellas estaciones que se construyen bajo el nivel de la calle, y se dividen en tres grupos según su profundidad: cajón, semiprofundo y túnel. (Ver Tabla II.1).
- **Solución Superficial.** Es el tipo de estación que se construye al nivel de la vialidad por donde pasa la línea.
- **Solución en Viaducto Elevado.** Estas estaciones se encuentran a un nivel más alto que la vialidad, permitiendo la circulación de otros vehículos.

II.2.2.3 CLASIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE ACUERDO AL TIPO DE ANDÉN.

- **Andén Lateral.** Se caracteriza por tener el andén a un costado de la estación, es el más utilizado en las estaciones del Metro.
- **Andén Central.** Son las características de las estaciones superficiales.
- **Doble Andén Central.** Se utilizan en las estaciones terminales definitivas para la comodidad de los usuarios.

- **Andén central y Lateral.** Se ubican en la correspondencia de 2 o más líneas, cuya función es dar más rapidez a la circulación de trenes como es el caso de las estaciones Chabacano en Línea 2 y Línea 9.

La ubicación de las estaciones dentro de una línea de Metro, es el resultado de estudios de transporte, densidad de población y de origen - destino; de manera genérica se puede decir que las estaciones se ubican cerca de intersecciones de calles, ó por donde circulan líneas de autobuses o rutas de colectivos, con el objeto de captar pasajeros.

En la tabla II.1, se resumen las características de las estaciones del Metropolitano Línea B.

Estación	En cuanto a su Explotación	En cuanto al Tipo de Construcción.	En cuanto al Tipo de Andén.	Ubicación.
Buenavista	Terminal Provisional*	Subterránea	Andén Lateral	D.F.
Guerrero	Correspondencia L-3	Subterránea	Andén Lateral	
Garibaldi	Correspondencia L-8	Subterránea	Andén Lateral	
Lagunilla	Paso	Subterránea	Andén Lateral	
Tepito	Paso	Subterránea	Andén Lateral	
Morelos	Correspondencia L-4	Subterránea	Andén Lateral	
San Lázaro	Correspondencia L-1	Elevada	Andén Lateral	
R. Flores Magón	Paso	Elevada	Andén Lateral	
Romero Rubio	Paso	Elevada	Andén Lateral	
Oceania	Correspondencia L-5	Elevada	Andén Lateral	
Dvo. Oceania	Paso	Superficial	Andén Central	
Bosque Aragón	Paso	Superficial	Andén Central	
Villa de Aragón	Paso	Superficial	Andén Central	
Continentes	Paso	Superficial	Andén Central	
Impulsora	Paso	Superficial	Andén Central	ESTADO DE MEXICO
Río de los Remedios	Paso	Superficial	Andén Central	
Muzquiz	Paso	Superficial	Andén Central	
Tecnológico	Paso	Superficial	Andén Central	
Olimpica	Paso	Superficial	Andén Central	
Plaza Aragón	Paso	Superficial	Andén Central	
Cd. Azteca	Terminal Definitiva	Superficial	Superficial	

*Es terminal provisional, ya que en un futuro la línea se continuará hacia el poniente, y hará futura correspondencia con Línea 10.

II.2.3. TRAMO INTERESTACIÓN.

El tramo interestación como su nombre lo indica, es el que se encuentra comprendido entre dos estaciones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El tipo de solución constructiva adoptado por la obra civil para ejecutar las obras del Metro, está íntimamente ligada con los estudios de Mecánica de Suelos y con una serie de estudios socio - económicos tales como costo de obra civil por kilómetro, tiempo de ejecución de obra civil, obstrucción de la vía pública durante la ejecución de la obra, conservación de obras y equipos, mantenimiento de la vía, paisaje urbano, futura disponibilidad vial, y libramientos perpendiculares inducidos. Esto da como resultado la elección de una gama de procedimientos constructivos, que determinarán cuatro posibles soluciones para poder llevar a cabo las líneas del Metro:

- Solución Superficial. Fig. II.9
- Solución Elevada. Fig. II.10.
- Solución Subterránea en Cajón. Fig. II.11.
- Solución Subterránea en Túnel. Fig II.12.

II.2.3.1 SOLUCIÓN SUPERFICIAL.

Es una solución estructural constituida por una losa de concreto reforzado de 8.0 m de ancho y 0.50 m de espesor y dos muretes laterales de confinamiento y protección; la losa se desplanta sobre el terreno previamente mejorado a una profundidad variable hasta de 1.30 m para lograr una compensación de cargas.

La solución superficial, en el Metropolitano Línea B, se desarrolla en una longitud de 13.40 Km a lo largo de la Av. 608 y la Av. Central.

II.2.3.2 SOLUCIÓN ELEVADA.

Consiste en una infraestructura a base de pilotes de fricción, con una longitud del orden de 27 m, sobre los cuales se desplanta un cajón zapata que recibe un dado donde se empotran dos columnas, las cuales se rematan mediante capiteles que sostienen travesaños portantes prefabricadas diseñadas para recibir a las vigas portadas, cuyo conjunto forma el sistema de piso para las instalaciones de las vías del Metro.

Esta solución se desarrolla en un tramo de 4.4 Km sobre la calle de artilleros y la Av. Oceanía hasta el cruce de esta con Circuito Interior.

II.3.3.3 SOLUCIÓN SUBTERRÁNEA EN CAJÓN.

Consiste en una estructura de concreto armado de sección rectangular cuyo desplante se encuentra a una profundidad variable entre 9 y 15 m. Se logra construyendo dos muros tablaestacas colados en el lugar, que sirven para soportar el terreno, posteriormente se realiza la excavación a cielo abierto, y se construye una losa de fondo dejando las preparaciones necesarias para después poder terminar el resto de los muros junto con la losa de techo y por último se efectúan los rellenos para restituir la vialidad mediante pavimentos.

El túnel somero se aplica en una longitud de 5.90 Km, desde la terminal provisional Buenavista, hasta la Av. Eduardo Molina.

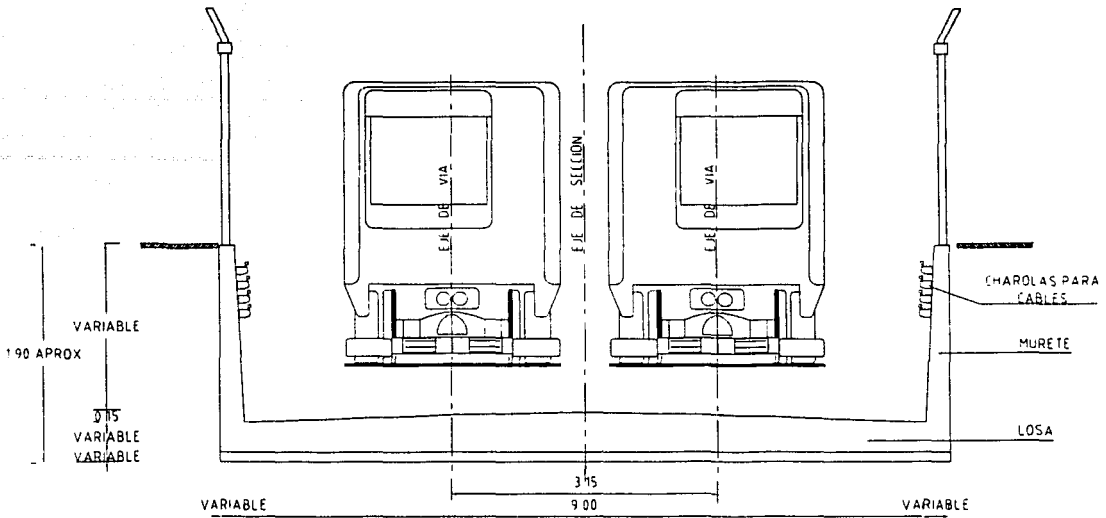


FIG
SECCION TIPO SUPERFICIAL

SIN ESCALA, ACOTACIONES EN METROS

Fig. II.9 Sección Tipo Superficial.

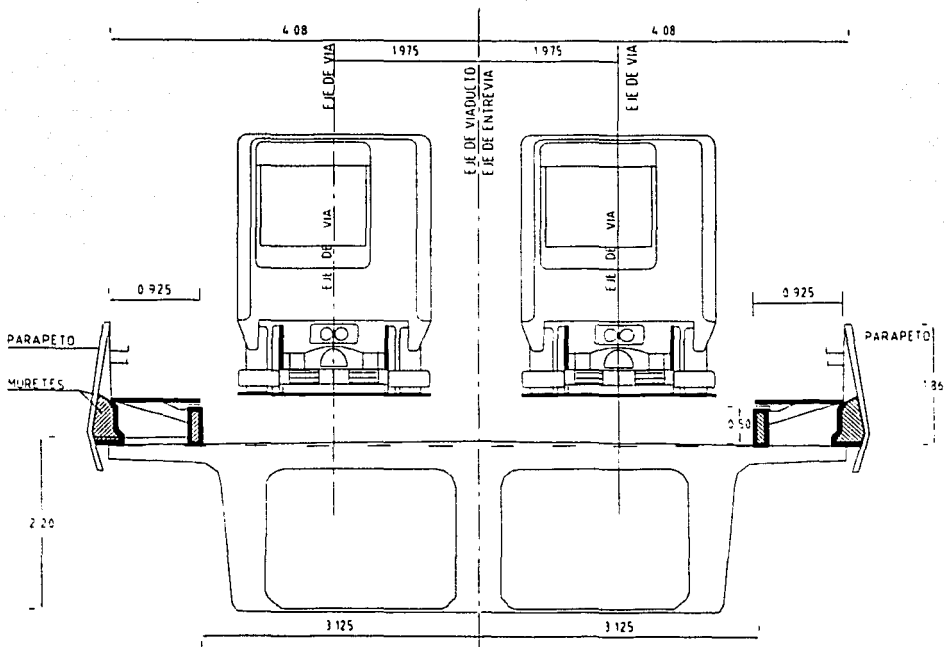


Fig. II.10 Sección Tipo Elevado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

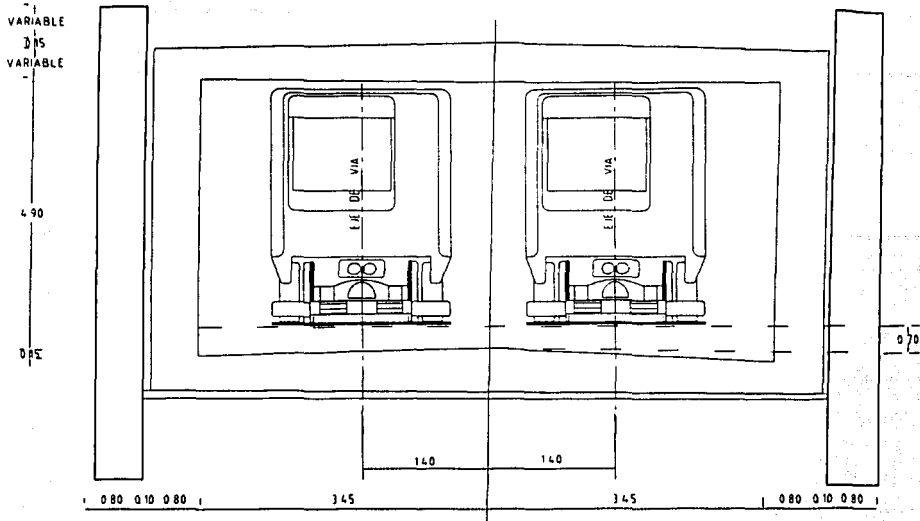


Fig. II.11 Sección Subterránea en Cajón.

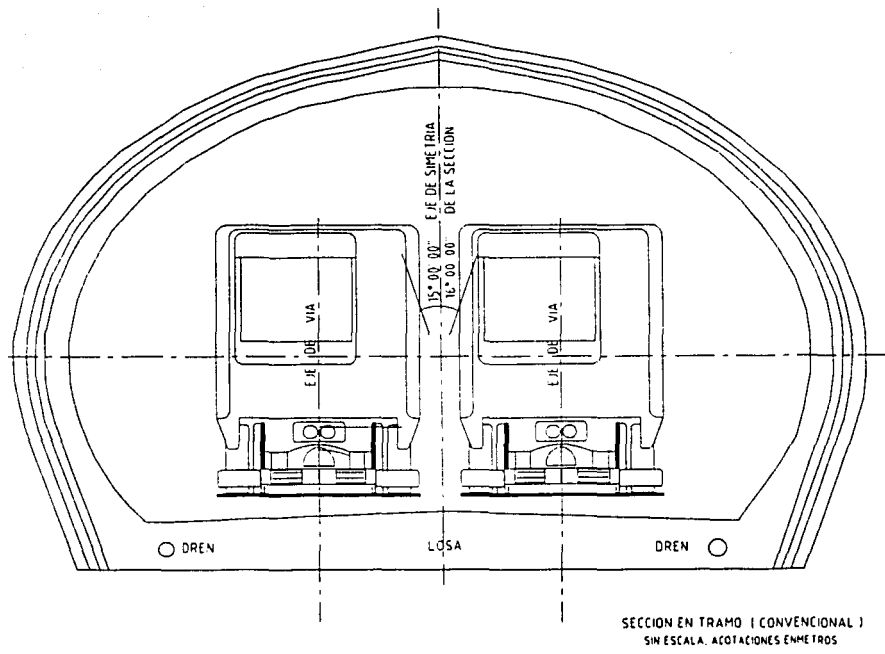


Fig. II.12 Sección Tipo Túnel Profundo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.3.3.4. SOLUCIÓN EN TÚNEL PROFUNDO.

Consiste en una perforación que se hace en el subsuelo, bajo avenidas importantes con una alta densidad vehicular, en donde el cajón de Metro no es conveniente, debido a que se originarían importantes desvíos de tránsito; además, este tipo de solución es muy costosa.

Los procedimientos empleados en la construcción de túneles de Metro son específicos para cada zona, dependiendo de las propiedades del subsuelo; en algunos tramos, se utilizó un escudo de frente abierto de 9.14 m de diámetro. En otros tramos la excavación se hizo por medio de banqueo, dividiéndose la sección transversal del túnel en dos secciones: media superior y media inferior. Específicamente, en cada tramo se debe utilizar un soporte adecuado a las condiciones del subsuelo, combinando los marcos metálicos, mallas electrosoldadas y concreto lanzado como recubrimiento primario.

En la construcción del Metropolitano Línea B no se construye ningún tramo de túnel profundo. Las experiencias en túneles del Metro se obtuvieron en la ampliación de la Línea 3 y la construcción de la Línea 7.

II.2.4 VÍAS.

El sistema de vías en cuanto a su operación, se dividen en vías principales y vías secundarias.

Las **vías principales** dentro de un sistema de transporte metropolitano, son aquellas en las cuales el material rodante circula en servicio normal con usuarios, entre la estación de origen y la estación de destino, en forma genérica, se localizan a lo largo de una línea en los tramos interestación y en las estaciones, encontrándose como caso particular en las vías de prueba.

La vía con la cual se ha dotado al Metro de la Cd. de México, es del tipo de vía para material rodante sobre neumáticos, y es usada desde su primera etapa de construcción. Corresponde a un sistema que se desarrolló durante los años 60's en metros como el de París, para proporcionar mayor confort, rodamiento más silencioso y con menos vibraciones.

Para la Línea B, se utilizaron dos sistemas de fijación de vías; el primero es el de vía sobre balasto con durmientes de madera y/o concreto y que se instalará en los tramos subterráneos y superficiales; en el segundo sistema, el de fijación de vía sobre concreto, se sustituye los durmientes por elementos macizos de concreto donde se instalarán el riel, pista y barra guía, este sistema se empleará entre la interestación Morelos – San Lázaro y la interestación Oceanía – Deportivo. Oceanía.

Las **vías secundarias** son aquellas en las cuales el material rodante circula sin usuarios y a baja velocidad; este tipo de vías se localizan en espuelas de comunicación,

peines de acceso a naves de depósito, coias definitivas de maniobras en general y en vías de talleres.

II.2.5 TALLERES Y DEPÓSITO DE TRENES.

Los talleres constituyen un conjunto de instalaciones en las que se proporciona servicio de mantenimiento preventivo y/o correctivo, tanto a los trenes que circulan en las líneas, como en algunas de sus instalaciones fijas existentes en ellas, tales como: vías, tracción, baja tensión, ventilación, etc.

Los carros del Metro, están sujetos a un riguroso programa de mantenimiento, el cual marca que al cumplir un recorrido de 6,000 – 8,000 Km, los carros tienen que ser sometidos a la revisión de mantenimiento menor y al llegar a los 330,000 Km los carros motrices, y a los 400,000 Km los remolques son sometidos a la revisión general o mantenimiento mayor, desmontando totalmente los sistemas y partes de trabajo mecánico y eléctrico, para ser reconstruidos y nuevamente armados con un estricto control de calidad.

Los objetivos básicos que cumplen estos talleres son los siguientes:

- Mantenimiento correctivo. Consiste en llevar a cabo las correcciones necesarias e inmediatas, de cualquier falla que impida el funcionamiento del convoy, antes, durante o después de su recorrido a través de la línea, estas reparaciones se efectúan en el Taller de Pequeña Revisión.
- Mantenimiento preventivo. Abarca la revisión y ajuste periódicos de elementos o partes de corta durabilidad y se lleva a cabo en el taller de pequeña revisión y corresponde a un recorrido de 6,000 – 8,000 Km.
- Reconstrucción. Estas actividades básicamente consisten en llevar a cabo la reconstrucción del convoy. Cuando la posibilidad de falla se incrementa de forma importante en los carros motrices y remolques, estos son reparados en el Taller de Gran Revisión (aproximadamente cada 2.5 años de operación). Para ello se trabaja cada carro por separado, requiriéndose instalaciones de izaje y manipulación de unidades completas ó de cada uno de sus subconjuntos.

Las principales instalaciones con las que cuenta un taller de revisión, se pueden apreciar en la figura II.13 y se enuncian a continuación.

- Nave de depósito de trenes.

Están destinadas exclusivamente al resguardo de los trenes dentro de las horas de menor afluencia de pasajeros, horas valle, o en las horas donde suspenda el servicio al público.

- Nave para taller de vía y vehículos auxiliares.

En esta nave, bajo un programa establecido, se da mantenimiento a todas las vías en general y en especial a los cambios de vía instalados tanto en líneas, como en el propio taller; aquí mismo se ubica el depósito y fosa de revisión de vehículos auxiliares. A un costado de esta nave se encuentra el almacén de los materiales de vía.

- Nave de mantenimiento menor o de pequeña revisión.

En esta nave se encuentran las instalaciones para la revisión de los carros que son sometidos al programa de mantenimiento correctivo o preventivo. En esta nave se cuenta además con una vía y una fosa, con una máquina lavadora automática para los carros, que a la vez opera como una cámara de succión de sólidos que se desprenden al sopletear los carros con aire comprimido.

- Vía de pruebas.

Es un tramo de vía de aproximadamente 800 m de longitud, en la que se hacen circular trenes, simulando las condiciones de operación en las líneas (aceleración, frenado, velocidad, etc.), a fin de asegurar la efectividad de los trabajos de mantenimiento que se realizaron en ellos, antes de salir a dar servicio al público usuario.

- Puesto de maniobras.

Se localiza en el acceso a talleres y el peine de vías, su función principal es la de alojar los aparatos e instalaciones del Pilotaje Automático para el control del movimiento de los trenes en los talleres.

- Taller eléctrico.

Es uno de los más importantes, ya que proporciona mantenimiento a las unidades del sistema, dentro del intervalo de operaciones que le corresponden. Este edificio aloja en su interior una plataforma para pruebas de las subestaciones de rectificación empleadas a lo largo de la línea, en la que son sometidos a observación todos los equipos como rectificadores, contactores, transformadores de potencia y ventiladores.

En este mismo edificio, se alojan áreas destinadas a la revisión y reparación de motores eléctricos, taller de telecomunicaciones, taller de electrónica en general y taller de bombas para agua.

- Otras instalaciones importantes.

- Caseta de control de vías
- Depósito de producto inflamables
- Almacén general
- Depósito de desechos sólidos

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Servicios generales
- Grupo compresor subestación eléctrica
- Acometida de la CLFC
- Cisterna y cuarto de bombas
- Puesto de rectificación policlínica, cabina de tracción, vías y peñes
- Urbanización interior

Un taller de gran revisión, cuenta además con las siguientes instalaciones:

- Nave de gran revisión.

Es donde se somete a los carros al programa de desmantelamiento y construcción; en esta nave se cuenta con todo el equipo especial para su revisión, como son: puente transbordador de carros, baterías de gatos para desacoplar las carretillas del bastidor de los carros, grúas viajeras con capacidad de 7.5 ton, grúas radiales de varias capacidades, máquinas y herramientas para la reparación y fabricación de partes.

- Edificio de maquinado y durmientes.

Aloja los equipos especializados para el maquinado de los durmientes de madera reservados para la vía.

El STC cuenta con 7 talleres, 6 para tren neumático y una para tren férreo (La Paz) de mantenimiento mayor:

- Zaragoza
- Ticomán
- Rosario
- Tasqueña
- Constitución de 1917
- La Paz
- Cd. Azteca

De estas, Zaragoza, Ticomán y Ciudad Azteca, son de mantenimiento mayor; las restantes son de mantenimiento menor.

II.3 VIA DE ENLACE.

II.3.1 DEFINICIÓN E IMPORTANCIA DE UNA VÍA DE ENLACE.

Como se mencionó anteriormente, la vía de enlace se encuentra clasificada dentro de las vías secundarias que conforman la Red del Sistema de Transporte Colectivo Metro, donde los trenes circulan sin pasajeros.

Una vía de enlace es la posibilidad de intercurrencia entre líneas para comunicar los trenes con los talleres y desplazamiento de trenes de trabajo.

Cuando se ponen varias líneas de Metro en operación, es necesario prever las vías de enlace a fin de poder agrupar los trenes dentro de un mismo taller.

La longitud de la vía de enlace debe permitir la posición de un tren porque se debe poder alternar la maniobra de una línea a la otra y esperar el momento propicio para salir.

La vía de enlace por seguridad debe estar señalizada y alimentada en energía sobre una línea con telemando, previniendo un dispositivo de seguridad sobre la otra línea, para evitar una liga eléctrica entre ellas.

II.3.2 ELECCIÓN E IMPLANTACIÓN DE UNA VÍA DE ENLACE.

Es necesario tratar de combinar las vías de enlace con los servicios provisionales con el fin de tener un menor número de aparatos de cambio de vía y evitar los recorridos inútiles.

Contrariamente a un servicio provisional, a la entrada o salida de una vía de enlace un aparato puede ser tomado indiferentemente en punta o en talón; es la posición geográfica de la vía de enlace quien dispone esta solución.

Si una zona de maniobras está equipada con una vía "Z", los movimientos de trenes pueden ser realizados en esta vía a fin de limitar las perturbaciones en las líneas principales.

Los accesos a una vía de enlace tienen frecuentemente un perfil desfavorable; quiere decir que la diferencia de niveles de dos líneas a la extremidad de la vía de enlace puede ser en rampa o en declive, es recomendable en caso de tener declive, equipar a la vía con un aparato descarrilador para evitar accidentes con la vía principal.

II.3.3 JUSTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE LAS VÍAS DE ENLACE.

Cuando se construye una nueva línea de Metro es necesario dotar a esta de un medio que permita la intercurrencia de trenes entre esta y otras líneas de la red.

Si una nueva línea no contara con una vía de enlace, se tendrían los siguientes problemas:

1. No sería posible poner en funcionamiento esta línea, porque no habría manera de meter los trenes de trabajo, a menos que se contara con un taller dotado de todas las instalaciones necesarias para la fabricación de los trenes, pero esto sería incosteable y no se justificaría que cada nueva línea tuviera un taller de esta naturaleza.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2. Ya puesta la línea en operación, supongamos que se descompone un tren y resulta imposible llevarlo hasta el taller de su línea, ya sea porque esta no tiene las instalaciones adecuadas, o porque no hay cupo, etc., lo ideal es que existiera un enlace con otra línea que contara con el equipo requerido para la reparación del tren o simplemente depositarlo temporalmente en la vía de enlace evitando al máximo las perturbaciones en el servicio.
3. Cuando en una línea, el número de trenes es insuficiente para satisfacer la demanda de transporte es necesario también que exista un enlace a fin de poder tomar trenes en préstamo de otras líneas.

Por todo lo anterior se ve la necesidad de dotar a las nuevas líneas del Metro de una vía de enlace a fin de que toda la red opere satisfactoriamente.

II.3.4 TIPOS DE ENLACE.

Los enlaces de las vías principales y vías secundarias sobre una Línea de Metro, pueden ser de dos tipos:

- Enlaces directos.
- Enlaces combinados.

II.3.4.1 ENLACES DIRECTOS.

Son aquellos que se encuentran sobre la vía principal. (Figura II.14).

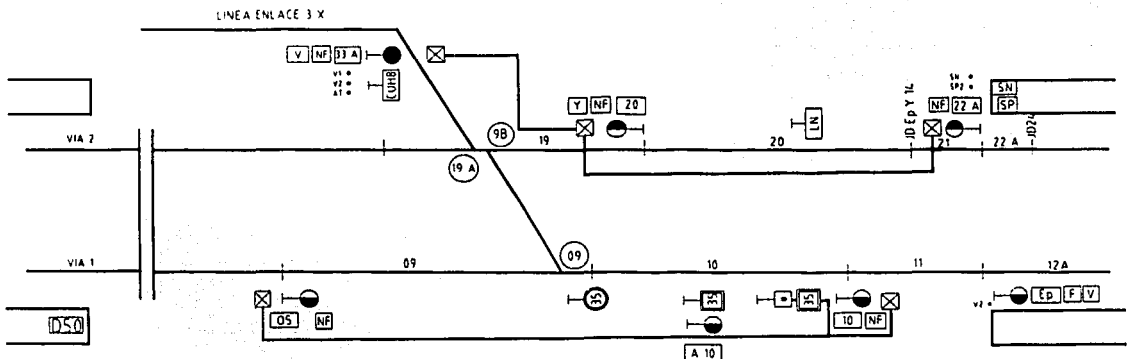


Fig. II.14 Enlace Directo Sobre Vía Principal.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.3.4.2 ENLACES COMBINADOS.

Son los que se efectúan aprovechando las vías "Y" o las vías "Z".

La vía "Y" es una vía adicional que se implanta lateralmente a las vías principales formando una tercera vía.

La vía "Z" es una vía adicional que se ubica en medio de dos vías principales.

Tanto las vías "Y" como "Z" se ubican generalmente en la parte media de una línea y su función principal es poder alojar trenes averiados que interfieran con la correcta operación de una línea de Metro, por lo que es importante conjugar estas vías con servicios provisionales y vías de enlace, para reducir en número de aparatos, costos de obra civil y obra electromecánica. (figura II.15).

II.3.5 OPERACIÓN DE LA ZONA DE MANIOBRAS DE LA ESTACIÓN OCEANÍA.

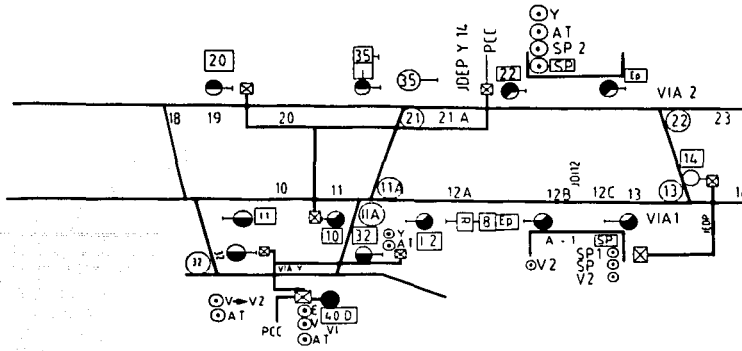
Para la correcta operación de una zona de maniobras, se deberá establecer para cada una de ellas la implantación de la señalización y de un Programa de Maniobras.

Una zona de maniobras, es aquella donde se presentan movimientos para cambio de vía de los trenes por medio de itinerarios, los que podrán ser sobre vías principales (como en los servicios provisionales) ó sobre las vías secundarias (como en las vías de enlace, terminales, accesos a naves de depósito y talleres).

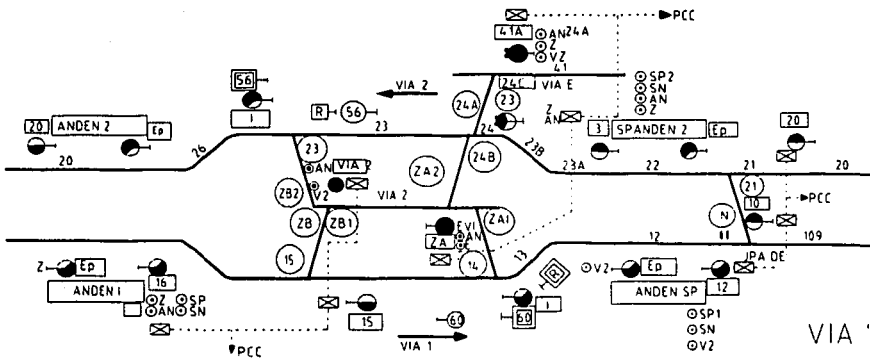
Un Programa de Maniobras, está constituido por cuatro partes principales:

- Plano Esquemático de Vías. Es el esquema de las vías en la zona de maniobras, en el cual aparecen datos importantes como: los números de todos los circuitos de vía, disposición de señales y placas correspondientes, numeración de las vías, y en general toda la información sobre Señalización y Telemando que se tenga en dicha zona.
- Condiciones de Funcionamiento de Itinerarios. Es donde se establece la forma en que se efectuarán los movimientos en la zona de maniobras, es aquí donde se definen cada uno de los itinerarios y las condiciones que se requieran para que éste pueda ser ejecutado correctamente sin ocasionar fallas a los equipos, ni entorpecer el servicio, por lo que es indispensable que todas las disciplinas que estén relacionadas con un Programa de Maniobras, tales como Mando Centralizado, Señalización, Pilotaje Automático, etc., comprendan bien el funcionamiento de éste, con el fin de que la operación del Puesto de Maniobras, opere de acuerdo al programa establecido.
- Pupitre de Mando. Es un tablero en el que los mandos y destrucciones de itinerarios simples o combinados se realizan por medio de botones de presión con retorno

automático a posición normal. En este pupitre de mando se ubican los elementos más importantes como son los siguientes:



VIA "Y"



VIA "Z"

SIMBOLOGIA

	SEÑAL CON INDICADORES DE ITINERARIO		AGUJA II		BOTON DE ANULACION
	SEÑAL ROJA		BOTON DE SERVICIO NORMAL		TELEFONOS EN PARALELO
	SEÑAL AMARILLA		BOTON DE SERVICIO PROVISIONAL		DESPACHO BAJO ORDEN (D.B.O.)
	SEÑAL VERDE		BOTON DE MANDO DE VIA		ADVERTIDOR DEL INDICADOR DEL LIMITE DE VELOCIDAD
	SEÑAL 20		BOTON DE MANDO DE V1 V2		INDICADOR DEL LIMITE DE VELOCIDAD
21	NUMERO DE CDV		BOTON DE MANDO DE VIA E		INDICADOR DEL LIMITE DE MANIOBRA
JPA	JUNTA DE PUESTA EN AMARILLO		BOTON DE MANDO DE VIA Z		RECUPERADOR DEL (ILV)

Fig. II.15 Enlaces Combinados.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- o Indicadores de circuito de vía origen.
 - o Botones de mando de itinerarios simples, representados por el número de circuito de vía de destino.
 - o Botones de mando de itinerarios combinados, representados por el código del itinerario.
 - o Botones de mando de itinerarios simples o combinados con trazo permanente.
 - o Botones de anulación de itinerarios simples o combinados establecidos en trazo permanente.
 - o Botones de destrucción manual de itinerarios simples, representados por el número de circuito de vía de destino.
 - o Botón de destrucción ordenada inmediata.
 - o Botón de destrucción de urgencia temporizada.
 - o Contador asociado al botón de destrucción de urgencia.
 - o Botón de mando con timbre de partida.
 - o Botón de mando de desbloqueo de señal de salida.
- Tabla de Telecontroles y Enclavamientos. En esta tabla se indica a la disciplina de Señalización la interfaz que se debe prever con la disciplina de Mando Centralizado, es decir, se indican por ejemplo las señales que se utilizarán para determinado itinerario, etc.; se indica el requerimiento de control de los circuitos de vía ocupados, etc., así como la posición de los aparatos de vía. (Izquierda o derecha).

II.3.5.1 OPERACIÓN DE LA ZONA DE MANIOBRAS DE OCEANÍA.

Generalidades.

Las maniobras se mandan ya sea desde el PCC mediante la platina de itinerarios de la zona de maniobras, o localmente por medio de botones de itinerario situados en la proximidad de la señal que autoriza la maniobra. Sólo se utiliza el mando local por orden del regulador. La acción con el botón de itinerario, solo se efectúa, si el Circuito de Vía de acercamiento (CDV) está ocupado.

1. MANDO LOCAL.

El cofre de mando de un itinerario de entrada o salida del enlace comprende:

- Un botón de mando de Itinerario.
- Un botón de anulación.
- Un indicador luminoso amarillo (el encendido de este indicador significa que el cambio de vía está registrado).
- Un indicador luminoso blanco (el encendido de este indicador significa que el itinerario está destruido).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Nota: Los itinerarios de entrada a la vía de enlace, pueden sobregistrarse, en cuyo caso el indicador amarillo será intermitente.

2. PARA MANDAR UN ITINERARIO.

Los itinerarios se mandan normalmente:

- a) Por el PCC mediante la platina correspondiente a esta zona.
 - b) Por mando local.
- Oprimir un botón de mando de itinerario hasta que se encienda el indicador luminoso "amarillo" para la entrada o la salida de la vía de enlace.

3. PARA DESTRUIR UN ITINERARIO ESTABLECIDO.

Los itinerarios pueden ser destruidos:

- a) Por recorrido. Cuando el tren realiza el recorrido total del itinerario.
 - b) Manualmente.
- Desde el PCC mediante la platina correspondiente a esta zona.
 - Localmente: Oprimir el botón "AN" (anulación) para el caso de un itinerario combinado, o "AT" (anulación temporizada) para un itinerario de la vía de enlace.

En el caso de un "AT", la señal de origen pasa al alto total, el indicador amarillo se apaga después de 30 segundos. El indicador blanco se enciende para señalar que el itinerario está destruido.

Maniobras en la zona del enlace de Línea B con Línea 5.

Normalmente las maniobras, se efectúan en CML a una velocidad máxima de 25 Km/hr. Antes de mandar una maniobra de entrada a la vía de enlace, el regulador de Línea 5 deberá coordinarse con el regulador de Línea B, para certificar que no este prevista ninguna maniobra de Línea B, hacia el enlace. Para alimentar la vía de enlace, se hace ya sea desde la Línea B (alimentación maestra) o desde la Línea 5 (alimentación esclava).

1. ENTRADA A LA VÍA DE ENLACE DESDE VÍA 1.

- Mando desde el PCC.
 - o Oprimir el botón "E" que se enciende en fijo en la platina de itinerarios de la zona de maniobras OCEANÍA.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Mando local.
 - o Mediante el botón "E" que se enciende en fijo ubicado en la proximidad de la señal 08 de vía 1, estando el CDV (08) ocupado.
- Ejecución de la Maniobra.
 - o Cuando la señal 08 presente luz amarilla y el indicador de dirección E, conducción del tren en CML 25 Km/hr. Hasta la señal 30A de la vía de enlace (Línea B).

2. ENRADA A LA VÍA DE ENLACE DESDE VÍA 2.

- Mando desde el PCC.
 - o Mediante la platina de itinerarios, oprimir el botón "E" (combinados) que se enciende en fijo en la platina de itinerarios de la zona de maniobras.
- Mando local.
 - o Mediante el botón "E " situado en la proximidad de la señal 20 de vía 2 estando el CDV (20) ocupado.
- Ejecución de la Maniobra.
 - o Cuando la señal 20 presente luz amarilla, conducción del tren en PA (25 Km/hr) hasta el indicador limite de maniobras "LM" encendido de Vía 2, CDV (18).
 - o Cambio de cabina de conducción.
 - o Cuando la señal 18 presente luz amarilla conducción del tren en CML (25 Km/hr) hasta la señal 30A de la vía de enlace (Línea B).

3. ANULACIÓN DE ENTRADA A LA VIA DE ENLACE.

- Mando desde el PCC.
 - o Mediante la platina de itinerarios, oprimir el botón de destrucción "E" y simultáneamente "DU" ó "DO" de la zona de maniobras OCEANÍA. En caso de ser DU, el itinerario se destruye después de una temporización de 30 segundos.
- Mando local.
 - o Mediante el botón "AN " ubicado en la proximidad de la señal 20 de vía 2 para el movimiento "V2 - E" ó "AT" ubicado en la proximidad de la señal 08 de vía 1 para el movimiento "V1 – E", el itinerario se destruye después de una temporización de 30 segundos.

4. SALIDA DE LA VIA DE ENLACE A VIA 1.

- Mando desde el PCC.
 - o Mediante la platina de Itinerarios, oprimir el botón " V1" que se enciende en fijo en la zona de maniobras OCEANÍA.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

- Mando local.
 - o Mediante el botón "V1" que se enciende en fijo ubicado en la proximidad de la señal 30B de la vía de enlace, estando el CDV (30) ocupado.
- Ejecución de la Maniobra.
 - o Cuando la señal 30B presente luz amarilla, con indicador de dirección "1", conducción del tren en CML (25 Km/hr) hasta el indicador luminoso limite de maniobra "LM" encendido de vía 1 CDV (08).
 - o Cambio de cabina de conducción.
 - o Cuando la señal 08 presente luz verde e indicador de dirección "1", conducción del tren en PA hasta el punto normal de paro de la estación OCEANÍA.

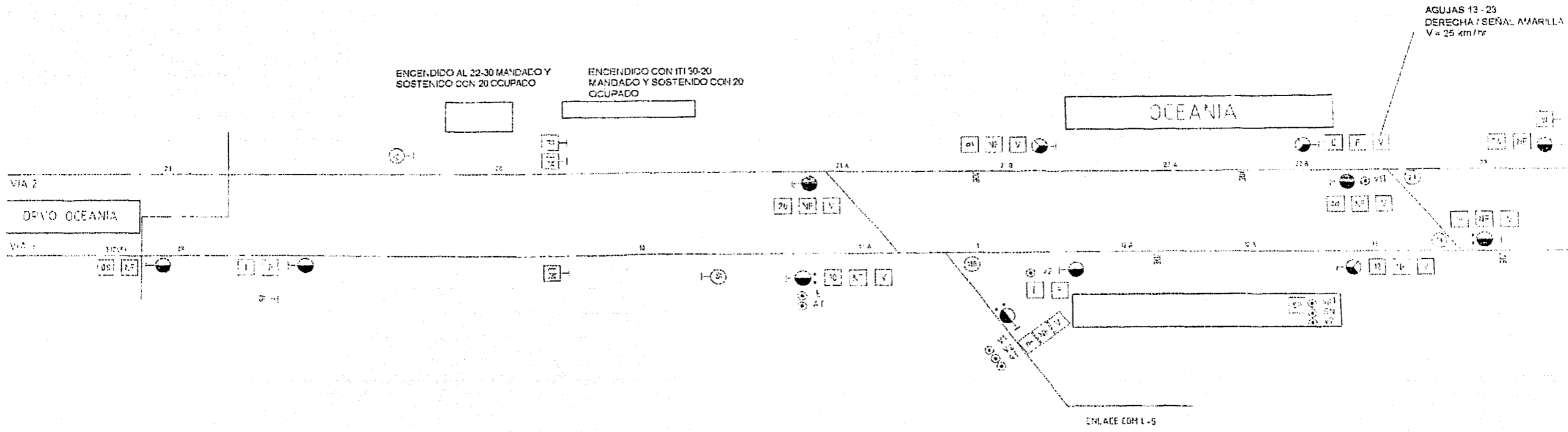
5. SALIDA DE LA VIA DE ENLACE HACIA VIA 2.

- Mando desde el PCC.
 - o Mediante la platina de itinerarios, oprimir el botón "V2" que se enciende en fijo de la zona de maniobras OCEANÍA.
- Mando local.
 - o Mediante el botón "V2 " que se enciende en fijo ubicado en la proximidad de la señal 30B de la vía de enlace estando el CDV (30) ocupado.
- Ejecución de la Maniobra.
 - o Cuando la señal 30B presente luz amarilla e indicador de dirección 2, conducción del tren hacia la vía 2.

6. ANULACIÓN DE LA SALIDA DE LA VIA DE ENLACE.

- Mando desde el PCC.
 - o Mediante la platina de itinerarios oprimir los botones de destrucción "V1" ó "V2" y simultáneamente "DU" o "DO" de la zona de maniobras de OCEANÍA. En caso de ser DU, el itinerario se destruirá después de una temporización de 30 segundos.
- Mando local.
 - o Mediante el botón "AT" ubicado en la proximidad de la señal 30B de la vía de enlace, el itinerario se destruirá después de una temporización de 30 segundos.

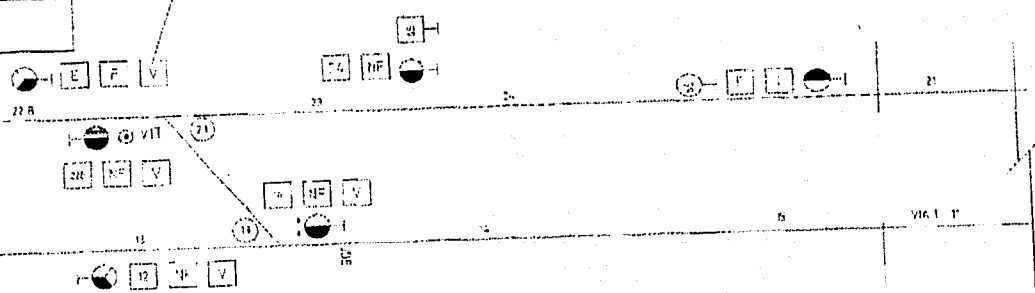
En el plano II.1 Plano Esquemático de la Zona de Maniobras de Oceanía, se pueden apreciar con mayor claridad los itinerarios que siguen los trenes para la ejecución de cada una de las maniobras en la zona de enlace de la Línea B con la Línea 5 de la Red del Sistema de Transporte Colectivo Metro.



- Señal 2 luces
- Señal 3 luces
- Señal 4 luces

TEBANIA

AGUJAS 13 - 23
DERECHA / SEÑAL AMARILLA
V = 25 km/hr



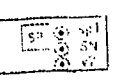
ROMERO RUBIO

CODIGO DE SEÑALES

- VERDE (Via libre)
- ROJO (atb)
- AMARILLO (Pemitir)

NOMENCLATURA

- TP trazo permanente
- TA trazo automático
- DA destrucción automática
- CY ciclo
- RI registro de itinerario
- SR registro de itinerario
- FV foto de vista
- X mando por PCC y PET



ENCENDIDO CON
 ITI-14 FORMADO CON V2-SP1
 ITI 22-14 FORMADO CON SP2 Y
 SOSTENIDO CON 14 CCUPADO

- Señal 2 luces
- Señal 3 luces
- Señal con indicador de dirección
- Advertidor de señal
- Señal foto de vista

- Telefonos fijos de señales y aparatos de vía conectados en paralelo
- Número de aparato de vía
- Número de C.D.V.
- PA CMC
- Botón de mando de itinerario v1
- Botón de mando de itinerario v2

INCOMPATIBILIDADES

	02-10	10-12	10-30	12-14	14-12	14-22	20-30	22-14	22-22	24-22	30-10	30-20	
02-10													
10-12			X								X	X	
10-30		X									X	X	
12-14					X						X	X	
14-12						X					X	X	
14-22							X				X	X	
20-30								X			X	X	
22-14									X		X	X	
22-22										X	X	X	
24-22											X	X	
30-10												X	
30-20													X

- I. SI UNA ESTA FORMADA EL OTRO PUEDE SOBREGISTRARSE.
- A. SI UNA ESTA FORMADA LA OTRA NO PUEDE SOBREGISTRARSE.
- S. SOBREGREGISTRO POSIBLE.
- S. SI UNO ESTA SOBREGREGISTRADO EL OTRO PUEDE SER SOBREGREGISTRADO Y FORMADO.
- A. A RELACION POR EL SP DEL MOVIMIENTO MANDADO.

INCOMPATIBILIDADES ENTRE LOS MOVIMIENTOS

	10-30	22-30	30-10	30-20	V1	V1T	V2	SP1	SP2	30-L5	L5-30
10-30		+	+								
22-30	+		+								+
30-10	+	+									
30-20	+	+	+								
V1											
V1T			+								
V2											
SP1			+	+	+						
SP2			+	+	+						
30-L5			+	+	+						
L5-30		+									


(1) SALVO SI 30-L5 FORMADO
 SP1 = (12-14)X(14-22)
 SP2 = (24-22)X(22-14)X(14-12)X(12-14)
 V1 = (24-22)X(22-14)
 V1T = (22-14)
 V2 = (12-14)X(14-22)
 12 = 12A X 12B
 21 = 21A X 21B
 22 = 22A X 22B

- Señal 2 Tareas
- Señal 3 Tareas
- Señal de incompatibilidad
- Advertidor de señal
- Señal de alarma
- Advertidor de alarma
- Indicador de movimiento
- Indicador de alarma
- Indicador de alarma
- Indicador de alarma
- Indicador de alarma
- Número de señal
- Placa de señal
- Placa de señal
- Señal de alarma
- Desplazamiento
- Numerador de tiempo

(1) S4.LVO S130-L5 FORMADO
 SP1 = (12-14)X(14-22)
 SP2 = (20-22)X(22-14)X(14-17)X(12-14)
 V1 = (24-22)X(22-14)
 V2 = (12-14)X(14-22)
 21 = 21A X 21B
 22 = 22A X 22B

- Señal 2 luces
- Señal 3 luces
- Señal con indicador de dirección
- Advertidor de señal
- Señal fija de alta
- Advertidor de (LV)
- Indicador de lim. de vel. (LV)
- Indicador de reanudación de vel.
- Indicador de límite de maniobra
- Indicador de reanudación de (IVA)
- Indicador de vel. autor (IVA)
- Número de señal
- Placa de señal no franqueable
- Placa de señal franqueable
- Servicio provisional
- Despacho Bajo Orden
- Numerador de trenes

- Teléfonos fijos de señales y aparatos de vía conectados en paralelo
- Número de aparato de vía
- Número de C.O.V.
- PA GMC
- Botón de mando de itinerario v1
- Botón de mando de itinerario v2
- Botón de anulación de SP
- Botón de mando tardío v1T
- Botón de mando tardío v2T
- Botón de mando de itinerario SP1C
- Botón de mando de itinerario SP2C
- Conmutador
- Botón de anulación
- Botón de anulación temporizada
- Botón de mando de itinerario de enlace
- Destino libre
- Indicadores "ABC, CUPS, SS, SSO" a la salida de todos los andenes de las estaciones

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO = CAMPUS ACATLAN =	
PROYECTO :		
METROPOLITANO LINEA B		
PLANO:		
PLANO II.1 PLANO ESQUEMÁTICO DE VÍAS (ZONA DE MANIOBRAS OCEANÍA)		
REALIZO:	FECHA:	FEBRERO/2002
JULIO C. VILLAZANA LEMUS	ESCALA:	SIN ESCALA
	ACOT:	METROS

CAPITULO III

PLANEACIÓN.

Objetivo específico:

Analizar los factores que intervienen en la planeación y localización de una vía de enlace.

III.1 ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCIÓN.

III.1.1 PREPARACIÓN PARA FUTUROS ENLACES CON LÍNEAS DEL METRO.

De acuerdo con la Red del STC-Metro, donde se señalan las líneas y ampliaciones de ellas, así como las prioridades de construcción previstas en el Plan Maestro que forma parte del Plan Rector de Vialidad y Transporte Urbano del D.F., se tiene un número de cruces entre líneas permitiendo de este modo las correspondencias con las estaciones respectivas.

En la construcción de nuevas líneas y ampliaciones a corto y mediano plazo es inminente la **planeación, proyecto y ejecución** de las preparaciones necesarias para el cruce y enlace de las mismas, para poder ubicar a la vía de enlace en la estación de correspondencia que más convenga, tanto desde el punto de vista constructivo, como del punto de vista operativo.

Desde el punto de vista constructivo, las diferentes modalidades de las alternativas de construcción requieren cada una en su caso de diferentes situaciones, por lo que se 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 ventajas y desventajas de la solución elegida, en comparación con otras alternativas de trazo.
- c) Las molestias y el costo que representan los desvíos de tránsito durante la construcción.

Desde el punto de vista del aspecto operativo, en general, debe estar orientado a eficientar y/o agilizar el traslado de los trenes, hacia los talleres y/o las líneas donde se requieran, evitando al máximo que un tren tenga que realizar largos recorridos, o que tenga que efectuar un número excesivo de maniobras de enlace con las diferentes líneas de la red, para que éste llegue a su destino, lo cual se debe de hacer tratando de aprovechar al máximo las instalaciones existentes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.1.2. ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCIÓN.

El tipo de solución constructiva está íntimamente ligado con los estudios de Mecánica de Suelos y con una serie de estudios socio-económicos y constructivos que se resumen en cuatro posibles soluciones para llevar a cabo las obras del Metro.

A continuación se dará un panorama de las características particulares de cada una de las soluciones adoptadas para la construcción del Metro, tales como:

- Solución superficial.
- Solución subterránea en cajón.
- Solución elevada.
- Solución subterránea en túnel.

a) Solución superficial.

Es posible utilizar una solución de tipo superficial, donde existan avenidas con una sección transversal con las medidas suficientes para alojar tanto al Sistema de Transporte Colectivo Metro como a las vialidades adyacentes, cuidando sustancialmente el paisaje urbano.

Es necesario realizar estudios alternativos ante las obras inducidas que se generan y establecen una "barrera" que de cierta manera impiden la libre comunicación vial y peatonal entre uno y otro lado de la línea, lo que hace necesario realizar obras complementarias como cruces a desnivel para vehículos automotores en los puntos donde se interceptan importantes avenidas, así como la construcción de pasos peatonales que permitan el cruce seguro sobre las avenidas y el Metro superficial.

b) Solución subterránea en cajón.

La estructura destinada a la circulación de trenes del Sistema de transporte Colectivo Metro para la Ciudad de México, por experiencia ha sido la conocida como cajón subterráneo; la cual es una estructura de concreto armado, de sección rectangular, construida a cielo abierto y desplantada a la menor profundidad posible. Esta debe cumplir con los requisitos de estabilidad, compensación, flexibilidad e impermeabilidad, que se requieren para suelos con características tan particulares como las del Valle de México, que según la Mecánica de Suelos se clasifican en:

Zona de lomas. En la que se encuentran suelos formados por arenas pumíticas de alta capacidad de carga y espesores pequeños compresibles; es una zona de barrancas y cavernas, rellenos no controlados y minas.

Zona de transición. Es una zona caracterizada por una estratigrafía errática poco homogénea; los espesores compresibles son menores a 20 m y pueden cambiar de un punto a otro muy cercano.

TRM CON
FALLA DE ORIGEN

Zona de lago. Zona preconsolidada, que corresponde a la antigua traza de la Ciudad (centro de la Cd. de México). Superficialmente se encuentran rellenos de hasta 10 m de espesor, y espesores compresibles formados por arcillas intercaladas por lentes de arena, los cuales pueden ser menores a 30 m. En la zona localizada al oriente de la Ciudad (zona virgen), no se encuentran rellenos de ningún tipo; los espesores compresibles son del orden de 40 m.

Dentro de las ventajas que este tipo de estructura subterránea proporciona, podemos mencionar:

- No se requieren grandes secciones transversales de las avenidas por las cuales se pretenda construir.
- No afecta el paisaje urbano.
- Facilita el proyecto de vialidades en cualquiera de sus modalidades.

