



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ARAGON"

"ESTACION SALTO DEL AGUA";
METRO LINEA 8: CONSTRUCCION
Y LIBRAMIENTO DE LINEA 1

T E S I S

Que para obtener el Título de:

INGENIERO CIVIL

P r e s e n t a :

SAUL MARTINEZ CRUZ

San Juan de Aragón, Edo. de México 1996.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ARAGÓN

DIRECCIÓN

SAUL MARTINEZ CRUZ
Presente,

En contestación a su solicitud de fecha 8 de noviembre del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. RICARDO RODRIGUEZ CORDERO pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado "ESTACION SALTO DEL AGUA"; METRO LINEA 8; CONSTRUCCION Y LIBRAMIENTO DE LINEA 1, con fundamento en el punto 6 y siguientes del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

San Juan de Aragón, Edo. de Méx., noviembre 10 de 1994
EL DIRECTOR

Ing. CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO

- c c p Lic. Alberto Ibarra Rosas, Jefe de la Unidad Académica.
- c c p Ing. Daniel Velázquez Vázquez, Jefe de Carrera de Ingeniería Civil.
- c c p Ing. Ricardo Rodríguez Cordero, Asesor de Tesis.

CCMC/AIR/vr

**A la hora en que Dios
me permitió llegar a
este momento.**

**Al Sr. Pedro Martínez y
la Sra. Yolanda Cruz,
por ser los padres a
los que debo el ser.**

**A Mónica y Beatriz, hermanas
y amigas más en toda
circunstancia.**

**A César, Mena, Abi, V. Hugo,
Ivonne, Zilca y Chayo.**

A Mago.

**A Garfias, Miguel, Zury,
Davis, Luigüi, Berna
y Pascual.**

**A las Señoras:
Solís de Escamilla.
Beatriz Hernández.
Zurita de Fernández.
y Doña Cata.
que Dios las tenga en Gloria.**

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento al Ing. Ricardo Rodríguez Cordero, quien de manera desinteresada y con el profesionalismo que lo caracteriza, dedicó una fracción de su tiempo para el asesoramiento del presente trabajo, por lo que siempre permaneceré en deuda con él.

Al Ingeniero Juan Ocáriz Castelazo, agradezco todas sus enseñanzas y apoyo que desde aún antes de iniciada mi carrera me proporcionó, lo cual considero como parte importante de mi formación.

Al Arq. Carlos R. Segura García, jefe de residentes, así como al Ing. Endo (Gerente), o Ing. Rufino G. (Subgerente), todos de Obras Inducidas Covitur por su apoyo desde mi servicio social hasta las facilidades para la recopilación de información para la elaboración del presente trabajo. Además al Lic. Ernesto Negrete, coordinador de difusión de Covitur, por la información y facilidades proporcionadas que enriquecieron este escrito. Así también al Ing. José Bustamante, residente de obra civil, por la revisión y sugerencias en los primeros capítulos, lo que condujo a mejoras en ellos.

Al Ing. Arq. V. Hugo Morales, por su gran ayuda y apoyo al presente.

INDICE

CAPITULO 1	
INTRODUCCION,	8
CAPITULO 2	
ESTUDIOS PRELIMINARES,	12
2.1 Necesidad del Transporte,	14
2.2 Planeación de la Línea B,	18
2.3 Topografía,	24
2.4 Aspectos Geotécnicos,	28
2.5 Instrumentación,	31
CAPITULO 3	
ESPECIFICACIONES Y NORMAS DE PROYECTO Y CONSTRUCCION,	43
3.1 Generalidades,	44
3.2 Especificaciones de Trazo,	45
3.3 Especificaciones de Perfil,	47
3.4 Especificaciones de Gálidos,	48
3.5 Proyecto Arquitectónico,	50
3.6 Proyecto Estructural,	52
CAPITULO 4	
OBRAS INDUCIDAS EN EL LUGAR,	55
4.1 Definición de Obra Inducida,	56
4.2 Líneas de Energía Eléctrica,	58
4.3 Líneas Telefónicas,	60
4.4 Afectaciones,	61
4.5 Desvíos de Tránsito,	64