Es posible proyectar cualquier tipo de sección transversal de acuerdo a las necesidades de operación del sistema, puesto que en el se consignan las necesidades como: número de vías, localización de aparatos de comunicación y enlace, fosas de visita, depósito de tramos, cola de maniobras, etc.

Las desventajas que se tienen al elegir esta solución son las siguientes:

- Afectaciones totales con instalaciones municipales adyacentes.
- Cierre de importantes avenidas por donde se construirán las diferentes instalaciones del Metro.
- Bandeos vehiculares obligados.

c) Solución elevada.

En general, la existencia de instalaciones municipales de considerables dimensiones e importancia a lo largo del trazo de las instalaciones del Metro, hacen necesaria una evaluación de costos entre el sistema tradicional de cajón subterráneo y la posibilidad de implementar una estructura elevada que elimine la necesidad de realizar desvíos de instalaciones municipales y que a su vez permita el libre paso de vialidades transversales y longitudinales, y en algunos casos de vías de ferrocarril.

La solución a base de una estructura elevada, similar a la de un punto continuo, presenta innumerables ventajas funcionales tales como:

- Se evita la construcción de pasos a desnivel para vehículos en los cruces de avenidas importantes o de ferrocarriles.
- No existe la necesidad de realizar pasos peatonales.
- Se mejora el paisaje urbano con el moderno diseño de esta alternativa.
- No origina ninguna barrera, ni crea fronteras entre las zonas ubicadas paralelas al desarrollo del trazo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- La circulación no se ve interrumpida aún durante las etapas de construcción con el aprovechamiento íntegro de la vialidad existente.

La solución que responde a los factores descritos, está constituido por zapatas de concreto reforzado apoyado en pilotes de fricción, una sola hilera de columnas en sentido transversal y vigas de concreto prefabricadas en sección cajón con claros variables de 15 a 30 metros.

d) Túnel profundo.

De todas las soluciones anteriores, esta es la que tiene menos problemas en cuanto a interferencias con servicios municipales, afectaciones, obstrucción de la vía pública, mantenimiento de la vía; pero su costo de obra civil es mayor con respecto a las otras soluciones mencionadas; además de que se deben analizar con mas detalle otros aspectos como son: un gran número de sondeos y estudios geotécnicos, ventilación adecuada entre otros.

III.1.3. CRITERIOS GENERALES PARA LA SELECCIÓN DEL TIPO DE SOLUCIÓN.

De a cuerdo a lo mencionado anteriormente podemos establecer los siguientes criterios generales para la selección del tipo de solución constructiva:

- Costo de obra civil.
- Tiempo de ejecución de la obra civil.
- Obstrucción de la vía pública durante la ejecución.
- Interferencias con los servicios municipales.
- Conservación de obras y equipos.
- Mantenimiento de la vía.
- Paisaje urbano: aspecto estético y barrera física.
- Futura disponibilidad vial.
- Libramientos viales perpendiculares inducidos.
- Construcciones de alto valor comercial.
- Monumentos históricos.

Por lo que respecta al costo de obra civil, el más alto corresponde a la línea subterránea, bien sea con cajón o por medio de un 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 esta el costo de los desvíos, de la limitación del derecho de vía y de los pasos a desnivel perpendiculares, su costo resulta cercano al de la solución elevada.

Por lo que respecta a los tiempos de construcción, se puede observar que para la solución elevada, la velocidad de construcción es ligeramente mayor que la subterránea, esto debido a la bondad que proporcionan los elementos prefabricados en el proceso

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

constructivo de la superestructura de este tipo de solución; por lo que toca a la solución superficial, los rendimientos que se alcanzan son aún mayores.

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

Las interferencias con instalaciones municipales son totales en el caso del subterráneo, obligando en ocasiones a desvíos importantes de grandes colectores o redes de distribución de agua. Estas interferencias causan menos problemas en las soluciones elevada y superficial.

Por lo que respecta a la conservación y mantenimiento de los equipos, la solución subterránea presenta menores problemas 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 paisaje urbano, ya que el aspecto estético se altera de acuerdo con el tipo de solución elegido. Se debe tomar en cuenta, además el tipo de zona por la que atraviesa la línea, ya sea industrial, comercial o residencial; así como 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 a 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.

Tomando en cuenta las observaciones anteriores y las prioridades de construcción de las líneas previstas en el Plan Maestro, se toma la decisión para definir si el enlace se construye de inmediato o solamente se proyecta para construirse en un futuro, dejando como antecedentes el análisis del trazo, perfil y gálibos del enlace de ambas líneas.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, en la Tabla III.1, se muestra la secuencia utilizada para realizar una evaluación cualitativa, que permita analizar cada una de las posibles alternativas de construcción, la cual deberá ser ratificada o modificada una vez que se llegue al nivel de proyecto ejecutivo.

III.1.4. CRITERIOS GENERALES PARA LA LOCALIZACIÓN DE LA VÍA DE ENLACE DESDE EL PUNTO DE VISTA OPERATIVO.

Los criterios en que se basa el STC-Metro, para implantar una vía de enlace de una nueva línea en una determinada correspondencia son relativamente sencillos y están

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

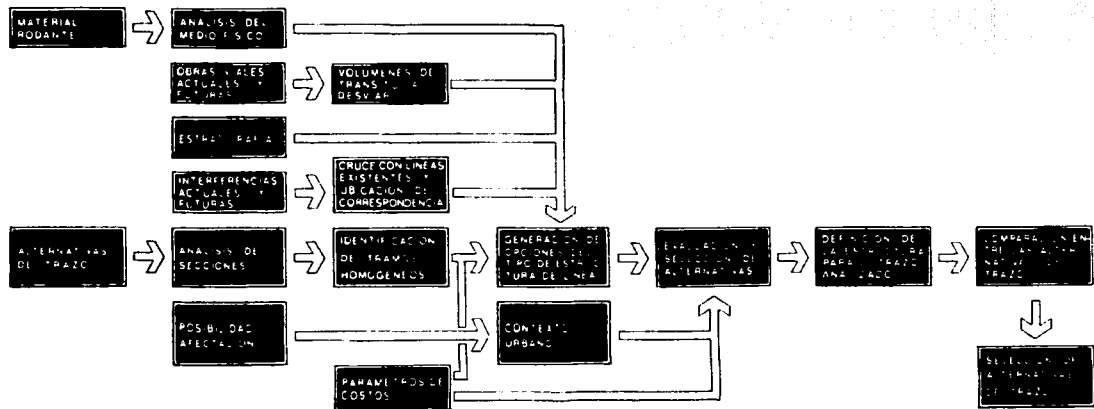


Tabla III.1 Selección del Tipo de Linea.

enfocados a hacer que la operación de la línea en cuanto a las maniobras de traslado de los trenes de una línea a otra sean más rápidas, evitando al máximo perturbaciones y retrasos en los trenes que circulan con pasajeros tanto de la línea en la que se hace la maniobra de entrada a la vía de enlace, como de la línea en la que se hace la maniobra de salida de la vía de enlace, ya que en ambos casos se debe esperar el momento propicio para la ejecución de cada una de ellas.

III.1.4.1. ESQUEMA OPERATIVO DE LA RED AL HORIZONTE 2020.

Definidas las redes del Plan Maestro del Metro (PMMTL) para el horizonte 2020, se jerarquizaron las líneas con base en su captación y se clasificaron considerando el material rodante asignado, independientemente del servicio que presten en el Área Metropolitana; según lo cual se procede a establecer el esquema operativo, en función de las necesidades de estas redes, que permita proporcionar la oferta requerida para satisfacer la demanda estimada.

- **Material rodante.** Para cada línea se calcula el número de trenes considerando la longitud de servicio, velocidad comercial e intervalo mínimo, así como la composición de los trenes, asignando el tipo de material rodante: Metro con rueda neumática, toma de energía mediante un tercer riel y convoyes hasta de nueve carros con capacidad de 1,500 pasajeros; Metro con rueda metálica, toma de energía mediante catenaria, hasta nueve carros por convoy e igual capacidad. El Tren Ligero, con rueda metálica, toma de corriente mediante catenaria y convoy de hasta tres carros con una capacidad de 675 pasajeros.
- **Operación.** Para atender los requerimientos de operación de las redes, se determinan, en las estaciones terminales, las posiciones de depósito requeridas, con un tercio del número de trenes como mínimo en uno de sus extremos, cuando por falta de espacio urbano no sea posible tener la mitad. Estas áreas de depósito pueden ser parte de la cola de maniobras de la línea, si el número de trenes no es mayor que ocho, o bien en naves de depósito o formando parte de los talleres.

También, se analizan los requerimientos de mantenimiento menor y mayor del material rodante, considerando las instalaciones existentes a fin de optimizar la capacidad instalada, por lo que se propusieron nuevos talleres y se asignó el material rodante de cada línea.

- a) Red de Metro (rueda neumática): tendrá talleres de pequeña revisión en las terminales Santa Clara, Tlalnepantla, Parque Naucalli y Santa Mónica, talleres de gran revisión en Cuicuilco y una ampliación en Ticomán.
- b) Red de Metro (rueda metálica): contará con talleres de pequeña revisión en las terminales Santa Clara y Atizapán.
- c) Red de Tren Ligero: para este equipo, los talleres de pequeña revisión se ubicarán en las terminales de Santa Clara, Emisora y Atizapán y un taller de gran revisión en la Terminal Ejército Constitucionalista.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- **Alimentación de Trenes.** Para permitir el ingreso de los trenes a las diversas líneas que conforman la red del Metro y Trenes Ligeros, éstas quedarán enlazadas por medio de vías de enlace teniéndose de esta manera comunicación con los talleres de Zaragoza y el Rosario, que cuentan con espuelas de vías de ferrocarril para el acceso del material rodante.

Las vías de enlace también permitirán al material rodante llegar a sus respectivos talleres de pequeña y gran revisión para su mantenimiento y reparación.

La elección de la localización de la vía de enlace dependerá entonces, de la mejor combinación que se tenga, evaluando todos los aspectos constructivos y operativos, con lo cual será integrada la nueva línea con el resto de la Red del Sistema de Transporte Colectivo Metro, con lo que está ampliará su capacidad de transporte en beneficio de los habitantes de la Ciudad de México y su Área Metropolitana.

III.2 AFECTACIONES.

III.2.1 AFECTACIONES.

Las líneas propuestas para los diversos horizontes, son estudiadas a detalle y se precisan las características físicas de sus trayectos y las del entorno en que se localizan, las que deben ser el punto de partida en la toma de decisiones para el proyecto ejecutivo, ya que al ser flexible su concepción, no deberá cambiarse.

Las actividades referidas son determinadas en planos a escala 1:5000, divididos en tres tipos: Trazo, Análisis Urbano e Interferencias y Vialidad y Transporte.

- Trazo

En estos planos, el trazo de las líneas planteadas corresponde a un esquema dimensionado, tanto planimétrico como altimétrico, que toma en cuenta las condiciones reales del medio físico.

Esta información permite conocer, en forma general, cada una de las líneas en lo referente a afectaciones, restricciones, curvas horizontales y conexiones con otras líneas.

La ubicación de estaciones es fijada en función de los siguientes aspectos: requerimientos operativos de los convoyes, de las interferencias, de las interestaciones, de las intersecciones con otras líneas, tomándose en cuenta las condicionantes urbanas y del transporte de superficie.

Adicionalmente, se cuantifican las superficies necesarias para las instalaciones de las líneas propuestas, terminales, vías de enlace, depósitos y talleres, así como los centros de intercambio modal que articulan el transporte urbano con los sistemas

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

suburbano e interregional. Asimismo, en estos planos, se muestran los límites para las restricciones y declaratorias de usos, destinos y reservas.

- Análisis Urbano e Interferencias.

En estos planos, se expresa la vinculación del PMMTL con las políticas de desarrollo urbano del área de estudio. Para tal efecto, se prevé que los centros urbanos del Área Metropolitana, estén conectados con una o más líneas, ya que son de los más importantes productores de viajes.

Se definen los límites de estos centros, subcentros y corredores urbanos, la división político-administrativa, los sitios de interés, las zonas histórico-monumentales, las áreas de conservación ecológica, los espacios públicos abiertos y las áreas verdes.

La ubicación de las estaciones se establece en base en el tipo e intensidad de los usos del suelo: habitacional, comercial y de servicios, que sean compatibles con las instalaciones del transporte colectivo.

En relación con los esquemas para terminales, depósitos de trenes y talleres, se buscó que sean acordes con los programas de equipamiento y servicios de las Delegaciones Políticas del DF, municipios y otros organismos, a fin de optimizar el uso del suelo que ocuparan estos complejos.

Los planos contienen, en forma general, la información sobre interferencias puntuales y longitudinales con las redes de servicio: drenaje, agua potable, energía eléctrica, gas, teléfono y vías de ferrocarril, entre otros.

- Vialidad y Transporte.

En estos planos se señalan las vialidades y las intersecciones de mayor importancia dentro del área de influencia de las líneas, ya sean vías de acceso controlado, ejes viales o vialidades primarias en general.

Con información de la Secretaría de Transportes y Vialidad del DF, se consignan las obras viales incluidas en los programas del DDF, así como aquellas en construcción y que coinciden con líneas propuestas. Esta información permite integrar el sistema de transporte de superficie con las líneas propuestas del Metro.

De acuerdo a lo anterior, se ve la importancia que representan las interferencias en la construcción de la obra Metro, las cuales deben ser analizadas profundamente a fin de evitar al máximo las afectaciones posibles, ya que su correcta concepción y visualización conducen a optar por la mejor solución, obteniéndose así una optimización de recursos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.2.2. OBRAS INDUCIDAS.

Es de gran importancia tomar en cuenta las Obras Inducidas, que se definen como:

"Conjunto de Actividades Programadas, relativas a dar solución a todas aquellas interferencias que se presentan para llevar a cabo la construcción de una 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 ferrocarril; especies vegetales como árboles o palmeras; cables subterráneos de alumbrado, red presidencial de comunicaciones; teléfonos, cablevisión; tuberías subterráneas para la conducción de gas propano, petróleo, agua potable, drenaje; predios de propiedad particular, federal; etc.

La manera para determinar cuando una instalación representa una Obra Inducida 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 datos a aquellas Dependencias u Organismos que controlan o pueden intervenir en la solución de Obras Inducidas, para que sobre los planos del 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 se debe realizar una primera evaluación de los alcances económicos de las Obras Inducidas, en su caso se podrán reanalizar los proyectos contemplados para efectuar las modificaciones.

III.2.2.1. ASPECTOS QUE DETERMINAN UNA OBRA INDUCIDA.

Conociendo los datos de los diversos Organismos factibles de intervenir en las Obras Inducidas, los proyectistas contarán con elementos para desarrollar los proyectos de una Línea de Metro, conociendo aquellas interferencias, que por la magnitud de su solución necesiten considerarse íntimamente ligadas al proyecto de la Obra Metro.

Contando con lo anterior, se desarrollará el diseño de la línea en cuestión y que podrá ser elevado, superficial o subterráneo; así como las especificaciones del procedimiento constructivo adecuado a cada uno de éstos diseños.

Es de notar que dependiendo del proyecto en sí, una instalación podrá variar su grado de interferencia, es decir, un sistema que en un diseño representa una Obra Inducida, para otro no lo será. Por esto, lo que determinará las Obras Inducidas, será el diseño y sistema constructivo elegidos, considerando dentro de éste último, las áreas de trabajo necesarias para realizar las maniobras requeridas con el equipo por utilizar.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.2.2.2. SOLUCIÓN DE LAS OBRAS INDUCIDAS.

Una vez desarrollados los proyectos definitivos para la construcción de una línea del Metro, se verifica nuevamente con recorridos de campo y reuniones con los Organismos que controlan o intervienen en la solución de las interferencias que se pueden presentar, para definir con claridad aquellos elementos que involucran una Obra Inducida.

Entre los Organismos que se mantiene una relación por este motivo tenemos:

1. Delegaciones del D.D.F.
2. Secretaría de Seguridad Pública del D.D.F.
3. Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del D.D.F.
4. Servicio de Transportes Eléctricos.
5. Oficina de Alumbrado Público del D.D.F.
6. Oficinas de Parques y Jardines de las delegaciones del D.D.F.
7. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Aeropuertos Y Servicios Auxiliares.
8. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Red Privada de la Presidencia.
9. Secretaria de Comunicaciones Y Transportes, Oficina de Telégrafos.
10. Luz Y Fuerza del Centro.
11. Teléfonos de México.
12. Petróleos Mexicanos.
13. Ferrocarriles Nacionales de México.
14. Instituto Nacional de Antropología e Historia.
15. Cablevisión.
16. Comisión Avalúos de Bienes Nacionales de la S.A.H.O.P.

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

En el movimiento de instalaciones afectadas por los trabajos, los proyectos para tal fin podrán involucrar, retiros provisionales o definitivos, aunque en general se debe tratar de que sean de esta última forma.

Con base al programa de construcción de Obra Metro, se generarán órdenes de trabajo para la ejecución de los proyectos respectivos.

En general el procedimiento que se sigue con las Dependencias y Organismos antes mencionados es el siguiente:

Una vez conocido el proyecto para la construcción del Metro, se detectan las interferencias a lo largo del trazo y se solicita a cada uno de los Organismos la elaboración del proyecto respectivo.

En base al programa de construcción, se generarán órdenes de trabajo para el retiro de las interferencias en base a los proyectos ya elaborados. Los trabajos se realizan

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

bajo un control de personal de la Gerencia de Obras Inducidas hasta su terminación, procediéndose a su pago y recepción.

En general las dificultades que se presentan en la elaboración de los proyectos, es el respetar las especificaciones de los diversos sistemas.

Adquisición de predios.

Las afectaciones que son generadas por la construcción de una línea del Metro pueden ser ocasionadas por: 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 las zonas requeridas.

En el caso de ser de propiedad particular, se envían a las Delegaciones del Departamento del Distrito Federal, las cuales se encargan de su adquisición.

En el caso de predios de propiedad federal que pueden pertenecer a Instituciones tales como el Instituto Mexicano del Seguro Social, Comisión Federal de Electricidad, Ferrocarriles Nacionales de México, etc., se puede llegar a acuerdos más directos, mediante convenios particulares o realizando permutas por otros predios propiedad del Departamento del Distrito Federal.

Instalaciones Hidráulicas.

El trazo del Metro, en cualquiera de sus soluciones, encuentra interferencias con las redes hidráulicas existentes que forman parte de la infraestructura de la Ciudad.

Las calles o avenidas que presentan mayor continuidad alojan en ellas las tuberías más importantes de la ciudad y con frecuencia coinciden con el trazo de nuevas líneas del Metro. La infraestructura hidráulica se ha trazado preferentemente en camellones o ejes de vialidad y las condicionantes del Metro obligan a ocupar estos mismos lugares.

Actualmente, el Departamento del Distrito Federal opera tuberías para agua potable en diámetros de 10, 15 y 30 cm (4", 6" y 12") en la red secundaria y 50, 91 y 122 cm (20", 36" y 48") en la red principal. En cuanto al drenaje, los diámetros comunes son 30, 38 y 45 cm en atarjeas; 60, 76 y 91 cm en subcolectores; 107, 122, 152, 183, 213, 244 y 305 cm en colectores. Todas éstas, en mayor o menor importancia, han interferido con las obras del Metro.

Criterios Generales para la Solución de Interferencias Hidráulicas Municipales.

La interferencia de tuberías municipales con el trazo del Metro, puede ser longitudinal o transversal y a su vez, de agua potable o drenaje.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Agua Potable. Las líneas secundarias afectadas longitudinalmente, se reubican en la misma avenida, ya sea en ambos lados de la vialidad o en uno solo, según convenga al procedimiento constructivo de las obras principales. Las líneas de la red primaria pueden ser reubicadas en la misma avenida, dependiendo del espacio disponible, o cambiar su trazo a una calle paralela al Metro. Las interferencias transversales se desvían localmente, mediante el procedimiento de desvíos puntuales (by - pass), complementando con sifones, galerías y otras estructuras.

Drenaje. Las atarjeas siempre se reponen en la misma avenida, con una o dos líneas de servicio, dependiendo del procedimiento constructivo del Metro. Los colectores presentan la opción de poder relocalizarse en calles paralelas cuando el espacio colindante con el Metro es limitado. En caso de interferencia transversal, se soluciona también con desvíos cortos tipo "by - pass" cuando el perfil del Metro lo permite y sólo en casos extremos se recurre al diseño de sifones invertidos.

Instalaciones de Alumbrado Público.

A lo largo de las líneas del Metro, así como en las vialidades se encuentran instalaciones de alumbrado público, mismas que aprovechando la magnitud de la obra, pueden ser restituidas mejorando el nivel de iluminación con menor consumo de energía eléctrica.

Instalaciones de La Cía. de Luz y Fuerza del Centro.

A lo largo de las líneas del Metro, también se encuentran instalaciones aéreas y subterráneas de la Cía. de Luz y Fuerza del Centro, de baja, alta y muy alta tensión (23, 85 y 230 Kva respectivamente) mismas que por procedimientos constructivos o requerimientos de la Cía. de Luz y Fuerza del Centro o del Sistema de Transporte Colectivo, es necesario efectuar movimientos provisionales o reubicaciones definitivas.

Por tratarse de un servicio tan importante en la vida de la ciudad y en la actividad industrial no es posible efectuar los movimientos de las líneas eléctricas mientras no se tenga la forma de seguir proporcionando la energía eléctrica. Debido a esto, los movimientos tienen que ser programados de tal manera de tener los desvíos alternos totalmente terminados para interrumpir el servicio únicamente el tiempo indispensable para conectar el desvío. Esta labor se hace generalmente en fines de semana a fin de causar el mínimo de molestias a los usuarios.

Instalaciones de Petróleos Mexicanos.

Ahora bien para poder realizar estas obras satisfactoriamente, la Dirección General de Construcción de Obras del Sistema de Transporte Colectivo (D.G.C.O.S.T.C.) se coordina con la Subdirección de Proyectos y Construcción con la Gerencia de Refiscación, y la Gerencia de Sistemas de Ductos de PEMEX, para que en base al trazo de las líneas del Metro, se localicen las interferencias a lo largo de la red y asimismo elaborar, según el caso, los proyectos de desvíos y/o la protección de las instalaciones afectadas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Una vez definido esto, se procede a la ejecución de los trabajos, el personal de PEMEX es el encargado de realizarlos, debido al minucioso control radiográfico que requerían las soldaduras de las tuberías (gasoductos o poliductos) con el fin de evitar fugas.

Instalaciones del Servicio de Transportes Eléctricos.

En transportes eléctricos, existe la necesidad de desviar o modificar sus instalaciones y sus rutas de trolebuses, en ocasiones debido a la construcción de las líneas del Metro y en otras para adecuar las rutas a las nuevas vialidades coincidentes, además de la desenergización de sus instalaciones y el retiro o reubicación de postes, así como el remolque con grúas de sus unidades en las zonas de la obra, en tanto, se reponen sus líneas de contacto y sus líneas alimentadoras.

Desvíos de Transito.

Los desvíos de tránsito, debido a la repercusión que se tiene ante la ciudadanía, es necesario analizarlos en una forma detallada, conocidas las zonas de trabajo donde será necesario restringir o cortar la circulación de vehículos, se realizan aforos de las arterias afectadas, así como las de posible sustitución; con estos datos se revisan las capacidades de las vías alternas, y se marcan mediante planos las diversas propuestas para desvío de tránsito, las cuales son presentadas ante diversas autoridades de la Dirección General de Policías y Tránsito, según la magnitud del desvío, para su aprobación y revisión de la señalización necesaria para información del usuario. De igual forma se efectúan recorridos de las rutas propuestas, con el fin de verificar los diversos trabajos necesarios para mejorar la circulación de vehículos, como pueden ser reencarpetados, bacheos, recorte de banquetas o camellones, colocación de semáforos, etc., no desatendiendo las medidas de precaución para la circulación de peatones.

Especies Vegetales.

Debido al problema de la contaminación ambiental, se tiene el cuidado de conservar al máximo las especies vegetales aunque, por desgracia, en el mayor de los casos se tiene la necesidad de transplantar algunas de ellas. Los trasplantes, se hacen bajo la estricta vigilancia de los técnicos de Parques y Jardines de las Delegaciones y se realizan en los lugares más cercanos, designados por las autoridades delegacionales.

III.3 LOCALIZACIÓN DE LA VÍA DE ENLACE.

GENERALIDADES.

Una vez que se ha definido el trazo de una nueva línea de Metro, ésta cruza o se intercepta con otras líneas de la Red formando estaciones de correspondencia, las cuales en un momento dado deben ser sujetas de un análisis para determinar en que estación es conveniente construir la vía de enlace de esta Línea.

III.3.1. LOCALIZACIÓN DE LA VÍA DE ENLACE.

En lo que respecta al Metropolitano Línea B, de acuerdo a su trazo y de acuerdo con el PMMTL, se tienen las siguientes correspondencias:

- Estación Guerrero, Línea 3.
- Estación Garibaldi, Línea 8.
- Estación Morelos, Línea 4.
- Estación San Lázaro, Línea 1.
- Estación Oceanía, Línea 5.

A continuación, se hará una comparación cualitativa entre las correspondencias mencionadas, con el fin de determinar en que estación es conveniente la implantación o localización de la vía de enlace.

ESTACIÓN GUERRERO.

La estación Guerrero de la Línea 3 se localiza en la intersección de la Calle Zarco con la Av. Mosqueta (Eje 1 Norte), la solución constructiva adoptada fue mediante cajón subterráneo; por otro lado, la estación Guerrero de Línea B (con la misma solución constructiva), se encuentra localizada sobre el Eje 1 Norte cruzando por debajo de la Línea 3.

Para la construcción de la vía de enlace, este cruce fue descartado, ya que en la zona donde se ubicaría el enlace es predominantemente de tipo habitacional, excepto en la zona donde se localiza el Eje 1 Norte, que es en su mayoría de uso comercial, con lo que se afectaría un gran número de viviendas y locales comerciales, con la consecuente molestia de los dueños de estos predios.

Por otro lado, la existencia de una serie de colectores de 1.52 m de \emptyset hasta 2.13 m de \emptyset , originaría que estos fueran desviados en su trazo.

El tipo de solución obligadamente sería en cajón subterráneo, originándose de esta manera el cierre de algunas vialidades importantes como el Eje 1 Norte, durante la construcción del enlace, así como de los desvíos de los colectores.

ESTACIÓN GARIBALDI.

La estación Garibaldi de Línea 8 (terminal provisional, ya que esta prevista su ampliación hasta Indios Verdes) con solución subterránea en cajón, se localiza sobre el Eje Central Lázaro Cárdenas en el cruce con el Eje 1 Norte, entre las calles de Allende y Reforma, cruzado por debajo de la Línea 8.

Esta opción también fue descartada, ya que debido a la posición geográfica de este cruce, que se localiza en pleno Centro Histórico, donde confluyen importantes avenidas

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

con una gran carga vehicular, en un momento dado sería necesario efectuar cierres provisionales de estas avenidas, provocando un gran caos vial.

Por otro lado, la existencia de instalaciones municipales de todo tipo hacen aún más problemática la situación, por lo que se optó por desechar esta opción.

ESTACIÓN MORELOS.

La estación Morelos de la Línea 4, con solución constructiva en viaducto elevado, se encuentra localizada en el Eje 2 Oriente, entre las calles de Carroceros y Herreros; por otro lado, la estación Morelos de la Línea B, con solución constructiva en cajón subterráneo se encuentra sobre el Eje 1 Norte, entre las calles de Herreros y Miguel Domínguez.

Debido a que en la zona donde se interceptan las dos Líneas es predominantemente de uso habitacional, resulta casi imposible la construcción de la vía de enlace en esta correspondencia, ya que se tendrían serios problemas con los vecinos del lugar debido a la afectación directa de sus hogares, por lo que se optó por descartar esta solución.

ESTACIÓN SAN LÁZARO.

La estación San Lázaro de la Línea 1 con solución en cajón subterráneo, se localiza sobre la Av. Eduardo Molina, en las inmediaciones de la Terminal de Autobuses de Pasajeros de Oriente (TAPO); por otro lado la estación San Lázaro de la Línea B con solución en viaducto elevado, se localiza al norte de la TAPO, sobre la calle de Artilleros, entre Av. Eduardo Molina y Punteros.

Esta opción fue descartada, ya que existen interferencias municipales de gran importancia como: ductos de PEMEX, instalaciones de Compañía de Luz y Fuerza del Centro tanto aéreas como subterráneas, colectores de aguas negras, así como instalaciones de todo tipo que dan servicio a la TAPO, además de la afectación directa a la vialidad coincidente existente (Av. Eduardo Molina); por lo que la construcción de la vía de enlace en esta zona sería muy problemática y el costo de la obra se elevaría demasiado debido al número de interferencias que se tendrían que librar.

ESTACIÓN OCEANÍA.

La estación superficial Oceanía de la Línea 5, se localiza sobre el Circuito Interior Río consulado, antes del cruce con la Av. Oceanía en dirección Norte; la estación Oceanía de la Línea B, con solución constructiva en viaducto elevado, se localiza sobre la avenida del mismo nombre, el cruce con el Circuito Interior.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Esta opción fue la que mostró ser la más favorable, ya que a pesar de que se ubica en la intersección de dos vialidades importantes, la sección transversal de estas es lo suficientemente amplia para alojar la vía de enlace, con un mínimo de afectaciones, ya que al incorporarse esta al trazo de Línea 5 sobre el Circuito Interior, ocupará dos carriles, por lo que será necesario mantener el número de carriles existentes a fin de no afectar la capacidad vial de esta arteria, lo que provocaría serios trastornos viales en las horas pico.

Las instalaciones que se encuentran cercanas al cruce de estas líneas, y que en un momento dado pueden transformarse en interferencias durante la construcción de la vía de enlace son las siguientes (Ver plano III.1 Instalaciones Municipales.):

- Zona de bodegas de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (D.G.C.O.H.), localizadas al poniente de la intersección de ambas líneas.
- Mercado Pensador Mexicano, localizado sobre el Circuito Interior a un costado de la estación Oceanía de Línea 5.
- Colector de 1.52 m. de \emptyset , que se encuentra al norte del cruce de las líneas.
- Puente peatonal ubicado sobre el Circuito Interior.
- Líneas eléctricas para alimentación de trolebuses de Sistemas de Transportes Eléctricos.
- Postes y líneas aéreas de baja tensión de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro.
- Predios de propiedad particular.

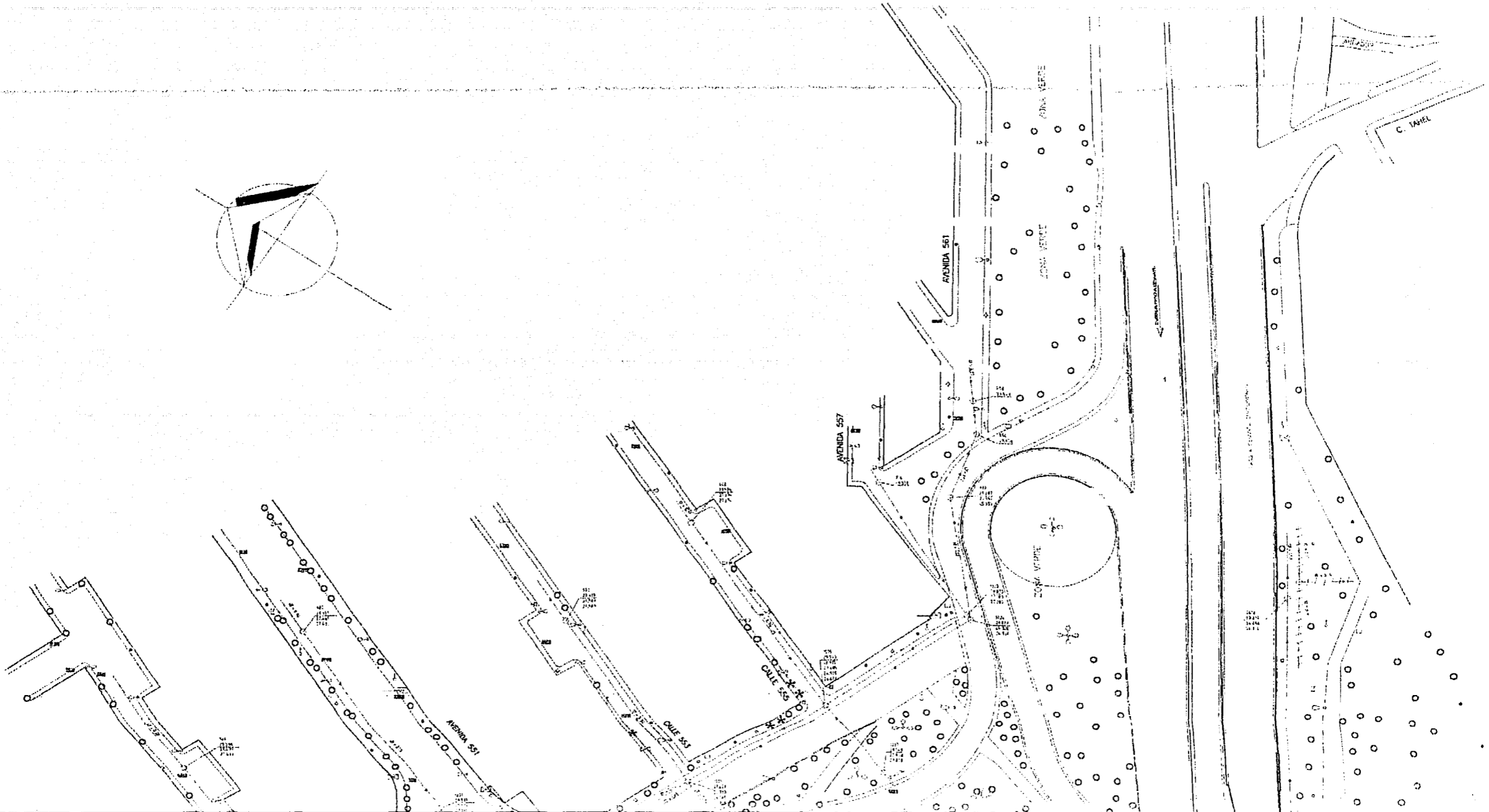
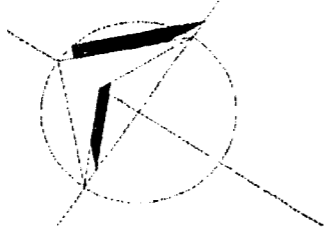
Por otro lado, se tiene que el tipo de solución adoptado será de transición de un tramo en viaducto elevado (Metropolitano Línea B) a un tramo superficial (Línea 5), y el grado de afectación que se tenga dependerá del proyecto geométrico de la vía de enlace.

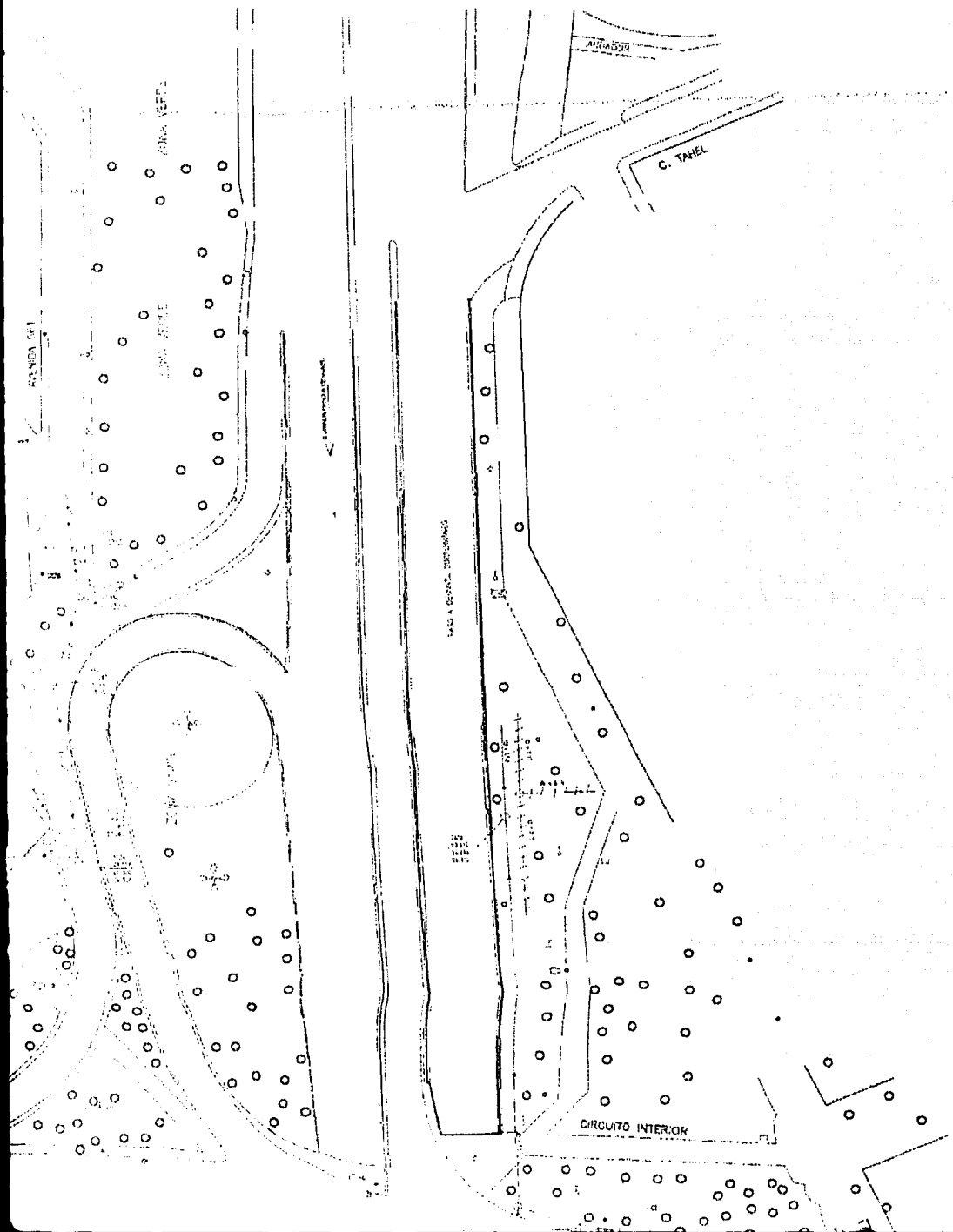
III.3.2 ANÁLISIS OPERATIVO DE LAS VÍAS DE ENLACE.

El análisis operativo de las vías de enlace está íntimamente ligado con los requerimientos de la Red del Sistema de Transporte Colectivo Metro, es decir, que de acuerdo al PMMTL, donde se estima la demanda de pasajeros de cada una de las líneas, se calcula y se asigna el número de trenes necesarios para satisfacer la demanda de transporte en las líneas, por lo que es necesario tomar en cuenta los requerimientos de mantenimiento mayor y menor del equipo rodante, tratando de aprovechar al máximo las instalaciones existentes.

En el PMMTL, se propone la construcción de nuevos talleres tanto de pequeña como de gran revisión, en zonas donde exista el espacio necesario para alojar dichas instalaciones, procurando que éstos talleres puedan dar servicio a dos ó más líneas, dado lo cual, es inminente el análisis de las vías de enlace a fin de definir el tipo de servicio que presten dentro de la Red, que puede ser:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



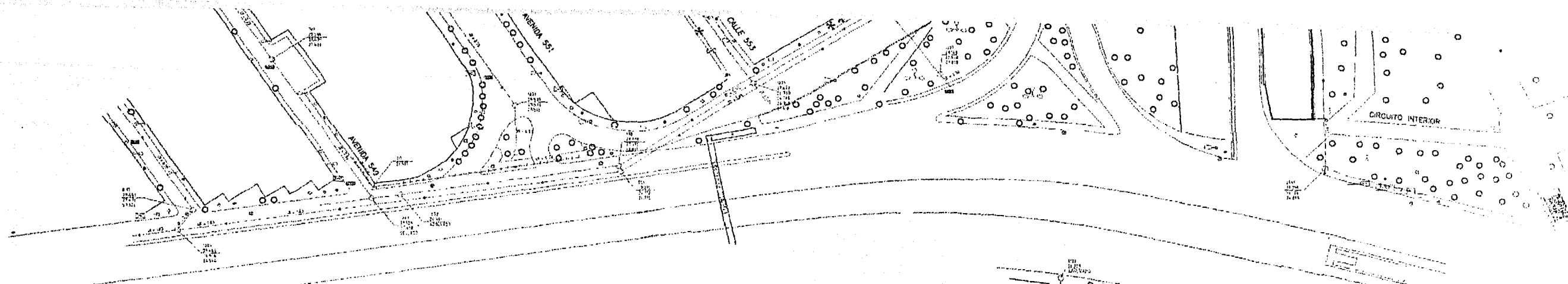


- NOTAS:**
- 1.- EL SISTEMA DE CABLEADO QUE SE CONSTRUYE EN LA ZONA DE LA C. TABEL Y SE CONSIDERA PARA EL SUPORTE DE LAS SUBESTACIONES Y A SERVICIO DE LA C. TABEL.
 - 2.- LA PLANIMETRIA FUE OBTENIDA POR METODOS CONVENCIONALES.
 - 3.- EL GRUPO DE EDIFICIOS FUE ADJACENTE CON DIMENSIONES DE 224.00 M DE LARGO.
 - 4.- TODOS LOS CABLEADOS SON SUPERFICIALES Y EL DE TIPO.
 - 5.- LAS SECCIONES TRANSVERSALES EN NIVEL SON REPRESENTATIVAS Y NO TIENEN ESCALA.
 - 6.- EL AREA GENERAL DEL PROYECTO INDUSTRIAL QUEDA EN EL NOMBRE DE PROYECTO.

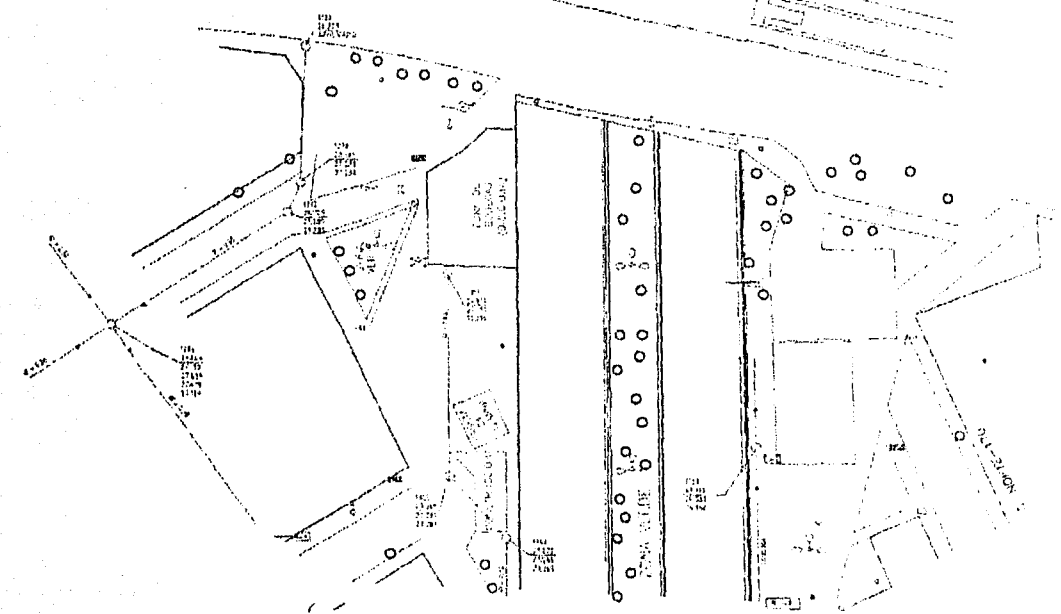
SIMBOLOGIA

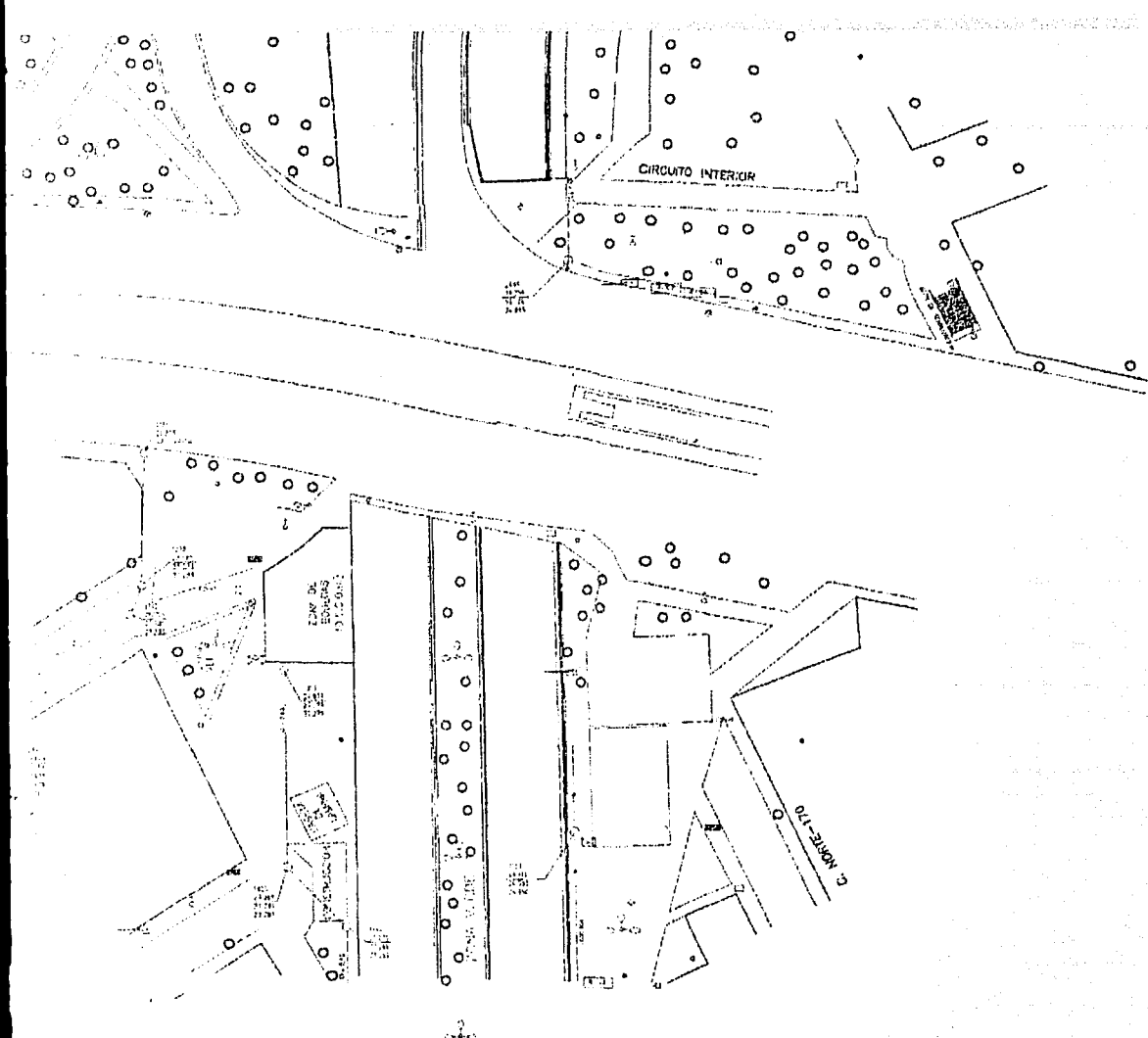
- | | |
|--------------------------------------|--|
| PARAMENTO | |
| QUARNICION | |
| MALLA | |
| DIRECCION Y DIAMETRO DE AGUAS HEGRAS | |
| DIRECCION Y DIAMETRO DE AGUA POTABLE | |
| POSTE DE COMPARA DE LUZ Y FUERZA | |
| REGISTRO DE COMPARA DE LUZ Y FUERZA | |
| A I F B O L | |
| POZO DE VISITA | |
| CABETA TELEFONICA | |
| POSTE DE TELEFONOS DE MEXICO | |
| REGISTRO DE TELEFONOS DE MEXICO | |
| UNIDAD DE SISTEMA MULTIPLE | |
| POSTE DE RETENIDA | |
| POSTE DE ALTA TENSION | |
| CASA DE AGUA POTABLE | |
| POSTE DE ALTA TENSION CARBONANTE | |
| POSTE DE DIA DE LUZ CARBONANTE | |
| A I F B O L A N T O | |
| POSTE DE TROLEBUS | |
| REGISTRO DE COMPARA DE LUZ Y FUERZA | |
| COLADERA PLYWOOD | |
| COOPERAZO T L I C O | |
| POSTE DE RETENIDA CONTROLERUS | |
| POSTE DE TRANSFORMACION Y ARBOTANTE | |
| POSTE DE REGULACION | |
| COLADERA DE PISO (TRILLA) | |
| ARBOTANTE DOBLE | |
| ARBOTANTE TRIPLE | |
| ARBOTANTE DE CUATRO LAMPARAS | |
| REGISTRO DE DRENAGE | |
| POSTE DE ALTA TENSION | |

ENCARGADO DEL PROYECTO
 INGENIERO EN ELECTRICIDAD
 E. GONZALEZ
 DISEÑADOR
 J. GONZALEZ
 DISEÑADOR
 L. GONZALEZ



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN





- ARBITRARIO DOBLE
- ARBITRARIO TRIPLE
- ARBITRARIO DE CUATRO LAMPARAS
- REGISTRO DE CREMAS
- POSTE DE ALTA TENSION

NUMERO DE PUNTO
 ELEVACION
 ELEV. 250.000
 ELEV. 250.000
 ELEV. 250.000
 ELEV. 250.000
 ELEV. 250.000



	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
= CAMPUS ACATLAN =		
PROYECTO :		
METROPOLITANO LINEA B		
PLANO:		
PLANO III.1 INSTALACIONES MUNICIPALES		
REALIZO:	FECHA:	FEBRERO/2002
	ESCALA:	1:500
	ACOT:	METROS
JULIO C. VILLAZANA LEMUS		

- Servicio de acceso a talleres de pequeña revisión (PR).
- Servicio de acceso a talleres de gran revisión (GR).
- Servicio de alimentación de trenes a las líneas.

En la tabla III.2 se muestra la distribución de las nuevas posiciones de estacionamiento y fosas de revisión al horizonte 2020, en donde el número total de trenes es la suma de las columnas PE (posiciones de estacionamiento) y FR (fosas de revisión), así mismo se muestra la distribución de los trenes en las terminales de cada una de las líneas.

En la tabla III.3 se muestra la distribución de los talleres tanto de pequeña como de gran revisión, así como el número de líneas atendido por cada uno de acuerdo al PMMTL.

DISTRIBUCION DE NUEVAS POSICIONES DE ESTACIONAMIENTO Y FOSAS DE REVISION

LINEA	RECORRIDO		LONGITUD PARCIAL	LONGITUD ACUMULADA	VELOCIDAD COMERCIAL	INTERVALO	DEMANDA		DISTRIBUCION			
	INICIA	TERMINA					SEG	PE	FR	COLA 1	DEP/TALLER	COLA 2
1	PANTITLAN	OBSERVATORIO	.	16 554	35	90	45	6	9	21	5	10
2	CUATRO CAMINOS	TASQUEÑA	.	20 712	35	90	54	7	6	22	10	16
3	INDIOS VERDES	UNIVERSIDAD	.	21 279	35	90	55	7	5	28	6	16
4	SANTA ANITA	SANTA CLARA	5 506	14 869	35	180	22	3	7		5	10
5	PANTITLAN	TLANTEPANTLA	5 849	20 284	35	150	34	5	8	9	5	12
6	EL ROSARIO	VILLA ARAGON	5 617	17 049	35	240	19	3	7	5	7	
7	EL ROSARIO	SAN JERONIMO	5 263	22 274	35	150	36	5	5	14	7	10
8	ACOXPA	INDIOS VERDES	15 597	27 393	35	120	55	7	7	15	3	24
9	OBSERVATORIO	PANTITLAN	1 459	14 493	35	120	31	4	5	10	7	3
10	EULALIA GUZMAN	CUICUILCO	18 640	18 640	35	200	23	3	7		7	5
11	STA MONICA	BELLAS ARTES	19 965	19 965	35	130	38	5	7	21	10	
12	CONSTITUCION DE 1917	SANTA LUCIA	12 305	16 622	35	225	19	3	5	9	5	
13	PARQUE NAUCALLI	SAN LAZARO	17 485	17 485	35	200	22	3	7	8	7	
B	CIUDAD AZTECA	HIPODROMO	7 458	27 736	35	180	37	5	7	20	5	5
A	LA PAZ	PANTITLAN	.	14 649	40							
C	CUATITLAN IZCALLI	EL ROSARIO	24 900	24 900	40	200	28	4	5	15	8	
D	COACALCO/OJO DE AGUA	SANTA CLARA	27 725	27 725	40	220	28	4	5	8	7	8
T-2	CONSTITUCION DE 1917	CHALCO	23 840	23 840	30	120	56	7	10		7	39
T-3	VILLA DE ARAGON	EMISORA	16 760	16 760	35	230	19	3	5	4	5	5
T-4	OLIVAR DEL CONDE	E CONSTITUCION	17 130	17 130	30	210	24	3	7		5	12
T-5	PANTITLAN	DEGOLLADO	14 550	14 550	30	150	29	4	7		7	15
T-6	PANTITLAN	ESTADIO NEZA 86	10 560	10 560	30	170	20	3	5		5	10
T-7	ATIZAPAN	EL ROSARIO	9 985	9 985	30	225	15	2	8		7	
T-8	ESTADIO MEXICO 68	EMISORA	13 380	13 380	30	280	15	2	7		9	
T-9	E CONSTITUCIONALISTA	ESTADIO NEZA 86	9 205	9 205	30	240	12	2	5		6	
T-10	PIRAMIDES	CD AZTECA	11 105	11 125	30	270	13	2	7		6	

DATOS TOMADOS DEL PMM-85 Y PMMTL 1996

TABLA III.2

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DISTRIBUCIÓN DE TALLERES				
LINEA	LOCALIZACION	LINEAS ATENDIDAS	TIPO	CONDICION
1	ZARAGOZA	1	GR-01	EXISTENTE
2	TASQUEÑA	2	PR-01	EXISTENTE
3	TICOMAN	3	GR-02	EXISTENTE
		9		
4	SANTA CLARA	4	PR-02	
		D		
		T-10		
5	TLALNEPANTLA	5	PR-03	
6	EL ROSARIO	6	PR-04	EXISTENTE
		7		
8	INDIOS VERDES	8	PR-05	
10	CUICUILCO	10	PR-03	
11	SANTA MONICA	11	PR-10	
12	CONST 1917	12	PR-06	EXISTENTE
13	PARQUE NAUCAÏLLI	13	PR-08	
B	C D AZTECA	B	PR-09	EXISTENTE
A	LA PAZ	A	GR	EXISTENTE
T-4	EJERCITO CONSTI	T-4	GR-07	
		T-5		
		T-6		
		T-9		
T-7	ATIZAPAN	T-7	PR-11	
		C		
T-8	EMISORA	T-8	PR-04	
		T-3		
		T-2		

DATOS TOMADOS DEL PMM-85 Y PMMTL 1996

TABLA III.3

En la tabla III.4 se muestra el análisis de las vías de enlace, donde se señala el tipo de servicio que presta cada una de ellas.

Por último en la figura III.1, se muestran los recorridos de los trenes tanto para alimentación de las líneas, como para el arribo a sus respectivos talleres, tomando en cuenta los datos de las tablas III.3 y III.4.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ANÁLISIS DE VIAS DE ENLACE					
ENLACE	SERVICIO			CONDICION	
	ACCESO A PR	ACCESO A GR	ALIMENTACION	EXISTENTE	PROYECTO
LINEA 1 CON 3				X	
LINEA 1 CON 2				X	
LINEA 2 CON 3				X	
LINEA 2 CON 7			X	X	
LINEA 3 CON 5		X	X	X	
LINEA 3 CON 9	X	X	X	X	
LINEA 3 CON 12			X		X
LINEA 4 CON 5		X	X	X	
LINEA 5 CON T ZARAGOZA		X	X	X	
LINEA 5 CON 6		X	X	X	
LINEA 5 CON 8			X		X
LINEA 5 CON B			X	X	
LINEA 6 CON 7	X	X	X	X	
LINEA 8 CON T TICOMAN	X	X	X		X
LINEA 8 CON 9			X	X	
LINEA 8 CON 12			X		X
LINEA 8 CON 13		X	X		X
LINEA 10 CON 12		X	X		X
LINEA C CON T-7	X		X		X
LINEA D CON T-10	X		X		X
LINEA T-2 CON T-3	X	X			X
LINEA T-3 CON T-4		X			X
LINEA T-3 CON T-8					X
LINEA T-4 CON T-9		X			X
LINEA T-5 CON T-6	X	X			X
LINEA T-5 CON T-9	X	X	X		X

DATOS TOMADOS DEL PMM-85 Y PMMTL 1996

TABLA III 4

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

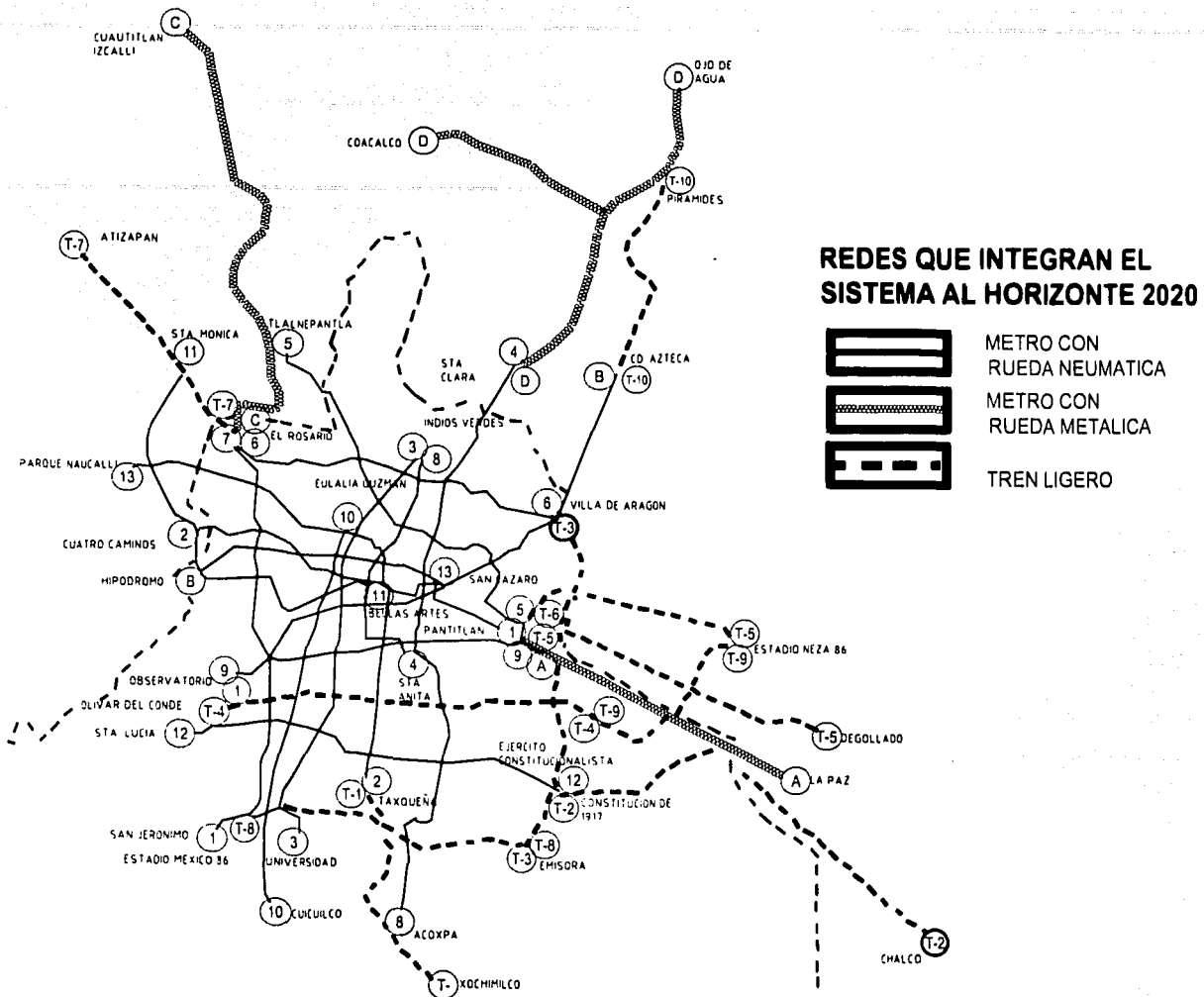


Fig. III.1 Vías de Enlace en la Red General del Sistema de Transporte Colectivo Metro (Horizonte 2020).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO IV

PROYECTO GEOMÉTRICO.

Objetivo específico:

Analizar los elementos fundamentales del proyecto geométrico de la vía de enlace, estudiando la Topografía de la zona de construcción.

GENERALIDADES.

Una vez seleccionado el recorrido o la ubicación de la vía de enlace, se procede a realizar el proyecto geométrico, que es el estudio base para la elaboración de los proyectos ulteriores.

El proyecto geométrico se define como el **dimensionamiento de espacios longitudinales y transversales** para la libre circulación de los trenes en una línea y está constituido esencialmente por cuatro subproyectos:

1. Subproyecto de Trazo.
2. Subproyecto de Perfil.
3. Subproyecto de Gálibos.
4. Subproyecto de dimensionamiento y localización de rejillas de ventilación natural.

Estos proyectos deben estar relacionados entre sí, para poder llegar a una solución en conjunto que permita aprovechar al máximo los espacios disponibles para la construcción de la vía de enlace, es decir, se debe proyectar la solución constructiva en función de la Topografía de la zona de construcción.

IV.1 TOPOGRAFÍA.

La Topografía es la base para la realización del Proyecto Geométrico del Metro. Primero se realizan levantamientos planimétricos de la zona donde se proyecta el trazo de la línea, estos pueden ser directos o por restitución fotogramétrica, posteriormente se localizan las instalaciones municipales que pudieran ser afectadas por la construcción, y directamente, en la elaboración del proyecto geométrico, la Topografía es un apoyo constante hasta la culminación de éste.

Una vez que se obtiene la planimetría, se inicia propiamente el proyecto ejecutivo del trazo, gálibo y perfiles; en los lugares donde se presentan dudas o puntos conflictivos se densifica la información topográfica que corrobora u obliga a modificar las proposiciones originales, en un proceso de alimentación mutua que permite la optimización de soluciones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV.1.1 LOCALIZACIÓN DE INSTALACIONES MUNICIPALES.

La localización de instalaciones aéreas, superficiales y subterráneas en las áreas de influencia del Metropolitano Línea B, en este caso la vía de enlace, constituye un arduo trabajo, tanto por su número, dificultad de ubicación y riesgo en algunos casos.

Las instalaciones municipales representan un factor importante en la estimación de costos y cumplimiento de los programas de obra, ya que el no detectarlas oportunamente significa, la suspensión temporal en los frentes de construcción.

A partir de vértices de los polígonos empleados en el levantamiento directo y complementado con otros vértices auxiliares se levantan pozos de visita, coladeras pluviales, cajas de válvulas de agua potable, gaseoductos, líneas de alta y baja tensión, líneas telefónicas y también, de ser necesario, arbotantes, árboles, casetas telefónicas, registros del sistema de semáforos, etc.

La elevación de las instalaciones hidráulicas y sobre todo redes de drenaje de aguas negras son determinadas a partir de los bancos de trabajo, que a su vez son controlados por bancos profundos y por el banco de nivel de precisión de Atzacolco.

Ya detectadas las características de las instalaciones mencionadas, se dibujan en planos escala 1:500. Ver plano III. 1 "Instalaciones Municipales". (pág. 85).

El trazo tortuoso y la insuficiente amplitud de las calles de la ciudad, sobre todo en la zona central, son factores determinantes en la actual situación conflictiva de circulación de vehículos. Este problema se refleja también al momento de elegir las rutas por las que circulará el transporte colectivo, el que por sus características propias requiere de calles y avenidas que puedan alojar instalaciones, accesos a estaciones, pasajes de comunicación entre estaciones de transferencia, puestos de rectificación de energía, puestos centralizados de control, vías de enlace, etc. Es necesario por consiguiente afectar las construcciones que significan obstáculos serios para el desarrollo de las obras, cuidando siempre que esas afectaciones sean las mínimas para no incrementar los costos de obra y las molestias del público en general, tal y como se mencionó en el Capítulo III.

La información para la realización de las afectaciones se registra en dos tipos de planos:

- a) En los llamados planos generales de afectación en escala 1:500 donde se presenta una visión de conjunto de toda la zona por afectar, mostrando las superficies construidas, su número de niveles y las áreas que no contienen construcción y su número oficial; se indica además el nombre del propietario, número de la boleta predial y un cuadro con el total de superficies afectadas de acuerdo al tipo de construcción.
- b) El segundo tipo de planos, el individual de afectación, es un plano de cada predio afectado a la escala adecuada, para poder apreciar detalladamente las áreas construidas, su tipo de construcción, número de niveles y número oficial, se indica

además el nombre del propietario, el número de la boleta predial y un cuadro con el total de las superficies afectadas de acuerdo al tipo de construcción.

El apoyo para elaborar estos planos son los levantamientos topográficos, complementados con información de campo en cuanto a los datos del propietario, dimensiones del predio y las construcciones existentes en él.

Tomando en cuenta lo anterior, y analizando el plano III. 1 "Instalaciones Municipales", se observa la conveniencia de construir la vía de enlace del Metropolitano Línea B – Línea 5, al Norte del cruce, ya que las afectaciones en esta zona son mínimas, lo cual es uno de los objetivos que se persiguen en la Obra Metro. Específicamente, en esta zona existe el espacio suficiente para alojar a la vía de enlace, con el tipo de solución constructiva que se aplicará: transición de un tramo elevado (Metropolitano Línea B) a un tramo superficial (Línea 5), dado lo cual se aprovecha el ancho de las vialidades existentes: Circuito Interior-Río Consulado con dirección al norte, y Av. Oceanía, dirección sur poniente, con lo cual se procede a la elaboración de los proyectos de Trazo, Perfil y Gálibos.

IV.2 TRAZO.

GENERALIDADES.

Una vez que el análisis de alternativas define un anteproyecto de trazo y perfil, determinada la ruta de la línea y ejecutado el levantamiento topográfico, se elabora un proyecto preliminar de trazo sobre planos dibujados en escala 1:500; dicho planteamiento preliminar debe cumplir con las especificaciones para este tipo de trabajos; posteriormente éste se traza en campo y se observan físicamente las características del trazo, lo que permite afinarlo hasta la elaboración del proyecto ejecutivo.

IV.2.1 PROYECTO PRELIMINAR DE TRAZO.

El proyecto preliminar de trazo se ejecuta en gabinete sobre la planta de los planos donde se efectuó el levantamiento topográfico, dibujado a escala 1:500.

El proyecto preliminar de trazo para esta vía de enlace debe cumplir con las siguientes restricciones o especificaciones:

- La unión entre dos tangentes debe estar ligada por medio de una curva circular simple con un radio mínimo de 60.0 m.
- Los aparatos de comunicación para el enlace de las líneas, se colocan en tramos tangentes, tanto horizontal como verticalmente.
- La tangente mínima entre dos curvas consecutivas debe ser de 12.0 m.
- La longitud mínima de las curvas circulares debe ser de 12.0 m.

- Se debe utilizar el menor número de curvas posibles.

En base a las especificaciones anteriores, sobre el plano se proyectan tangentes, tratando de tener un mínimo de curvas y de no afectar las construcciones existentes. Las deflexiones en los puntos de inflexión (PI) son medidos gráficamente para poder calcular el enlace de estas tangentes mediante una curva circular simple, con lo cual se tiene una idea aproximada por donde pasará la vía de enlace.

Una vez que se tiene el proyecto preliminar de trazo, este se lleva a campo y se ejecuta con la ayuda de una cuadrilla topográfica; es aquí donde se localizan los puntos de control para todas las tangentes, se miden deflexiones reales entre ellas y se toman referencias de los puntos de inflexión con distancia a paramentos cercanos para que en cualquier momento puedan ser localizados nuevamente; asimismo se miden las distancias reales entre cada uno de los puntos de inflexión, lo que determina los cadenamientos de los puntos principales de este eje de trazo.

La necesidad de ubicación de este eje en campo, así como sus replanteos posteriores, hace necesaria la referenciación de los puntos de control de trazo y de los puntos principales de las curvas.

Una vez que se han obtenido todos estos datos, se hacen las modificaciones necesarias para estar en condiciones de elaborar el proyecto ejecutivo de trazo.

IV.2.2 PROYECTO EJECUTIVO DE TRAZO.

El trazo definitivo de una línea de Metro, o de una vía de enlace, debe ser el resultado de los análisis y estudios de cada uno de los elementos implicados en la solución a los problemas que generará la ruta a seguir, entre otros:

- El cruce con instalaciones municipales o especiales.
- Asentamientos humanos.
- Tránsito vehicular.
- Condiciones del subsuelo.
- Afectaciones.
- Topografía del terreno.
- Así como problemas que plantean las condiciones de operación del propio sistema.

Cuando se han obtenido todas las distancias de campo y medidas las deflexiones entre las tangentes, se procede al cálculo definitivo de las curvas horizontales y a dar cadenamientos a todo lo largo del trazo, para lo cual es necesario conocer las coordenadas gráficas de los puntos de inflexión, que se encuentran resumidas en la tabla IV.1:

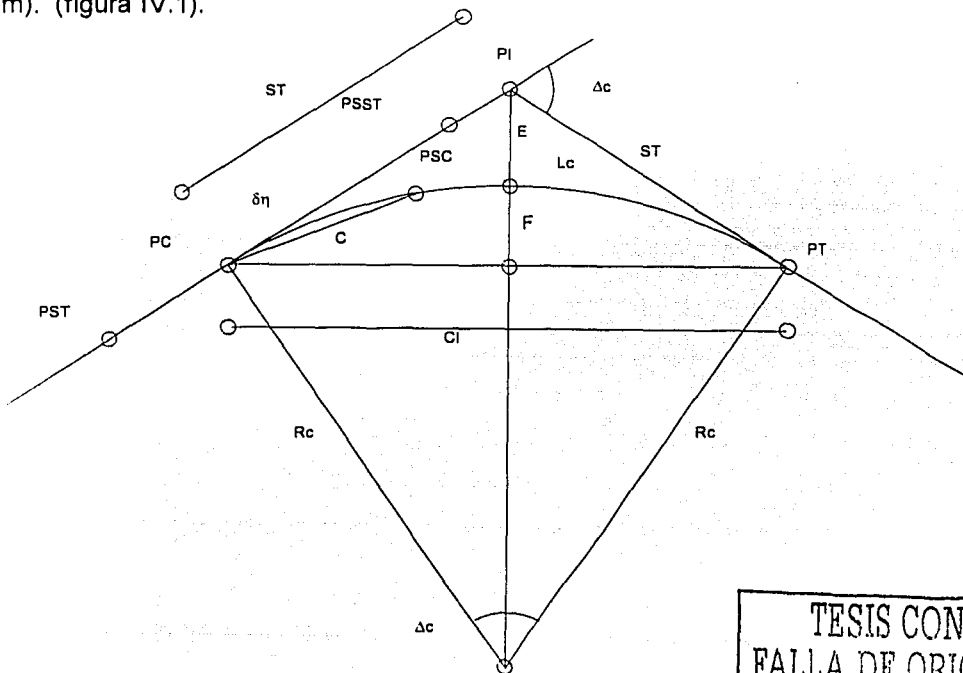
PUNTOS	X	Y	DISTANCIA HORIZONTAL	RUMBOS	Δ	Km
1	308499.4889	301490.1453				15+272.694
2	308360.1333	301410.3704	160.574	S60°12'38". 80 W	83°51'10. 44"	15+433.268
3	308360.4989	301478.8462	84.573	N35°56'10". 76 W	9°40'51. 11"	15+517.841
4	308185.3387	301601.3386	175.127	N45°37'01". 87 W	6°54'40. 56"	15+692.968
5	308146.6210	301631.0172	48.784	N52°31'42. 43" W		15+741.762

TABLA IV. I COORDENADAS GRÁFICAS DE LOS PUNTOS DE INFLEXIÓN

En el plano IV.1 se encuentran graficados los puntos de inflexión del trazo de la vía de enlace.

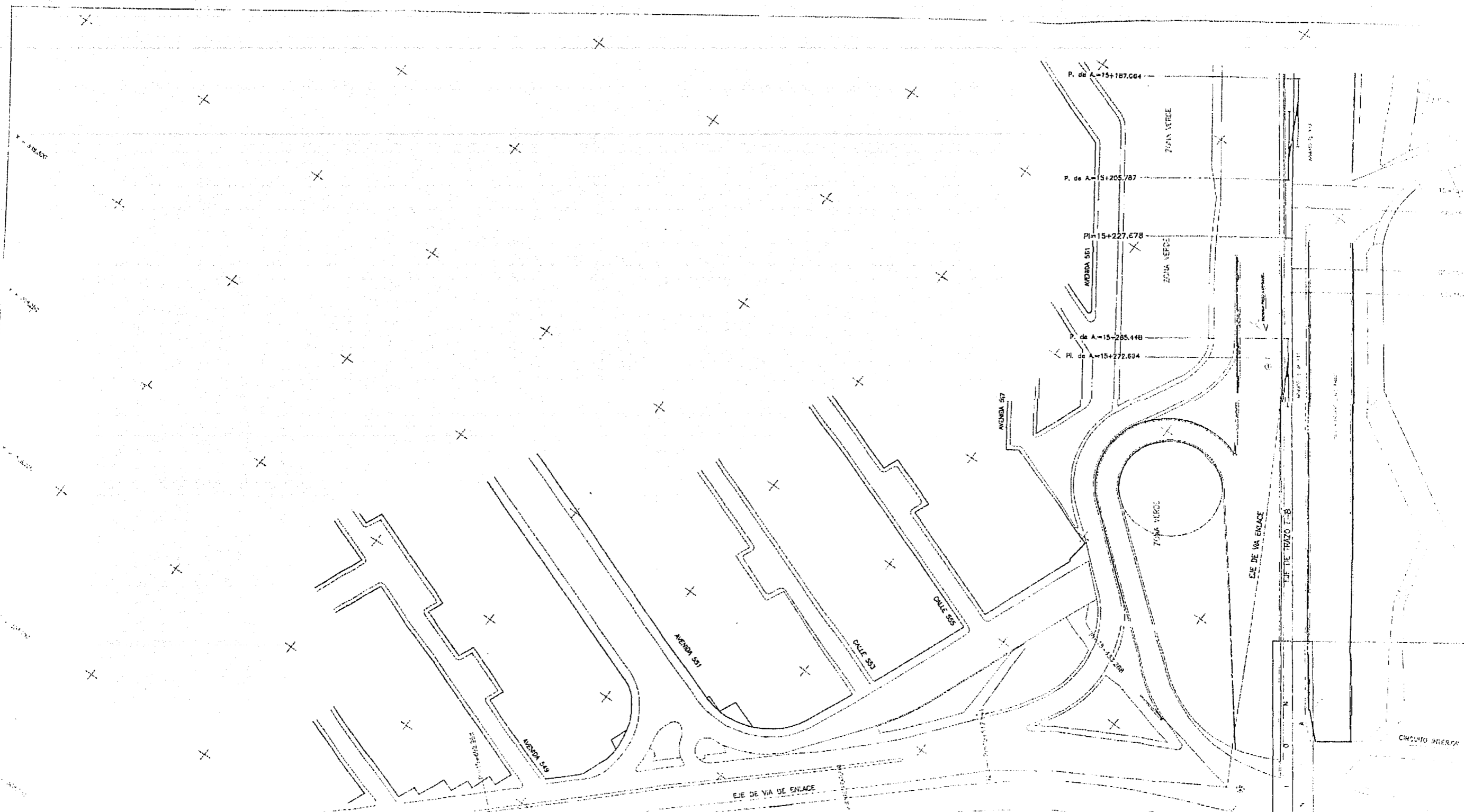
Para el proyecto de trazo de la vía de enlace del Metropolitano Línea B con Línea 5 se emplearán curvas circulares simples; dichas curvas son arcos de círculo que unen dos tangentes en el alineamiento horizontal.

Los elementos principales de una curva circular simple son: subtangente (ST), principio de curva (PC), principio de tangente (PT), punto de inflexión (PI), punto sobre curva (PSC), punto sobre subtangente (PSST), radio de curvatura (Rc), externa (E), flecha (F), cuerda larga (Cl), ángulo de deflexión (Δ_c), longitud de curva (Lc), deflexión por metro (D/m). (figura IV.1).



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Fig. IV.1 Elementos de una Curva Circular.



X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

CIRCUITO INTERIOR

EJE DE TRAZO I-B

EJE DE VIA DE ENLACE

ZONA VERDE

ZONA VERDE

ZONA VERDE

P. de A.=15+187.664

P. de A.=15+205.787

PI.=15+227.678

P. de A.=15+285.448

P. de A.=15+272.634

AVENIDA 561

AVENIDA 567

AVENIDA 569

CALLE 565

CALLE 566

AVENIDA 561

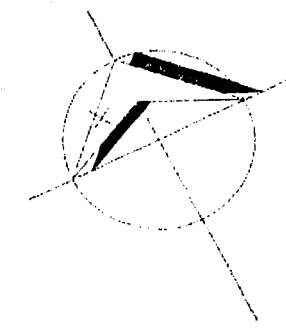
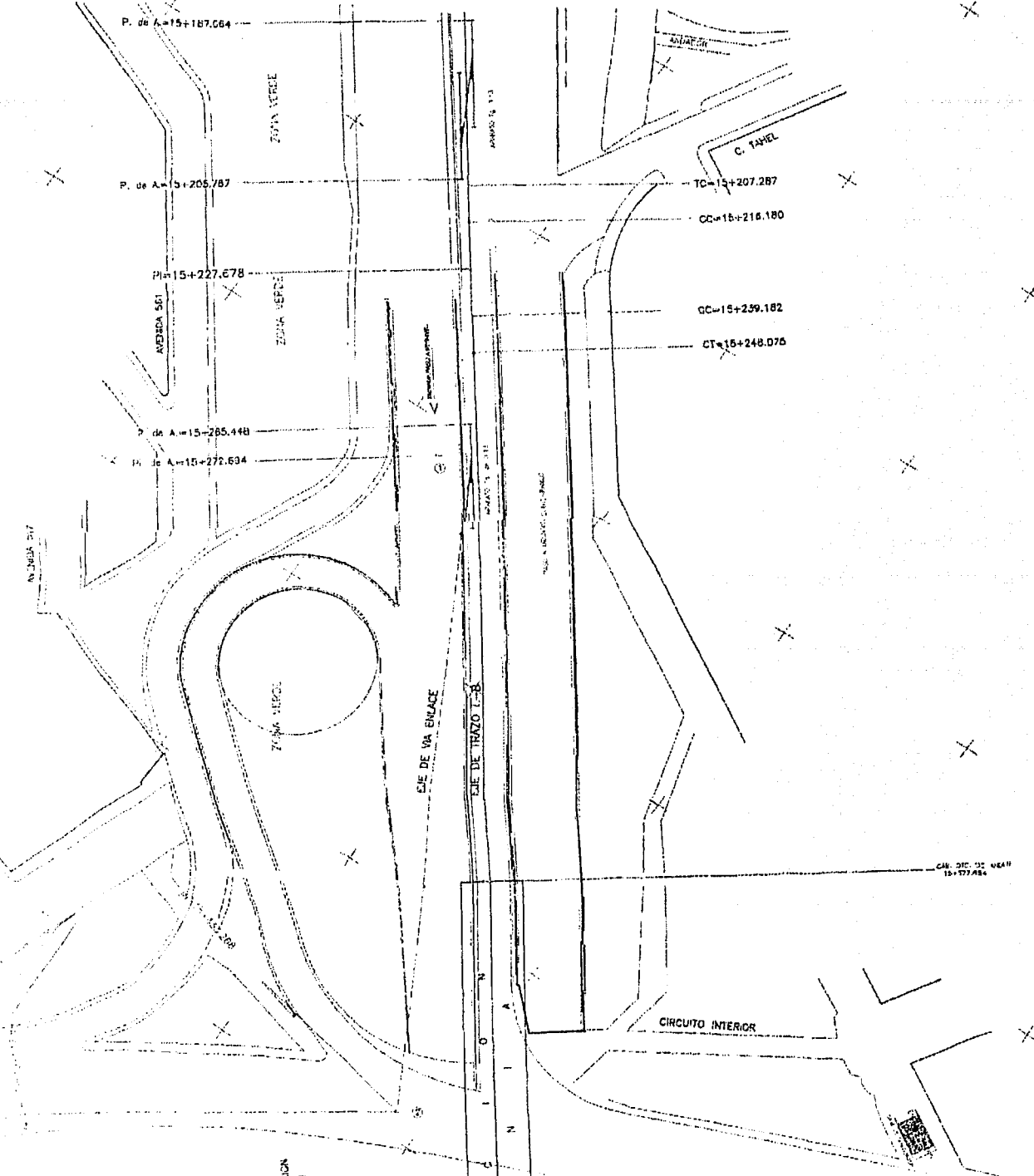
EJE DE VIA DE ENLACE

EJE DE VIA DE ENLACE

EJE DE VIA DE ENLACE

EJE DE VIA DE ENLACE

ON



P. de A=15+187.064

P. de A=15+205.787

PI=15+227.678

P. de A=15+255.448

P. de A=15+272.634

TC=15+207.287

CC=15+216.180

CC=15+239.182

CT=15+248.075

CAR. 215 DE 1944
15-177484

CIRCUITO INTERIOR

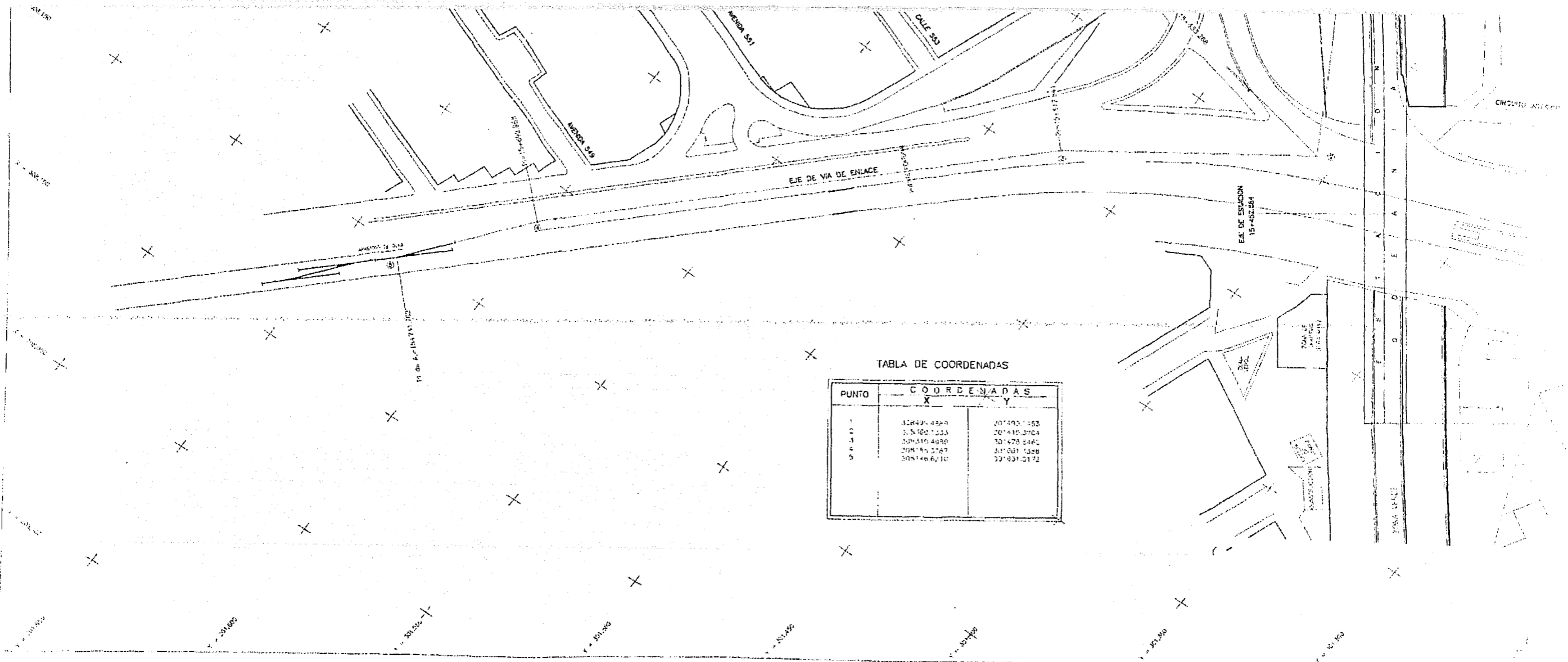
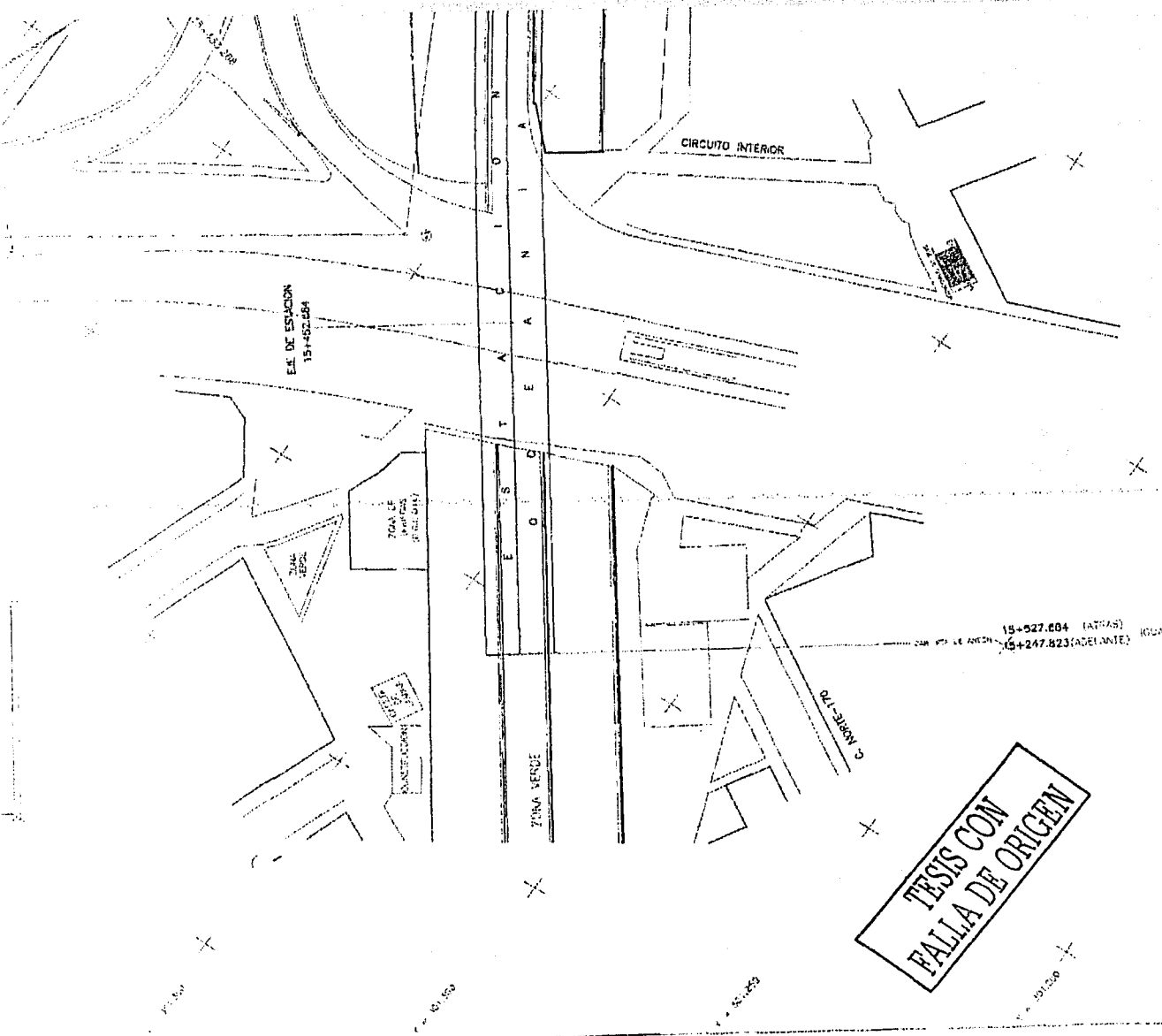


TABLA DE COORDENADAS

PUNTO	COORDENADAS	
	X	Y
1	328429.4369	207493.1153
2	325100.1233	207410.3704
3	328310.4480	207478.8462
4	298750.2787	317531.1358
5	305146.6710	227531.0172



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</p> <p>= CAMPUS ACATLAN =</p>	
<p>PROYECTO :</p>		
<p>METROPOLITANO LINEA B</p>		
<p>PLANO:</p>		
<p>PLANO IV.1 GRAFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE INFLEXIÓN</p>		
<p>REALIZO:</p>	<p>FECHA: FEBRERO/2002</p>	
<p>JULIO C. VILLAZANA LEMUS</p>	<p>ESCALA: 1:500</p>	
<p></p>		<p>ACOT: METROS</p>

IV.2.3 CÁLCULO DE LAS CURVAS HORIZONTALES SIMPLES.

A continuación se describe el procedimiento de cálculo de los elementos de las curvas simples:

Los datos necesarios para el cálculo de una curva circular simple son: el ángulo de la deflexión (Δc), el radio de curvatura (Rc) y el cadenamiento de los puntos de inflexión (PI).

Las fórmulas para el cálculo de los elementos de trazo se enlistan a continuación:

ELEMENTO	FÓRMULA
Subtangente	$ST = Rc \cdot \tan\left(\frac{\Delta c}{2}\right)$
Longitud de la curva	$Lc = \Delta c \cdot Rc \cdot \left(\frac{\pi}{180}\right)$
Cuerda larga	$Cl = 2 Rc \cdot \sin\left(\frac{\Delta c}{2}\right)$
Externa	$E = Rc \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{\Delta c}{2}\right)\right]$
Flecha	$F = Rc \cdot \left[\sin\left(\frac{\Delta c}{2}\right) - 1\right]$
Grado de Curvatura	$Gc = \frac{20 \cdot 180}{Rc \cdot \pi}$
Deflexión por metro	$D/m = 1.5 Gc$

IV.2.3.1 CÁLCULO DE LA CURVA HORIZONTAL No. 1.

Para el cálculo de la curva horizontal 1, se tienen los siguientes datos:

- Cadenamiento del $PI_2 = 15 + 433.268$
- $\Delta_2 = 83^\circ 51' 10.44''$
- Se propone un $Rc = 60$ m.

Por lo tanto, se tiene que:

$$ST = Rc \cdot \tan\left(\frac{\Delta c}{2}\right) = 60 \cdot \tan\left(\frac{83^\circ 51' 10.44''}{2}\right) = 53.885 \text{ m.}$$

$$Lc = \Delta c \cdot Rc \cdot \left(\frac{\pi}{180}\right) = 83^\circ 51' 10.44'' \cdot 60 \cdot \left(\frac{\pi}{180}\right) = 87.811 \text{ m.}$$

$$Cl = 2 R_c \cdot \sin\left(\frac{\Delta c}{2}\right) = 2 \cdot 60 \cdot \sin\left(\frac{83^\circ 51' 10.44''}{2}\right) = 80.181 \text{ m.}$$

$$E = R_c \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{\Delta c}{2}\right)\right] = 60 \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{83^\circ 51' 10.44''}{2}\right)\right] = 15.360 \text{ m.}$$

$$F = R_c \cdot \left[\sin\left(\frac{\Delta c}{2}\right) - 1\right] = 60 \cdot \left[\frac{1}{\cos\left(\frac{\Delta c}{2}\right)} - 1\right] = 60 \cdot \left[\frac{1}{\cos\left(\frac{83^\circ 51' 10.44''}{2}\right)} - 1\right] = 20.645 \text{ m.}$$

$$G_c = \frac{20 \cdot 180}{R_c \cdot \pi} = \frac{3600}{60 \cdot \pi} = 19.09859^\circ \approx 19^\circ 05' 54.94''$$

$$D/m = 1.5 G_c = 1.5 \cdot 19.09859^\circ = 28.64789' (\text{min}) = 0^\circ 28' 38.87''$$

$$\text{Km PC} = \text{Km PI} - ST = 15 + 433.268 - 53.885 = 15 + 379.383$$

$$\text{Km PT} = \text{Km Pc} + L_c = 15 + 379.383 + 87.811 = 15 + 467.194$$

$$\text{Km PI} = \text{Km Pc} + ST = 15 + 433.268 + 53.885 = 15 + 433.268$$

Como $10^\circ < G_c < 20^\circ$ se utilizarán cuerdas de 10 metros.

ESTACION	P. VISADO	CUERDAS	DEFLEXIÓN
Pc	15+379.383	0.000	0°00'00.00"
Psc	15+380.000	0.617	0°17'40.54"
Psc	15+390.000	10.617	5°04'09.28"
Psc	15+400.000	20.617	9°50'38.01"
Psc	15+410.000	30.617	14°37'06.75"
Psc	15+420.000	40.617	19°23'35.48"
Psc	15+430.000	50.617	24°10'04.21"
Psc	15+440.000	60.617	28°56'32.95"
Psc	15+450.000	70.617	33°43'01.68"
Psc	15+460.000	80.617	38°29'30.42"
Pst	15+467.194	87.811	41°55'35.99" X 2 = 83°51'11.98"

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Corrección del Km del PI₃:

$$\text{Km PI}_3 = \text{PI}_2\text{PI}_3 - ST + \text{Km PT} = 84.573 - 53.885 \text{ m} + 15 + 467.194 = 15 + 497.882$$

IV.2.3.2 PARA EL CÁLCULO DE LA CURVA HORIZONTAL No. 2.

Para el cálculo de la curva horizontal 2, se tienen los siguientes datos:

- $PI_3 = 15 + 497,882$
- $\Delta = 9^\circ 40' 51,11''$
- $Rc = 200,00 \text{ m}$

Por lo tanto, se tiene que:

$$ST = Rc \cdot \tan\left(\frac{\Delta c}{2}\right) = 200 \cdot \tan\left(\frac{9^\circ 40' 51,11''}{2}\right) = 16.937 \text{ m.}$$

$$Lc = \Delta c \cdot Rc \cdot \left(\frac{\pi}{180}\right) = 9^\circ 40' 51,11'' \cdot 200 \cdot \left(\frac{\pi}{180}\right) = 33.793 \text{ m.}$$

$$Cl = 2 Rc \cdot \text{sen}\left(\frac{\Delta c}{2}\right) = 2 \cdot 200 \cdot \text{sen}\left(\frac{9^\circ 40' 51,11''}{2}\right) = 33.752 \text{ m.}$$

$$E = Rc \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{\Delta c}{2}\right)\right] = 200 \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{9^\circ 40' 51,11''}{2}\right)\right] = 0.713 \text{ m.}$$

$$F = Rc \cdot \left[\text{sen}\left(\frac{\Delta c}{2}\right) - 1\right] = 200 \cdot \left[\frac{1}{\cos\left(\frac{\Delta c}{2}\right)} - 1\right] = 200 \cdot \left[\frac{1}{\cos\left(\frac{9^\circ 40' 51,11''}{2}\right)} - 1\right] = 0.716 \text{ m.}$$

$$Gc = \frac{20 \cdot 180}{Rc \cdot \pi} = \frac{3600}{200 \cdot \pi} = 5.729577951^\circ \approx 5^\circ 43' 46.48''$$

$$D/m = 1.5 Gc = 1.5 \cdot 5^\circ 43' 46.48'' = 8.594366927' (\text{min}) = 0^\circ 08' 35.66''$$

$$\text{Km PC} = \text{Km PI}_3 - ST = 15 + 497.882 - 16.937 = 15 + 480.945$$

$$\text{Km PT} = \text{Km PC} + Lc = 15 + 480.945 + 33.793 = 15 + 514.738$$

$$\text{Km PI} = \text{Km PC} + ST = 15 + 480.945 + 16.937 = 15 + 497.882$$

Como $0^\circ < Gc < 10^\circ$ se utilizarán cuerdas de 20 metros.

ESTACION	P. VISADO	CUERDAS	DEFLEXIÓN
Pc	15+480.945	0.000	0°00'00"
Psc	15+500.000	19.055	2°43'45.9"
Pt	15+514.738	33.793	4°50'25.7" x 2 = 9°40'51.4"

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Corrección del Km del PI_4 :

$$\text{Km PI}_4 = PI_4PI_3 - ST + \text{Km PT} = 175.127 - 16.937 \text{ m} + 15 + 514.738 = 15 + 672.928$$

IV.2.3.3 CÁLCULO DE LA CURVA HORIZONTAL No. 3

Para el cálculo de la curva horizontal 3, se tienen los siguientes datos:

- $PI_4 = 15 + 672.928$
- $\Delta = 6^\circ 54' 40.56''$
- $Rc = 100.00 \text{ m}$

Por lo tanto, se tiene que:

$$ST = Rc \cdot \tan\left(\frac{\Delta C}{2}\right) = 100 \cdot \tan\left(\frac{6^\circ 54' 40.56''}{2}\right) = 6.038 \text{ m.}$$

$$Lc = \Delta c \cdot Rc \cdot \left(\frac{\pi}{180}\right) = 6^\circ 54' 40.56'' \cdot 100 \cdot \left(\frac{\pi}{180}\right) = 12.062 \text{ m.}$$

$$Cl = 2 Rc \cdot \sin\left(\frac{\Delta C}{2}\right) = 2 \cdot 100 \cdot \sin\left(\frac{6^\circ 54' 40.56''}{2}\right) = 12.055 \text{ m.}$$

$$E = Rc \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{\Delta C}{2}\right)\right] = 100 \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{6^\circ 54' 40.56''}{2}\right)\right] = 0.182 \text{ m.}$$

$$F = Rc \cdot \left[\sin\left(\frac{\Delta C}{2}\right) - 1\right] = 100 \cdot \left[\frac{1}{\cos\left(\frac{\Delta C}{2}\right)} - 1\right] = 100 \cdot \left[\frac{1}{\cos\left(\frac{6^\circ 54' 40.56''}{2}\right)} - 1\right] = 0.182 \text{ m.}$$

$$Gc = \frac{20 \cdot 180}{Rc \cdot \pi} = \frac{3600}{100 \cdot \pi} = 11.4591559^\circ \approx 11^\circ 27' 32.96''$$

$$D/m = 1.5 Gc = 1.5 \cdot 11^\circ 27' 32.96'' = 17.18873385' (\text{min}) = 0^\circ 17' 11.32''$$

$$\text{Km PC} = \text{Km PI}_4 - ST = 15 + 672.928 - 6.038 = 15 + 666.890$$

$$\text{Km PT} = \text{Km PC} + Lc = 15 + 666.890 + 12.062 = 15 + 678.952$$

$$\text{Km PI} = \text{Km PC} + ST = 15 + 666.890 + 6.038 = 15 + 672.928$$

Como $10^\circ < Gc < 20^\circ$ se utilizarán cuerdas de 20 metros.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESTACION	P. VISADO	CUERDAS	DEFLEXIÓN
PC	15+666.890	0.000	0°00'00.00"
	15+670.000	3.110	0°53'27.41"
PT	15+678.952	12.063	3°27'19.78" x 2 = 6°54'39.56"

Corrección del Km del PI₅

$$\text{Km PI}_5 = \text{PI}_4\text{PI}_5 - \text{ST} + \text{Km PT} = 48.784 - 6.038 \text{ m} + 15+678,952 = 15+721.698$$

En el plano IV.2 Proyecto de trazo, se pueden apreciar las curvas antes mencionadas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DATOS DE CIRCULARES	
P=15+672.828	
Δ= 87°14'22.56"	
R=170.830	
S=0.005	
L=12.082	
Q=+11.4481267	
O/T=+17.88754'	

DATOS DE CIRCULARES	
P=15+417.882	
Δ= 84°05'11.11"	
R=250.000	
S=16.427	
L=33.743	
Q=+5.7236781	
O/T=+8.53+307	

DATOS DE CIRCULARES	
P=15+433.268	
Δ= 83°31'10.44"	
R=60.000	
S=53.885	
L=57.511	
Q=+19.26259'	
O/T=+23.64787'	

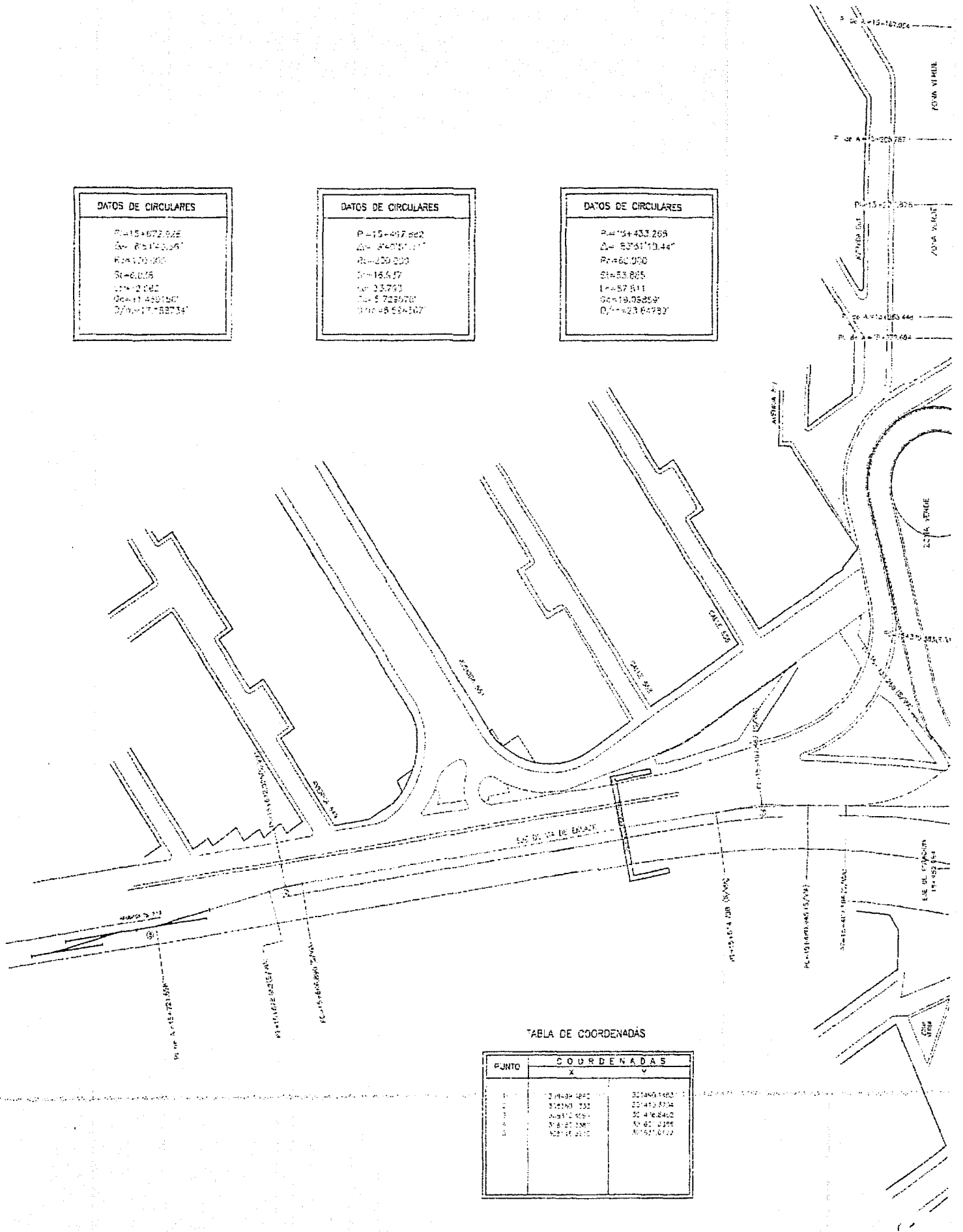


TABLA DE COORDENADAS

PUNTO	COORDENADAS	
	X	Y
1	12.494.482	221490.1482
2	31433.732	221472.5774
3	20872.576	221476.8462
4	31827.338	221482.1395
5	22878.210	221527.0712

IV.3 PERFIL.