CAPITULO 5

EJECUCION DE LA OBRA CIVIL. 66

5.1 Muros tablestaca, 68

5.2 Abatimiento del Nivel Freático, 74

5.3 Construcción, 79

5.4 Cárcamos de Bombeo, 102

5.5 Modificaciones, 105

5.6 Acceso Sur-Oriente, 109

5.7 Pasarela de Correspondencia, 113

CAPITULO 6

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN EL CRUCE CON LINEA 1. 126

6.1 Generalidades, 128

6.2 Procedimiento Constructivo, Primera Fase, 131

6.3 Inyección de Consolidación, 135

6.4 Excavación, Ademado y Construcción, 139

CAPITULO 7

OBRA EXTERIOR, 146

7.1 Condiciones Previas, 148

7.2 Pavimentación, 149

7.3 Imagen Urbana, 157

CAPITULO 8

CONCLUSIONES, 159

ANEXO A

**EFECCIOS CIRCUNDANIES OCASIONADOS POR EL ABATIMIENTO DEL NIVEL
FREÁTICO, 165**

BIBLIOGRAFIA, 173

CAPITULO 1
INTRODUCCION

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

La importancia y desarrollo de una ciudad radica en la capacidad o infraestructura que en materia de transportes se cuentan en ella. Prueba de lo anterior, se manifestó con el Imperio Romano, el cual alcanzó un amplio dominio gracias a la superioridad bélica mediante el uso de carros de guerra de los más rápidos de su época. La construcción de caminos se impulsó con una gran rapidez para la comunicación entre los pueblos sometidos.

En México, se presentó una situación similar. Aún desde la época prehispánica, se levantaron monumentales calzadas que comunicaban a la gran capital con las demarcaciones que proporcionaban los víveres y el comercio para la clase dominante. Más tarde, durante la época colonial, se comenzó con la extensión a sus alrededores de la más imponente capital de las tierras conquistadas. En fechas posteriores, ya el México independiente iniciaba la activación de su soberanía: creando infraestructura para la agilización de su desarrollo económico y social.

Fue a principios del presente siglo, y con la llegada de los autotransportes de pasajeros y de carga, que la Ciudad de México presentó un crecimiento económico y demográfico vertiginoso, lo que llevó a las autoridades de la Metrópoli a la búsqueda de soluciones al problema del transporte.

En las siguientes páginas se trata el asunto del transporte en la capital mexicana: el capítulo 2 comprende los estudios preliminares, se observa la necesidad del transporte

desde sus inicios; particularmente se expone el génesis del Sistema de Transporte Colectivo (Metro), observamos la planeación de la Línea 8, así como las labores de campo y gabinete realizadas como base de dicha ruta.

El capítulo 3 manifiesta en forma general, las especificaciones y normas para los proyectos y la construcción del Metro en la Ciudad; se inicia desde el trazo, las propuestas para los perfiles y los gálibos requeridos por el material rodante, instalaciones electromecánicas y demás espacios para la adecuada funcionalidad y mantenimiento de los mismos. También se indican los componentes de los proyectos tanto arquitectónicos como estructurales de manera muy global.

Por su parte, el capítulo 4 presenta de manera específica las obras inducidas del lugar, punto central de éste escrito: Estación Salto del Agua, Línea 8. Comenzando desde el concepto mismo de Obra Inducida, hasta la descripción de las interferencias dadas por las instalaciones como líneas de energía eléctrica, líneas telefónicas, predios, entre otras. Además, de los desvíos de tránsito en corredores vehiculares para la libre acción de los trabajos ejecutados.

Dentro del capítulo 5 se describe el tema central: Ejecución de la Obra Civil. Da principio con la descripción en la elaboración de los muros tabiestaca, plaza fundamental en la geometría de la excavación y construcción de toda la estructura; continúa con el abatimiento del nivel freático, condición indispensable previa al inicio de los trabajos; en seguida se describen los procesos constructivos empleados en Salto del Agua que llevaron a la implementación de esa imponente estructura en las entrañas de la Ciudad; además detalla la construcción de los cárcamos de la Estación. También

muestra las modificaciones sufridas a lo largo del desarrollo de las acciones. Y finaliza con la descripción del proceso empleado en el Acceso Sur-Oriente y el de la Pasarela de Correspondencia con Línea 1.

Otro punto relevante es tratado en el capítulo 6, en el que se desarrolla el proceso constructivo en el cruce con Línea 1, se despliegan las generalidades; la secuencia trabajada en las Fases A y B junto con el tratamiento de inyección de consolidación del suelo, con lo que se obtuvo seguridad en las labores ejecutadas de excavación, ademado y construcción.

En lo que respecta a lo último, el capítulo 7 presenta la Obra Exterior, en la que figura la pavimentación de la vialidad y la imagen urbana proporcionada al Eje Central Lázaro Cárdenas en esa zona. Y se exponen las conclusiones de lo cumplido en el capítulo 8.

CAPITULO 2
ESTUDIOS PRELIMINARES

CAPITULO 2

ESTUDIOS PRELIMINARES

En la realización de cualesquier obra, sea del tamaño más insignificante hasta una de dimensiones de gran escala, se hace necesaria la justificación, evaluación, análisis; en una palabra, hacer los estudios pertinentes para que dicha obra cumpla con los objetivos de ella esperados. Por ende, se ha observado que existe una *necesidad del transporte*: para el desarrollo de la vida, individual y comunitaria, se requiere de un medio en el cual se trasladen las personas de un sitio a otro, del hogar a los centros de trabajo, a las escuelas, a los lugares de recreación y esparcimiento. Con ello, y buscando una solución a tal hecho es necesaria una *planeación* que exponga alternativas mediante una evaluación de los aspectos involucrados de primer orden, si es factible técnicamente de acuerdo a la movilidad, topografía y geotécnica de la Línea de trazo posible, dentro del cual es importante analizar las interferencias u obstáculos, (el primer orden lo constituyen los viajeros).