GENERALIDADES.

El proyecto vertical, parte integrante del análisis geométrico de las líneas del Metro de la Ciudad de México, es el que define la posición que deberá tener el perfil para liberar las interferencias existentes; debe tomarse en cuenta, que el proyecto proporcione confort al usuario (en caso de vías principales), conservación del material rodante y facilidad en las etapas constructivas.

IV.3.1 PROYECTO PRELIMINAR DE PERFIL.

Paralelamente al anteproyecto de trazo, se hacen nivelaciones sobre los ejes de las calles y en cada una de las esquinas, permitiendo conocer de manera aproximada la Topografía a lo largo de la ruta y elaborar los proyectos preliminares de perfil. Con base en estos estudios y el proyecto definitivo de trazo, se elabora el proyecto definitivo de perfil.

Los factores que influyen en este tipo de proyecto son:

- Topografía del terreno.
- Los estudio de Mecánica de Suelos.
- Obras viales deprimidas.
- Libramiento de construcciones importantes.
- Vías de ferrocarril.
- Interceptores.
- Gasoductos.
- Líneas del Metro actuales y futuras.
- Líneas eléctricas de alto voltaje.
- Etc.

En esta etapa del proyecto se definen los niveles de subrasante de la vía de enlace del Metropolitano Línea B con Línea 5 bajo las siguientes especificaciones:

- a) La pendiente mínima para un tramo en interestación es del 0.300 % para solución en viaducto elevado y 0.200 % para tipo superficial y en algunos casos será del 0.150 %, garantizando así el drenaje longitudinal. Para la pendiente máxima el valor aceptable será de 3.000 % y en casos especiales se tomará el 6.500 %.
- b) En zonas de aparato de vía la pendiente máxima permisible es de 2.000 %.
- c) Para el enlace entre dos líneas, la pendiente máxima deseable es del 3.000 %; excepcionalmente se utilizará el 4.000 %, debido a la capacidad ascendente del material rodante.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

d) La transición de dos tangentes de diferentes pendientes longitudinales, se calcula con curvas verticales parabólicas de la forma $Y = \frac{X^2}{2R}$

Donde:

Y = Elevación.

X = Distancia.

R = Radio de la curva vertical.

e) En vías secundarias el radio mínimo será de 1,000 m.

f) La longitud de la tangente entre dos curvas deberá ser tan grande como lo permita el proyecto y considerar 16.000 m como distancia mínima entre el final de la curva y el principio de la otra.

g) Los aparatos de vía son colocados fuera de las curvas verticales.

h) De acuerdo a los estudios de Mecánica de Suelos, se define el tipo de cimentación de acuerdo al tipo de solución empleado.

El proyecto de perfil de la subrasante, obedece a las especificaciones antes descritas y es el mismo para cualquier tipo de sección, pero varía en su contenido de información, según sea la solución estructural adoptada.

Para la sección en viaducto elevado adoptada para la vía de enlace, se proyectaron los niveles de:

- Rasante.
- Subrasante.
- Lecho inferior de trabes.
- Terreno natural.
- Desplante de columnas.
- Desplante de zapatas.
- Desplante de plantilla.
- Desplante de pilotes.

IV.3.2 PROYECTO DEFINITIVO DE PERFIL.

Una vez definido el eje de trazo definitivo, se procede a nivelarlo a cada 20.000 m; posteriormente esta información se plasma en planos con escala horizontal 1:500 y escala vertical 1:50, donde se plantea el proyecto de perfil con las siguientes características:

Al salir del aparato de vía para enlace del Metropolitano Línea B con Línea 5, localizado en el tramo interestación Deportivo Oceanía – Oceanía, en el cadenamieto

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

15 + 272.694, que es donde comienza la vía de enlace, la tangente vertical proyectada por este aparato de vía tiene una pendiente de + 0.300 %, por lo que se propone una segunda tangente vertical con una pendiente de - 0.300 % y un radio de 2500 m para unirlas.

La siguiente tangente se proyectó con una pendiente de - 4.000 %, que es valor máximo permitido.

Como el objetivo del proyecto de perfil es el de igualar los niveles de subrasante en los puntos donde se intercepta la vía de enlace con la Línea 5 en un extremo y con la Línea B en el otro, precisamente en la zona de los aparatos de enlace, y en virtud del desnivel existente entre una línea y otra, la tangente que liga con la Línea 5 tiene una pendiente de + 0.150 %.

Una vez proyectado el perfil, en cuanto a tangentes, se procede al calculo de los elementos de las curvas verticales, tomando en cuenta la figura IV.2:

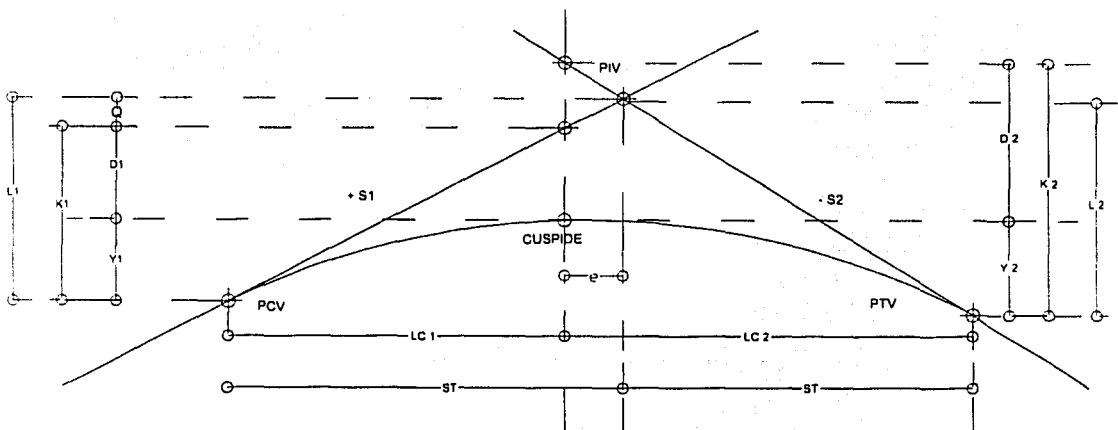


Fig. IV.2 Elementos de una Curva Vertical.

donde:

- PCV Principio de curva vertical.
- PIV Punto de Inflexión vertical.
- PTV Principio de tangente vertical.
- R Radio de la curva vertical.
- S_1 Pendiente de entrada
- S_2 Pendiente de salida.
- LC_1 Longitud de curva 1.
- LC_2 Longitud de curva 2.
- e Distancia de la cúspide al punto de inflexión vertical.
- ST Subtangente.
- Y_1 Elevación entre el PCV y la cúspide.
- Y_2 Elevación entre el PTV y la cúspide.
- Q Elevación entre el punto donde se intercepta la proyección de la cúspide con la primer tangente, hasta la elevación del PIV.
- K_1 Elevación desde el PCV hasta donde se intercepta la cúspide con la primer tangente.
- K_2 Elevación desde el PTV hasta donde se intercepta la cúspide con la segunda tangente.
- Δ_1 Elevación de la cúspide hasta la intercepción con la primer tangente.
- Δ_2 Elevación de la cúspide hasta la intercepción con la segunda tangente.
- L_1 Elevación entre el PCV y el PIV.
- L_2 Elevación entre el PTV y el PIV.
- CUSP Punto más alto de una curva vertical.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV.3.2.1 CÁLCULO DE CURVA VERTICAL No. 1.

Para el cálculo de la curva No. 1, se tienen los siguientes datos:

$$\text{PIV}_2 \ 15+320.000 \quad \text{ST} = \frac{LC_1 - LC_2}{2} = S_1 \text{ y } S_2 \text{ son del mismo signo.}$$

$$\text{ELEV } 37.700 \quad \text{ST} = \frac{LC_1 + LC_2}{2} = S_1 \text{ y } S_2 \text{ son de signo contrario.}$$

$$R = 2500 \text{ M}$$

$$S_1 = + 0.300 \%$$

$$S_2 = - 0.300 \%$$

$$LC_1 = R \cdot |S_1| = 2500 \times 0.003 = 7.500 \text{ m.}$$

$$LC_2 = R \cdot |S_2| = 2500 \times 0.003 = 7.500 \text{ m.}$$

$$e = \left(\frac{R}{2}\right) \cdot |S_1 + S_2| = \left(\frac{2500}{2}\right) \times |0.003 - 0.003| = 0.000 \text{ m.}$$

$$\text{ST} = \frac{LC_1 + LC_2}{2} = \frac{7.500 + 7.500}{2} = 7.500 \text{ m.}$$

$$Y_1 = \frac{(LC_1)^2}{2R} = \frac{(7.500)^2}{2 \times 2500} = 0.011 \text{ m.}$$

$$Y_2 = \frac{(LC_2)^2}{2R} = \frac{(7.500)^2}{2 \times 2500} = 0.011 \text{ m.}$$

$$Q = e |S_1| = 0$$

$$K_1 = LC_1 |S_1| = 7.500 (0.003) = 0.022 \text{ m}$$

$$K_2 = LC_2 |S_2| = 7.500 (0.003) = 0.022 \text{ m}$$

$$\Delta_1 = K_1 - Y_1 = 0.022 - 0.011 = 0.011 \text{ m}$$

$$\Delta_2 = K_2 - Y_2 = 0.022 - 0.011 = 0.011 \text{ m}$$

$$L_1 = \text{ST} \times S_1 = 7.500 \times 0.003 = 0.022 \text{ m}$$

$$L_2 = \text{ST} \times S_2 = 7.500 \times 0.003 = 0.022 \text{ m}$$

$$\text{PCV} = \text{PIV} - \text{ST} = 15+ 320.000 - 7.500 \text{ m} = 15 + 312.500$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$\text{ELEV PCV} = \text{ELEV PIV} - L_1 = 37.700 - 0.022 = 37.678 \text{ m}$$

$$\text{Km CUSP} = \text{PIV} - e = \text{PIV} = 15 + 320.000$$

$$\text{ELEV CUSP} = \text{ELEV PC} + Y_1 = 37.678 \text{ m} + 0.011 \text{ m} = 37.689 \text{ m}$$

$$\text{Km PTV} = \text{Km CUSP} + LC_2 = 15+320.000 + 7.500 = 15 + 327.500$$

$$\text{ELEV PTV} = \text{ELEV CUSP} - Y_2 = 37.689 - 0.011 = 37.678 \text{ m}$$

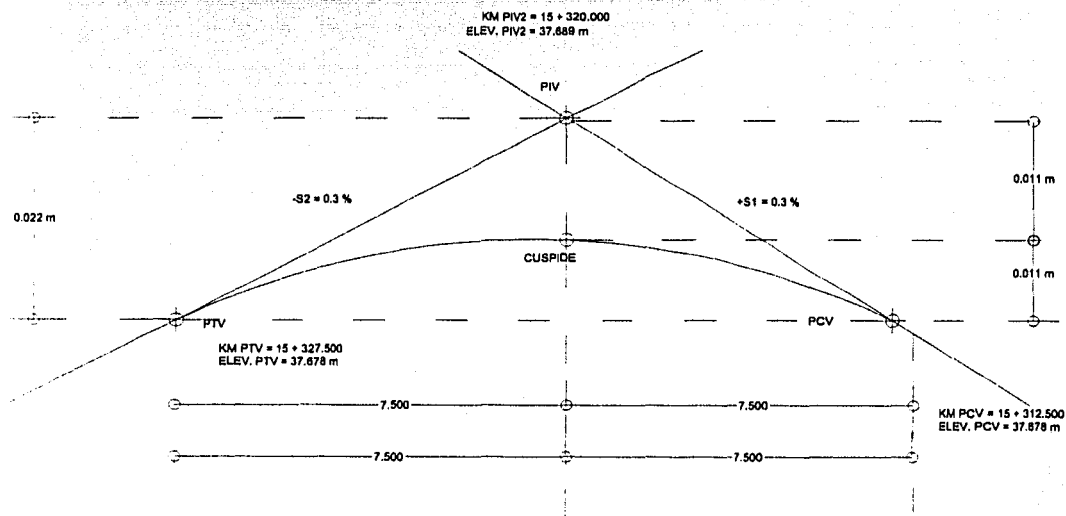


Fig. IV.3 Curva vertical No. 1.

Además de los niveles de los puntos principales de la curva, calculados anteriormente, se deben dar los niveles a cada 5.000 m en cadenamamiento cerrado para la subrasante utilizando la fórmula general: $Y = \frac{X^2}{2R}$

PUNTO	ESTACION	X	$Y = \frac{X^2}{2R}$	ELEVACION
PCV	15+312.500	7.500	0.011	37.678
	15+315.000	5.000	0.005	37.684
CUSP	15+320.000	0.000	0.000	37.689
	15+325.000	5.000	0.005	37.684
PTV	15+327.500	7.500	0.011	37.678

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

IV.3.2.2 CÁLCULO DE CURVA VERTICAL No. 2.

$$\text{PIV}_2 = 15 + 457.838$$

$$\text{ELEV} = 2237.286$$

$$R = 1500 \text{ M}$$

$$S_2 = - 0.300 \%$$

$$S_3 = - 4.000 \%$$

$$e = \left(\frac{R}{2} \right) \cdot S_1 + S_2 = \left(\frac{1500}{2} \right) \times 0.003 + 0.040 = 32.250 \text{ m.}$$

$$\text{LC}_1 = R \cdot S_1 = 1500 \times 0.003 = 4.500 \text{ m.}$$

$$\text{LC}_2 = R \cdot S_2 = 1500 \times 0.040 = 60.000 \text{ m.}$$

$$\text{ST} = \frac{\text{LC}_1 - \text{LC}_2}{2} = \frac{60.000 - 4.500}{2} = 27.750 \text{ m.}$$

$$Y_1 = \frac{(\text{LC}_1)^2}{2R} = \frac{(4.500)^2}{2 \times 1500} = 0.007 \text{ m.}$$

$$Y_2 = \frac{(\text{LC}_2)^2}{2R} = \frac{(60.000)^2}{2 \times 1500} = 1.200 \text{ m.}$$

$$L_1 = \text{ST} \times S_1 = 27.750 \times 0.003 = 0.083 \text{ m}$$

$$L_2 = \text{ST} \times S_2 = 27.750 \times 0.040 = 1.110 \text{ m}$$

$$\text{Km CUSP} = \text{PIV} - e = 15 + 457.838 - 32.250 = 15 + 425.588$$

$$\text{ELEV CUSP} = \text{ELEV PIV} + L_1 + Y_1 = 2237.286 + 0.083 + 0.007 = 2237.376 \text{ m}$$

$$\text{Km PTV} = \text{Km PIV} + \text{ST} = 15 + 457.838 + 27.750 = 15 + 485.588$$

$$\text{ELEV PTV} = \text{ELEV PIV} - L_2 = 2237.286 - 1.110 = 2236.176 \text{ m}$$

$$\text{PCV} = \text{PIV} - \text{ST} = 15 + 457.838 - 27.750 \text{ m} = 15 + 430.088$$

$$\text{ELEV PCV} = \text{ELEV PIV} + L_1 = 2237.286 - 0.083 = 2237.369 \text{ m}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

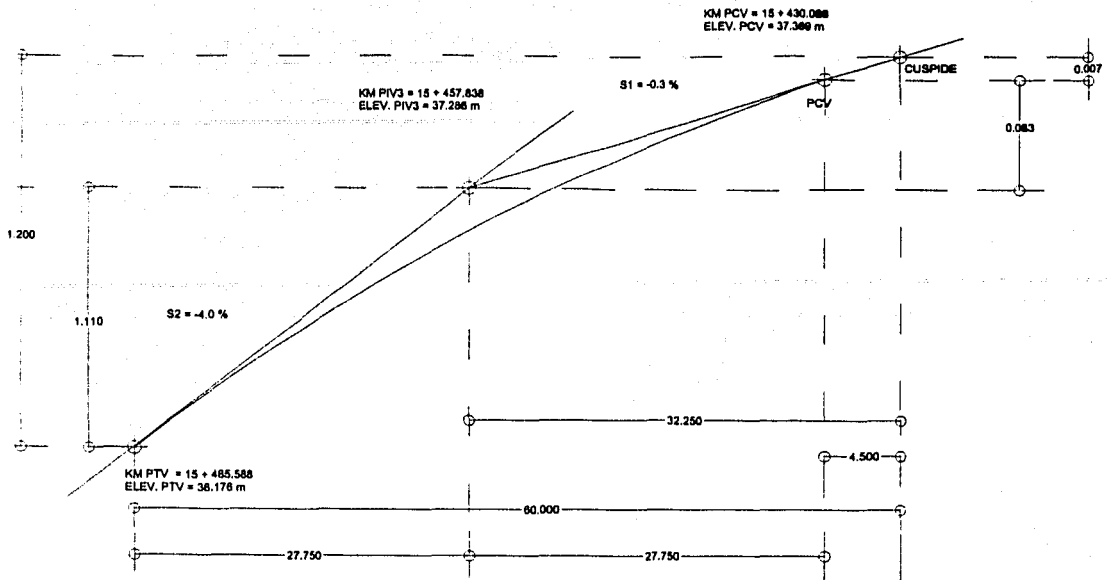


Fig. IV.4 Curva Vertical No. 2.

PUNTO	CADENAMIENTO	X	$Y = \frac{X^2}{2R}$	ELEVACIÓN
CÚSPIDE	15+425.588	0.000	0.000	2237.376
PCV	15+430.088	4.500	0.007	2237.369
	15+435.000	9.412	0.030	2237.346
	15+440.000	14.412	0.069	2237.307
	15+445.000	19.412	0.126	2237.250
	15+450.000	24.412	0.199	2237.177
	15+455.000	29.412	0.288	2237.088
	15+460.000	34.412	0.395	2236.981
	15+465.000	39.412	0.518	2236.858
	15+470.000	44.412	0.657	2236.719
	15+475.000	49.412	0.814	2236.562
	15+480.000	54.412	0.987	2236.389
	15+485.000	59.412	1.177	2236.199
PTV	15+485.588	60.000	1.200	2236.176

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV.3.2.3 CÁLCULO DE LA CURVA VERTICAL No. 3.

$$\text{PIV} = \text{Km } 15+665.543$$

$$\text{ELEV} = 28.978$$

$$R = 1250 \text{ m}$$

$$S_3 = -4.000 \%$$

$$S_4 = +0.150 \%$$

$$\text{LC}_1 = R |S_1| = 1250 \times 0.04 = 50.000 \text{ m}$$

$$\text{LC}_2 = R |S_2| = 1250 \times 0.0015 = 1.875 \text{ m}$$

$$e = \left(\frac{R}{2}\right) \cdot S_1 + S_2 = \left(\frac{1250}{2}\right) \times -0.040 + 0.0015 = 24.063 \text{ m.}$$

$$\text{ST} = \frac{\text{LC}_1 - \text{LC}_2}{2} = \frac{50.000 - 1.875}{2} = 25.938 \text{ m.}$$

$$Y_1 = \frac{(\text{LC}_1)^2}{2R} = \frac{(50.000)^2}{2 \times 1250} = 1.000 \text{ m.}$$

$$Y_2 = \frac{(\text{LC}_2)^2}{2R} = \frac{(1.875)^2}{2 \times 1250} = 0.001 \text{ m.}$$

$$Q = e |S_2| = 24.063 \times 0.0015 = 0.036 \text{ m}$$

$$K_1 = \text{LC}_1 |S_1| = 50.000 \times 0.040 = 2.000 \text{ m}$$

$$K_2 = \text{LC}_2 |S_2| = 1.875 \times 0.0015 = 0.003 \text{ m}$$

$$\Delta_1 = K_1 - Y_1 = 2.000 - 1.000 = 1.000 \text{ m}$$

$$\Delta_2 = K_2 - Y_2 = 0.003 - 0.001 = 0.002 \text{ m}$$

$$L_1 = \text{ST} |S_1| = 25.938 \times 0.04 = 1.038 \text{ m}$$

$$L_2 = \text{ST} |S_2| = 25.938 \times 0.0015 = 0.039 \text{ m}$$

$$\text{PCV} = \text{PIV} - \text{ST} = 15+665.543 - 25.938 = 15+639.605$$

$$\text{ELEV PCV} = \text{ELEV PIV} + L_1 = 28.978 + 1.038 = 30.016 \text{ m}$$

$$\text{Km CUSP} = \text{Km PIV} + e = 15+665.543 + 24.063 = 15+689.606$$

$$\text{ELEV CUSP} = \text{ELEV PIV} - Y_2 = 29.017 - 0.001 = 29.016$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$PTV = PIV + ST = 15+665.543 + 25.938 = 15+691.481$$

$$ELEV\ PTV = Km\ PIV + L_2 = 28.978 + 0.039 = 29.017$$

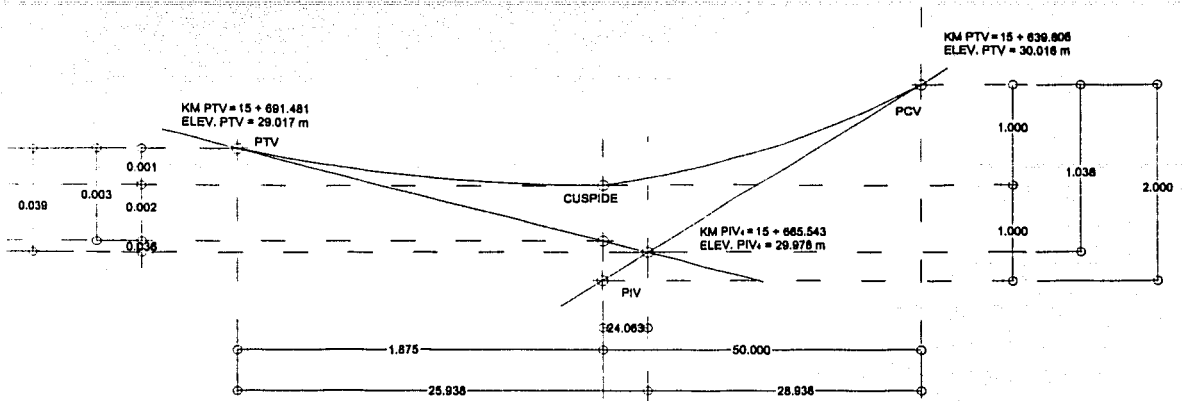


Fig IV.5 Curva Vertical No. 3.

PUNTO	CADENAMIENTO	X	$Y = \frac{X^2}{2R}$	ELEVACIÓN
PCV	15+639.605	50.001	1.000	30.016
	15+640.000	49.606	0.984	30.000
	15+645.000	44.606	0.796	29.812
	15+650.000	39.606	0.627	29.643
	15+655.000	34.606	0.479	29.495
	15+660.000	29.606	0.351	29.367
	15+665.000	24.606	0.242	29.258
	15+670.000	19.606	0.154	29.170
	15+675.000	14.606	0.085	29.101
	15+680.000	9.606	0.037	29.053
CÚSPIDE	15+685.000	4.606	0.008	29.024
	15+689.606	0.000	0.000	29.016
PTV	15+690.000	0.394	0.000	29.016
	15+691.481	1.874	0.001	29.017

En el plano IV.3 Proyecto de Perfil, se muestra el trazo de las curvas verticales antes mencionadas, así como otros aspectos importantes, como son los niveles de rasante, subrasante, nivel de terreno natural, desplante de columnas, desplante de zapatas, desplante de plantillas y desplante de pilotes, que son de fundamental importancia durante el proceso constructivo de la obra.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

15+800

15+700

15+600

15+500

A. ESTACION ARA, Y

AMPAT. 110.013

A: 6+44.40
PC: 100.000
ST: 6.238
LC: 112.002

A: 7+040.510
PC: 200.000
ST: 16.937
LC: 33.763

AV 547

AV 549

AV 55

36 E

35 E

34 E

33 E

32 E

31 E

30 E

EJE DE IMPIO DE ESTRIBO DE
CAD 15+587.000

EJE DE COLUMNA DE
CAD 15+572.000

EJE DE COLUMNA DE
CAD 15+560.000

EJE DE COLUMNA DE
CAD 15+542.000

EJE DE COLUMNA DE
CAD 15+531.000

EJE DE COLUMNA DE
CAD 15+507.000

EJE DE COLUMNA DE
CAD 15+488.000

ELEV. 30.7

37.000

36.000

34.000

33.000

32.000

31.000

30.000

3.00%

C-50

PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LA CARRETERA DE CALAN...
DISEÑADO POR: ...
EJECUTADO POR: ...

15+480

15+470

15+460

15+450

15+440

PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LA CARRETERA DE CALAN...

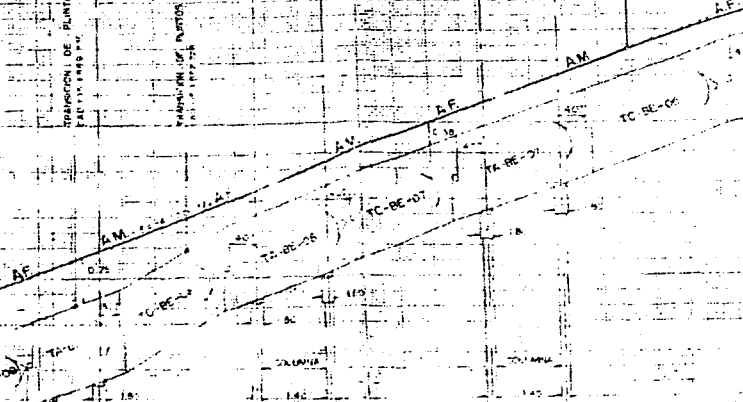
DISEÑADO POR: ...

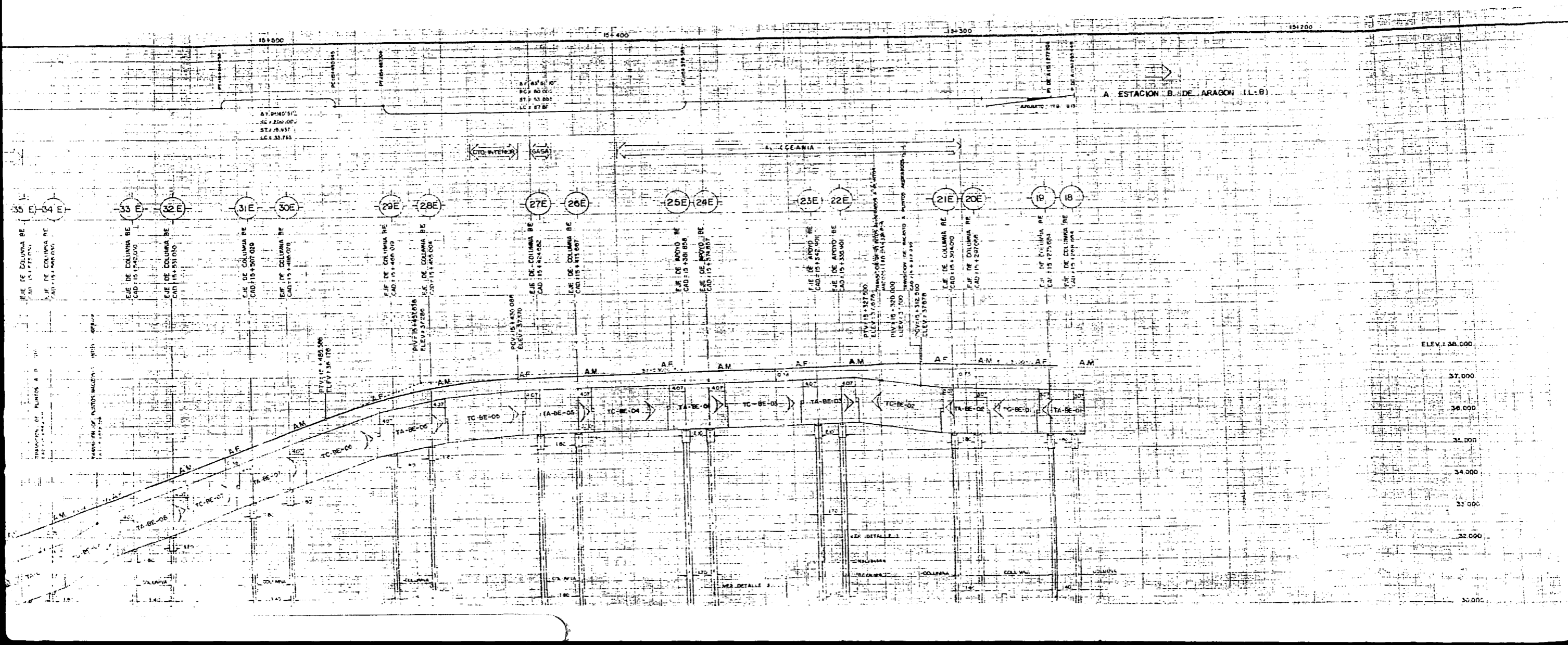
EJECUTADO POR: ...

PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LA CARRETERA DE CALAN...

DISEÑADO POR: ...

EJECUTADO POR: ...





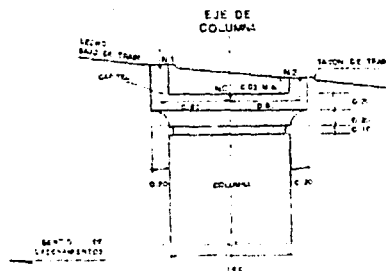
ESTACION B. DE ARAGON (L-B)

NOTAS:

ORIGEN DE ELEVACIONES EN 18 CON ELEVACION DE 30.385 MTS
 UBICADO SOBRE PLANO DE ACERO EN GUARNICION SUR DE AL 504
 A 2.47 MTS ARRED. AL OMBRO DEL CRUCE CON AV 563.

A TODAS LAS ELEVACIONES DICTADAS SUMARSE 2000 MTS
 PARA REFERIRLAS AL NIVEL MEDIO DEL MAR

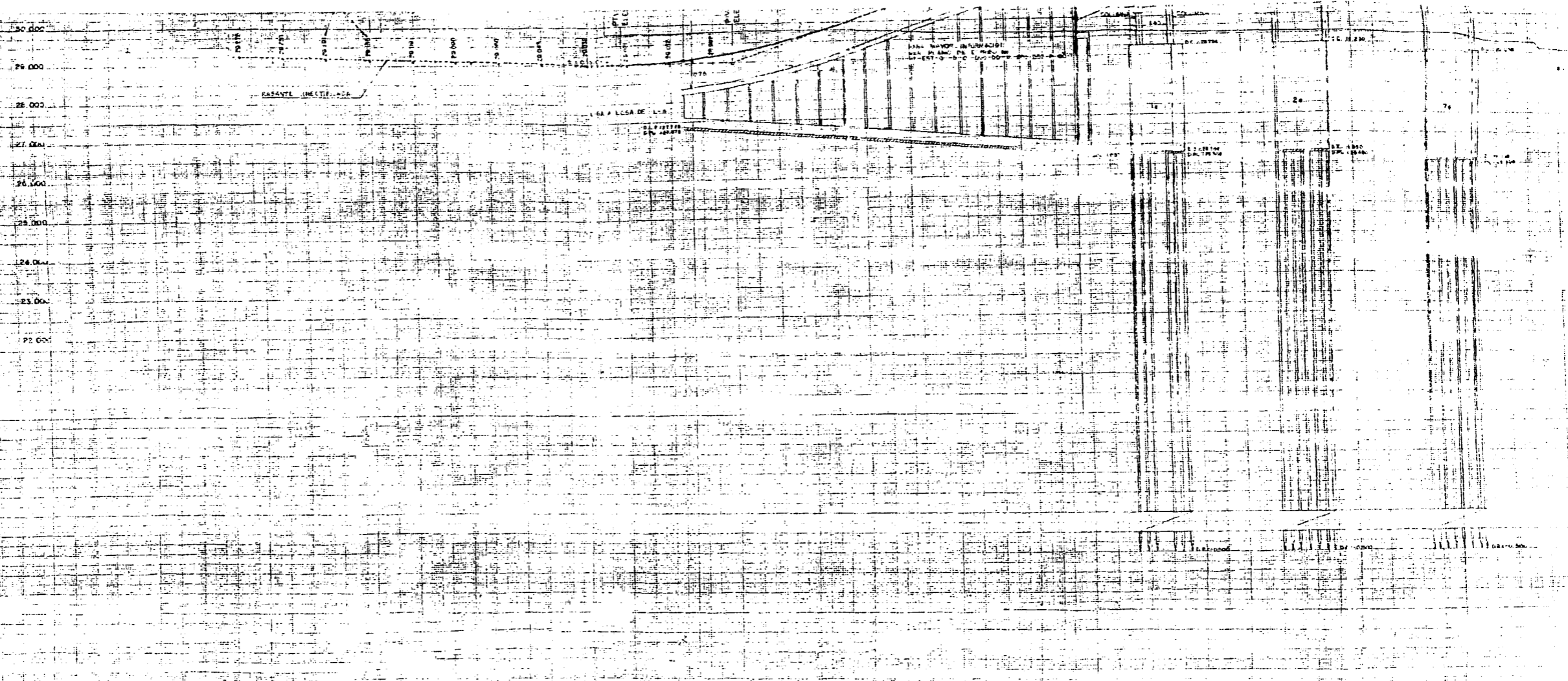
DETALLE DE UBICACION DE NIVELES
 PARA TOPES DE COLADOS DE COLUMNAS



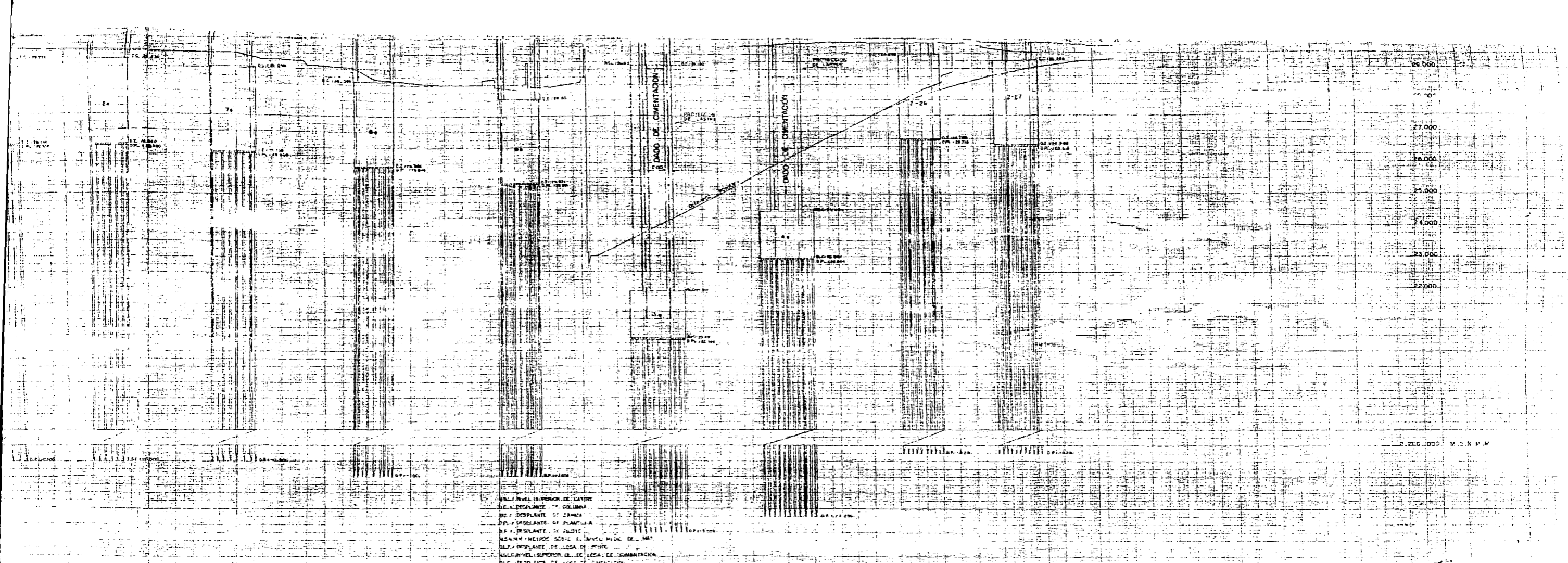
NIVELES DE TOPE DE COLADO

EJE	N1	N2	N3	NOTAS
BE-01	35.94	35.75	35.56	
BE-02	35.40	35.21	35.02	
BE-03	35.84	35.65	35.46	
BE-04	35.82	35.63	35.44	
BE-05	35.81	35.62	35.43	VER DETALLE N. 1
BE-06	35.80	35.61	35.42	VER DETALLE N. 1
BE-07	35.79	35.60	35.41	VER DETALLE N. 1
BE-08	35.78	35.59	35.40	VER DETALLE N. 1
BE-09	35.77	35.58	35.39	VER DETALLE N. 1
BE-10	35.76	35.57	35.38	VER DETALLE N. 1
BE-11	35.75	35.56	35.37	VER DETALLE N. 1
BE-12	35.74	35.55	35.36	VER DETALLE N. 1
BE-13	35.73	35.54	35.35	VER DETALLE N. 1
BE-14	35.72	35.53	35.34	VER DETALLE N. 1
BE-15	35.71	35.52	35.33	VER DETALLE N. 1
BE-16	35.70	35.51	35.32	VER DETALLE N. 1
BE-17	35.69	35.50	35.31	VER DETALLE N. 1
BE-18	35.68	35.49	35.30	VER DETALLE N. 1
BE-19	35.67	35.48	35.29	VER DETALLE N. 1
BE-20	35.66	35.47	35.28	VER DETALLE N. 1
BE-21	35.65	35.46	35.27	VER DETALLE N. 1
BE-22	35.64	35.45	35.26	VER DETALLE N. 1
BE-23	35.63	35.44	35.25	VER DETALLE N. 1
BE-24	35.62	35.43	35.24	VER DETALLE N. 1
BE-25	35.61	35.42	35.23	VER DETALLE N. 1
BE-26	35.60	35.41	35.22	VER DETALLE N. 1
BE-27	35.59	35.40	35.21	VER DETALLE N. 1
BE-28	35.58	35.39	35.20	VER DETALLE N. 1
BE-29	35.57	35.38	35.19	VER DETALLE N. 1
BE-30	35.56	35.37	35.18	VER DETALLE N. 1
BE-31	35.55	35.36	35.17	VER DETALLE N. 1
BE-32	35.54	35.35	35.16	VER DETALLE N. 1
BE-33	35.53	35.34	35.15	VER DETALLE N. 1
BE-34	35.52	35.33	35.14	VER DETALLE N. 1
BE-35	35.51	35.32	35.13	VER DETALLE N. 1
BE-36	35.50	35.31	35.12	VER DETALLE N. 1
BE-37	35.49	35.30	35.11	VER DETALLE N. 1
BE-38	35.48	35.29	35.10	VER DETALLE N. 1
BE-39	35.47	35.28	35.09	VER DETALLE N. 1
BE-40	35.46	35.27	35.08	VER DETALLE N. 1
BE-41	35.45	35.26	35.07	VER DETALLE N. 1
BE-42	35.44	35.25	35.06	VER DETALLE N. 1
BE-43	35.43	35.24	35.05	VER DETALLE N. 1
BE-44	35.42	35.23	35.04	VER DETALLE N. 1
BE-45	35.41	35.22	35.03	VER DETALLE N. 1
BE-46	35.40	35.21	35.02	VER DETALLE N. 1
BE-47	35.39	35.20	35.01	VER DETALLE N. 1
BE-48	35.38	35.19	35.00	VER DETALLE N. 1
BE-49	35.37	35.18	34.99	VER DETALLE N. 1
BE-50	35.36	35.17	34.98	VER DETALLE N. 1

CROQUIS DE LOCALIZACION



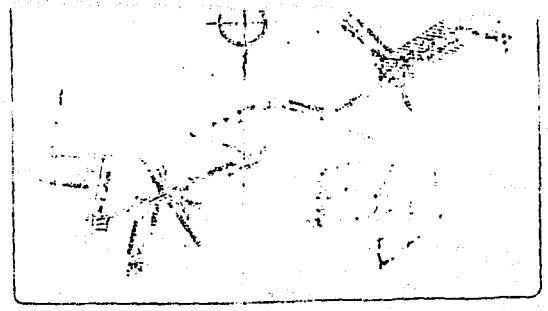
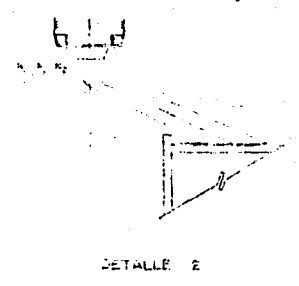
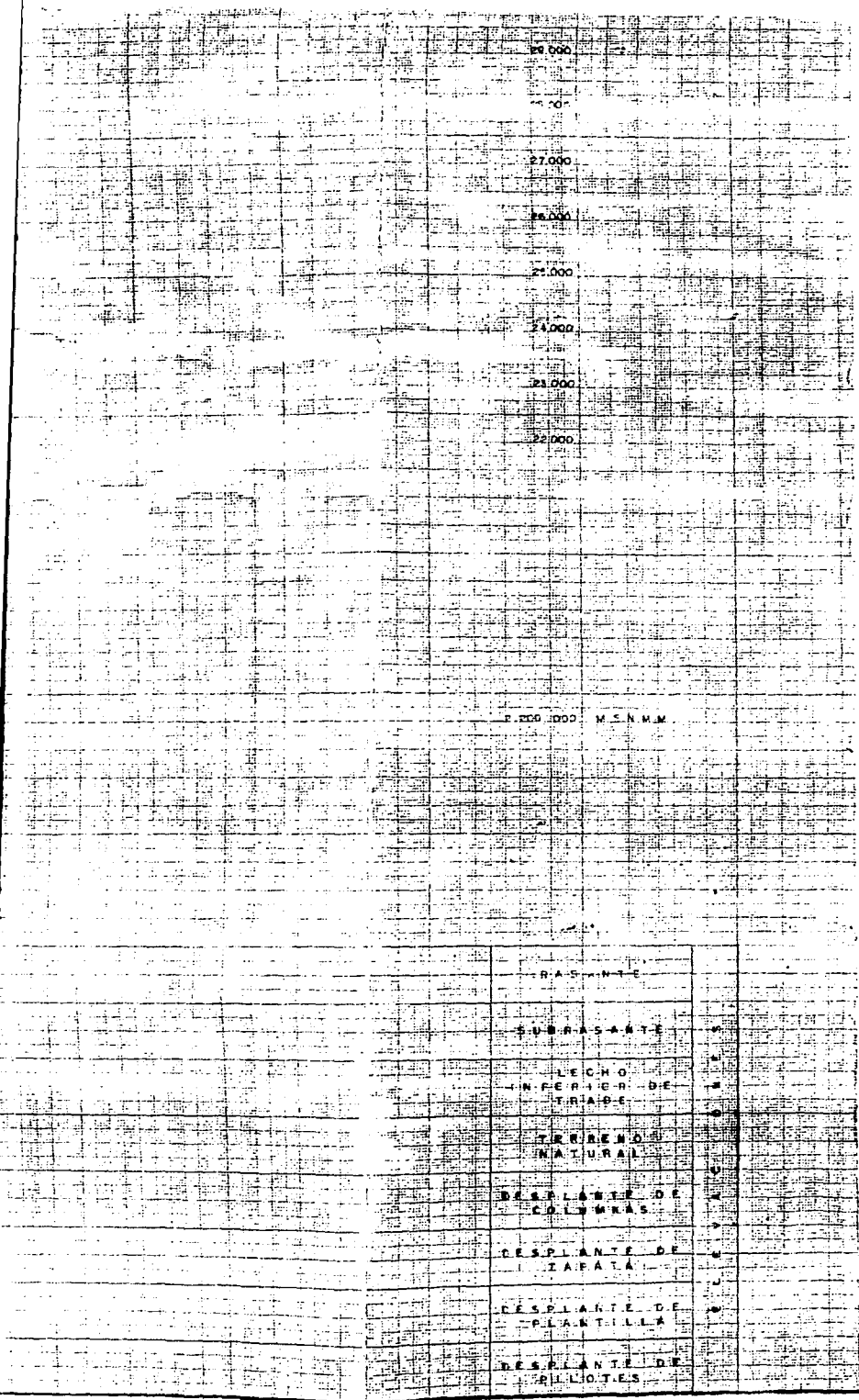
C	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL					
					10	20	30	40	50
1	PASANTE	20711	20711	20711					
2	PASANTE	20711	20711	20711					
3	LEONOR EN LANCHE	20711	20711	20711					
4	PERRENO NATURAL	20711	20711	20711					
5	DESPLANTE DE COLUMNAS	20711	20711	20711					
6	DESPLANTE DE ZAPATA	20711	20711	20711					
7	DESPLANTE DE PLANTA L.L.A.	20711	20711	20711					
8	DESPLANTE DE PLANTAS	20711	20711	20711					
9	PASANTE	20711	20711	20711					
10	PASANTE	20711	20711	20711					
11	PASANTE	20711	20711	20711					
12	PASANTE	20711	20711	20711					
13	PASANTE	20711	20711	20711					
14	PASANTE	20711	20711	20711					
15	PASANTE	20711	20711	20711					
16	PASANTE	20711	20711	20711					
17	PASANTE	20711	20711	20711					
18	PASANTE	20711	20711	20711					
19	PASANTE	20711	20711	20711					
20	PASANTE	20711	20711	20711					
21	PASANTE	20711	20711	20711					
22	PASANTE	20711	20711	20711					
23	PASANTE	20711	20711	20711					
24	PASANTE	20711	20711	20711					
25	PASANTE	20711	20711	20711					
26	PASANTE	20711	20711	20711					
27	PASANTE	20711	20711	20711					
28	PASANTE	20711	20711	20711					
29	PASANTE	20711	20711	20711					
30	PASANTE	20711	20711	20711					
31	PASANTE	20711	20711	20711					
32	PASANTE	20711	20711	20711					
33	PASANTE	20711	20711	20711					
34	PASANTE	20711	20711	20711					
35	PASANTE	20711	20711	20711					
36	PASANTE	20711	20711	20711					
37	PASANTE	20711	20711	20711					
38	PASANTE	20711	20711	20711					
39	PASANTE	20711	20711	20711					
40	PASANTE	20711	20711	20711					
41	PASANTE	20711	20711	20711					
42	PASANTE	20711	20711	20711					
43	PASANTE	20711	20711	20711					
44	PASANTE	20711	20711	20711					
45	PASANTE	20711	20711	20711					
46	PASANTE	20711	20711	20711					
47	PASANTE	20711	20711	20711					
48	PASANTE	20711	20711	20711					
49	PASANTE	20711	20711	20711					
50	PASANTE	20711	20711	20711					
51	PASANTE	20711	20711	20711					
52	PASANTE	20711	20711	20711					
53	PASANTE	20711	20711	20711					
54	PASANTE	20711	20711	20711					
55	PASANTE	20711	20711	20711					
56	PASANTE	20711	20711	20711					
57	PASANTE	20711	20711	20711					
58	PASANTE	20711	20711	20711					
59	PASANTE	20711	20711	20711					
60	PASANTE	20711	20711	20711					
61	PASANTE	20711	20711	20711					
62	PASANTE	20711	20711	20711					
63	PASANTE	20711	20711	20711					
64	PASANTE	20711	20711	20711					
65	PASANTE	20711	20711	20711					
66	PASANTE	20711	20711	20711					
67	PASANTE	20711	20711	20711					
68	PASANTE	20711	20711	20711					
69	PASANTE	20711	20711	20711					
70	PASANTE	20711	20711	20711					
71	PASANTE	20711	20711	20711					
72	PASANTE	20711	20711	20711					
73	PASANTE	20711	20711	20711					
74	PASANTE	20711	20711	20711					
75	PASANTE	20711	20711	20711					
76	PASANTE	20711	20711	20711					
77	PASANTE	20711	20711	20711					
78	PASANTE	20711	20711	20711					
79	PASANTE	20711	20711	20711					
80	PASANTE	20711	20711	20711					
81	PASANTE	20711	20711	20711					
82	PASANTE	20711	20711	20711					
83	PASANTE	20711	20711	20711					
84	PASANTE	20711	20711	20711					
85	PASANTE	20711	20711	20711					
86	PASANTE	20711	20711	20711					
87	PASANTE	20711	20711	20711					
88	PASANTE	20711	20711	20711					
89	PASANTE	20711	20711	20711					
90	PASANTE	20711	20711	20711					
91	PASANTE	20711	20711	20711					
92	PASANTE	20711	20711	20711					
93	PASANTE	20711	20711	20711					
94	PASANTE	20711	20711	20711					
95	PASANTE	20711	20711	20711					
96	PASANTE	20711	20711	20711					
97	PASANTE	20711	20711	20711					
98	PASANTE	20711	20711	20711					
99	PASANTE	20711	20711	20711					
100	PASANTE	20711	20711	20711					



NIVEL SUPERIOR DE ASFALTO
 D.C. DESPLANTE DE COLUMNA
 D.P. DESPLANTE DE ZARZA
 D.P. DESPLANTE DE PLANTILLA
 D.F. DESPLANTE DE PAVES
 N.S.M.M. METROS SOBRE EL NIVEL MEDIO DEL MAR
 D.L. DESPLANTE DE LOSA DE FONDO
 N.S.L. NIVEL SUPERIOR DE LA LOSA DE CIMENTACION
 D.C. DESPLANTE DE LOSA DE FONDO

0+000	29.300	33.000	33.000	34.000
0+100	28.577	32.000	32.000	34.000
0+200	28.544	32.000	32.000	34.000
0+300	28.511	32.000	32.000	34.000
0+400	28.478	32.000	32.000	34.000
0+500	28.445	32.000	32.000	34.000
0+600	28.412	32.000	32.000	34.000
0+700	28.379	32.000	32.000	34.000
0+800	28.346	32.000	32.000	34.000
0+900	28.313	32.000	32.000	34.000
1+000	28.280	32.000	32.000	34.000
1+100	28.247	32.000	32.000	34.000
1+200	28.214	32.000	32.000	34.000
1+300	28.181	32.000	32.000	34.000
1+400	28.148	32.000	32.000	34.000
1+500	28.115	32.000	32.000	34.000
1+600	28.082	32.000	32.000	34.000
1+700	28.049	32.000	32.000	34.000
1+800	28.016	32.000	32.000	34.000
1+900	27.983	32.000	32.000	34.000
2+000	27.950	32.000	32.000	34.000
2+100	27.917	32.000	32.000	34.000
2+200	27.884	32.000	32.000	34.000
2+300	27.851	32.000	32.000	34.000
2+400	27.818	32.000	32.000	34.000
2+500	27.785	32.000	32.000	34.000
2+600	27.752	32.000	32.000	34.000
2+700	27.719	32.000	32.000	34.000
2+800	27.686	32.000	32.000	34.000
2+900	27.653	32.000	32.000	34.000
3+000	27.620	32.000	32.000	34.000
3+100	27.587	32.000	32.000	34.000
3+200	27.554	32.000	32.000	34.000
3+300	27.521	32.000	32.000	34.000
3+400	27.488	32.000	32.000	34.000
3+500	27.455	32.000	32.000	34.000
3+600	27.422	32.000	32.000	34.000
3+700	27.389	32.000	32.000	34.000
3+800	27.356	32.000	32.000	34.000
3+900	27.323	32.000	32.000	34.000
4+000	27.290	32.000	32.000	34.000
4+100	27.257	32.000	32.000	34.000
4+200	27.224	32.000	32.000	34.000
4+300	27.191	32.000	32.000	34.000
4+400	27.158	32.000	32.000	34.000
4+500	27.125	32.000	32.000	34.000
4+600	27.092	32.000	32.000	34.000
4+700	27.059	32.000	32.000	34.000
4+800	27.026	32.000	32.000	34.000
4+900	26.993	32.000	32.000	34.000
5+000	26.960	32.000	32.000	34.000
5+100	26.927	32.000	32.000	34.000
5+200	26.894	32.000	32.000	34.000
5+300	26.861	32.000	32.000	34.000
5+400	26.828	32.000	32.000	34.000
5+500	26.795	32.000	32.000	34.000
5+600	26.762	32.000	32.000	34.000
5+700	26.729	32.000	32.000	34.000
5+800	26.696	32.000	32.000	34.000
5+900	26.663	32.000	32.000	34.000
6+000	26.630	32.000	32.000	34.000
6+100	26.597	32.000	32.000	34.000
6+200	26.564	32.000	32.000	34.000
6+300	26.531	32.000	32.000	34.000
6+400	26.498	32.000	32.000	34.000
6+500	26.465	32.000	32.000	34.000
6+600	26.432	32.000	32.000	34.000
6+700	26.399	32.000	32.000	34.000
6+800	26.366	32.000	32.000	34.000
6+900	26.333	32.000	32.000	34.000
7+000	26.300	32.000	32.000	34.000
7+100	26.267	32.000	32.000	34.000
7+200	26.234	32.000	32.000	34.000
7+300	26.201	32.000	32.000	34.000
7+400	26.168	32.000	32.000	34.000
7+500	26.135	32.000	32.000	34.000
7+600	26.102	32.000	32.000	34.000
7+700	26.069	32.000	32.000	34.000
7+800	26.036	32.000	32.000	34.000
7+900	26.003	32.000	32.000	34.000
8+000	25.970	32.000	32.000	34.000
8+100	25.937	32.000	32.000	34.000
8+200	25.904	32.000	32.000	34.000
8+300	25.871	32.000	32.000	34.000
8+400	25.838	32.000	32.000	34.000
8+500	25.805	32.000	32.000	34.000
8+600	25.772	32.000	32.000	34.000
8+700	25.739	32.000	32.000	34.000
8+800	25.706	32.000	32.000	34.000
8+900	25.673	32.000	32.000	34.000
9+000	25.640	32.000	32.000	34.000
9+100	25.607	32.000	32.000	34.000
9+200	25.574	32.000	32.000	34.000
9+300	25.541	32.000	32.000	34.000
9+400	25.508	32.000	32.000	34.000
9+500	25.475	32.000	32.000	34.000
9+600	25.442	32.000	32.000	34.000
9+700	25.409	32.000	32.000	34.000
9+800	25.376	32.000	32.000	34.000
9+900	25.343	32.000	32.000	34.000
10+000	25.310	32.000	32.000	34.000

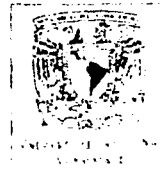
BASE	RA-3-NT-12E
1	SUBRASANTE
2	LECHO INFERIOR DE TRIESTE
3	TERRENO NATURAL
4	DESPLANTE DE COLUMNAS
5	DESPLANTE DE ZARZA
6	DESPLANTE DE PLANTILLA
7	DESPLANTE DE PAVES



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO



= CAMPUS ACATLÁN =

PROYECTO :

METROPOLITANO LINEA B

PLANO:

IV.3 PROYECTO DE PERFIL

REALIZO:

JULIO C. VILLAZANA LEMUS

FICHA:

FEBRERO/2002

ESCALA:

ESC VER: 1:50
ESC HOR: 1:500

ACOT:

METROS

IV.4 GÁLIBOS.

GENERALIDADES.

En el proyecto de gálibos, se define la geometría de la estructura que permitirá el paso del equipo rodante y del personal de mantenimiento y operación, así como de las instalaciones necesarias para el buen funcionamiento del sistema.

IV.4.1 PROYECTO DE GÁLIBOS.

El gálibo es el **espacio libre que se requiere para la circulación del material rodante**, el sistema de vías e instalaciones electromecánicas.

El proyecto de gálibos debe ser el resultado del estudio y análisis de cada uno de los espacios requeridos para la correcta operación del sistema, tomando en cuenta lo siguiente:

- a) Trazo.
- b) Perfil.
- c) Sistema de vía.
- d) Elementos de instalaciones electromecánicas, hidráulicas y de ventilación (cuando se requieran).
- e) Dimensionamiento estático y dinámico del tren.
- f) Tipo de sección constructiva del tramo.

El tipo de solución empleado en la construcción de la vía de enlace del Metropolitano Línea B con Línea 5 (viaducto elevado), define la sección a utilizar, de esta manera, se hace el diseño del espacio geométrico necesario, alojando las instalaciones necesarias para su operación, procurando que los trenes circulen sin ningún obstáculo.

El sistema de vía como elemento base para la circulación del material rodante, está integrado por tres pares de perfiles metálicos que aseguran la sustentación y el guiado de los trenes.

Estos perfiles se colocan simétricamente respecto al eje de la vía, con una trocha de $1.435 \text{ m} \pm 4 \text{ mm}$. El conjunto de perfiles está constituido por:

- Una vigueta "H".
- Un riel "80 ASCE".
- Un ángulo de acero (barra guía). Ver figura II.3 Vía Sobre Balasto (pág. 40)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV.4.2 GÁLIBO HORIZONTAL.

El gálibo horizontal es la distancia que se necesita entre muros laterales de la vía de enlace; ésta distancia se determina en función de las dimensiones del tren, el trazo del tramo, andadores, etc.

La vía de enlace es una vía sencilla, que esta conectada a las vías principales de la Línea B y de la Línea 5, mediante un aparato de vía tangente 0.13, como el que se muestra en la figura IV.6:

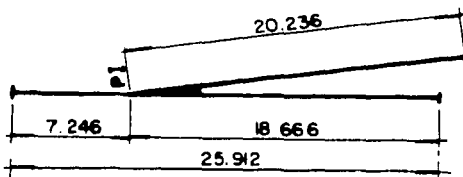


FIG. IV.6 Aparato de Vía Tangente 0.13.

Cabe hacer notar que se tiene secciones tipo de los gálibos, dependiendo el tipo de solución constructiva y operación del tramo.

A continuación se define el gálibo horizontal para tramo tangente y tramo curvo.

IV.4.3 GÁLIBO HORIZONTAL EN TRAMO TANGENTE (UNA SOLA VÍA).

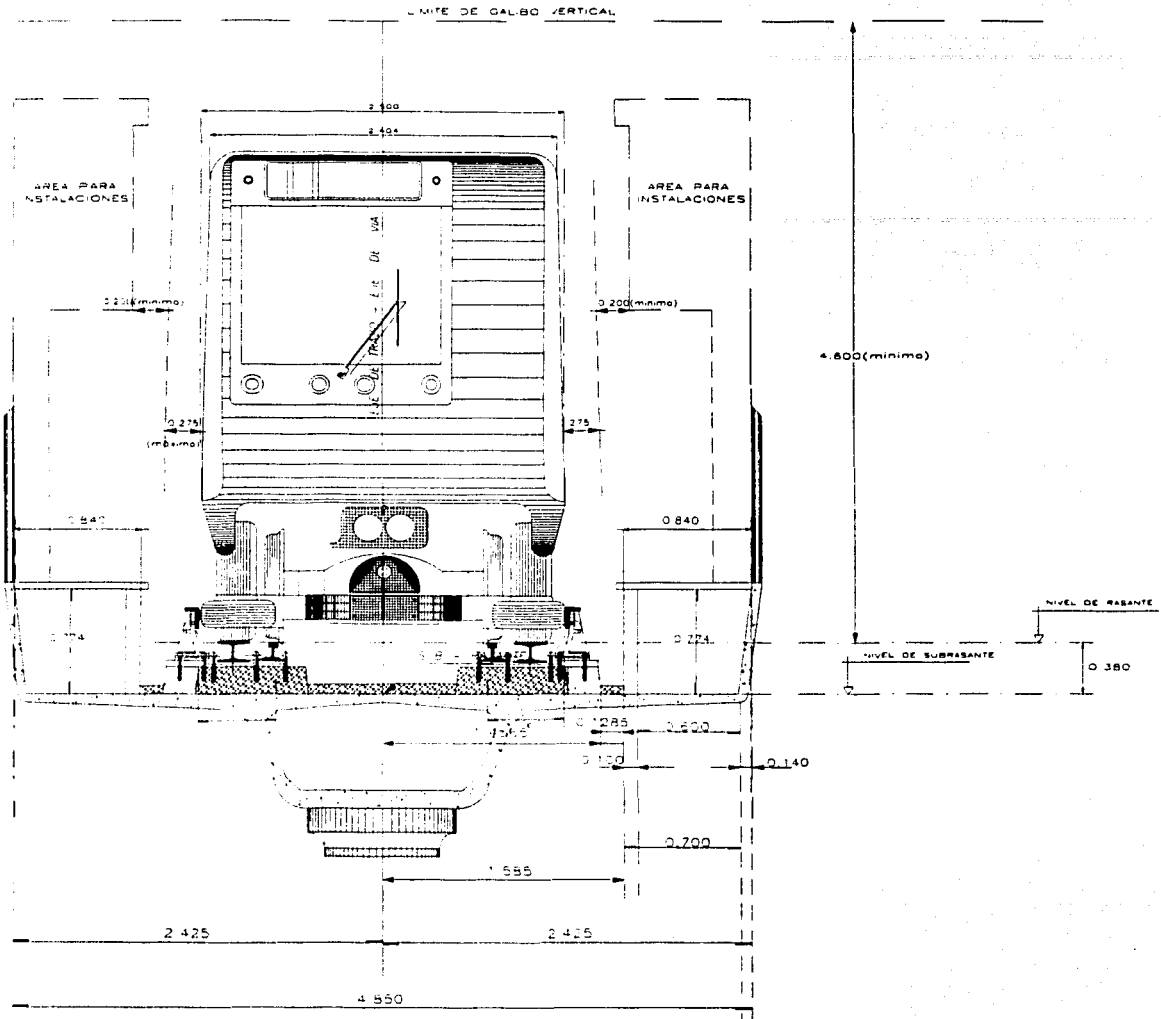
El dimensionamiento de la vía de enlace en tramo tangente para una sola vía esta dado de acuerdo a lo siguiente:

DIMENSIONAMIENTO DE LA VÍA DE ENLACE TRAMO TANGENTE

ELEMENTO	LONGITUD
ESCANTILLÓN = 1.435 m / 2	0.7175 m
PAÑO INTERIOR DEL RIEL AL PUNTO MÁS ALEJADO DEL AISLADOR	0.7390 m
DISTANCIA DEL AISLADOR AL MURO TRINCHERA	0.1285 m
ESPESOR DEL MURO TRINCHERA	0.1000 m
BANQUETA	0.6000 m
PROYECCIÓN DEL MURO EXTERIOR	0.1400 m
SUMA	2.4250 m

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Lo anterior se puede apreciar en la figura V.7.



DEL KM 15 + 272.694 AL KM 15 + 379.383
 DEL KM 15 + 467.194 AL KM 15 + 480.945
 DEL KM 15 + 514.738 AL KM 15 + 666.890

Fig. IV.7 Gálibo Horizontal en Tramo Tangente.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

IV.1.4 GÁLIBO HORIZONTAL EN ZONA DE CURVA (UNA SOLA VÍA).

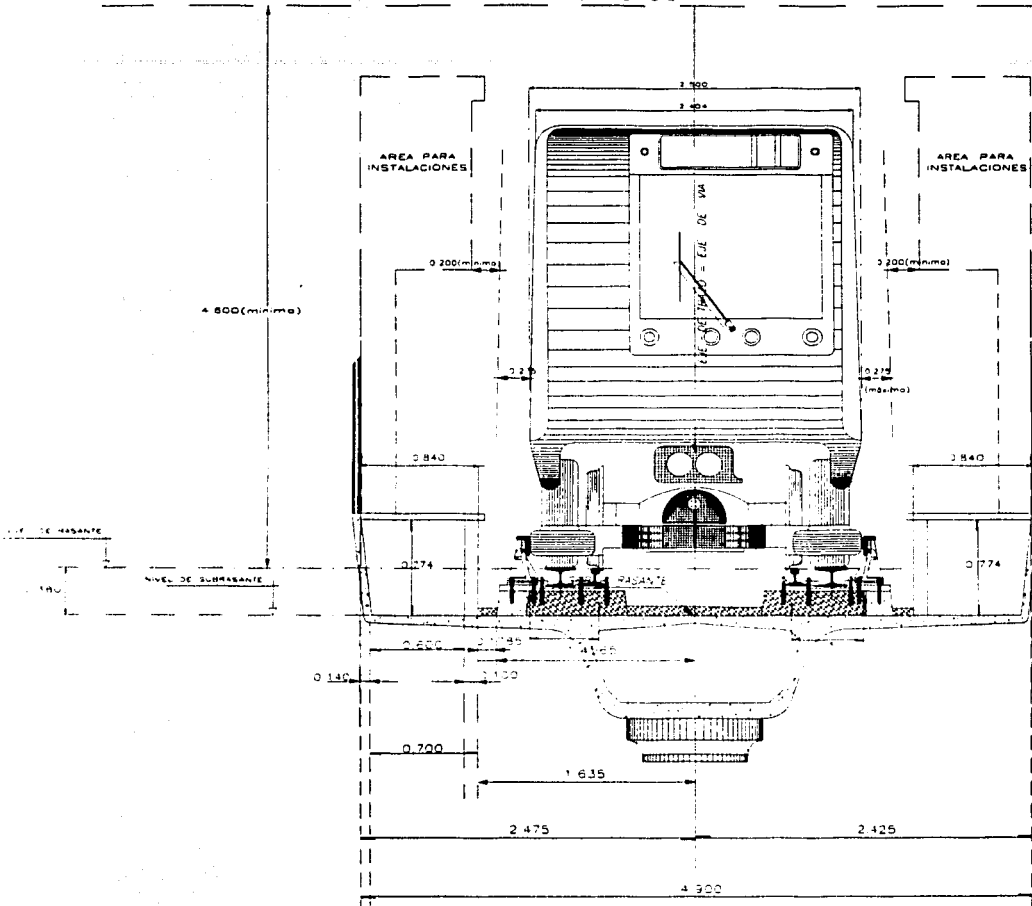
La sección transversal en zona de curva, tiene variaciones importantes, debido al comportamiento del tren en estas zonas; dichas variaciones se analizan tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Desplazamiento debido a la ponchadura de un neumático.
- b) Desplazamiento por balanceo de la suspensión.
- c) Desplazamiento del carro hacia fuera de la curva.
- d) Desplazamiento del carro hacia adentro de la curva.
- e) Distancia de la vía al muro interior.
- f) Distancia de la vía al muro exterior.

De acuerdo a lo anterior, se tiene que para las curvas con $R = 100.0$ y 200.0 m, el gálibo horizontal aumenta 0.050 m en el interior de la curva; para la curva con $R = 60.0$ m, el gálibo horizontal aumenta 0.10 m, tal como se muestra en las secciones tipo de las figuras, IV.8 Y IV.9.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

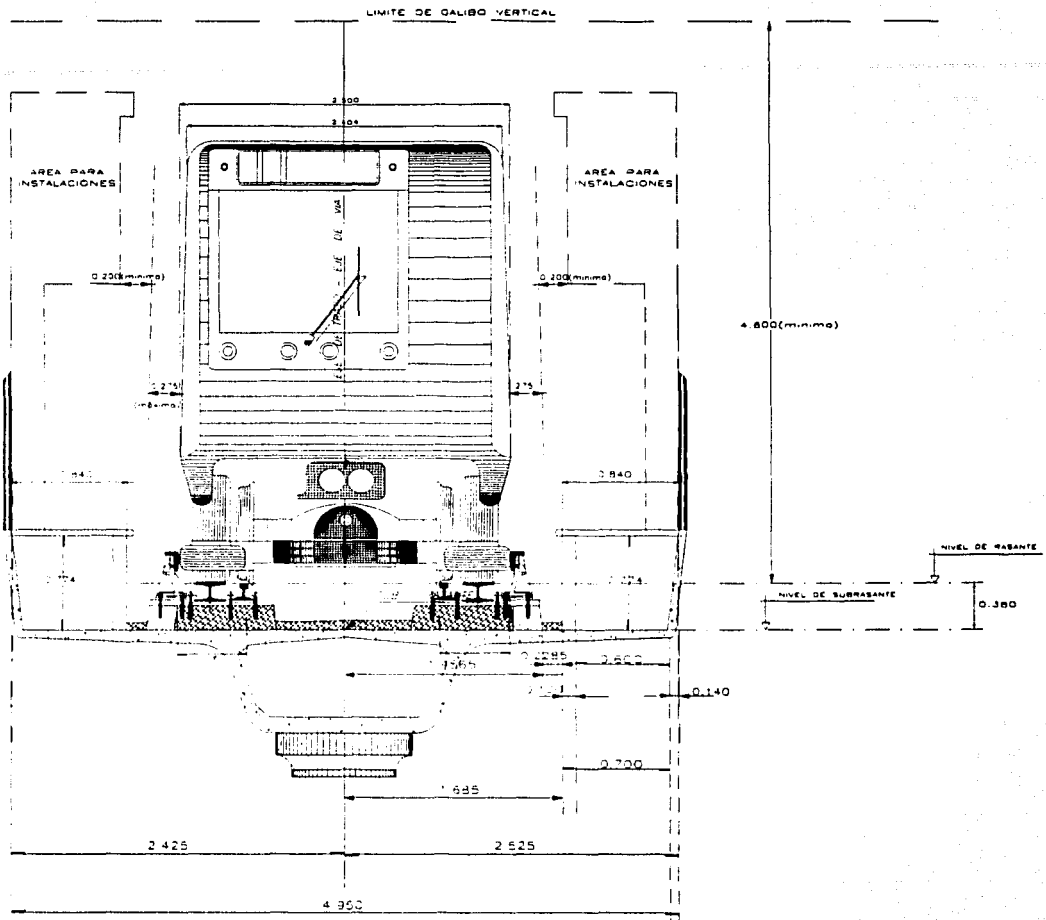
LIMITE DE GALIBO VERTICAL



DEL KM 15 + 480.945 AL KM 15 + 514.738
DEL KM 15 + 666.890 AL KM 15 + 678.952

Fig. IV.8 Gálbo Horizontal para Curva con R = 100.0 y 200.0 m.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



DEL KM 15 + 379.383 AL KM 15 + 467.194

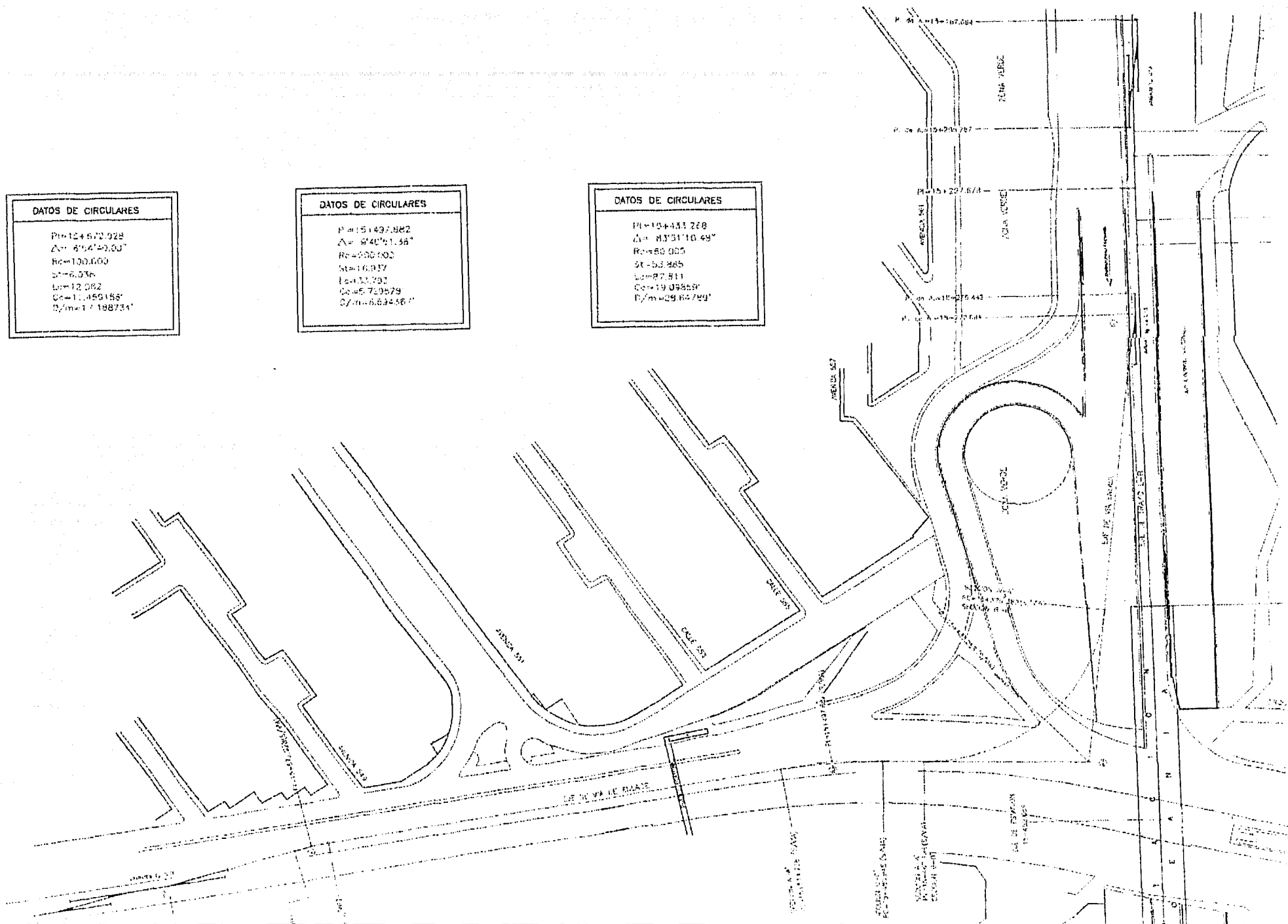
Fig. IV.9 Gálbo Horizontal para Curva con $R = 60.0$ m.

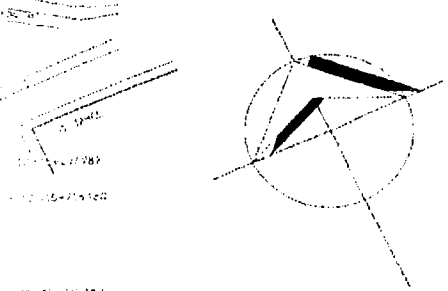
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DATOS DE CIRCULARES
PI=124.672.028
$\Delta=6^{\circ}54'59.00''$
Rc=130.000
St=6.036
Lc=12.062
Cc=11.459165'
O/m=17.188734'

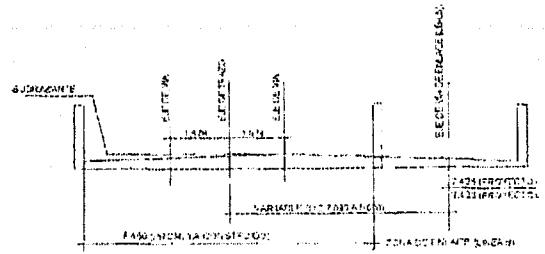
DATOS DE CIRCULARES
Pi=151.497.882
$\Delta=8^{\circ}40'51.56''$
Rc=300.000
St=16.937
Lc=43.790
Cc=5.710579'
O/m=6.634367'

DATOS DE CIRCULARES
PI=194.431.268
$\Delta=83^{\circ}51'10.69''$
Rc=60.000
St=53.865
Lc=87.811
Cc=19.03859'
O/m=29.66729'

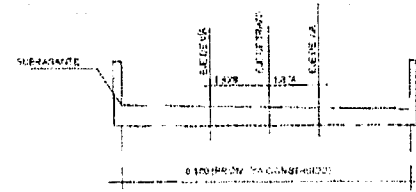




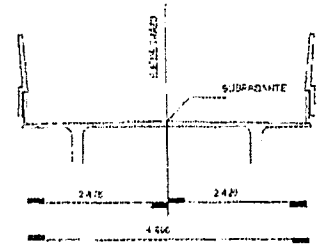
15+27287
 15+275100
 15+28137
 15+28975



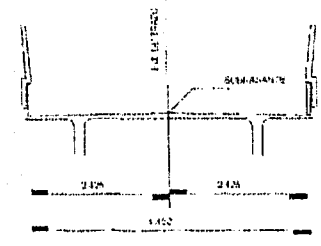
SECCIÓN 1-1'
 DEL KM 8 + 825.334 AL KM 8 + 888.499 (LINEA 5)
 DEL KM 15 + 878.619 (S/LINEA - D).



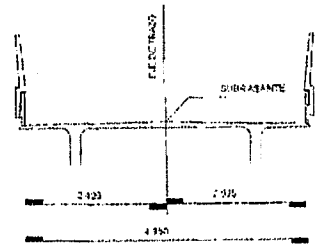
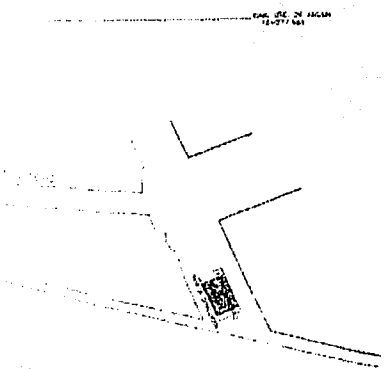
SECCIÓN 2-2'
 DEL KM 8 + 868.499 AL KM 8 + 737.860




SECCIÓN B-B'
 DEL KM 15 + 420.945 AL KM 15 + 514.736
 DEL KM 15 + 693.060 AL KM 15 + 878.652



SECCIÓN B-B'
 DEL KM 15 + 272.894 AL KM 15 + 378.303
 DEL KM 15 + 467.184 AL KM 15 + 480.945
 DEL KM 15 + 514.736 AL KM 15 + 666.800

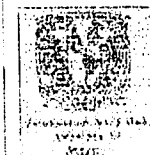


SECCIÓN C-C'
 DEL KM 15 + 378.383 AL KM 15 + 467.184



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

= CAMPUS ACATLAN =



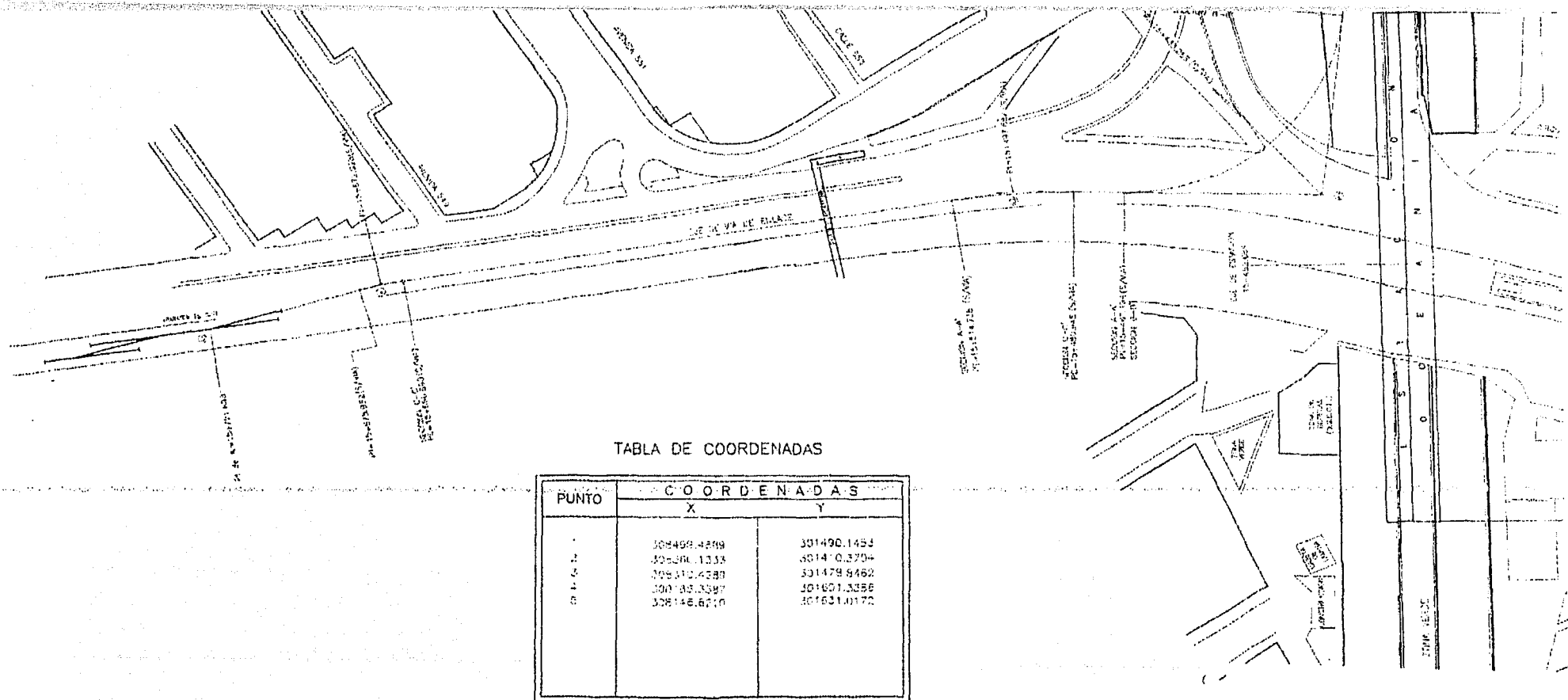
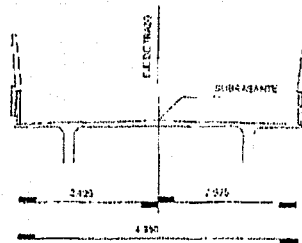
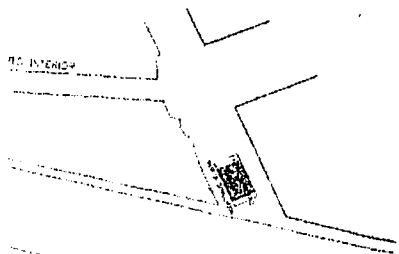
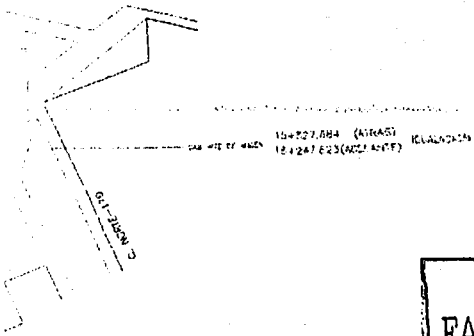


TABLA DE COORDENADAS

PUNTO	COORDENADAS	
	X	Y
1	308498.4889	301490.1453
2	308500.1333	301410.3704
3	308510.4280	301478.8462
4	308535.3397	301601.3356
5	308548.6210	301631.0172



SECCIÓN C-C'
DEL KM: 15 + 370.383 AL KM: 15 + 487.184



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</p>	
<p>= CAMPUS ACATLÁN =</p>		
<p>PROYECTO: METROPOLITANO LINEA B</p>		
<p>PLANO: PLANO IV.4 PROYECTO DE GALIBOS</p>		
<p>REALIZO: JULIO C. VILLAZANA LEMUS</p>	<p>FECHA: FEBRERO/2002</p>	
<p>ESCALA: 1:500</p>		
<p>ACOT: METROS</p>		

CAPITULO V

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

Objetivo Específico.

Estudiar el comportamiento estructural de la vía de enlace, considerando las propiedades mecánicas de sus elementos y las solicitaciones a las que son sometidos.

GENERALIDADES.

En este capítulo se describirá como está estructurada la vía de enlace del Metropolitano Línea B con Línea 5 del Sistema de Transporte Colectivo Metro tanto en el tramo elevado, como en el tramo de transición de elevado a superficial, estudiando el comportamiento estructural de sus elementos, de acuerdo a sus propiedades mecánicas y tomando en cuenta las características del suelo de apoyo; asimismo, se dará una breve descripción de la secuencia para el análisis y diseño de la estructura de la vía de enlace, destacando los aspectos más importantes, así como las combinaciones de carga utilizadas.

V.1 MECÁNICA DE SUELOS Y COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

ANTECEDENTES.

La vía de enlace se localiza en el tramo interestación Océanía – Deportivo Océanía de la Línea B, uniendo a ésta con la Línea 5 en el tramo interestación Océanía – Aragón. Debido al tipo de solución constructiva de las líneas mencionadas, la vía de enlace debe ser una estructura de transición de un tramo elevado (Línea B) a un tramo superficial (Línea 5).

De acuerdo al trazo o recorrido de la vía de enlace, ésta cruza con dos avenidas importantes que son: el deprimido poniente de la Av. Océanía y el Circuito Interior – Río Consulado dirección sur – norte.

La longitud de la vía de enlace es de 499.004 m; las alturas del nivel de terreno natural a la rasante de proyecto varían de 8.150 m en el tramo elevado, hasta 1.550 m por debajo del nivel de terreno natural en la zona de conexión con la Línea 5; por otro lado, el ancho del viaducto de la vía de enlace es de 4.850 m para tramos en tangente, 4.855 m para tramos en curva con radios de 100.00 y 200.00 m, y de 4.900 m para tramos en curva con radio de 60.00 m.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

V.1.1 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA.

V.1.1.1 SONDEOS.

Los sondeos exploratorios efectuados en la zona de construcción de la vía de enlace tienen como finalidad dar a conocer las características del suelo de apoyo para la cimentación; dicha exploración se divide en dos etapas:

- a) Investigación preliminar, que consiste en la recopilación de datos referentes al subsuelo de la Ciudad de México; dichos datos se obtienen de cartas topográficas, cartas geológicas, etc. y experiencias anteriores obtenidas de la construcción de líneas de Metro, con lo cual se puede obtener una idea del tipo de cimentación a emplear.
- b) Investigación definitiva, que son los estudios geotécnicos de detalle, en los que se incluyen la realización de sondeos, pruebas de campo y laboratorio.

Dentro de la **investigación preliminar**, se realizaron dos sondeos exploratorios:

SONDEO	UBICACION	NAF	PROF. DE EXPLORACIÓN
SS-2B SC-2B	AV.OCEANIA Y RIO CONSULADO	3.52	53.0 m.
SS-20B SC-20B	RIO CONSULADO Y CALLE 555	-	53.0 m.

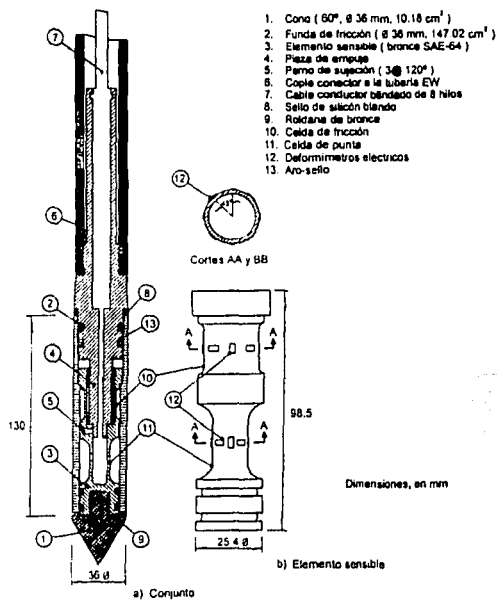
Estos sondeos fueron realizados mediante el empleo de un cono eléctrico, que es un método indirecto de exploración geofísica en el que no se obtienen muestras; el sondeo de cono eléctrico es uno de los métodos de exploración más difundido para emplearse en arcillas y limos (característicos de la zona de lago), ya que al interpretar la información obtenida se puede determinar:

- La clasificación de los suelos por gráficas de correlación empírica.
- Los parámetros de resistencia al corte que se aplican al diseño de pilotes.

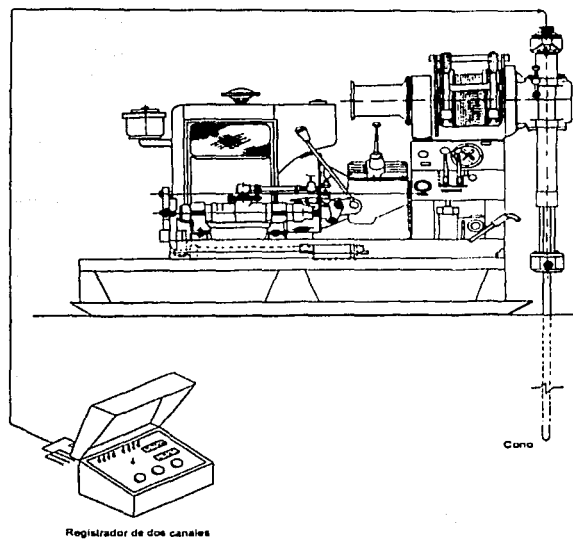
Este tipo de sondeos se realiza hincando a presión (carga estática) en el terreno un penetrómetro de punta cónica de 60° de ángulo de ataque, 3.6 cm de \varnothing y 13.25 cm de longitud; dicho penetrómetro tiene incorporadas celdas instrumentadas con deformímetros eléctricos que permiten la medición simultánea de las fuerzas necesarias para el hincado de la punta cónica que tiene un área de 10.0 cm².

Dichos deformímetros eléctricos están conectados a una consola situada en la superficie, la cual registra a cada 10.0 cm la resistencia que el suelo opone a la penetración (Fig. V.1 Cono eléctrico).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Corte transversal del penetrómetro eléctrico



Operación del cono

Fig. V.1 Cono Eléctrico.

En dicha figura, se muestra un corte transversal del penetrómetro de cono eléctrico, así como los elementos necesarios para su operación y la obtención de registros.

En la figura V.2 se muestra el registro del sondeo exploratorio SS-2B Y SC-2B localizado en Av. Oceanía y Circuito Interior – Río Consulado.

La profundidad del sondeo fue de 53.0 m; el NAF se localizó a una profundidad de 3.52 m.

En el corte estratigráfico se puede observar que el subsuelo está formado por grandes espesores de material de alta compresibilidad (arcilla y limo – arcilloso) con contenidos de humedad que varían entre 100 y 380 %; se observa además que la resistencia al corte se mantiene más o menos constante con un valor de 1.8 Ton/m² a una profundidad comprendida entre los 2.0 y 30.0 m, llegando a una resistencia de 5.0 Ton/m² a partir de los 45.0 m de profundidad.

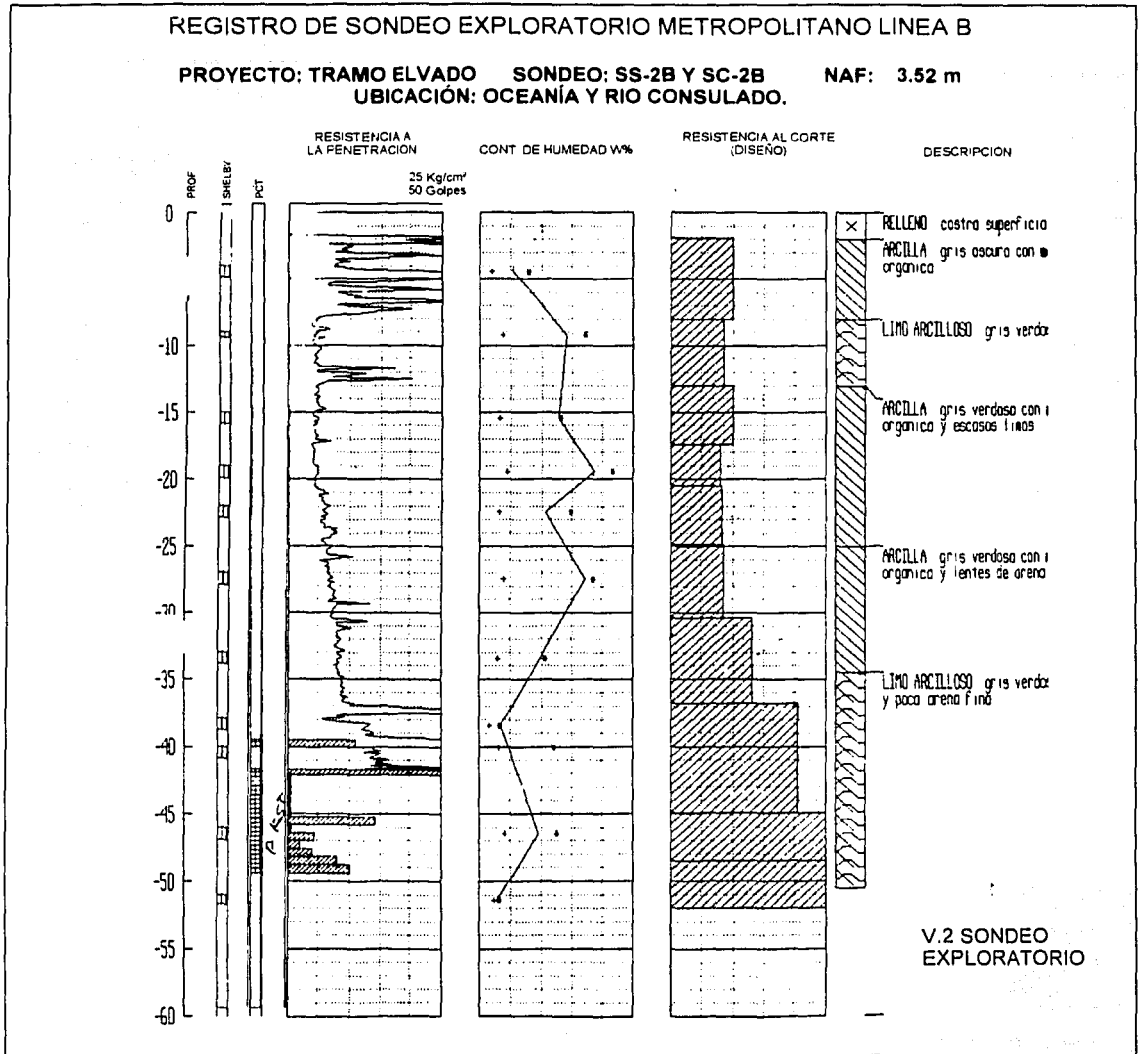
Además de estas condiciones del subsuelo, en la estructura a cimentar de la vía de enlace, se debe considerar la presencia del hundimiento regional y los efectos de la acción sísmica.

Investigación definitiva. Las características del suelo de apoyo, se obtienen en el laboratorio de Mecánica de Suelos a partir del ensaye y análisis de las muestras extraídas;

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

estas muestras pueden ser alteradas o inalteradas dependiendo del tipo de exploración que se ejecute.

De las muestras alteradas se puede obtener información de las propiedades físicas del suelo (propiedades índice) que son: contenido de humedad, estratigrafía, condiciones del suelo, granulometría, profundidad del nivel de aguas freáticas (NAF), límite líquido, límite plástico, etc.



Las muestras inalteradas, además de las propiedades físicas del suelo, nos muestran también sus propiedades mecánicas como son: la resistencia al corte, cohesión (en suelos finos), el ángulo de fricción interna (en suelos gruesos).

Los métodos empleados para la extracción de muestras en los sondeos efectuados en la zona de construcción de la vía de enlace fueron:

1. Para muestras alteradas:

- Sondeo de penetración estándar (PCT), que consiste en introducir en el terreno un muestreador (tubo) de 2" de Ø interior y 60 cm de longitud mediante golpes que le da un martinete de 63.50 Kg que cae de una altura de 76.0 cm. La resistencia que impone el suelo a la penetración del muestreador se mide contando el número de golpes necesarios para hincar 30.0 cm intermedios. (Figura V.3).

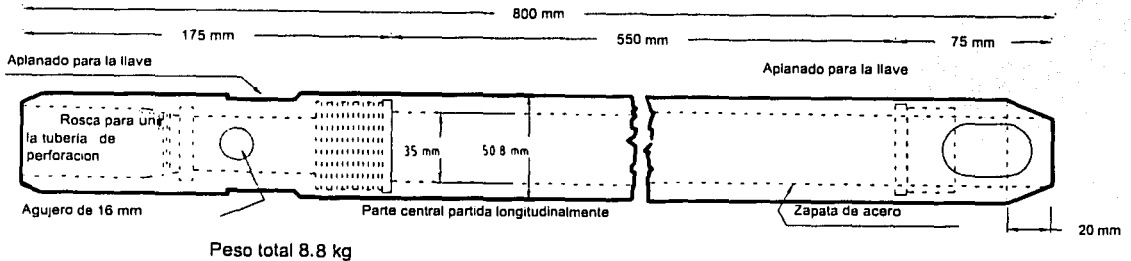


Fig. V.3 Penetrómetro Estándar.

Es normal que el penetrómetro sea de media caña para facilitar la extracción del material que haya penetrado en su interior.

La utilidad e importancia mayores de esta prueba, radican en las correlaciones realizadas en campo y en laboratorio en diversos suelos, sobre todo en arenas, que permiten relacionar aproximadamente la compacidad, el ángulo de fricción interno (ϕ), en arenas; en arcillas se puede obtener el valor de la resistencia a la compresión simple (q_u) relacionando el número de golpes necesarios en ese suelo para que el penetrómetro estándar logre entrar los 30.0 cm especificados; clasificación del suelo de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.).

2. Para muestras inalteradas:

- Sondeo con tubo Shelby; el tubo Shelby es un muestreador de acero de pared delgada de 4" de Ø y 1.0 m de longitud, que se hince a presión en el suelo con velocidad constante y permite obtener muestras inalteradas en suelos poco resistentes; éste es el único método para obtener muestras inalteradas a grandes profundidades (60.0 m aproximadamente). (Fig. V.4).

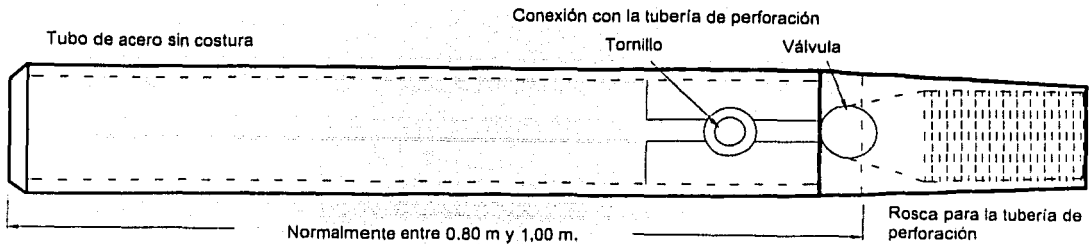


Fig. V.4 Tubo Shelby.

El muestreador se hinca a presión con un solo movimiento de una longitud igual a la del tubo menos 15.0 cm para dejar espacio a los azolves; la velocidad de hincado varía entre 15 y 30 cm/seg; después se deja en reposo medio minuto para permitir que la muestra se expanda y se adhiera a las paredes de tubo, para poder rescatar la muestra.

Trabajos de laboratorio. Una vez que se obtienen las muestras del suelo, éstas se estudian a detalle en el laboratorio de Mecánica de Suelos, para obtener los parámetros de resistencia y deformabilidad que son datos básicos para el diseño de la cimentación; para esto, se realizan las pruebas índice y mecánicas del suelo ensayando las muestras del suelo explorado.

La obtención de los parámetros de resistencia al corte para este tipo de suelos cohesivos se realizó con el criterio de esfuerzos totales. En tal caso, se calcula la adherencia entre el suelo y el pilote (C_a) como una fracción de la resistencia al corte no drenada del suelo (C_u).

La prueba que se realizó fue una triaxial no consolidada no drenada (UU), también conocida como triaxial rápida.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos en el laboratorio para el sondeo SS-2B y SC-2B:

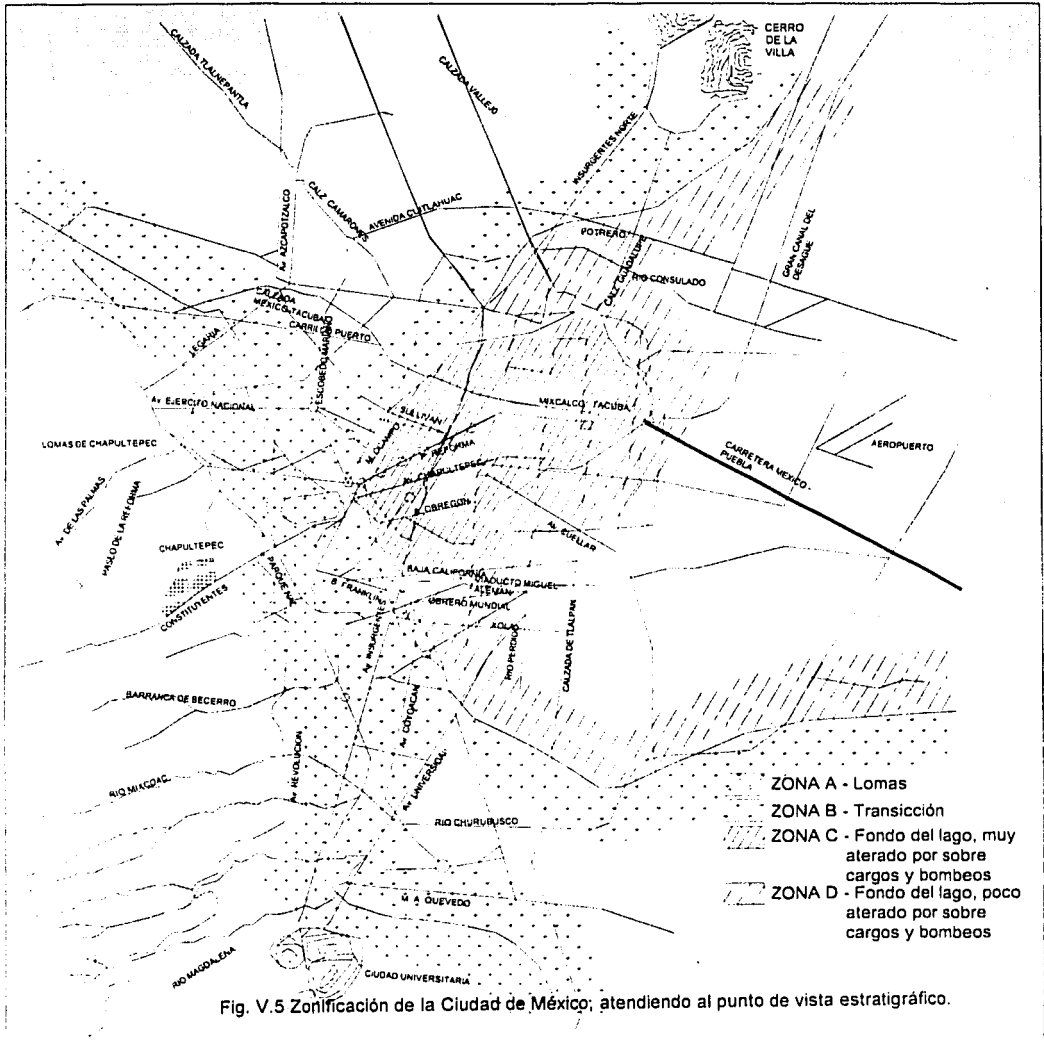
ESTRATO	PROFUNDIDAD (m)	COHESIÓN (C) (Ton/m ²)	PESO VOL. (Ton / m ³)	Φ (°)	L.L. (%)	L.P. (%)	w (%)
1	0.00 - 3.00	0.00	-	0.000	0.00	0.00	0.00
2	3.00 - 8.00	2.00	1.366	11.200	168.10	45.70	106.70
3	8.00 - 13.00	1.70	1.167	9.520	339.20	90.80	382.00
4	13.00 - 17.50	1.80	1.184	9.072	275.90	78.60	270.00
5	17.50 - 20.50	1.50	1.140	5.040	428.73	96.60	385.60
6	20.50 - 25.00	1.60	1.188	8.064	300.80	77.80	210.29
7	25.00 - 30.00	1.80	1.130	10.080	380.90	90.30	348.70
8	30.00 - 35.00	2.50	1.216	0.000	209.39	65.30	198.30

V.1.1.2 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA.