Por último, ya calificada y determinada la Línea de trazo definitiva se procede a la *instrumentación* consistente en la ubicación e instalación en campo de aparatos y pruebas que tienen como finalidad la de contar con información para el diseño en primer lugar, y para el control durante la construcción en segundo lugar.

2.1. NECESIDAD DEL TRANSPORTE.

El desarrollo de las grandes ciudades en sus aspectos políticos, económicos y sociales propicia como consecuencia una elevada concentración poblacional. En el caso particular de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) dado su carácter y dimensión de metropolitana registró durante varias décadas la mayor explosión demográfica observada a la fecha en el país. Corresponde a los años 40s y 60s el modelo de desarrollo económico que alentó la migración campo-cuidad principalmente en las grandes urbes.

De manera conjunta con el crecimiento de la población se da la expansión de la superficie territorial; en ello podemos observar que en 1940 la zona urbana registró una población de 1.7 millones de habitantes y para el año de 1970 fueron registrados 9.03 millones de habitantes. En lo referente al Área se presenta una estimación resumida en el plan maestro del Metro versión 1985 como sigue:

SUPERFICIE URBANIZADA EN Km²

Año	D.F.	Municipios Conurbados	Z.M.C.M.
1980	560.00	428.40	988.40
1983	587.80	588.00	1167.80
1985	601.88	604.23	1206.11
1988	623.90	642.50	1266.40
1990	639.34	661.16	1300.50
1994	669.62	744.58	1414.20
2000	709.37	875.33	1584.70
2010	783.38	1085.62	1869.00

En la ciudad a partir de los años sesenta, las delegaciones centrales inician un proceso de emigración de su población, principalmente por el cambio de uso de suelo que de habitacional pasó a ser comercial y de servicios. Del mismo modo surgieron condiciones favorables para el establecimiento de nuevos asentamientos en los lugares colindantes, ello por la facilidad y cercanía de los lugares de actividades laborales, escolares y comerciales. Los sitios más comunes que alojaron y siguen alojando son los municipios conurbados.

Estadísticas de 1993 señalan que en la zona aproximadamente habitan 20 millones de personas, las cuales 11 millones residen en el Distrito Federal (55%), y 9 millones (45%) en los Municipios Metropolitanos del Estado de México. Se prevé que para el año 2000 la población del Área Metropolitana sea de alrededor de 28 millones de habitantes, o aún mayor, y que además como ha venido sucediendo de algunos años atrás el crecimiento se dará principalmente en el Estado de México. Tal incremento poblacional tiene origen en un 55% por su propia naturaleza, y en un 45% por inmigraciones provenientes de los Estados de la región central del país. Un avance favorable en la presente década lo constituye el hecho de que existe un descenso en la tasa de crecimiento, pero aún es alarmante, se estima que en promedio 700,000 nuevos habitantes por año registrará la zona en lo que resta del siglo.

Observamos, según datos del INEGI, que los lugares de mayor tasa de crecimiento de 1970 a 1990 lo constituyeron: Municipio de Chimalhuacán, Méx. con 13.2%; Municipio de Coacalco, Méx. con 12.9%; Municipio de Atizapán de Zaragoza, Méx. con 10.2%; y Municipio de Chalco, Méx. con 10.0%. Por el contrario las zonas con tasas de crecimiento negativo son: Delegación Miguel Hidalgo, D.F. con -2.0% y la delegación Cuauhtémoc, D.F. con -2.2%.

Consecuentemente, en la metrópoli existe una demanda aproximada de 31 millones de viajes-persona-día, de los cuales 22 millones (72%) corresponden al Distrito Federal y 9 millones (28%) a los Municipios Conurbados. Estos viajes son realizados por 16 millones de viajeros que son habitantes mayores de 5 años de edad, de los cuales el 61% reside en el Distrito Federal. De acuerdo a actividades que están sujetas a horarios, la demanda se torna máxima de entre las 6:00 a las 9:00 horas, lo cual representa el 37% del total de viajes-persona-día y ellos son debidos a la actividad laboral o escolar.

De todos los viajes existentes en el periodo de máxima demanda, el 29% se originan en las Delegaciones: Gustavo A. Madero (12%), Iztapalapa (9%) y el Municipio de Nezahualcóyotl (8%); y el otro 71% en las demás Delegaciones y Municipios. En éste mismo periodo el 44% de los viajes tienen como destino las delegaciones Cuauhtémoc (27%), Miguel Hidalgo (9%) y Benito Juárez (8%).

Se tiene, por tanto, que los viajes motivados por