Numerosos estudios que se han realizado en relación al subsuelo del Valle de México, han permitido clasificar la ciudad de México en tres grandes zonas, atendiendo a un punto de vista estratigráfico:

- Zona A. Lomas.
- Zona B. Transición.
- Zona C. Lago.

De acuerdo a la localización geográfica de la vía de enlace, ésta queda comprendida dentro de la zona C (lago), tal y como se aprecia en la figura V.5.



V.1.2 ESTRUCTURACIÓN DE LA VÍA DE ENLACE.

La estructuración de la vía de enlace del Metropolitano Línea B con Línea 5 se ha dividido en dos partes:

1. Estructuración del tramo elevado.
2. Estructuración de la transición de elevado a superficial.

V.1.2.1 TRAMO ELEVADO.

V.1.2.1.1 SUPERESTRUCTURA.

La superestructura de la vía de enlace en el tramo elevado está formada a base de marcos de concreto paralelos al eje de trazo, espaciados uno del otro y unidos entre sí por una trabe del mismo material. Encima de las trabes se colocan los plintos o el balasto, según sea el caso, y sobre éstos los rieles y las pistas de rodamiento sobre las que circularán los trenes del Metro, tal y como se aprecia en la figura V.6.

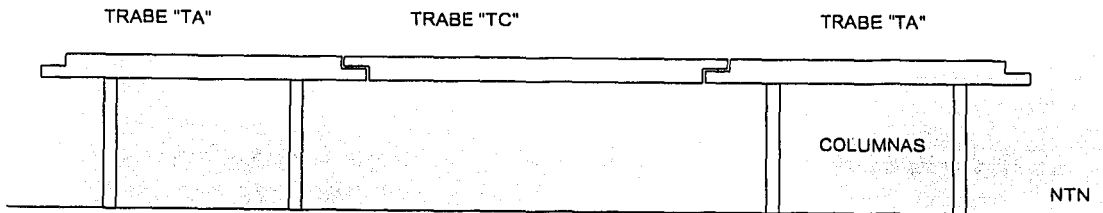
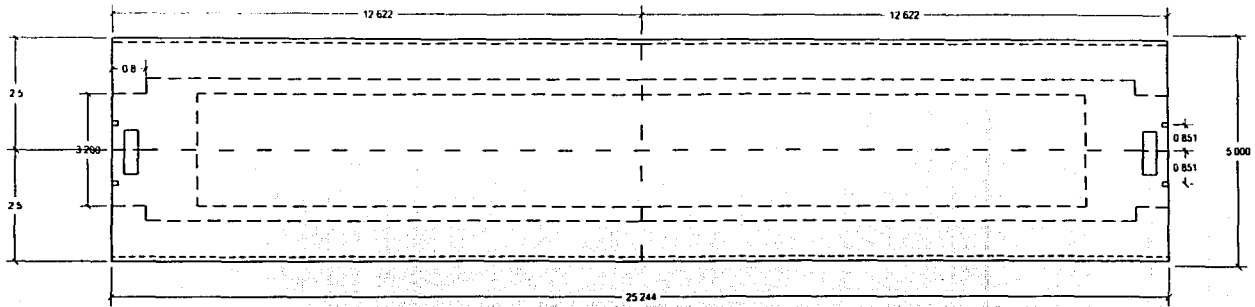


Fig. V.6 Marcos Tipo en el Tramo Elevado de la Vía de Enlace.

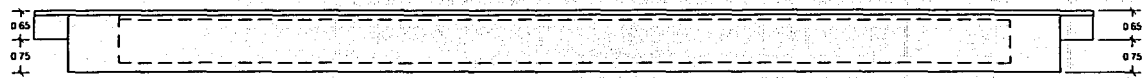
El marco está compuesto por una trabe apoyada en dos columnas llamada trabe de apoyo (TA), la cual consta de dos volados, uno de cada lado; en estos volados se apoya la trabe que une los marcos llamada trabe central (TC). Esta estructura se repite para cada marco tipo.

Las trabes TA Y TC son trabes cajón de concreto prefabricado presforzado y las columnas son de sección circular de concreto colocado in situ. (Fig. V.7A Y V.7B).

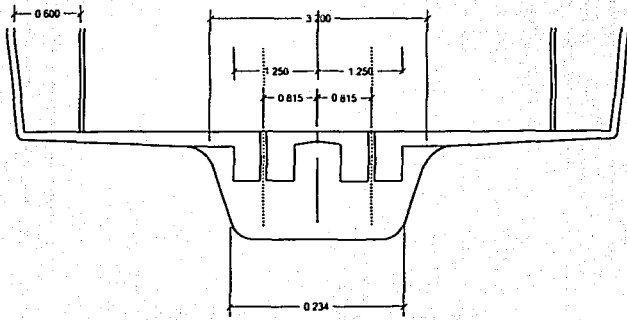
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



PLANTA



VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL

FIG. V.7 A TRABE TC (TIPO)

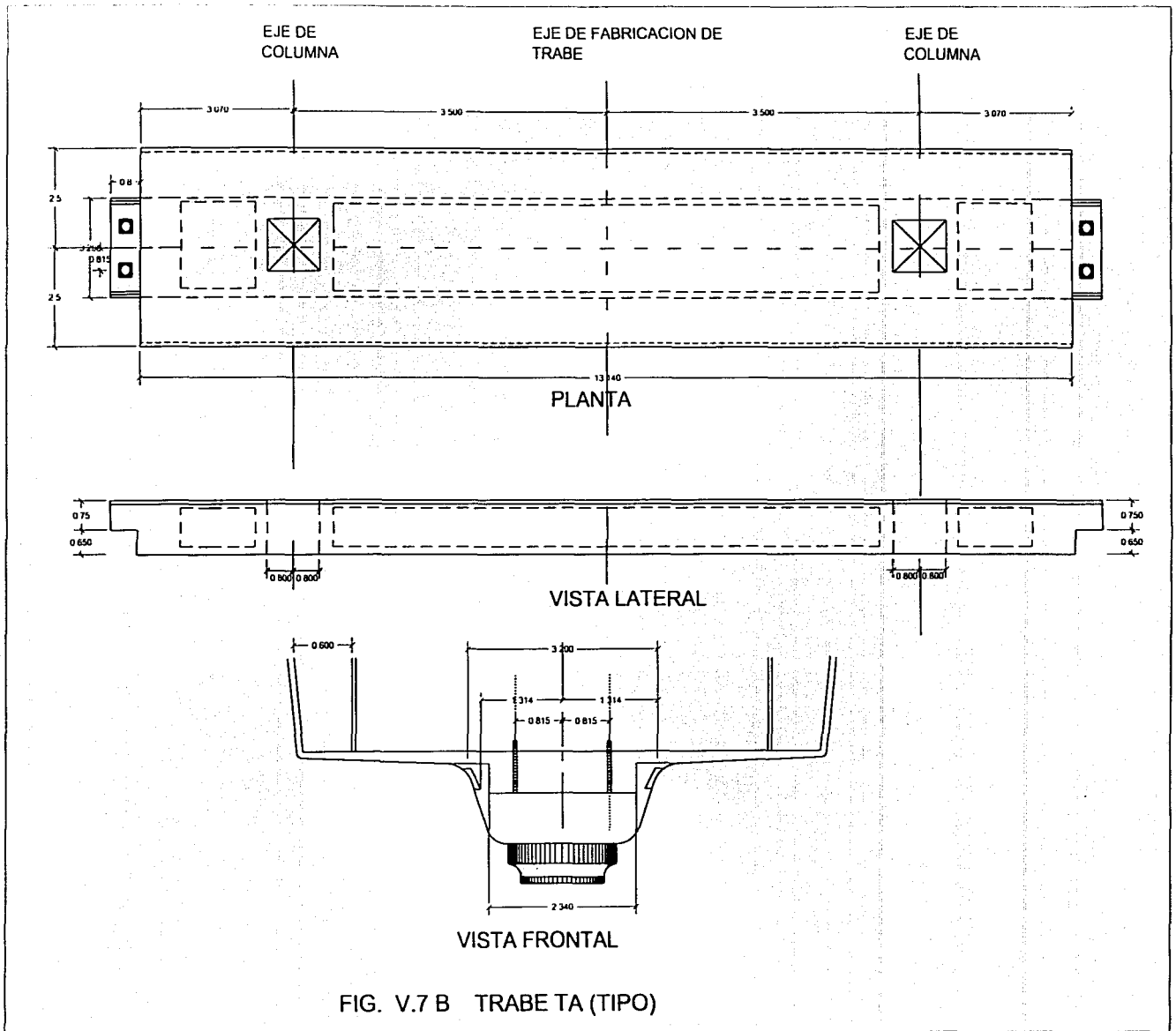


FIG. V.7 B TRABE TA (TIPO)

V.1.2.1.2 SUBESTRUCTURA.

La subestructura de la vía de enlace en el tramo elevado, se ha dividido en dos grupos:

- a) Grupo A. La subestructura para cada marco tipo es un cajón de cimentación parcialmente compensado apoyado en pilotes, que trabajan por fricción, en el cual se apoyan las dos columnas del marco. El cajón tipo está formado por una retícula de contratraveses y por dos losas, una de fondo y una de tapa.

La cimentación es de concreto reforzado colado in situ y los pilotes son de concreto reforzado prefabricado. Ver figura V.8.

- b) Grupo B. La cimentación de este grupo soportará a las estructuras en voladizo; estas cimentaciones se localizan en la zona del deprimido de la Av. Oceanía y están formadas por una losa de cimentación que se ubica parcialmente por debajo de esta vialidad y se apoya en pilotes de fricción. Sobre la losa se proyectan elementos de rigidez donde descansarán las estructuras en voladizo a nivel de terreno natural (NTN); adicionalmente a estos elementos se contará con un lastre que contrarreste el momento de volteo provocado por las estructuras en voladizo. (Fig. V.9).

V.1.2.2 TRANSICIÓN (AEREPLÉN).

V.1.2.2.1 SUPERESTRUCTURA.

La zona de transición del tramo superficial al elevado y viceversa se solucionó con estribos y aereplén. Estas dos estructuras son de concreto reforzado colado in situ. La última trabe TC se apoya en el estribo, y después la vía continúa por encima del aereplén, hasta ligar con la losa de fondo de la Línea 5. (Fig. V.10).

V.1.2.2.2 SUBESTRUCTURA.

La cimentación del estribo y del aereplén es una sola y está diseñado para que la descarga que se transmite a través de él se compense con el suelo retirado, haciéndolo trabajar como una cimentación compensada.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

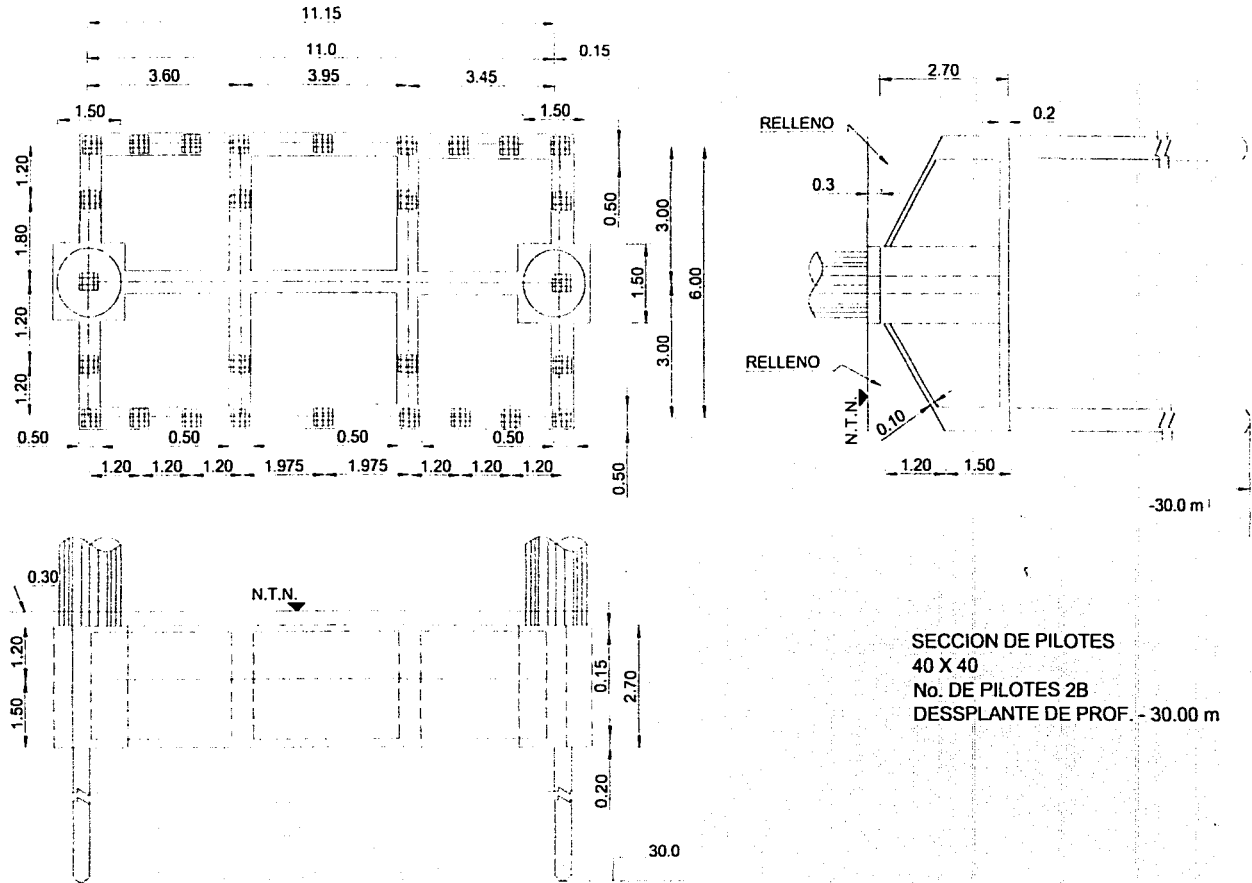
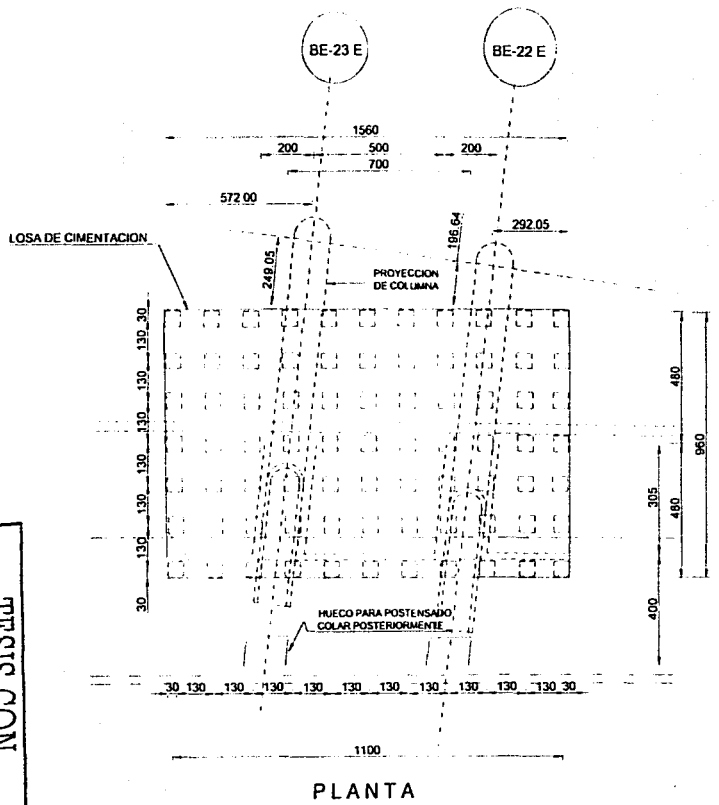
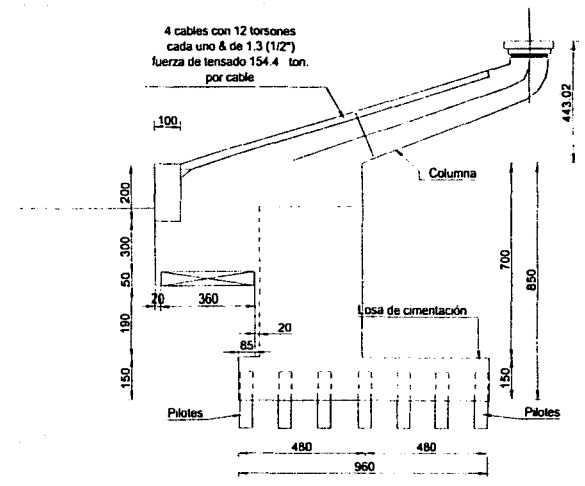


Fig. V.8 Planta de Cimentación Marco 4 Zapata 8 E.
 Zona de Espuela Metro Elevado Línea B.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



PLANTA



CORTE A—A

SECCION DE PILOTES
 50 X 50 cm
 No. DE PILOTES 74
 DESPLANTE DE PLANTA - 320 m
 EJES BE - 22E a BE - 23E

Fig. V.8 Planta de Cimentación Marco 4 Zapata 8 E.
 Zona de Espuela Metro Elevado Línea B.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

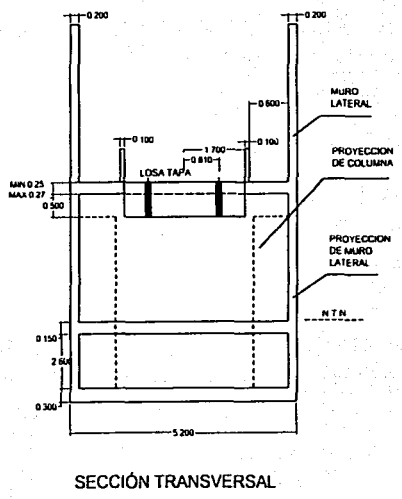
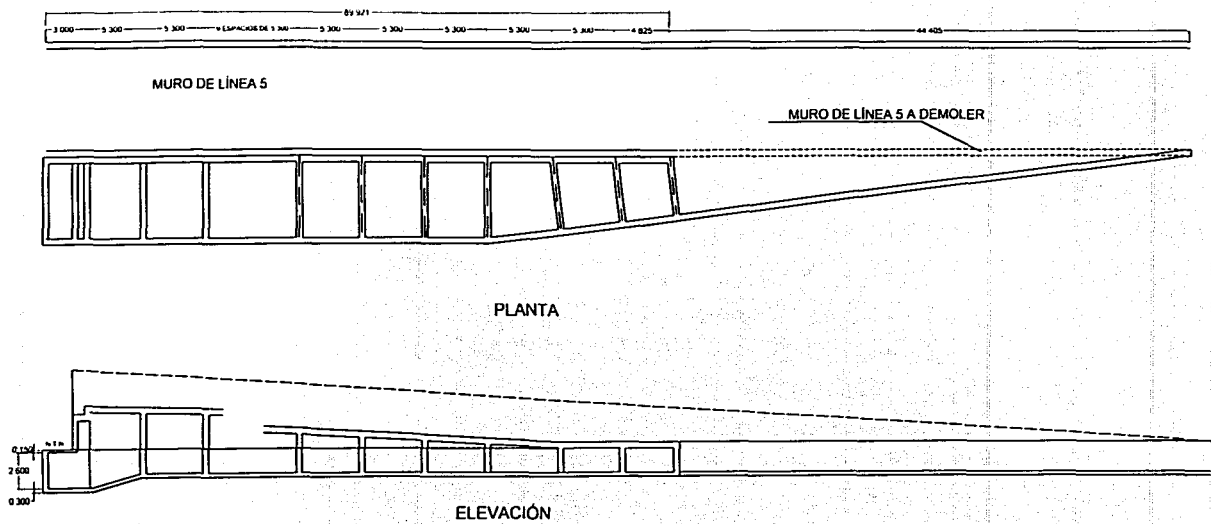


FIG. V.10 MURO ESTRIBO

V.2 SOLICITACIONES Y COMBINACIONES DE CARGA.

V.2.1 SOLICITACIONES.

V.2.1.1 CONSIDERACIONES GENERALES.

Las solicitaciones, se pueden definir como **las acciones o fuerzas a las que va a estar sometida la estructura durante su vida útil.**

En el diseño de toda estructura deben tomarse en cuenta los efectos de las cargas muertas, cargas vivas, del sismo y del viento, que son las solicitaciones a las que va a estar sometida.

Se consideran tres categorías de acciones de acuerdo con la duración en que obran sobre las estructuras con su intensidad máxima:

- a) Acciones permanentes. Son las que obran en forma continua sobre la estructura y su intensidad varía con el tiempo: carga muerta, empujes estáticos, de tierras y líquidos, preesfuerzos, etc.
- b) Acciones variables. Son las que actúan en la estructura y su intensidad varía significativamente con el tiempo: impacto o frenaje, carga viva, efectos de temperatura, etc.
- c) Acciones accidentales. Son las que no se deben al funcionamiento normal de la estructura y que pueden alcanzar intensidades significativas durante lapsos breves de tiempo: sismo, viento, incendios, etc.

V.2.1.2 CARGAS MUERTAS.

Se consideran como cargas muertas el peso de todos los elementos de carga permanente que se localicen en una estructura y cuya intensidad no varíe con el tiempo, es decir, incluye las instalaciones y equipo que ocupen una posición fija y permanente en la construcción.

Ahora bien, para el caso de cargas muertas para los tramos de la solución en viaducto elevado, se considera el peso propio de la estructura, andadores, parapetos, balasto, durmientes, rieles, pistas de rodamiento, barras guía y el peso de cables conductores de electricidad.

El peso del balasto se considera con un peso volumétrico mínimo de 1.60 Ton/m³ y máximo de 1.80 Ton/m³.

El peso del conjunto formado por durmientes, rieles, pistas de rodamiento, barras guía y cables conductores de electricidad se considera de 1300 Kg por cada metro lineal

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

de tramo de dos vías; para un tramo compuesto por un número de vías diferente a dos, el peso se modifica proporcionalmente.

Los valores nominales empleados en la estimación de las cargas muertas en las estructuras del Metro son los correspondientes a los pesos unitarios especificados en el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal (RCDF).

V.2.1.3 CARGAS VIVAS.

Se consideran como cargas vivas las fuerzas gravitacionales que obran en una construcción y que no tienen carácter permanente, pueden ser móviles o movibles.

Los tipos de cargas vivas así como sus valores nominales que se emplean para el diseño estructural por fuerzas gravitacionales debe ser de acuerdo a lo asentado en el Título VI, Capítulo V del RCDF.

V.2.1.3.1 CARGAS VIVAS OCASIONADAS POR EL METRO.

Las cargas vivas producidas por el Metro sobre las estructuras, consisten en las cargas de un tren tipo de nueve vagones o en las cargas de un tren de mantenimiento.

- Tren tipo. En el caso del tren tipo la carga por ejes se toma con un valor de 12.20 Ton; se considera también un incremento de la carga por efecto de impacto del 30% del valor de dicha carga. La distancia entre ejes del tren tipo será como se indica en la figura V.11.
- Tren de Mantenimiento. Las cargas vivas producidas por el tren de mantenimiento del Metro sobre las estructuras de los tramos en viaducto elevado, consistirán de una carga P1 de 17.375 toneladas métricas y de una carga P2 de 20 toneladas métricas. Se considera también un incremento de las cargas por efecto de impacto del 25%. La distancia entre los ejes para el tren de mantenimiento se indica en la figura V.12.

V.2.1.3.2 FUERZAS LONGITUDINALES.

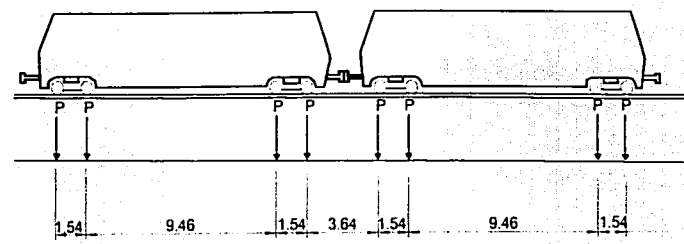
El frenaje y la aceleración provocan fuerzas longitudinales sobre las estructuras del Metro y se consideran aplicadas a una altura de 1.83 m sobre el hongo del riel.

- Frenaje. Para evaluar la fuerza del frenaje, se considera una aceleración negativa de 2.1 m/s².
- Aceleración. Se considera una aceleración de 1.9 m/s².

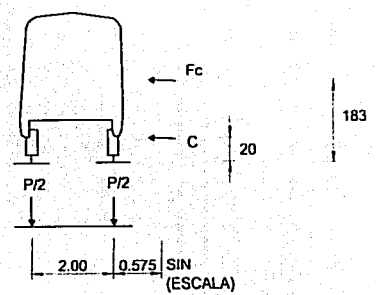
V.2.1.3.3. FUERZAS LATERALES.

- Fuerzas de cabeceo. En la circulación de los trenes tipo y trenes de mantenimiento, se deben considerar los efectos de cabeceo que dan lugar a

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



a) VISTA LONGITUDINAL

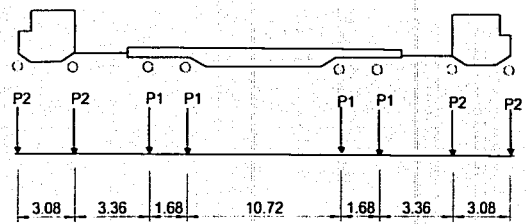


b) SECCION TRANSVERSAL

Cargas por eje $P = 12.2 \uparrow$ sin impacto
 Cargas por eje $P = 15.9 \uparrow$ con 30 % de incremento por impacto

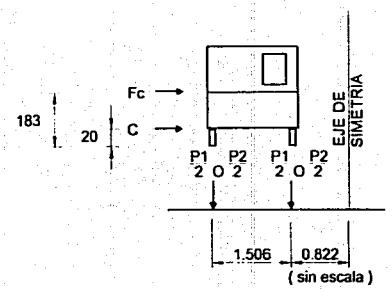
Notas: Cada convoy consta de 9 vagones tipo
 Acolaciones, en m.

Figura V.11 METRO ELEVADO. TREN TIPO.



(sin escala)

a) VISTA LONGITUDINAL



b) SECCION TRANSVERSAL

Cargas por eje $P1 = 17.325 \uparrow$ (sin impacto)
 Cargas por eje $P2 = 20 \uparrow$ (sin impacto)
 Cargas por eje $P1 = 17.325 \times 1.25 = 21.656 \uparrow$ con 25 % de incremento por impacto.
 Cargas por eje $P2 = 20.000 \times 1.25 = 25.000 \uparrow$ con 25 % de incremento por impacto
 Acotaciones, en m.

Fig V.12 METRO ELEVADO. TREN DE MANTENIMIENTO

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

fuerzas laterales sobre la estructura. Se considera una fuerza horizontal transversal al eje del Metro del 25 % del peso de uno de los ejes por cada tramo de la estructura, aplicada a 20.0 cm del hongo del riel.

V.2.1.3.4 FUERZA CENTRÍFUGA.

- Fuerza centrífuga. En los tramos en curva de la estructura en viaducto elevado del Metro, se considera una fuerza centrífuga por cada eje, aplicada radialmente y localizada a una altura de 1.83 m sobre el hongo del riel. Para el cálculo de dicha fuerza se deberá considerar el radio de curvatura y una velocidad del vagón del Metro de 80.0 Km/hr.

V.2.1.4 CARGAS ACCIDENTALES.

Se consideran como cargas accidentales las acciones dinámicas o sus equivalentes a estáticas debidas a **sismo** y las acciones estáticas y dinámicas debidas a **viento**.

- Cargas provocadas por sismo en estructuras del viaducto elevado para el Metro.

En las zonas de terreno compresible, se tomará en cuenta el efecto de la interacción suelo – estructura; para evaluar los elementos mecánicos en las columnas del Metro, se tomará en cuenta el efecto de la inercia rotacional de la masa superior, tanto en dirección longitudinal como transversal al eje de trazo; el análisis por sismo se llevará a cabo en dos direcciones horizontales perpendiculares entre sí: longitudinal y transversal al eje de trazo de la estructura.

- Cargas provocadas por viento. Generalmente se consideran despreciables por no ser cargas de importancia.

V.2.2 COMBINACIONES DE CARGA.

Para el análisis de las estructuras del Metro, se deben hacer las combinaciones de:

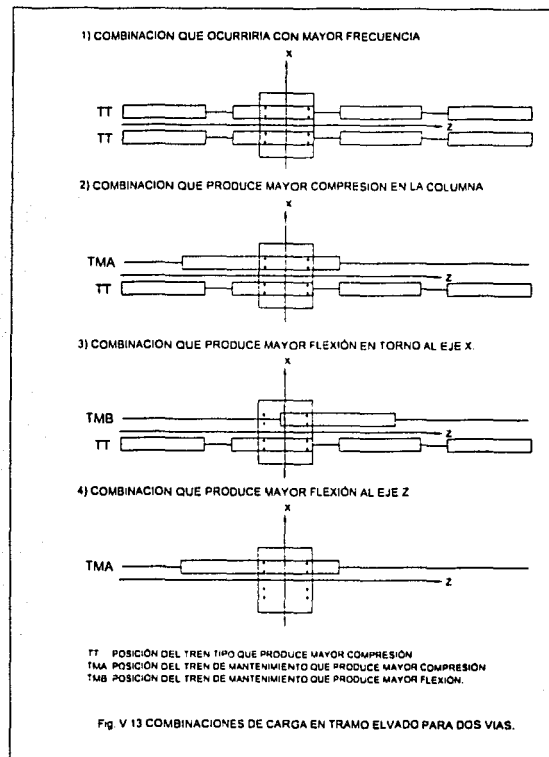
- a) Cargas muertas más cargas vivas.
 - b) Cargas muertas más cargas vivas más las debidas a efectos accidentales como sismo o viento.
- Cargas permanentes en los tramos en viaducto elevado del Metro. Se hará la combinación de posiciones del tren tipo y del tren de mantenimiento, de tal manera que produzcan los mayores elementos mecánicos (fuerzas axiales de tensión o compresión, fuerzas cortantes o de tensión diagonal, la flexión y la torsión) en la sección o miembro analizado, incluyendo los efectos debidos a impacto, frenaje, aceleración, cabeceo y fuerza centrífuga de cada tren, más las cargas muertas. También se considerará el efecto de un solo tren en la posición

más crítica para cada sección o miembro analizado, incluye el impacto, frenaje o aceleración, el cabeceo y la fuerza centrífuga de cada tren, así como la acción de las cargas muertas.

- Cargas accidentales en los tramos de viaducto elevado. Se hará la combinación de los trenes tipo y de mantenimiento de tal manera que produzcan los mayores elementos mecánicos en la sección o miembro analizado. En este aspecto, se deben incluir las fuerzas debidas a frenaje o aceleración, las de cabeceo y la centrífuga de uno de los trenes más los efectos de viento o sismo, así como las cargas muertas.

También se considera el efecto de un solo tren en la posición más desfavorable, incluyendo las fuerzas de frenaje o aceleración, de cabeceo y fuerza centrífuga que le correspondan, más los efectos de viento o sismo y las cargas muertas.

A continuación, en la figura V.13, se muestran esquemáticamente las diferentes combinaciones de carga utilizadas en tramo elevado para dos vías.



V.2.2.1 CONDICIONES DE CARGA ANALIZADAS.

- Cargas permanentes.

1. $CM + (Tt + F + I + Fc) + (Tm1 + A + I + Fc + C)$
2. $CM + (Tt + F + I + Fc) + (Tt + A + I + Fc + C)$
3. $CM + (Tt + F + I + Fc) + (Tm2 + A + I + Fc + C)$
4. $CM + (Tm1 + F + I + Fc) + C$

- Cargas accidentales.

5. $CM + (Tt + F + Fc) + (Tm1 + Fc) + C + Sx + 0.5 Sz$
6. $CM + (Tt + F + Fc) + (Tm1 + Fc) + C + 0.5 Sx + Sz$
7. $CM + (Tt + F + Fc) + (Tt + Fc) + C + Sx + 0.5 Sz$
8. $CM + (Tt + F + Fc) + (Tt + Fc) + C + 0.5 Sx + Sz$
9. $CM + (Tt + F + Fc) + (Tm2 + Fc) + C + Sx + 0.5 Sz$
10. $CM + (Tt + F + Fc) + (Tm2 + Fc) + C + 0.5 Sx + Sz$
11. $CM + (Tm1 + F + Fc) + C + Sx + 0.5 Sz$
12. $CM + (Tm1 + F + Fc) + C + 0.5 Sx + Sz$

en donde:

- CM Cargas Muertas.
Tt Tren tipo.
Tm1 Tren de mantenimiento en la posición 1.
Tm2 Tren de mantenimiento en la posición 2.
F Frenaje del tren.
A Aceleración del Tren.
C Cabeceo.
Fc Fuerza centrífuga.
Sx Sismo en la dirección X.
Sz Sismo en la dirección Z.
I Impacto.

V.3 ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL.

V.3.1 ÁMBITO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL.

El diseño estructural abarca las diversas actividades que desarrolla el proyectista para determinar la forma, dimensiones y características detalladas de una estructura, es decir, de aquella parte de una construcción que tiene por objeto absorber las solicitaciones que se presentan durante las distintas etapas de su existencia.

El diseño estructural se encuentra inserto en el proceso más general de una obra civil, en el cual se definen las características que debe tener la construcción para cumplir de manera adecuada las funciones que está destinada a desempeñar. Un requisito esencial para que la construcción cumpla sus funciones es que no sufra fallas o mal comportamiento debido a su incapacidad para soportar cargas que sobre ella se imponen.

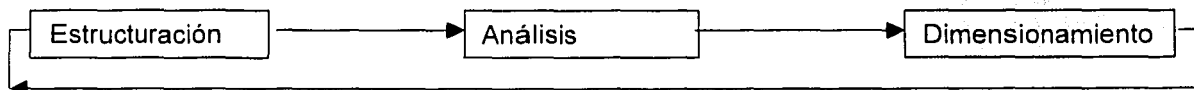
En el desarrollo de obras de infraestructura, el proyecto para la construcción, asocia varios aspectos:

- Topografía.
- Arquitectura.
- Mecánica de Suelos.
- Estructural.
- Instalaciones.
- Mantenimiento.
- Etc.

El diseño estructural, se ubica en el proyecto ejecutivo estructural, es decir, son las actividades que desarrolla el especialista en estructuras, con el objetivo siguiente: proponer la estructuración adecuada, utilizando materiales y elementos estructurales dimensionados eficientemente para obtener sistemas que brinden seguridad bajo acciones que se pueden presentar y que al mismo tiempo cumplan con requisitos estéticos y económicos.

V.3.2 EL PROCESO DE DISEÑO ESTRUCTURAL.

El proceso de diseño estructural se enmarca en las siguientes actividades:



ESTRUCTURACIÓN.

En esta parte del proceso se determinan los materiales de los que va a estar constituida la estructura, la forma global de ésta, el arreglo de sus elementos constitutivos, sus dimensiones y características más esenciales. Es parte fundamental del proceso.

ANÁLISIS.

Son las actividades que llevan a la determinación de la respuesta de la estructura ante las diferentes acciones exteriores que pueden afectarla.

En esta etapa se determinan las acciones de diseño, y en base a esta se determinan las fuerzas internas (momentos flexionantes y de torsión, fuerzas axiales y cortantes) así como las flechas y deformaciones de la misma.

DIMENSIONAMIENTO.

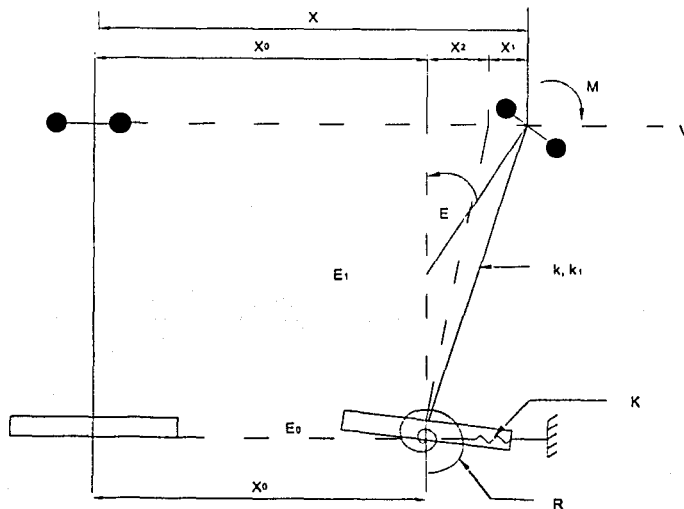
En esta etapa se define en detalle la estructura y se revisa si cumple con los requisitos de seguridad adoptados.

V.3.3 ANÁLISIS ESTRUCTURAL.

El análisis estructural de las traveses, se realiza considerándolas como estructuras isostáticas libremente apoyadas en columnas. Se analizan en el sentido longitudinal y en el transversal, considerando las diferentes posiciones de los trenes para producir los esfuerzos más desfavorables para cada sección (ver Figura V.13).

La estimación de las fuerzas sísmicas a las que se sujeta la estructura, se realiza mediante el análisis estático y dinámico de acuerdo con el RCDF, considerando las posiciones más críticas de los trenes para las distintas combinaciones de carga.

El análisis sísmico se realiza idealizando la estructura como un péndulo invertido, considerándose la inercia rotacional que la masa superior induce a la estructura. El modelo dinámico analizado considera también la influencia que ejerce la interacción suelo-estructura en la evaluación de los periodos naturales de vibración y por lo tanto en la respuesta sísmica. (Fig. V.14).



DONDE:

k = RIGIDEZ DE LA COLUMNA A LA DEFORMACION HORIZONTAL.
 k_r = RIGIDEZ DE LA COLUMNA A LA DEFORMACION ANGULAR.
 K = RIGIDEZ DEL CONJUNTO SUELO - PILOTES A LA DEFORMACION HORIZONTAL.
 R = RIGIDEZ DEL CONJUNTO SUELO - PILOTES A LA DEFORMACION ANGULAR.
 E, E_1 = DEFORMACIONES ANGULARES
 X, X_0, X_1, X_2 = DEFORMACIONES HORIZONTALES

Fig. V.14 Modelo de Péndulo Invertido.

TEL. 011
FALLA DE ORIGEN

V.3.4 DISEÑO ESTRUCTURAL.

Debido a que la totalidad de la estructura se ubica dentro de la zona III (terreno compresible, según la clasificación del RCDF y considerando la importancia que reviste el hundimiento regional del Valle de México), la cimentación está resuelta mediante zapatas con pilotes de fricción de dimensiones tales que siguen el hundimiento regional.

En todo diseño de cimentaciones se requiere una evaluación tanto para resistencia como para deformaciones, su definición debe ser cuidadosamente estudiada de modo de no generar efectos indeseables para ninguna de las dos condiciones a saber: la distribución en planta, y el número y longitud de pilotes a utilizar para satisfacer la estabilidad de la cimentación bajo condición de carga permanente considerando el importante incremento en el número de pilotes, ya que si bien por carga permanente, la deformación puede ser relativamente baja, al considerar la condición de hundimiento regional, se puede presentar una emersión aparente referente a la cimentación de los predios vecinos.

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

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

V.3.5 EJEMPLO APLICACIÓN DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL.

A continuación, a manera de ejemplo se resolverá la estructura de los marcos tipo de la vía de enlace, de acuerdo a la figura V.15. Los cálculos del diseño estructural no son motivo de esta tesis, por lo que solo se tratará de ejemplificar la secuencia del análisis estructural empleando el método de las rigideces.

Tomando en cuenta la figura V.15, primeramente se procede a obtener el grado de hiperestaticidad de la estructura, de acuerdo a los parámetros que se desean calcular (incógnitas) y de acuerdo a las ecuaciones de equilibrio estático que se deben cumplir en las estructuras, por lo tanto en el caso de los marcos tenemos lo siguiente:

- Ecuaciones de equilibrio: $\sum F_x$, $\sum F_y$, $\sum M_o$.
- Incógnitas: reacciones (r).
- Condiciones adicionales (c).
- Número de nodos (j).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Número de barras (b).

Donde:

$3b + r < 3j + c$ La estructura es inestable.

$3b + r = 3j + c$ La estructura es estable.

$3b + r > 3j + c$ La estructura es hiperestática.

Por lo tanto para el marco de la figura anterior tenemos:

$$r = 12$$

$$c = 0$$

$$j = 8$$

$$b = 9$$

Ejecutando las operaciones tenemos:

$$3(9) + 12 > 3(8) + 0$$

$$39 > 24$$

∴ la estructura es hiperestática.

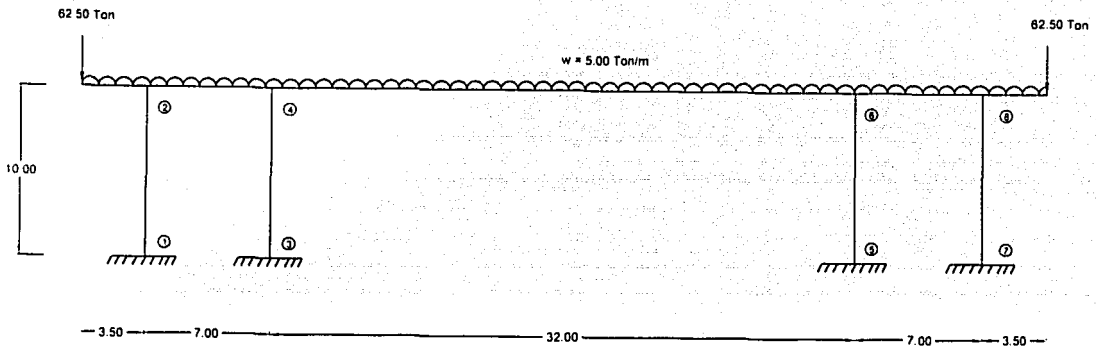


Fig. V.15 Modelo de Marcos Tipo de la Vía de Enlace.

Para calcular las reacciones de esta estructura se empleará el método de rigideces, el cual, en términos generales relaciona a través de sistemas de ecuaciones las fuerzas que actúan en las estructuras y los desplazamientos correspondientes.

En marcos sin desplazamiento lateral, los desplazamientos se asocian solo a giros que experimentan los nodos. No se toman en cuenta los efectos de los desplazamientos lineales, de esta forma, las ecuaciones de rigidez para una barra cualquiera (FIG. V.16), se expresan como:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

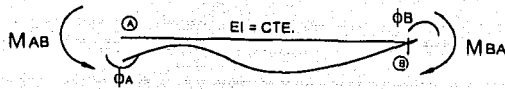


Fig. V.16 Giros Unitarios en una Barra Cualquiera.

$$\begin{Bmatrix} M_{AB} \\ M_{BA} \end{Bmatrix} = \frac{EI}{L} \begin{bmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 4 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_A \\ \phi_B \end{Bmatrix} \pm \begin{Bmatrix} M^e_{AB} \\ M^e_{BA} \end{Bmatrix}$$

$$\{M\} = [K] \{d\} + \{f\} \text{ (acciones)}$$

En la ecuación anterior se debe determinar el vector de desplazamientos $\{d\}$ de cada barra, para de esta manera encontrar el vector $\{M\}$ de momentos.

El equilibrio en la estructura, permite establecer un sistema de ecuaciones suficientes para calcular los desplazamientos $\{d\}$ de la estructura, que a su vez permite encontrar $\{M\}$ para cada barra.

Para resolver la estructura se siguen los siguientes pasos:

1. Numerar los nodos. En el marco de la figura V.15 se tienen los nodos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8.
2. Planteamiento del vector de desplazamiento de la estructura, el cual asocia a los giros unitarios positivos en cada nodo por lo que se tiene el siguiente planteamiento:

$$\{d\} = \begin{Bmatrix} \phi_2 \\ \phi_4 \\ \phi_6 \\ \phi_8 \end{Bmatrix}$$

Por lo tanto la matriz de rigidez es de 4 x 4.

$$EI \begin{bmatrix} 34 & 2 & 0 & 0 \\ 2 & 307 & 2 & 0 \\ 7 & 280 & \frac{32}{7} & 0 \\ 0 & \frac{2}{32} & \frac{307}{280} & \frac{2}{7} \\ 0 & 0 & \frac{2}{7} & \frac{34}{35} \end{bmatrix}$$

Dicha matriz debe ser simétrica, cuadrada y positiva (definida), tiene inversa con determinante positivo, de lo contrario es una estructura inestable.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la matriz de rigidez, las columnas asociadas a giros están formadas por los momentos que se generan en la estructura al aplicar dichos giros.

3. Para obtener los elementos de dicha matriz, se deben aplicar giros unitarios positivos en cada nodo, tal como se muestra a continuación:

Si $\phi_2 = 1.0$ como se muestra en la figura V.17, se tiene que el momento generado en la estructura es:

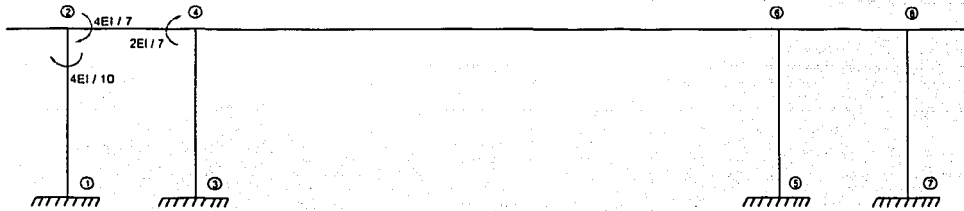


Fig. V.17 Giro unitario aplicado en Nodo 2.

$$\begin{aligned} \text{nodo 2} & \quad \frac{4EI}{7} + \frac{4EI}{10} = \frac{34EI}{35} \\ \text{nodo 4} & \quad \frac{2EI}{7} \end{aligned}$$

Si $\phi_4 = 1.0$ (fig. V.18) se tiene:

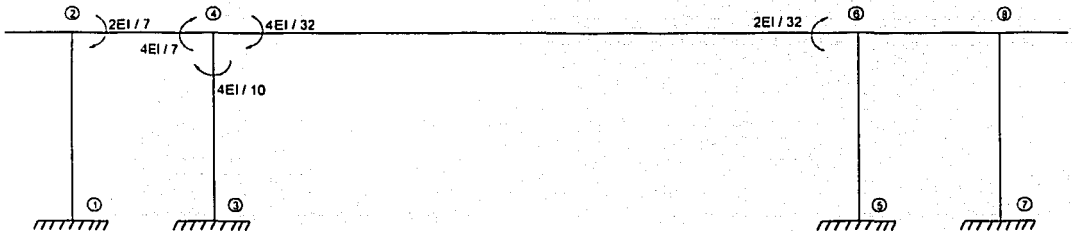


Fig. V.18 Giro unitario aplicado en Nodo 4.

$$\begin{aligned} \text{nodo 4} & \quad \frac{4EI}{32} + \frac{4EI}{10} + \frac{4EI}{7} = \frac{307EI}{280} \\ \text{nodo 2} & \quad \frac{2EI}{7} \\ \text{nodo 6} & \quad \frac{2EI}{32} \end{aligned}$$

Si $\phi_6 = 1.0$ (fig. V.19) se tiene:

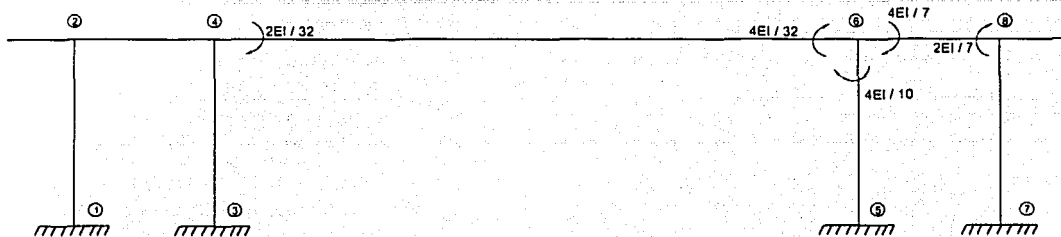


Fig. V.19 Giro unitario aplicado en Nodo 6.

$$\begin{aligned} \text{nodo 6} & \quad \frac{4EI}{7} + \frac{4EI}{10} + \frac{4EI}{32} = \frac{307EI}{280} \\ \text{nodo 4} & \quad \frac{2EI}{32} \\ \text{nodo 8} & \quad \frac{2EI}{7} \end{aligned}$$

Si $\phi_8 = 1.0$ (fig. V.20) se tiene:

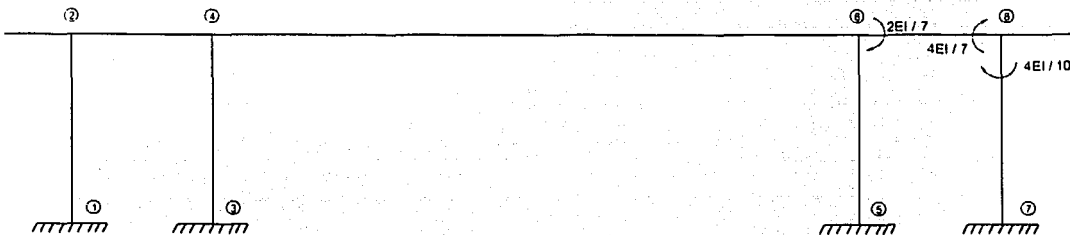


Fig. V.20 Giro unitario aplicado en Nodo 8.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$\text{nodo 8} \quad \frac{4EI}{7} + \frac{4EI}{10} = \frac{34EI}{35}$$

$$\text{nodo 6} \quad \frac{2EI}{7}$$

4. Una vez que se tienen los elementos de la matriz de rigidez, se calcula el vector $\{f\}$ mediante el equilibrio del momento de empotramiento de signo contrario en cada nodo. Fig. V.21.

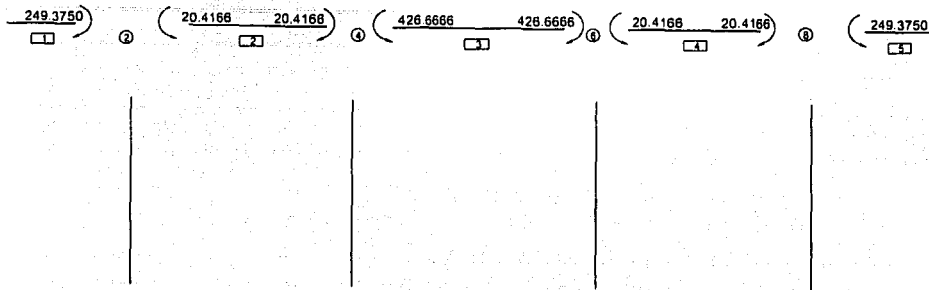


Fig. V.21 Momentos de Empotramiento.

$$\text{Barra 1} \quad M_{e2} = PL + \frac{\omega L^2}{2} = (62.5)(3.5) + \frac{5(3.5)^2}{2} = 249.3750$$

$$\text{Barra 2} \quad M_{e24} = -\frac{\omega L^2}{12} = -\frac{5(7)^2}{12} = -20.4166$$

$$M_{e42} = \frac{\omega L^2}{12} = \frac{5(7)^2}{12} = 20.4166$$

$$\text{Barra 3} \quad M_{e46} = -\frac{\omega L^2}{12} = -\frac{5(32)^2}{12} = -426.6666$$

$$M_{e42} = \frac{\omega L^2}{12} = \frac{5(32)^2}{12} = 426.6666$$

$$\text{Barra 4} \quad M_{e68} = -\frac{\omega L^2}{12} = -\frac{5(7)^2}{12} = -20.4166$$

$$M_{e86} = \frac{\omega L^2}{12} = \frac{5(7)^2}{12} = 20.4166$$

$$\text{Barra 5} \quad M_{e8} = -PL - \frac{\omega L^2}{2} = -(62.5)(3.5) - \frac{5(3.5)^2}{2} = -249.3750$$

Efectuando las operaciones algebraicas y cambiando el signo en cada nodo se obtiene el vector $\{f\}$:

$$\{f\} = \begin{Bmatrix} -228.9584 \\ 406.2500 \\ -406.2500 \\ 228.9584 \end{Bmatrix}$$

En términos matriciales se tiene que:

$$EI [K] \{d\} = \{f\} \therefore \{d\} = [K]^{-1} \{f\}$$

$$\{d\} = \begin{Bmatrix} -382.3312 \\ 498.5717 \\ -498.5717 \\ 382.3312 \end{Bmatrix}$$

Sustituyendo los valores del vector $\{d\}$ en la ecuación de momento de cada barra, se tiene lo siguiente:

$$\begin{Bmatrix} M_{12} \\ M_{21} \end{Bmatrix} = \frac{EI}{10} \begin{bmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 4 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 0 \\ -382.3312 \end{Bmatrix} \pm \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -76.4662 \\ -152.9323 \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} M_{24} \\ M_{42} \end{Bmatrix} = \frac{EI}{7} \begin{bmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 4 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} -382.3312 \\ 498.5717 \end{Bmatrix} \pm \begin{Bmatrix} -20.4166 \\ 20.4166 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -96.4425 \\ 196.0772 \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} M_{34} \\ M_{43} \end{Bmatrix} = \frac{EI}{10} \begin{bmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 4 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 0 \\ 498.5717 \end{Bmatrix} \pm \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 99.7143 \\ 199.4287 \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} M_{46} \\ M_{64} \end{Bmatrix} = \frac{EI}{32} \begin{bmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 4 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 498.5717 \\ -498.5717 \end{Bmatrix} \pm \begin{Bmatrix} -426.6666 \\ 426.6666 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -395.5059 \\ 395.5059 \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} M_{56} \\ M_{65} \end{Bmatrix} = \frac{EI}{10} \begin{bmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 4 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 0 \\ -498.5717 \end{Bmatrix} \pm \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -99.7143 \\ -199.4287 \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} M_{68} \\ M_{86} \end{Bmatrix} = \frac{EI}{7} \begin{bmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 4 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} -498.5717 \\ 382.3312 \end{Bmatrix} \pm \begin{Bmatrix} -20.4166 \\ 20.4166 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -196.0772 \\ 96.4425 \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} M_{78} \\ M_{87} \end{Bmatrix} = \frac{EI}{10} \begin{bmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 4 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 0 \\ 382.3312 \end{Bmatrix} \pm \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 76.4662 \\ 152.9325 \end{Bmatrix}$$

Una vez que se obtienen los momentos en cada barra, se procede a calcular el cortante directo y el cortante isostático. El cortante isostático se calcula considerando la viga como simplemente apoyada, mientras que el cortante directo se calcula atendiendo lo establecido en la figura V.22.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

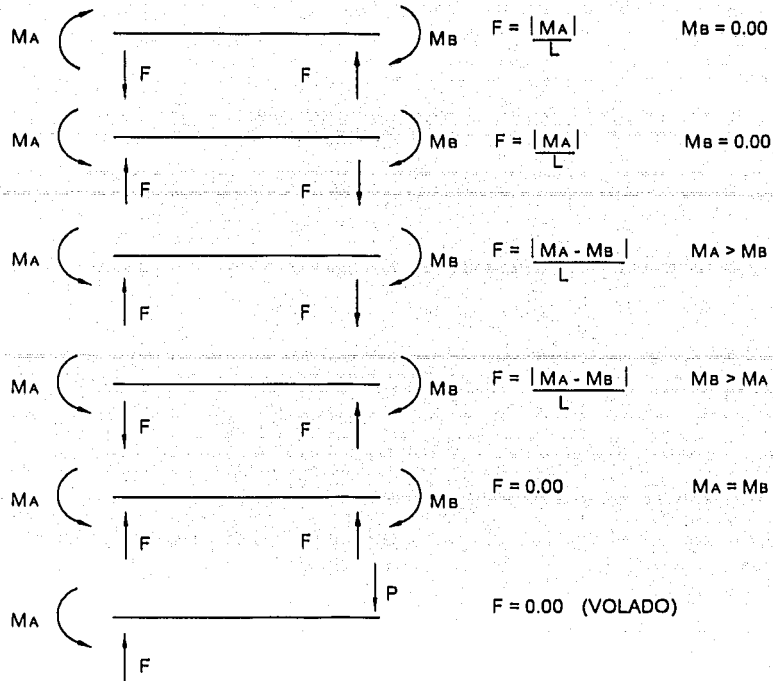


Fig. V.22 Cortante directo en vigas.

En la figura V.23, se muestran los momentos, el cortante directo y el cortante isostático aplicado en cada barra.

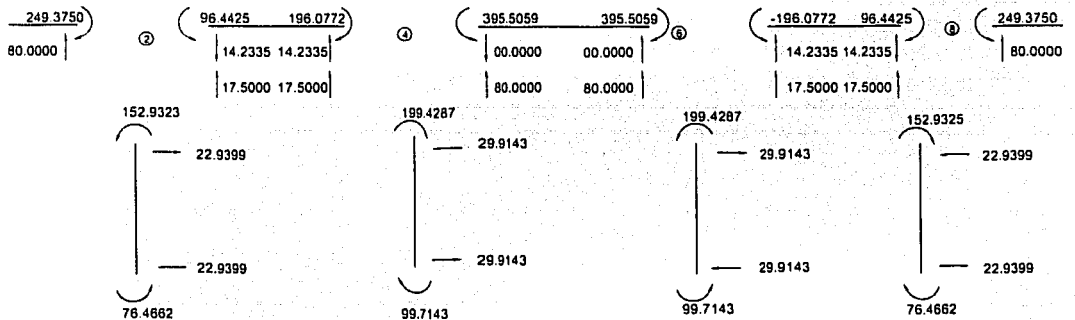


Fig. V.23 Momentos, cortante directo, y cortante isostático aplicado en cada barra.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la figura V.24 se muestra la resultante de fuerzas y momentos aplicados en cada nodo, y en la figura V.25 se observa la estructura resultante en la cual se deben cumplir las condiciones de equilibrio: $\sum F_x = 0$, $\sum F_y = 0$, $\sum M_o = 0$.

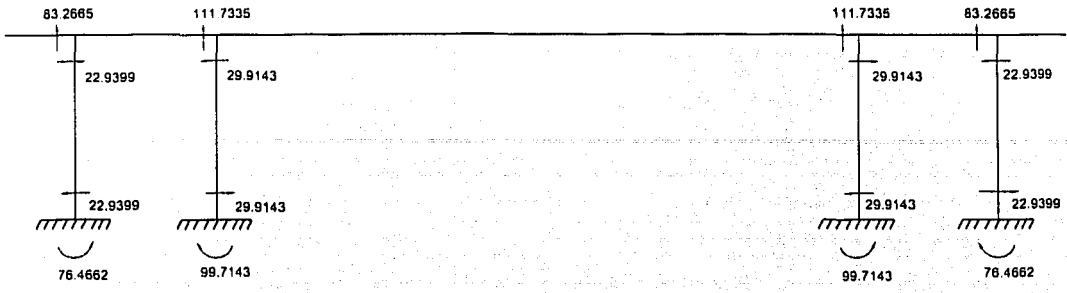


Fig. V. 24 Resultante de fuerzas y momentos en cada barra.

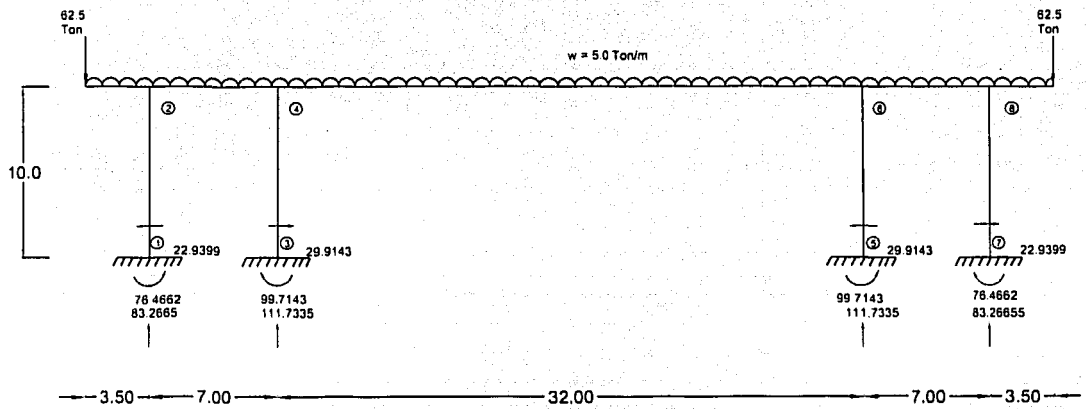


Fig. V. 25 Estructura Final.

$$\sum F_x = -22.9399 + 29.9143 - 29.9143 + 22.9399 = 0.0000 \text{ Ton.}$$

$$\sum F_y = -62.5000 - 265.0000 - 62.5000 + 83.2625 + 111.7335 + 111.7335 + 83.2665 = 0.0040 \text{ Ton.}$$

$$\sum M_o = - 62.5000(3.5000) + 265.0000(23.0000) + 62.5000(49.5000) - 111.7335(7.0000) - 111.7335(39.0000) - 83.2665(46.0000) = 0.0000 \text{ Ton-m.}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Por lo tanto la estructura está resuelta, quedando pendiente la elaboración de los diagramas de Momento, Cortante y Normal.

Como nos podemos dar cuenta, el ámbito del diseño estructural es muy amplio, ya que para un proyecto de esta naturaleza los procedimientos de análisis y diseño estructural son muy refinados; en el ejemplo anterior se trató de establecer la secuencia del análisis estructural para resolver el modelo de los marcos tipo de la vía de enlace por lo que un estudio más preciso y detallado en cuanto al análisis y diseño quedan fuera del alcance de este trabajo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO VI

PROCESO CONSTRUCTIVO.

Objetivo Específico.

Estudiar el proceso constructivo de la la vía de enlace, así como sus costos más representativos.

GENERALIDADES.

En este capítulo se describe el proceso constructivo utilizado en la vía de enlace, tanto para el tramo elevado como para la transición, el análisis financiero y su recuperación como inversión.

VI.1 TRAMO ELEVADO.

VI.1.1. CIMENTACIÓN TIPO DEL TRAMO ELEVADO.

El procedimiento constructivo de la cimentación para los apoyos de la vía de enlace entre el Metropolitano Línea B y Línea 5 en su tramo elevado (cajones de cimentación para marcos tipo), se describe a continuación:

Los cajones de cimentación para estos marcos son las cimentaciones que reciben las descargas de la vía de enlace por medio de columnas y que corresponden a los apoyos con ejes BE-26 a BE-35 (ver plano IV.3 Proyecto de Perfil, del Capítulo IV); en dicho plano se pueden apreciar la localización de las zapatas que tienen estas características.

Cada una de estas cimentaciones se componen por un cajón parcialmente compensado y pilotes que trabajan por fricción, desplantados a 3.0 m. y a 30.0 m. de profundidad, con respecto al nivel del terreno natural (NTN), respectivamente.

El procedimiento constructivo para estas estructuras consiste en la ejecución de las siguientes actividades básicas:

1. Perforación guía.

La perforación guía tiene por objeto guiar y facilitar el hincado de pilotes hasta el nivel de proyecto, además de evitar movimientos excesivos en la masa de suelo adyacente, para lo cual se debe tener en consideración los siguientes puntos:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- a) Con la ayuda de una cuadrilla de Topografía se traza la zapata con las dimensiones de proyecto y se ubican mediante estacas o pintura la posición de los pilotes (misma de perforación), de acuerdo a los planos de construcción; antes de iniciar la perforación, se debe verificar que la posición de la zapata y de los pilotes no varíen en más de 2.0 cm con respecto a las de proyecto.
- b) El equipo empleado para la perforación guía, es una broca espiral cilíndrica, la cual está formada por una hélice colocada alrededor de una barra central; los elementos de corte están constituidos por cuchillas de acero de alta resistencia.
- c) Durante la perforación guía debe verificarse su verticalidad, además de conservar las dimensiones de proyecto en toda su profundidad.
- d) El tiempo máximo admisible entre la perforación y el hincado no debe ser mayor de 36.0 horas.

En los apoyos de los marcos tipo, la perforación guía debe tener un área del 80 % del área transversal del pilote, de modo que la perforación quede inscrita en la sección del pilote, con una tolerancia de ± 2.5 cm. (ver figura VI.1.A y VI.1.B. Perforación Previa de Pilotes).

La perforación guía se lleva hasta una profundidad de 5.0 m. en todos los pilotes, con extracción del material. En aquellos pilotes que se encuentran a una distancia menor a 4.0 m. de cualquier instalación hidráulica adyacente, se prolongará la perforación hasta 50.0 cm. por debajo del lecho inferior de éstas, realizando la perforación sin extracción, sino por simple remoldeo del material, con lo cual se trata de evitar dañar dichas instalaciones durante el hincado de los pilotes.

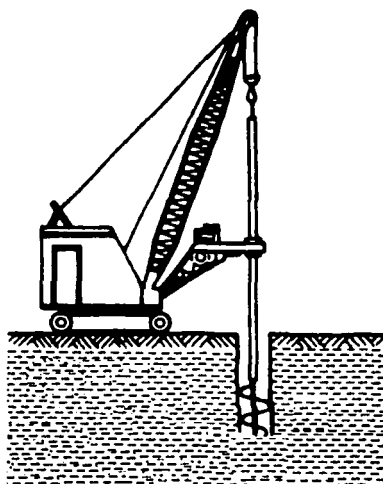


Fig. VI.1 A. Perforación previa de pilotes.



Fig. VI.1 B. Perforación previa de pilotes.

2. Hincado de pilotes.

La instalación de los pilotes de concreto debe garantizar su integridad estructural e integración con el suelo, para que de esta manera cumpla con su cometido; además se debe tener cuidado en no ocasionar daños a las estructuras e instalaciones vecinas por vibraciones o desplazamientos vertical y horizontal del suelo, por lo que se deben seguir las siguientes indicaciones:

- a) Todos los pilotes deben estar limpios y se debe verificar que su cabeza sea perpendicular al eje del mismo.
- b) No deberán hincarse aquellos pilotes que presenten agrietamientos o fisuras, ya que estos pueden sufrir aún más daños durante el hincado, con lo que pierden su capacidad estructural.
- c) Es conveniente que se coloquen marcas, para así llevar un registro del número de golpes necesarios para cada metro en el tramo de hincado.
- d) Se deben hincar únicamente los pilotes que han alcanzado por lo menos el 75% de su resistencia; estos pilotes se colocan en la perforación previa, auxiliándose de estrobos para las maniobras de izaje.
- e) El equipo empleado para el hincado de los pilotes de concreto, en la vía de enlace, se describe a continuación:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Martillos, son equipos que generan impactos para el hincado de los pilotes; en la vía de enlace se utilizó un martillo de combustión diesel con un peso de 2750 Kg.

Para el hincado eficiente de los pilotes de concreto, se busca que el peso del pistón móvil no sea menor de 0.30 a 0.50 veces el peso del pilote, es decir, para el hincado, deben seleccionarse martillos con energía y peso del pistón acordes con las dimensiones y pesos de los pilotes.

Lo anterior quiere decir que si el pistón pesa menos que dicho valor, la cabeza del pilote corre el riesgo de dañarse con el excesivo número de golpes en el intento de llevarlo a la profundidad de desplante; por otro lado si el pistón es demasiado pesado en relación al pilote, este puede sufrir daños en toda su longitud.

En el caso de la vía de enlace, se utilizó un martillo de velocidad de impacto baja (carrera corta). El peso del pistón móvil fue de 1250 Kg con el que se obtiene una relación de pesos con respecto al pilote de 0.33; la energía del martillo fue superior a 0.3 Kg-m por cada kilogramo de peso del pilote, la altura de caída fue de 0.75 a 1.0 m.

Las herramientas para el manejo e hincado de los pilotes son las siguientes:

Resbaladeras: Son estructuras que se integran a las plumas de las grúas que sirven para que deslice tanto el martillo piloteador como el dispositivo de disparo.

Gorros de protección: Sirven para proteger la cabeza de los pilotes durante el hincado. Los gorros están formados por una estructura de acero en forma de caja; en la parte superior se puede colocar una sufridera que puede ser a base de madera, material plástico ó trozos de cable de acero y sobre ello una placa metálica. En la caja inferior que es la parte de contacto entre martillo y pilote va colocado un colchón de madera.

Lo anterior se puede observar en la figura: VI.2.A. Gorros de Protección y IV.2.B Equipo de hincado.

- f) El pilote y la resbaladera del martillo se deben colocar en forma vertical; para alcanzar la verticalidad del pilote pueden emplearse dos plomadas de referencia colocadas en líneas a 90° , teniéndose como vértice una esquina del pilote, tal y como se muestra en la figura VI. 3 Control de Verticalidad durante el Hincado de Pilotes.
- g) La cabeza del pilote debe acoplarse perfectamente al gorro del martillo piloteador, el cual tiene la sufridera a base de material plástico o similar; en la parte de contacto con el pilote, se coloca un colchón de madera, con lo que se

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

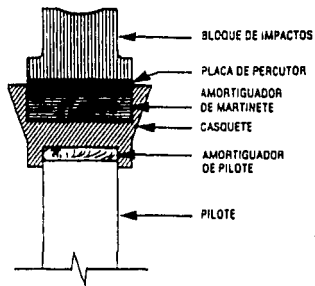


Fig. VI.2. A. Gorros de protección.

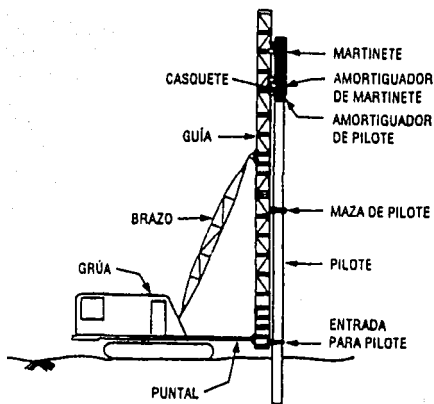


Fig. VI.2. B. Equipo de hincado de pilotes.

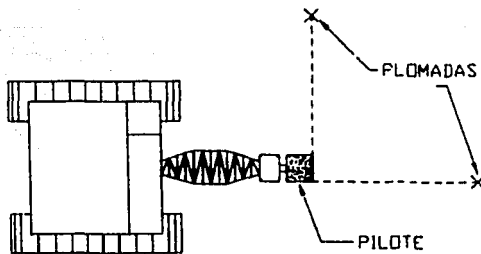


Fig. VI.3 Control de verticalidad durante el hincado de pilotes.

busca distribuir la carga producto de los impactos, al mismo tiempo que se protege la cabeza del pilote.

- h) Una vez iniciado el hincado de cada pilote, es necesario que no se suspenda esta actividad hasta que la punta del mismo alcance la profundidad de proyecto; en el caso de ser pilotes de dos tramos, al empalmar se deberá verificar la verticalidad de los mismos en la junta. Dicho empalme se realiza mediante la soldadura de dos placas de acero previamente fijadas en los tramos del pilote. Figura VI.4 Hincado de Pilotes.
- i) La desviación angular máxima admisible del pilote es 2%, y la tolerancia en la profundidad de hincado de $\pm 1\%$ de la longitud total.

3. Excavación.

La excavación que alojará a los cajones de cimentación se inicia una vez que la totalidad de los pilotes han sido hincados, tomándose en cuenta lo siguiente:

- a) La excavación se realizará hasta la profundidad de desplante de los cajones (-3.0 m a partir del NTN).
- b) La excavación deberá tener taludes con relación horizontal – vertical 0.5:1 y ocupará un área cuyos lados serán 50.0 cm más grandes que las de la zapata al nivel de desplante (Fig. VI.5 Excavación en Zapata de Cimentación); esta excavación deberá permanecer abierta el mínimo tiempo posible (5 días máximo), con el fin de evitar la desestabilización de las paredes y bufamiento del fondo de la excavación.
- c) Una vez alcanzado el nivel de desplante de proyecto, se coloca una plantilla de concreto pobre ($f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$) de 5.0 cm de espesor, que cubra únicamente el área de la zapata.
- d) Una vez que se ha colado la plantilla, se procede a la demolición o descabece de los pilotes hasta el nivel de desplante de la losa de cimentación.
- e) La demolición se realiza mediante martillos rompedores, cuñas o alguna herramienta similar: todos los fragmentos de concreto producto de dicha demolición deben ser retirados del área de construcción.
- f) Debe contarse con un sistema de bombeo de achique que sea capaz de resolver cualquier eventualidad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

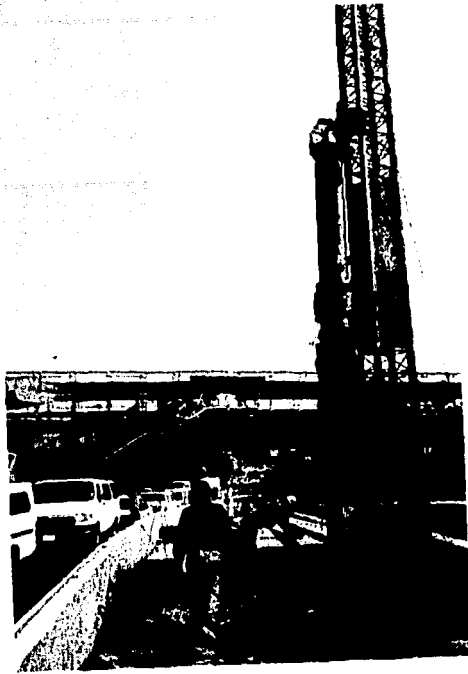


Fig. VI.4 Hincado de pilotes.

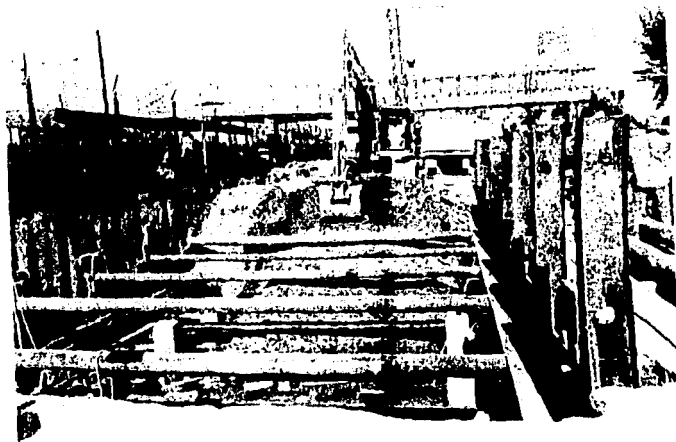


Fig. VI.5 Excavación en zapata de cimentación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4. Armado y colado del cajón de cimentación.

Las zapatas cajón de cimentación son estructuras de concreto reforzado colados in situ de 6.00 m x 11.40 m; dichos cajones son tipo y están constituidos por contratraves, algunas de peralte constante (de 150 ó de 270 cm). El espesor de las contratraves es constante en todos los elementos (50 cm).

La losa de fondo de concreto reforzado se desplanta sobre la plantilla de concreto de $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ y tiene un espesor de 20 cm.

La losa superior es también de concreto armado y tiene 15 cm de espesor.

Una vez que se han realizado todas las actividades referentes a la excavación, se comienzan las siguientes actividades:

- a) Habilitado del acero de refuerzo del cajón de cimentación y del refuerzo de las columnas ahogado en esta.
- b) La ubicación del acero de las columnas comienza 30 cm por encima del nivel de desplante de un dado de concreto reforzado de 150 x 150 cm.
- c) El acero expuesto de los pilotes, se debe anclar al de las contratraves.
- d) Cimbrado y colado de la cimentación dejando el refuerzo longitudinal de las columnas listo para su continuación.

Lo anterior se puede apreciar con más detalle en el Plano VI.1 Zapata Tipo.

5. Colocación de rellenos.

Colocación de rellenos a base de material areno-limoso tipo tepetate, se debe compactar al 90% AASHTO estándar (T-99) en capas de 20 cm (máximo) de espesor y además se debe obtener un valor relativo de soporte (VRS) de 20% (mínimo).

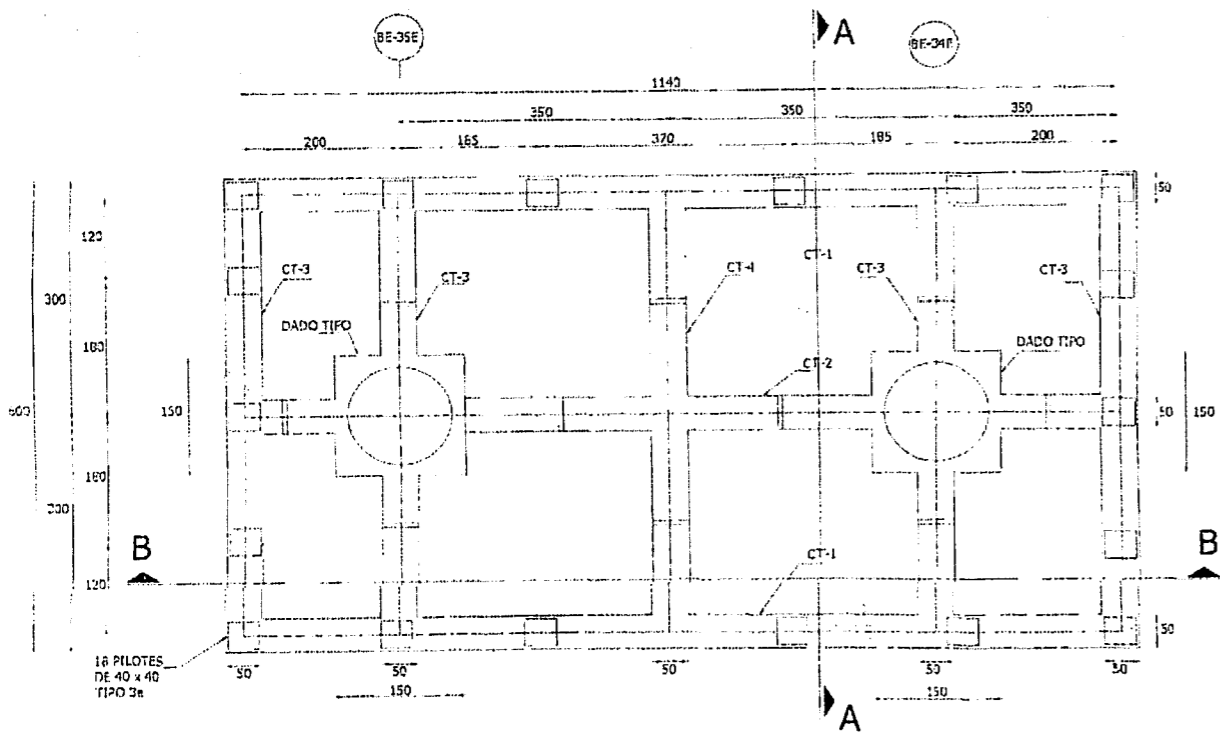
VI.1.2. COLUMNAS.

Una vez que se ha alcanzado el 80% de la resistencia del concreto del cajón de cimentación, se continua con la construcción de las columnas de concreto reforzado de sección circular de 1.4 m de diámetro y altura variable, de acuerdo a su localización.

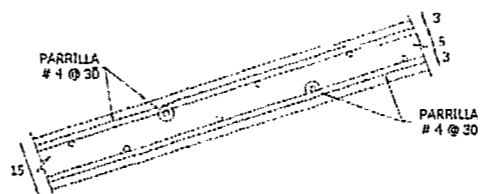
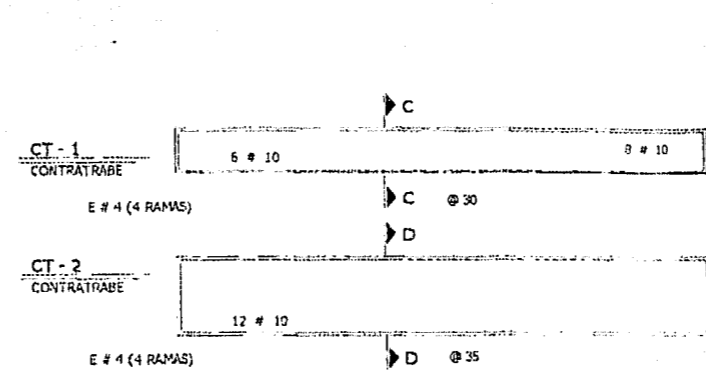
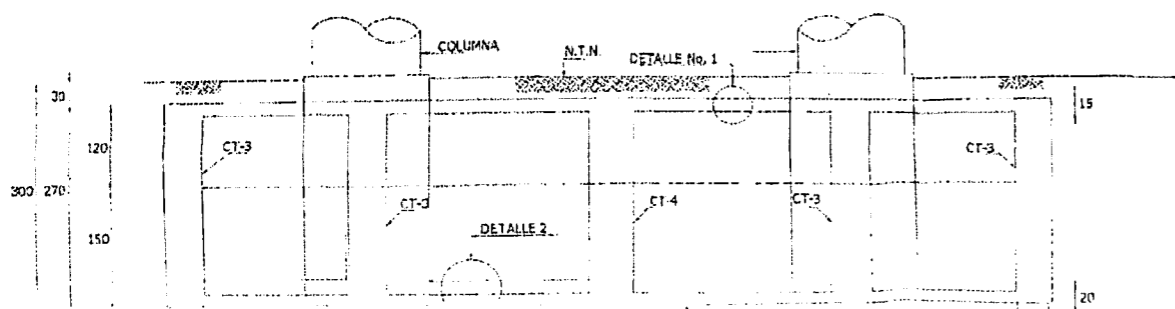
Las actividades a seguir en esta etapa son las siguientes:

- a) Habilitado del acero longitudinal y transversal de la columna. El refuerzo de las columnas tipo, consta de 56 varillas del # 10, dos zunchos de varillas del # 4 y paso de 15.0 cm.

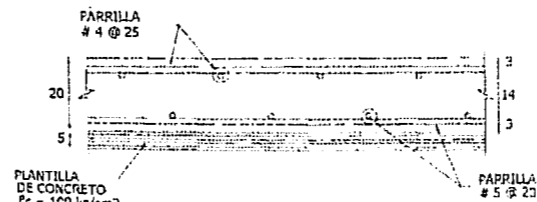
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



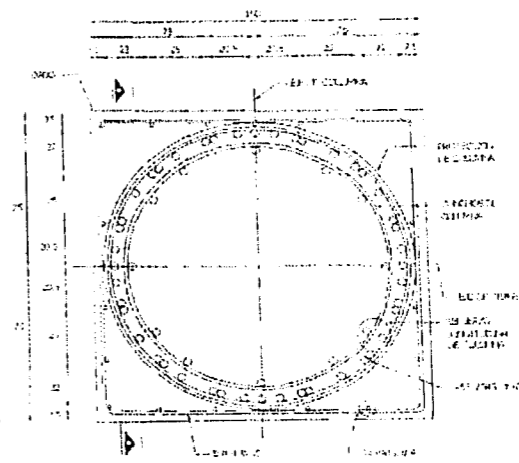
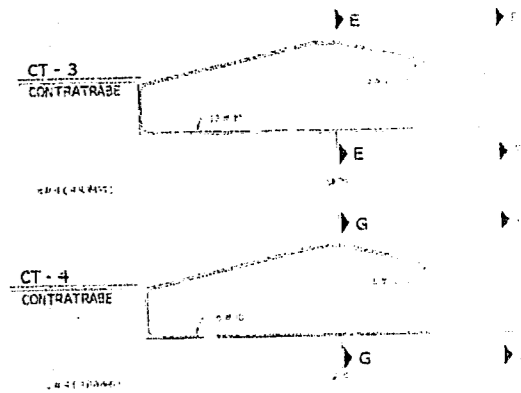
PLANTA



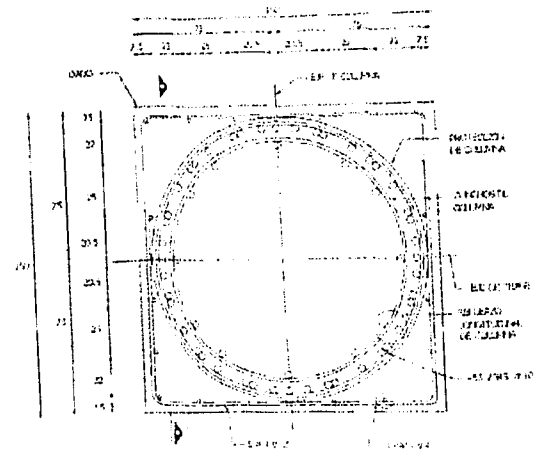
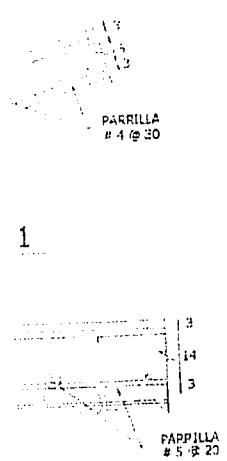
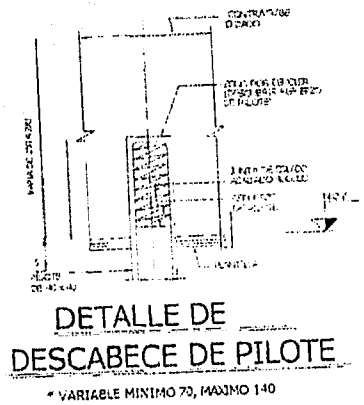
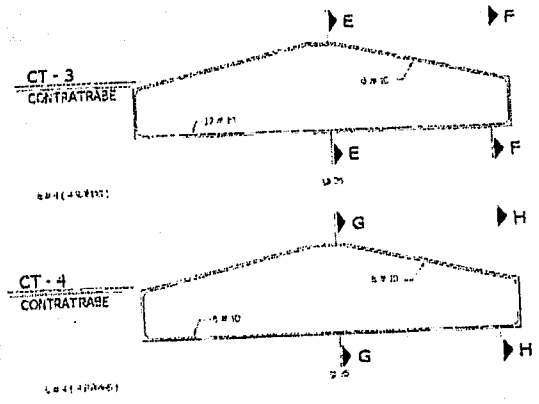
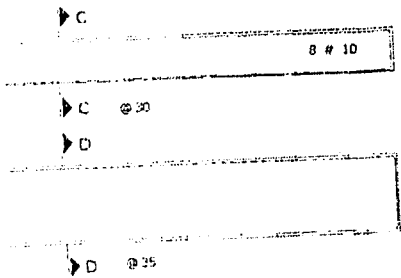
DETALLE - 1



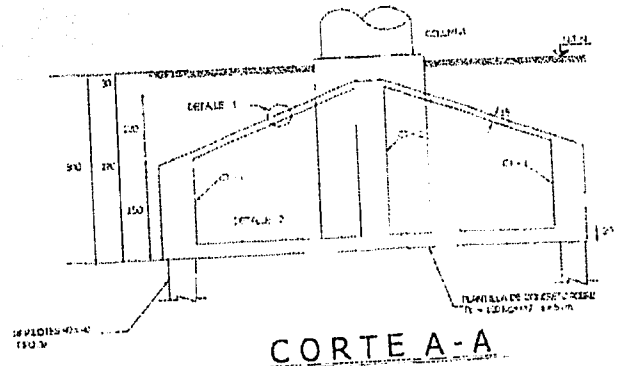
DETALLE - 2



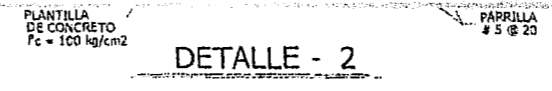
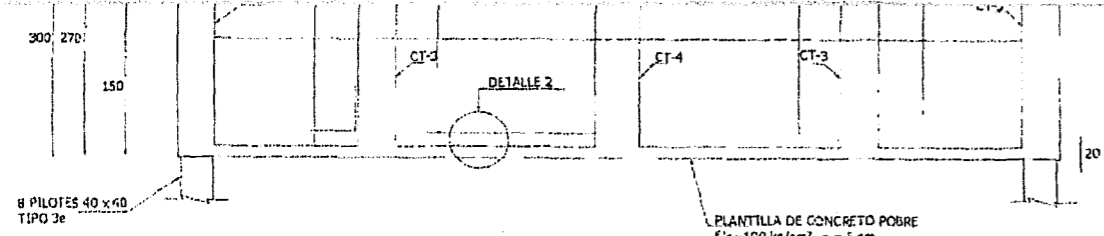
DADO TIPO
SECCION INFERIOR



DADO TIPO
SECCION INFERIOR

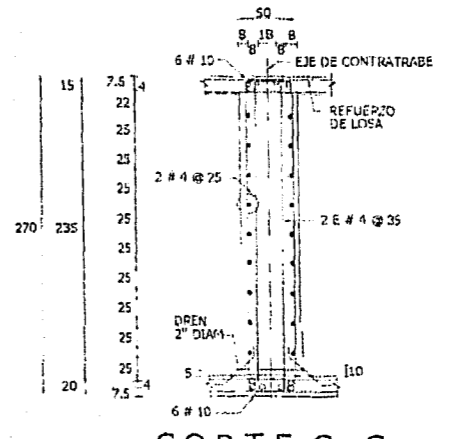
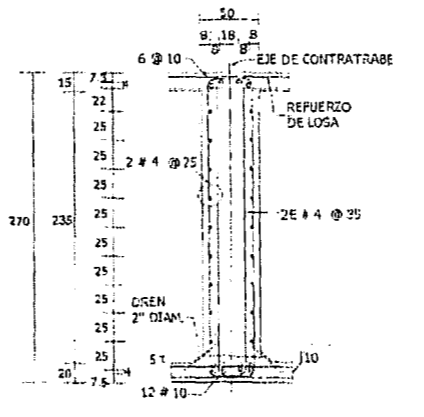


CORTE A-A

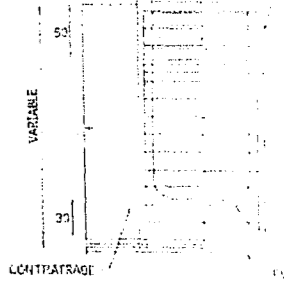


DADO TIPO
SECCION INFERIOR

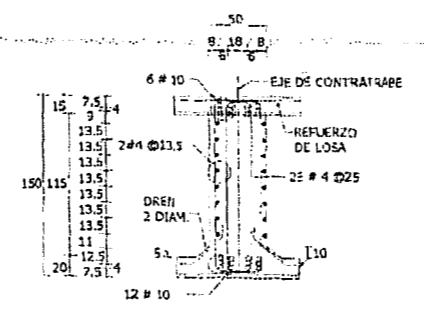
CORTE B-B



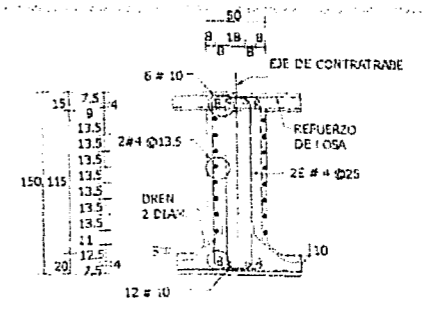
ESTRIBOS DE COLUMNA CONTINUARLOS 50 cm DENTRO DE ZAPATA



CORTE E-E



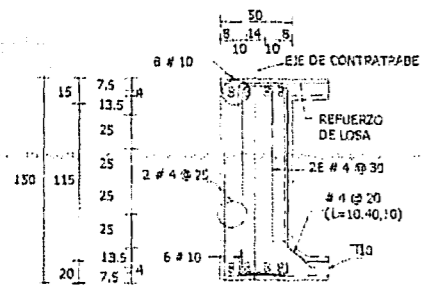
CORTE G-G



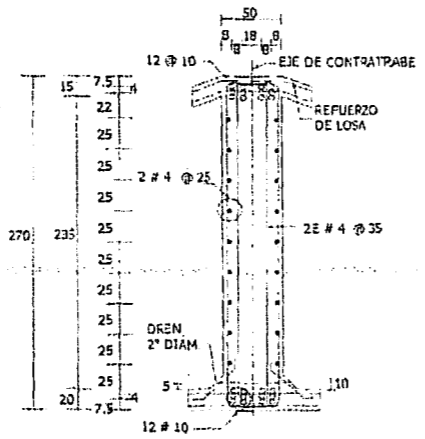
CORTE I-I

PLANO VI.1 ZAPATA

CORTE C-C



CORTE D-D

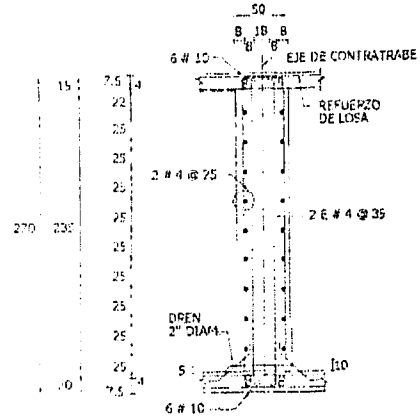


CORTE F-F

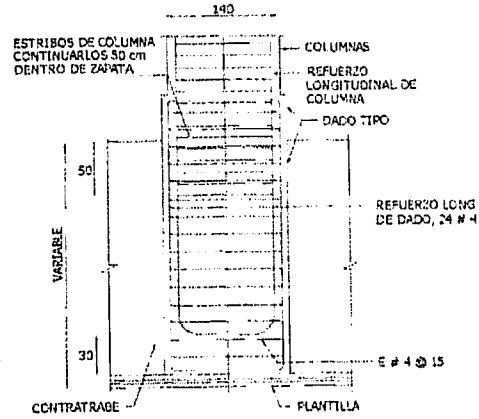
CORTE H-H

CORTE A-A

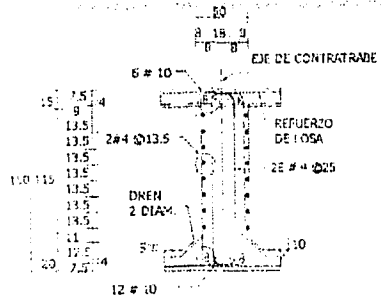
**DADO TIPO
SECCION INFERIOR**



CORTE G-G



CORTE I-I



CORTE H-H

PLANO VI.1 ZAPATA TIPO

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</p> <p>= CAMPUS ACATLAN =</p>	
<p>PROYECTO :</p>		
<p>METROPOLITANO LINEA B</p>		
<p>PLANO:</p>		
<p>PLANO VI.1 ZAPATA TIPO.</p>		
<p>REALIZO:</p>	<p>FECHA: FEBRERO/2002</p>	
<p>JULIO C. VILLAZANA LEMUS</p>	<p>ESCALA: SIN ESCALA</p>	
	<p>ACOT: METROS</p>	

- b) Habilitado del acero de refuerzo longitudinal y transversal, así como los accesorios del capitel, considerando el refuerzo para su conexión con las traveses tipo TA.
- c) Cimbrado de columnas, mediante una cimbra metálica desmontable por secciones de 2.0 m cada una.
- d) Colado de columnas y capiteles, hasta el nivel de tope de colado de columnas considerado para cada una.

Lo anterior se puede observar con más detalle en el Plano VI.2 Columnas Tipo.

VI.1.3. TRABES.

Una vez que el concreto de las columnas ha alcanzado el 80 % de su resistencia de proyecto, se continúa con las siguientes actividades:

1. Montaje de traveses TA, sobre columnas de apoyo:

- a) El montaje de las traveses se realizó con la ayuda de dos grúas de 300 Ton de capacidad cada una.
- b) Previo a las maniobras de izaje, se colocan dos balancines fabricados con perfil IPR de 12" x 8", los cuales son fijados a unas preparaciones dejadas en las traveses para tal fin.
- c) Una vez fijados los balancines a las traveses, éstas se izan mediante estrobos colocados a los ganchos de las grúas, procurando que se mantenga la horizontal en todo momento; la trabe se eleva aproximadamente 0.5 m por encima de las columnas que le servirán de apoyo, y se hacen descender lentamente, hasta que se apoyen totalmente en las columnas.
- d) Se debe verificar topográficamente que el eje de la columna coincida con el eje de la trabe, aceptando una diferencia de ± 1 mm.

2. Habilitado del acero de refuerzo de la conexión columna – trabe.

3. Colado de la conexión de la trabe TA – columna, utilizando concreto con resistencia igual al de la columna ($f'c = 300$ kg/cm²).

4. Montaje de la trabe TC más pequeña de las dos que se apoyarán en la trabe TA. Las maniobras para el montaje de las traveses TC, son las mismas a seguir para el montaje de las traveses TA (punto 1).

5. Montaje de la otra trabe TC. Después del montaje de estas traveses, se procede a colocar en su posición definitiva las placas de neopreno y los topes antisísmicos.

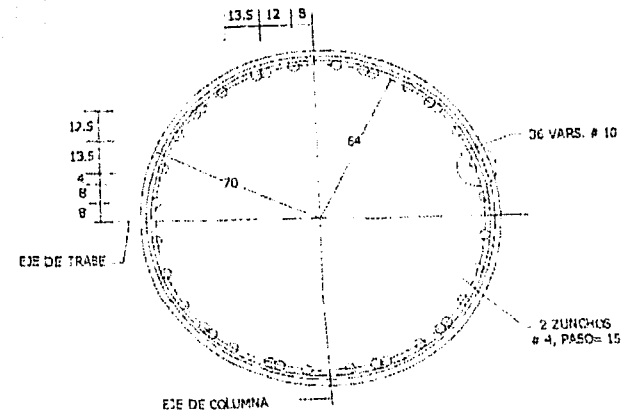
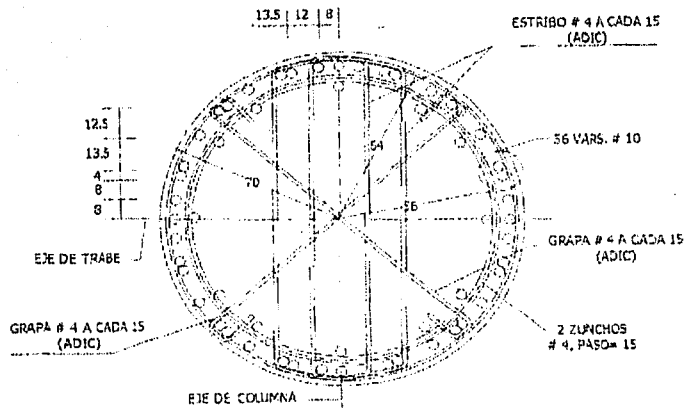
REFUERZO DE LA COLUMNA 38 VARS. # 10

VER DETALLE DE CAPITEL

NIVEL DE TOPE DE COLADO DE COLUMNA

VER DETALLE DE VARILLAS DE EN PLANO DE TRABE TA CON

ENTRE CALIE DE 2 CM



VARIABLE MÍNIMO 3 MÁXIMO 10

20 70
20 10
10 10
10 10
10 10

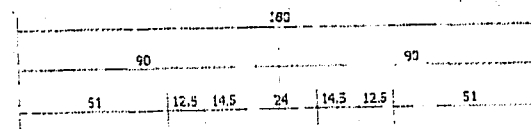
CORTE A - A
SECCION INFERIOR

CORTE B - B

H. ALTURA DE VER ALTURA EN GEOMETRICO CC

2 ZUNCHOS DE VARS. # 4, PASO= 15

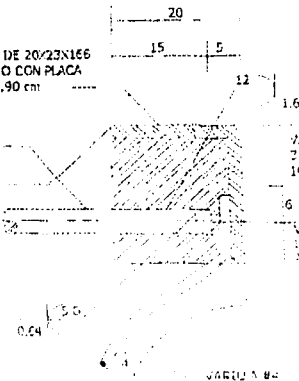
REFUERZO DE COLUMNA 56 VARS. # 10



ANGULO DE 20/23X165 FORMADO CON PLACA DE e = 1,90 cm

VARILLA # 10

VARIABLE MÍNIMO 3 MÁXIMO 10



LONGITUD DE DISTRIBUCION DE ESTRIBOS ADICIONALES

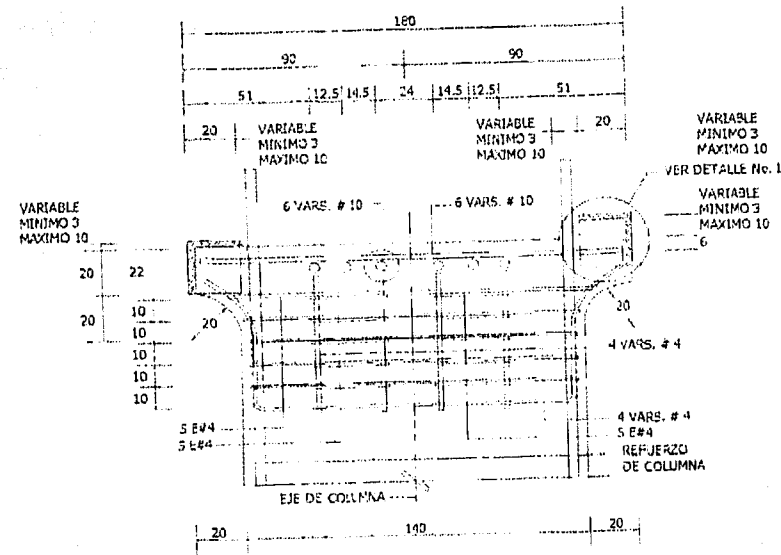
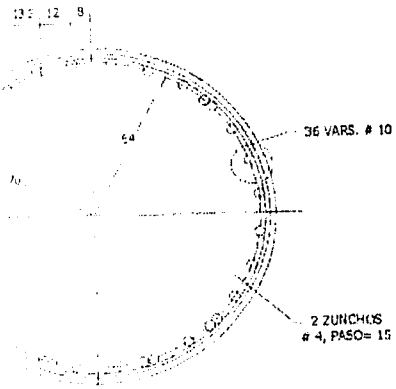
AGUAR REFUERZO 50 cm DENTRO ZAPATA

EJE DE COLUMNA

ALT. N.

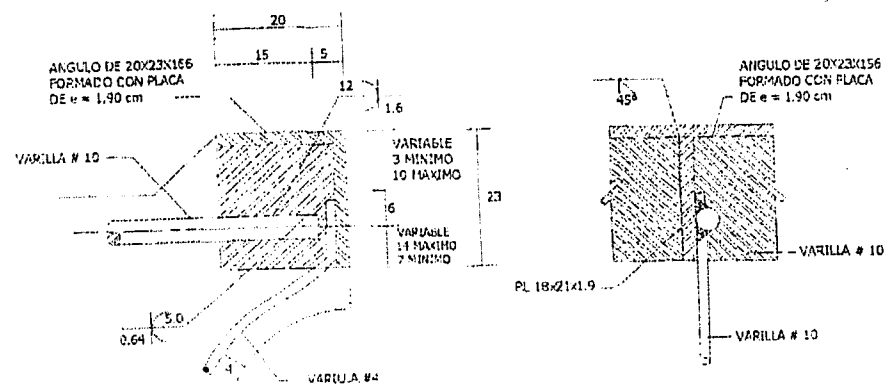
VER DETALLE No. 2

VARILLA # 4



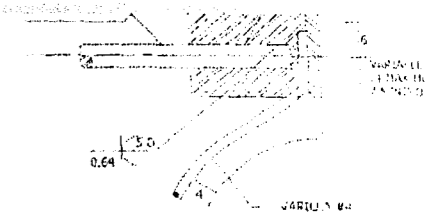
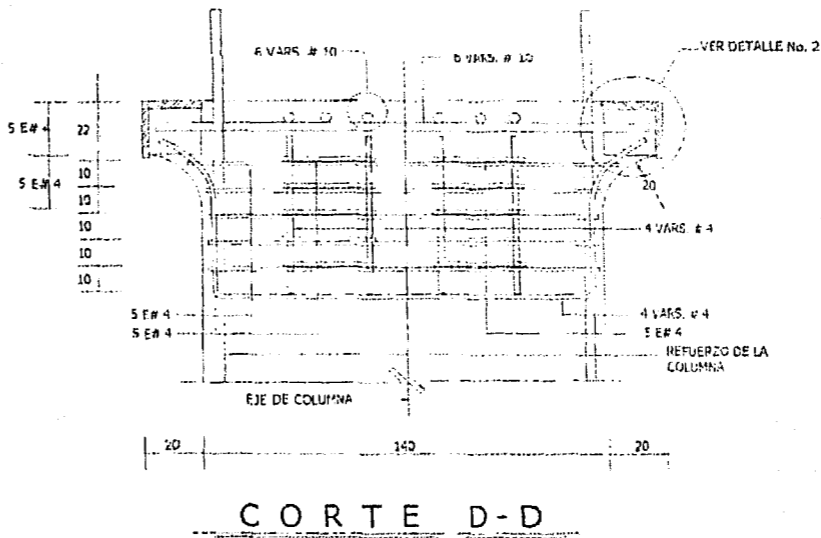
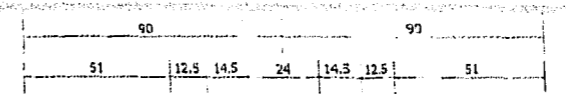
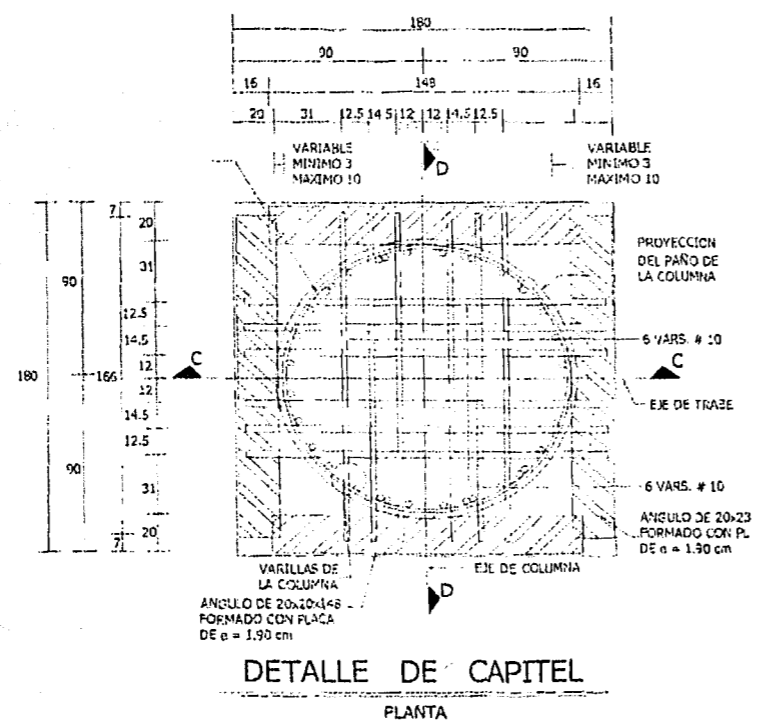
CORTE C - C

CORTE B - B

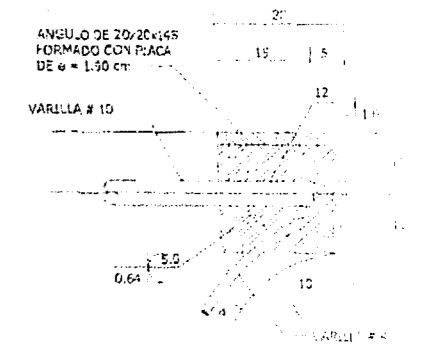


VISTA

CORTE



VISTA

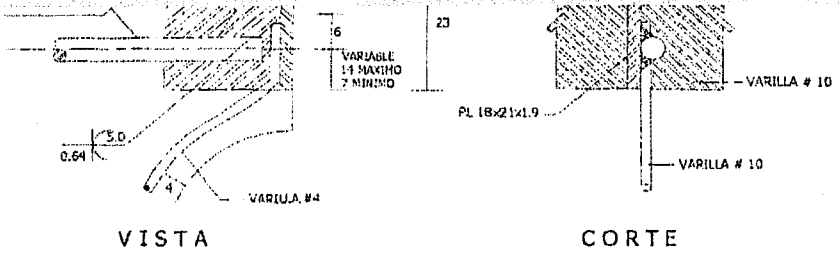


VISTA

DETALLE

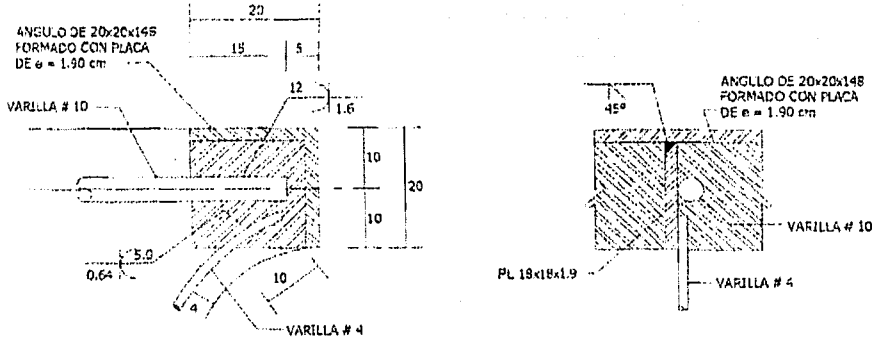
PLANO VI.2 COLUMNA TIPO

VER DETALLE No. 2



VISTA

CORTE


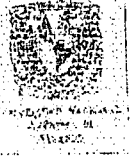


VISTA

CORTE

DETALLE No. 2

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO = CAMPUS ACATLAN =	
PROYECTO : METROPOLITANO LINEA B		
PLANO: PLANO IV.2 COLUMNA TIPO.		
REALIZO: JULIO C. VILLAZANA LEMUS	FECHA: FEBRERO/2002	
	ESCALA: SIN ESCALA	
	ACOT: METROS	

6. Se debe verificar la correcta localización de los apoyos de neopreno, para que estos tengan un comportamiento eficiente durante la vida útil de la estructura. Una vez hecho lo anterior, se procede a la fijación de la conexión de las traveses TC con TA por medio de pernos dejados para esto, para lo cual, dichos pernos de fijación son encamisados por medio de ductos de 5.0 cm \varnothing y se inicia el colado con mortero entre el espacio existente entre el ducto y la caja en la trabe TC; dado lo cual se procede a poner las placas de anclaje y a tensar los pernos de fijación con una carga axial de 8,000 Kg en cada uno.

El mortero tiene una resistencia a la compresión $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$ y debe tener un aditivo expansor de volumen. Ver figura VI.6.A Fijación de Traveses (Planta), figura IV.6.B Fijación de Traveses (Corte A-A') y figura VI.6.C Fijación de traveses (Detalle 1).

7. Colocación de tapa para registro de topes antisísmicos.
8. Habilitado del acero de refuerzo de los plintos en los conectores de las traveses preparadas para ligar éstos elementos.
9. Tendido de balasto en los tramos donde sea necesario.
10. Terminación de los trabajos hidráulicos y eléctricos faltantes.
11. Tendido de vía y señalamientos. Con esto se da por terminado el procedimiento.

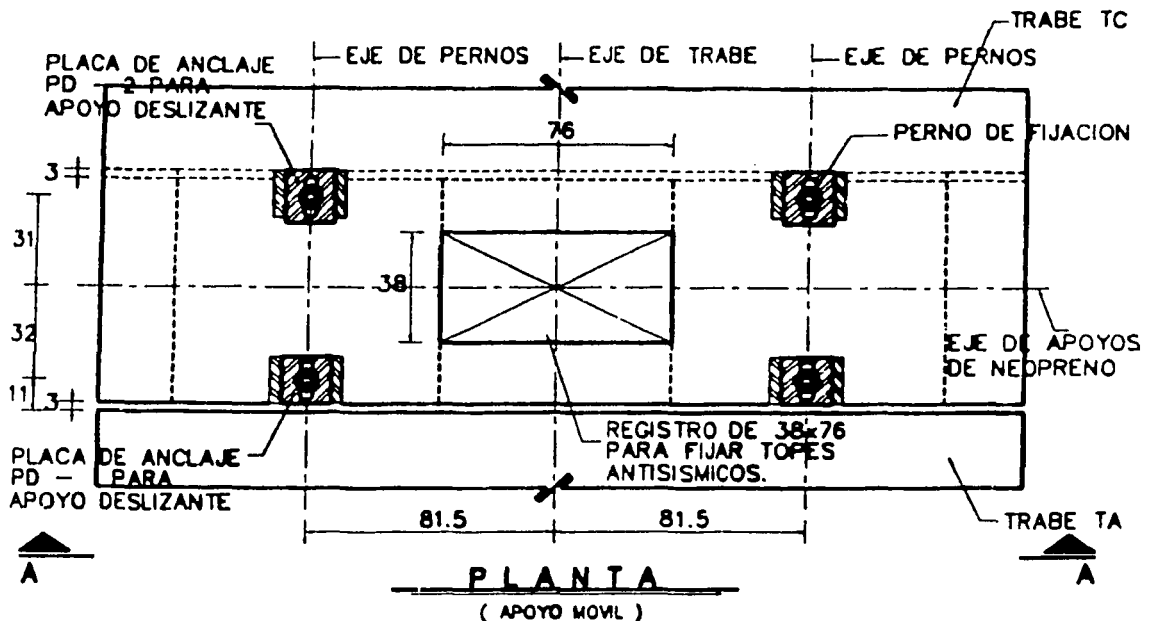


Fig. VI.6 A. Fijación de Traveses (Planta).

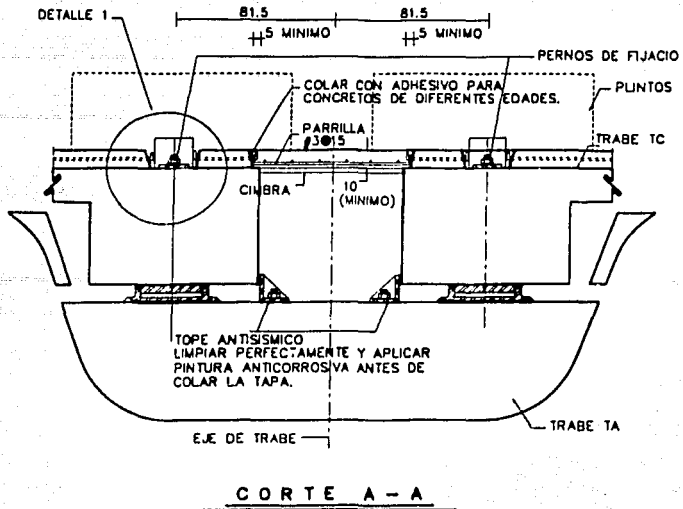


Fig. VI.6 B. Fijación de Trabes Corte A - A'.

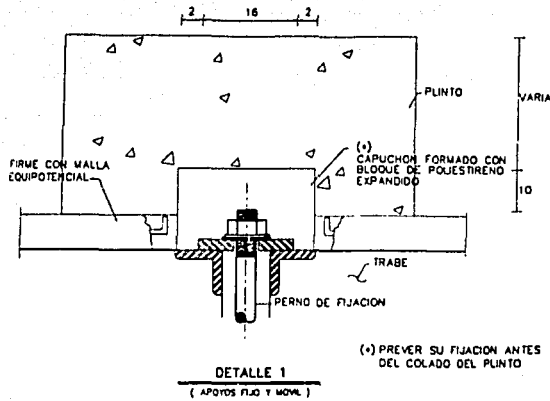


Fig. VI.6 C. Fijación de Trabes Detalle 1.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VI.2 MURO ESTRIBO.

Tal y como se mencionó en el capítulo anterior, la cimentación del estribo y del aereplén es una sola: el estribo es la estructura que soporta en un extremo a la última trabe TC del tramo elevado; por otro lado, el aereplén está diseñado para que la descarga que se transmite a través de él, sea compensada con el peso de la masa de suelo retirada, por lo que el aereplén trabaja como una cimentación compensada.

El aereplén es un cajón alargado de un ancho máximo de 5.20 m y va disminuyendo gradualmente a medida que se acerca al muro de Línea 5; el aereplén tiene una longitud de 89.62 m, con un peralte que varía aproximadamente de 4.80 a 0.80. El aereplén esta formado por muros y losas, donde los muros transversales van a cada 5.30 m; tiene dos muros longitudinales, con un ancho de 20.0 cm; por último la losa de fondo tiene un espesor de 30.0 cm y la losa tapa de 25.0 cm. Lo anterior se puede apreciar en el Plano VI.3 Estribo en Espuela.

El procedimiento constructivo consta de las siguientes actividades:

VI.2.1 EXCAVACIÓN.

Para realizar los trabajos de excavación y colado de la estructura del aereplén de manera segura, evitar movimientos excesivos y eliminar la posibilidad de alteración de la vialidad, es necesario construir una estructura de contención temporal para la excavación, compuesta por viguetas IPR, tablonés, polines, troqueles, etc.

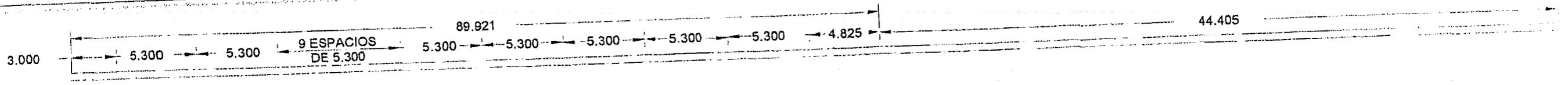
La zona de ademe o contención temporal se ubica en el perímetro de la excavación que se encuentra más cercano a la vialidad; dicho ademe se coloca paralelamente al eje del aereplén y por seguridad, debe restringirse el paso vehicular a una distancia mínima de 1.0 m del mismo, con la ayuda de señalamiento vial, tal y como se muestra en la figura VI.7 Ademe Temporal.

El punto siguiente es el trazo físico con la ayuda de una cuadrilla de Topografía del área que ocupará el cajón del aereplén, para lo cual se debe considerar el sobreancho necesario para su construcción y además el sistema de contención temporal.

Una vez concluido el trazo, se procede al hincado de los perfiles (IPR 12" x 59.8 kg/m); la separación entre ejes de estas viguetas es de 2.0 m. Para el hincado es necesario efectuar una perforación guía sin extracción del material hasta el nivel de hincado (-2.5 m bajo el nivel máximo de excavación).

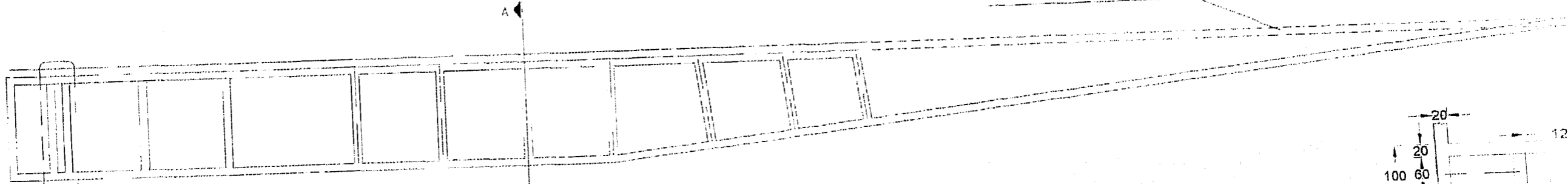
Ya hincadas las viguetas, se inicia propiamente la excavación, la cual se realiza por etapas, sin exceder 1.5 m de profundidad en cada una; a este nivel se colocan tablonés de 2" de espesor entre las viguetas IPR, los cuales son rigidizados con polines horizontales

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

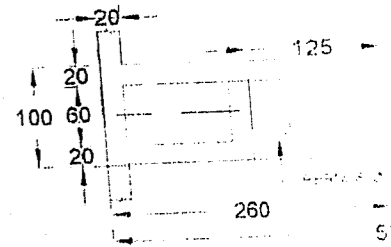


MURO DE LÍNEA 5

MURO DE LÍNEA 5 A DEMOLER

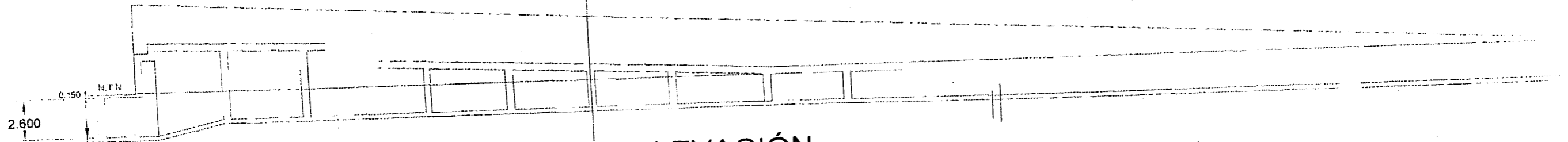


PLANTA

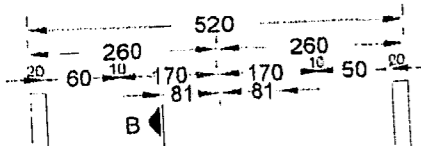


DETALLE

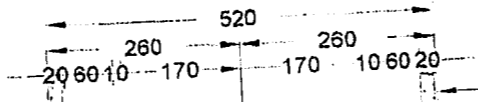
VER DETALLE No 1



ELEVACIÓN



PERNOS DIAM=3.175 cm (1 1/4")
FY = 7.080 kg/cm²
(CUERDA ESTANDAR EN EL EXTREMO, 8 cm)



MURO LATERAL

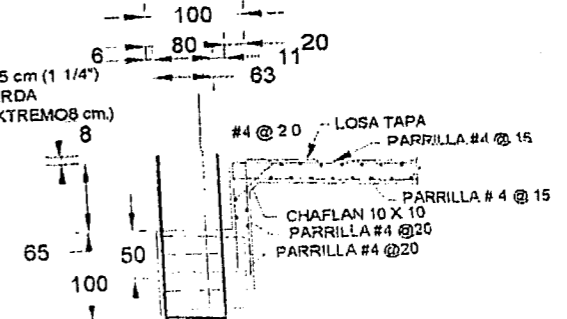
4 @ 15

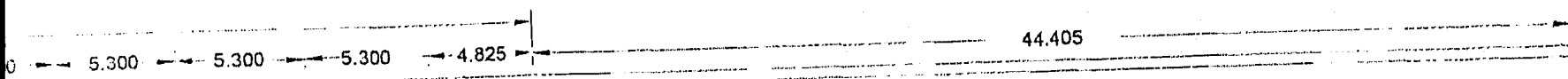
4 @ 15

PERNOS DIAM = 3.175 cm (1 1/4")
fy=7.080 kg/cm² (CUERDA ESTANDAR EN EL EXTREMO 8 cm.)

25

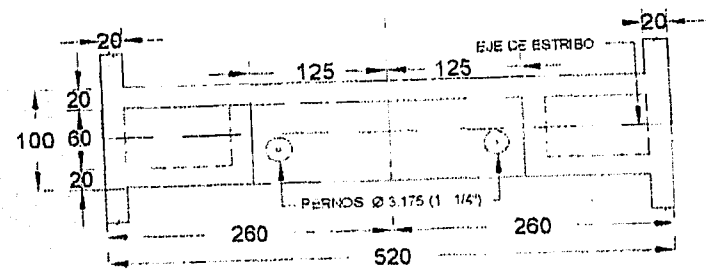
50





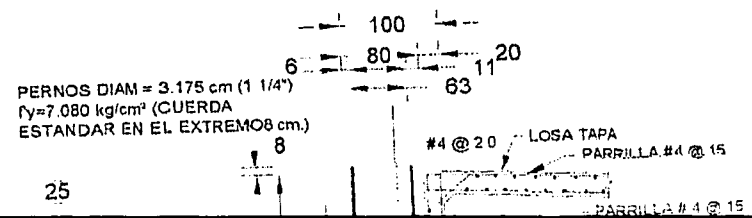
MURO DE LÍNEA 5 A DEMOLER

PLANTA



DETALLE No. 1

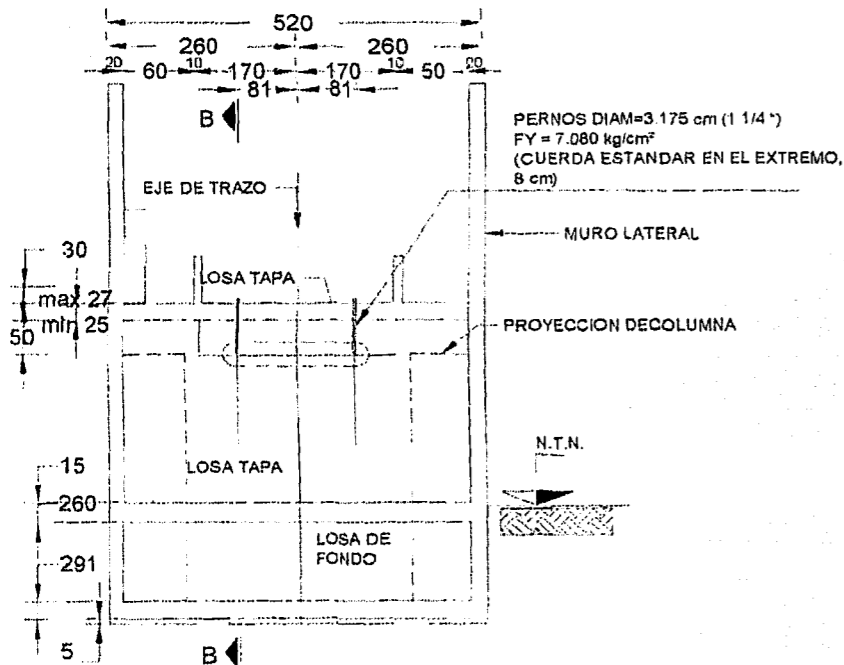
ELEVACIÓN



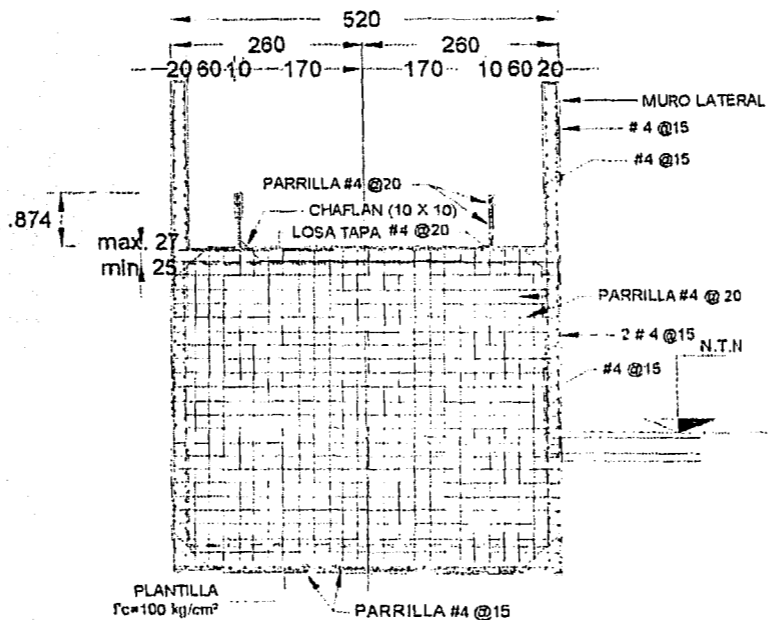
PERNOS DIAM = 3.175 cm (1 1/4")
fy = 7.080 kg/cm² (CUERDA)
ESTANDAR EN EL EXTREMO 8 cm)

0.300

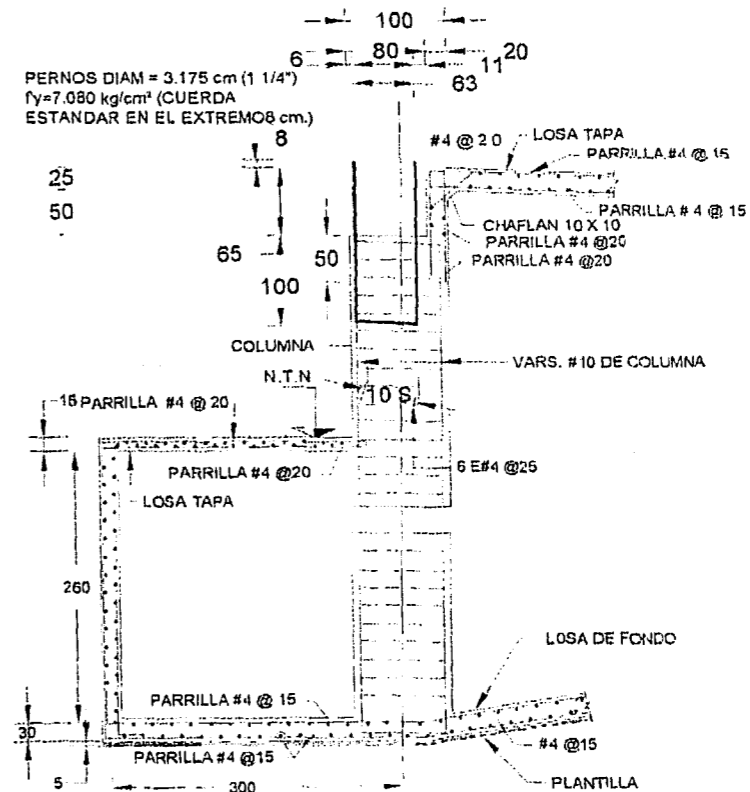
ELEVACIÓN



VISTA 1



CORTE A - A



CORTE B - B



UNIVERS
AUTÓNOM

B. CALI

PROYECTO :

METR

PLANO :

VI.3 ESTI

REALIZO :

JULIO C. VILLAZANA LEM

FAL

Plano VI.3 Estribo en Espuela.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

de 4" colocados a una separación vertical de 80.0 cm cada uno, tal y como se muestra en la figura VI.8 Detalle de tablestacado.

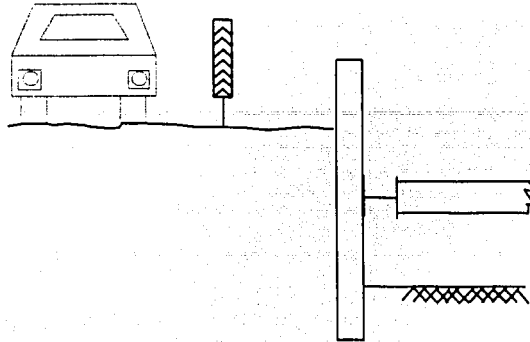


Fig. VI.7 Ademe temporal cercano a la vialidad.

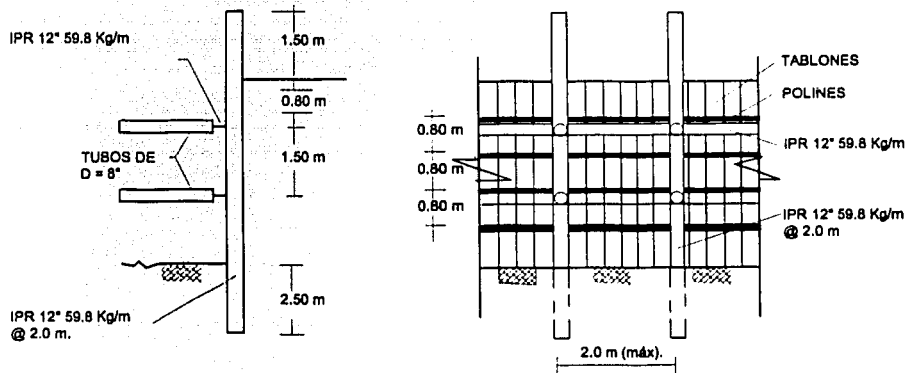


Fig. VI.8 Detalle de Tablaestacado.

Una vez concluido el punto anterior, se procede a la colocación de una viga madrina (vigas horizontales), en forma transversal a las vigas IPR hincadas; dichas vigas se unen firmemente mediante soldadura y van colocadas a 0.80 m del nivel de terreno natural (NTN).

A esta misma profundidad (0.80 m), se coloca un apuntalamiento (troqueles) a base de tubos de acero de 6" de \varnothing cedula 40. Estos elementos se apoyan contra las vigas mdrinas de forma transversal; es importante que dichos puntales queden perfectamente apoyados, ya que esto garantiza la estabilidad del ademe, por lo que entre los puntales y las vigas mdrinas no debe existir holgura alguna.

Del lado cercano al cajón de la Línea 5, sólo se colocan viguetas mdrinas horizontales de las mismas características, la posición de los troqueles será la misma. Lo anterior se puede apreciar en la figura VI.9 Troquelamiento en zona cercana al muro de Línea 5.

Una vez ejecutado lo anterior, la excavación continúa hasta alcanzar nuevamente una separación de 1.5 m del nivel de la madrina anterior, donde se procede a realizar las mismas actividades de la etapa anterior.

En el sentido longitudinal a las vías del Metro, la excavación es estabilizada por medio de taludes en relación 0.6:1, como se aprecia en la figura VI.10 Taludes para la estabilización de la excavación.

Una vez alcanzado el nivel de desplante se escarifica el fondo de la excavación hasta una profundidad de 15.0 cm retirando los materiales que pudieran ser nocivos al comportamiento del cajón de transición tales como: rellenos no controlados, materia orgánica, con excesiva humedad, de consistencia muy blanda, etc.; posteriormente se recompactará el área al 90% respecto a la prueba AASHTO estándar T-99.

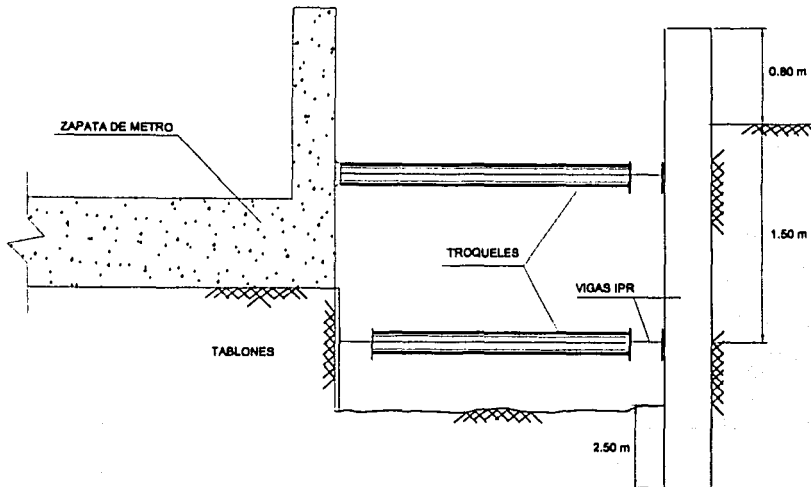


Fig. VI.9 Troquelamiento en zona cercana al muro de Línea 5.

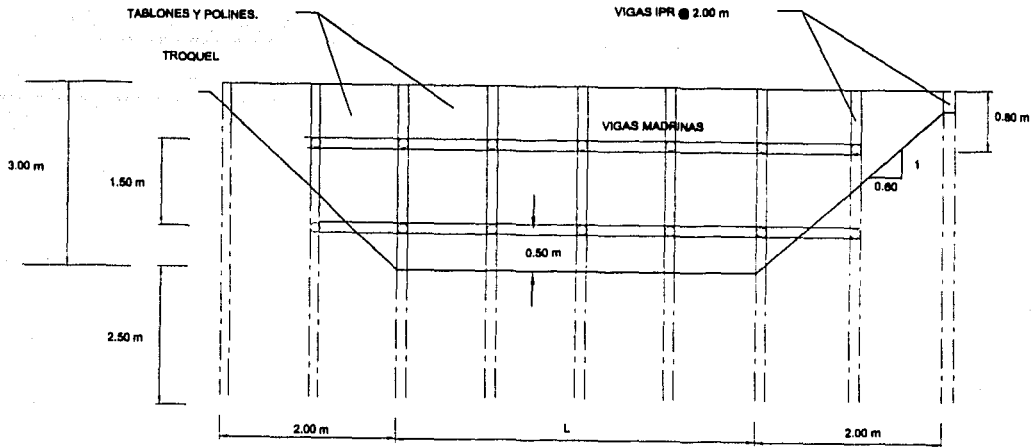


Fig. VI.10 Taludes para la estabilización de la excavación.

VI.2.2 CONSTRUCCIÓN DEL AEREPLÉN.

Una vez concluida la excavación, es necesario el tendido de una plantilla de concreto pobre $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ de 5.0 cm de espesor, que debe cubrir únicamente el área del cajón de transición (aereplén).

Sobre esta plantilla, se realizan las actividades inherentes al armado, cimbrado y colado del cajón; dichas actividades se realizan en etapas, y la secuencia es la siguiente:

1. Habilitado del acero de refuerzo de la losa de fondo del aereplén y del muro estribo, dejando bien anclado el acero de refuerzo de los muros transversales (M-1) según plano VI.4 Estribo en Espuela.
2. Cimbrado y colado de estos elementos; es importante señalar que en este colado se debe prever el colado del muñón de los muros para posteriormente darle continuidad a esta estructura.
3. Habilitado del acero de refuerzo de los muros del aereplén, hasta el nivel de la losa superior de acuerdo al proyecto.
4. Ubicación del nivel de tope de colado del muro estribo y trazo de los niveles de losa tapa del aereplén en campo.
5. Cimbrado y colado de los muros del aereplén.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6. Habilitado del acero de refuerzo de la losa tapa del aereplén.
7. Colado de la losa tapa del aereplén, dejando las preparaciones necesarias para colar el muñón de los muretes laterales que van sobre los muros longitudinales del aereplén.
8. Habilitado, cimbrado y colado de los muretes laterales del aereplén.
9. Se repite del paso 1 al 8 el número de etapas que se consideren apropiadas justo antes de proceder a la liga estructural del aereplén con la losa del fondo del tramo superficial de la Línea 5, para lo cual se siguen las siguientes actividades.
10. Antes de dar inicio a estas actividades, es necesario suspender el servicio del Sistema de Transporte Colectivo Metro, en el tramo Pantitlán - Aragón de la Línea 5.
11. Se retiran las vías y el balasto de la Línea 5 en este tramo.
12. Se demuele el muro de contención de la Línea 5 con martillos neumáticos.
13. Se demuele la losa de fondo de Línea 5, teniendo cuidado de no dañar el acero de refuerzo, ya que este se va a anclar con el acero del aereplén.
14. Cimbrado y colado en la unión del aereplén con la losa de Línea 5.
15. Colocación y tendido de balasto en los tramos donde sea necesario.
16. Terminación de los trabajos hidráulicos y eléctricos faltantes.
17. Tendido de vía y señalamientos. Con lo cual se da por terminado el procedimiento.

VI.3 ANÁLISIS DEL COSTO DEL FINANCIAMIENTO.

VI.3.1 ANÁLISIS DEL COSTO DE FINANCIAMIENTO.

Antes y durante la ejecución de los trabajos de construcción, se efectúan erogaciones, es decir, cuando se inicia la obra se ha hecho ya una erogación, la estricta vigilancia y supervisión de las inversiones en las obras, es también requerimiento indispensable ya que obliga a esperar un lapso de tiempo para cobrar la obra ejecutada, lo que convierte a la empresa en un financiero a corto plazo, que forzosamente devenga intereses.

Al ser el financiamiento un gasto originado por un programa de obra y pagos fijados al contratista, deberá evaluarlos de la manera más justa y para esto tendrá que analizar los egresos y los ingresos de la empresa.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El costo financiero esta representado por un porcentaje de la suma de los costos directos e indirectos; para la determinación de este costo deben considerarse los gastos que realizara el contratista en la ejecución de los trabajos, los pagos por anticipo y estimaciones que recibirá y la tasa de interés que aplicará debiendo adjuntarse en el análisis correspondiente.

Concluyendo: el contratista debe tomar en consideración los siguientes puntos en el análisis del financiamiento:

- Para el análisis del costo de financiamiento deberá incluir en los gastos, el costo directo y el consto indirecto de acuerdo al programa de obra y erogaciones propuesto.
- En los pagos por recibir se debe incluir el importe de las estimaciones, de acuerdo con el programa de obra y erogaciones propuesto, su periodicidad y plazo de pago.
- En los pagos por recibir, se debe incluir el monto total del anticipo otorgado y su correspondiente amortización.
- Se debe tomar en cuenta un indicador oficial tal como CETES, TIIP, CPP.

A continuación se muestra a manera de ejemplo el cálculo del costo de financiamiento de la vía de enlace.

Para iniciar el cálculo del costo del financiamiento, se debe conocer el importe de la obra a costo directo que en este caso es de \$ 23'997,932.70 y sobre de este monto se debe calcular el costo indirecto que son los gastos generados necesarios para la ejecución de la obra y que no están incluidos en los cargos directos; los costos indirectos están representados por un porcentaje del costo directo, dichos costos se desglosan en los correspondientes a la administración de oficinas centrales y obra, fianzas y seguros, etc., para este ejemplo se considera un porcentaje de indirectos del 13.32 %.

Cálculo del costo de financiamiento

Costo Directo	CD	\$23,997,932.70
Costo Indirecto	CI (13.32%)	\$3,196,524.64
Gasto Total	CD + CI	\$27,194,389.10
Costo de financiamiento + utilidad	CF + CU = MP - (CD + CI)	\$1,774,936.80
Monto Propuesto	MP	\$28,969,325.90

1.67% Tasa de interés Mensual Propuesta
 30.00% Anticipo total conforme a la convocatoria del concurso

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Avance mensual conforme al programa y erogaciones propuesto

5.12% en el primer mes
 24.02% en el segundo mes
 61.97% en el tercer mes
 7.96% en el cuarto mes

0.93% en el quinto mes
 0.00% en el sexto mes
 0.00% en el séptimo mes
 0.00% en el octavo mes
 100.00% Total

Mes	Avance	Gastos	Ingresos	Saldo	Saldo Acumulado	Interés
1	1,391,124.60	1,391,124.60	8,158,316.73	-6,767,192.13	-6,767,192.13	-112,786.54
2	6,533,360.40	6,533,360.40	973,787.22	5,559,573.18	-1,207,618.95	-20,126.98
3	16,853,130.80	16,853,130.80	4,573,352.28	12,279,778.52	11,072,159.57	184,535.99
4	2,164,222.90	2,164,222.90	11,797,191.56	-9,632,968.66	1,439,190.91	23,986.52
5	252,550.40	252,550.40	1,514,956.03	-1,262,405.63	176,785.28	2,946.42
6	0.00	0.00	176,785.28	-176,785.28	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	27,194,389.10	27,194,389.10	27,194,389.10			78,555.41
		CD+CI	MP			

CF=Intereses 78,555
 CD+CI 27,194,389
 CF= 0.0028886625 = 0.29 %

	Importe	acumulado	factor	porcentajes
Costo directo	23,997,932.70	23,997,932.70	1.0000000000	
Costo indirecto	3,196,524.64	27,194,457.34	1.1332000000	13.32
Costo del financiamiento	78,555.41	27,273,012.75	1.0028886552	0.29
Utilidad	1,696,381.39	28,969,394.14	1.0622000000	6.22
Porcentajes total de sobre costo en esta propuesta =			(1.1332X1.0029X1.0622)-1X100 =	20.72%

TASA DE REFERENCIA = CPP = 14.63%
 TASA PROPUESTA = CPP = + 5.37 PUNTOS = 20.00%
 TASA DE INTERES MENSUAL PROPUESTA = 20.00% / 12 MESES = 1.67%

El cálculo del costo del financiamiento es muy importante, ya que de existir un periodo considerable de tiempo entre la estimación y su cobro, el problema de necesidad del financiamiento se agudiza, en forma tal que el costo del mismo alcanza valores que en algunos casos anulan la utilidad cuando este efecto no es previsto anticipadamente, por lo tanto se debe proponer un calendario de pagos ideal para el tipo y tiempo de la obra, tratando en lo posible de ajustar los ingresos a los egresos, tratando además de reducir los periodos de estimación y los tiempos de pago para de esta manera reducir el costo del financiamiento.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONCLUSIONES.

El Sistema de Transporte Colectivo Metro, ha probado ser el más eficiente sistema de transportación de pasajeros en una Ciudad como la nuestra, pero es sabido que aún así, sigue persistiendo el problema de la insuficiencia de la demanda sobre todo en las mañanas y en las horas pico, por lo que se debe planear el transporte de tal manera que exista una mayor facilidad de intercambio entre los modos de transporte en puntos estratégicos, coordinando los planes de desarrollo urbano y de infraestructura, tanto del Distrito Federal como de los municipios conurbados del Estado de México, que conforman el Área Metropolitana de la Ciudad de México.

Por lo tanto, lo que respecta a la construcción de las Líneas del Metro, se debe dar prioridad a las líneas alimentadoras que captan pasajeros sobre todo de los municipios conurbados, esto con el fin de evitar que más vehículos automotores ingresen a la Ciudad, y sobre todo se debe implementar el uso del transporte público sobre el particular, de acuerdo a lo establecido en el Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros.

En cada nueva Línea que se pretenda construir, se debe tener presente que la planeación es de fundamental importancia para la elaboración de un buen proyecto, ya que ésta nos permitirá eficientar recursos durante la construcción de la obra.

Tomando en cuenta lo anterior, se ve que la planeación de las vías de enlace es de gran importancia, ya que una mala elección en la localización de la espuela de comunicación provocará una operación del sistema con una eficiencia menor que si el enlace estuviera localizado en el lugar adecuado.

La correcta elección en la implantación de la vía de enlace obedece a dos factores muy importantes: la operación y la construcción; en el primero se toman en cuenta la cercanía del cruce estudiado con los talleres de pequeña y gran revisión, el número de maniobras para llegar a dichos talleres, lo que impacta en el tiempo de recorrido de los trenes y la perturbación a las líneas implicadas; en lo referente al aspecto constructivo se debe tener presente el grado de afectación que se tenga a predios circundantes a la obra, las obras inducidas que son muy importantes, así como el monto de la inversión.

Por lo tanto, se puede decir que la correcta combinación de estos dos factores permitirá lograr una solución óptima eficientando los tiempos de recorrido de los trenes de una Línea a otra, mediante instalaciones adecuadas y seguras que satisfagan los requerimientos del Sistema de Transporte Colectivo Metro, lo que se traduce en un mejor servicio a los usuarios.

Durante la elaboración del Proyecto Geométrico para la construcción de la vía de enlace se debe tener especial cuidado en que el trazo evite al máximo la

afectación a predios vecinos, instalaciones municipales, etc.; por otro lado el proyecto de gálibos debe cumplir con las especificaciones mínimas para la libre circulación de los trenes.

En lo que se refiere al aspecto constructivo, es de fundamental importancia apegarse a los procedimientos constructivos y al programa de obra, ya que esto permitirá llevar un buen control en cuanto a los egresos e ingresos de la empresa, manteniendo un flujo de dinero favorable a la empresa.

Por último, cabe señalar que en una obra de esta magnitud es de fundamental importancia la comunicación y el trabajo en equipo, ya que el proyecto y construcción de la misma es el resultado de la aportación de diferentes especialistas en Topografía, Hidráulica, Geotecnia, Estructuras, Sistemas, Construcción, etc., inmersas en los campos de la Ingeniería Civil: Investigación, Desarrollo, Planeación, Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

GLOSARIO.

Ademe.	Estructura metálica o de madera, que sirve para contener temporalmente la estructura del suelo, cuando se ejecuta una excavación.
Aereplén.	Estructura similar a un cajón alargado compuesto por muros y losas de concreto reforzado, que trabajan como una cimentación compensada.
Área Metropolitana de la Ciudad de México.	AMCM. Unidad geo-económica que abarca las 16 delegaciones del DF y 18 municipios conurbados del Estado de México.
Balancín.	Estructura metálica que sirve para izar y montar las trabes prefabricadas.
Bombeo de Achique.	Bombeo que se ejecuta en una excavación para abatir el nivel de aguas freáticas (NAF).
Bufamiento	Efecto de expansión del fondo de una excavación, por efecto de la alteración de su estado de esfuerzos originales.
By - pass.	Desvíos especiales con cambios bruscos de dirección en una longitud muy corta, que se realizan en líneas de agua potable o de drenaje para librar interferencias transversales al eje de las mismas.
Cabeceo.	Fuerzas laterales producidas por la circulación del tren tipo o del tren de mantenimiento.
Catenaria.	Sistema de suspensión del cableado de alimentación eléctrica para los trenes con rueda metálica, manteniendo dichos cables a una altura uniforme sobre el nivel de la vía.
Circuito de Vía pares.	Circuito de vía de ocupación de un tren.
Circuito de Vía nones.	Circuito de vía de tránsito.
Continuo Urbano.	Superficie ocupada en forma ininterrumpida por construcciones y vialidad urbana.
Corredores viales.	Corredor de tramos viales por donde se transportan altos volúmenes de vehículos, ya sea en uno o ambos sentidos, que unen zonas alejadas de la ciudad.

Demanda de Transporte Urbano	de	Volumen de usuarios que ocupan los modos de transporte colectivo existentes para trasladarse de un punto a otro de la ciudad.
Descabece.		Es el acto de demoler la cabeza de los pilotes hincados, con el fin de anclar el acero de refuerzo de éstos, a la estructura de la zapata.
Distribución Modal.		Es la participación relativa que tienen los diversos modos de transporte de pasajeros en la movilidad del Área Metropolitana.
Estimaciones.		Documento por medio del cual el contratista cobra los trabajos ejecutados contratados de acuerdo a un catálogo de conceptos.
Estrobos.		Cables de acero que sirven para izar objetos y ejecutar maniobras.
Gálibos.		Es el espacio libre para la circulación del material rodante (trenes), el sistema de vías e instalaciones electromecánicas.
Hora de Demanda.	de Máxima	Hora del día en que se presenta la mayor concentración de usuarios de uno o más modos de transporte.
Horizonte Planeación.	de	Año específico para el cual se construyen los escenarios futuros, asociado al corto, mediano y largo plazos.
Instalaciones Fijas.		Es el conjunto de construcciones que alojan dispositivos para la operación, el mantenimiento y los depósitos para las unidades del transporte público.
Intervalo Mínimo.		Tiempo menor de paso que debe existir entre una unidad de transporte y su similar siguiente, para cubrir la demanda máxima estimada, bajo óptimas condiciones de seguridad.
Intervalo de paso.		Tiempo promedio transcurrido entre el paso de dos vehículos de transporte público en un punto determinado; se mide en minutos, por ruta o modo.
Itinerario.		Movimiento de un tren de un circuito de vía de ocupación a otro.
Líneas de Deseo.		Es el resultado de la convergencia de viajes en la ciudad; esto es, la coincidencia de cierta cantidad de viajes en un horario, dirección y sentido, en tal magnitud que es posible agruparlos en un vector.
Longitud de Servicio de Línea.		Es la distancia medida entre los centros de dos estaciones terminales de una línea de transporte.

Longitud Total de la Línea.	Es la longitud de servicio más la longitud de las vías de maniobras, después de la estación terminal.
Mancha Urbana.	Es el área construida donde se concentran e interrelacionan, la habitación, el equipamiento, la industria y los servicios.
Material Rodante.	Son vehículos del servicio de transporte público con los que cuenta un sistema de transporte confinado como son el Metro y los Trenes Ligeros.
Modo de Transporte.	Conjunto de vehículos con características similares, utilizado para los desplazamientos de la población.
Movilidad.	Fenómeno que expresa la necesidad de la población de viajar de una zona a otra de la ciudad; resultado de la interacción de sus actividades socio-económicas.
Perfil.	Corte que permite conocer la disposición y la naturaleza de las capas de un terreno; proyecto que permite conocer los niveles de rasante y sub-rasante para la construcción de una línea de Metro, cumpliendo con las especificaciones para este tipo de trabajos.
Platina.	Consola que contiene programados los itinerarios de los trenes cuando circulan por vías principales o vías secundarias.
PMMTL.	Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros.
Trazo.	Proyecto de trazo, en el que se plasma el recorrido o la ruta que tendrán, el cual debe cumplir con las especificaciones para este tipo de trabajos.
Velocidad de Operación.	Es la velocidad promedio a la que circulan los vehículos bajos las condiciones prevalecientes de tránsito, incluyendo paradas y maniobras en terminales.
Vía "Y"	Vía secundaria adicional, que se implanta lateralmente a las vías principales, formando una tercera vía.
Vía "Z"	Vía secundaria adicional, que se ubica en medio de dos vías principales.
Viaje/Persona/Día	Es el número de desplazamientos en uno o más modos de transporte, incluso a pie que una persona realiza de un origen a un destino, durante un día.
Vías de acceso controlado.	Arterias viales de una ciudad, destinadas a mantener una circulación continua, estableciendo entradas y salidas en sitios

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

estratégicos.

Valor Relativo de Soporte (VRS).

Valor que sirve para identificar y clasificar el suelo y para poder recomendar este para una capa determinada de pavimento.

Zona de Intercambio de Modos.

Sitio de concentración de transporte para que el usuario efectúe los transbordos entre modos y/o rutas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFÍA.

1. D.G.C.O.S.T.C.
"El Metropolitano Línea B 1ª Etapa"
México, D.F.
1991.
2. C.O.V.I.T.U.R.
" C.O.V.I.T.U.R. 77-82 "
México, D.F.
1982.
3. I.C.A.
" Treinta Años de Construir las Líneas del Metro"
México, D.F.
1999.
4. David Pimienta Martínez.
"El S.T.C. columna vertebral del transporte en la ciudad de México y la relación con el Ingeniero en transporte".
I.P.N. – U.P.I.I.C.S.A.
México, D.F.
1994
5. Sistema de Transporte Colectivo.
"Plan Maestro del Metro y Trenes Ligeros 1996".
México, D.F.
1996.
6. Sistema de Transporte Colectivo.
"Instructivo de Operación de la Zona de Maniobras del Enlace de Oceanía Línea 5 con Línea B".
México, D.F.
1999.
7. C.O.V.IT.U.R.
" Especificaciones Generales Para el Proyecto y Construcción de las Líneas del Metro"
Volumen 1
Parte 2.04 Operación; sección 2.04.02 Operación en Zona de Maniobras.
Parte 2.01 Obra Civil; sección 2.01.01 Proyecto Geométrico.
Parte 2.01 Diseño Estructural; sección 2.01.04 Proyecto Estructural.
México, D.F.
1986

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

8. Sistema de Transporte Colectivo.
" Plan Maestro del Metro 1985 ".
México, D.F.
1985.
9. Ochoa Torres Alfonso Rubén.
" Proyecto Geométrico de una Línea del Metro de la Ciudad de México Tramo Vallejo-IMP".
UNAM, Campus Acatlán.
Estado de México.
1988.
10. Roberto García Verdín. Grupo RIOBOO S.A. de C.V.
"Manual Mínimo para el Trazo de Curvas del Alineamiento Horizontal".
México, D.F.
1996
11. Juárez Badillo-Rico Rodriguez.
"Mecánica de Suelos":
Tomo I, II; 2ª Edición.
Limusa.
México, D.F.
1999.
12. Mc Cormac Elling
"Análisis de Estructuras".
Alfaomega.
México, D.F.
1996.
13. Frederick S. Merrite.
"Manual del Ingeniero Civil ".
Tomo I; 4ª Edición.
Mc Graw Hill.
México, D.F.
1999.
14. Grupo RIOBOO S.A. de C.V.
"Procedimiento Constructivo" Proyecto Metropolitano Línea B.
México, D.F.
1996.
15. Grupo RIOBOO S.A. de C.V.
"Especificaciones para el Proceso Constructivo en los apoyos de la Vía de Enlace entre el Metropolitano Línea B y Línea 5 del S.T.C."
México, D.F.
1996.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

16. Jaime Cruz Enríquez.

"Proceso de Cimentación del Tramo elevado del Metropolitano Línea B de la Ciudad de México a base de Pilotes de Fricción".

UNAM, Campus Acatlán.

Estado de México.

1998.

17. Planos y especificaciones del proyecto: "Metropolitano Línea B".

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN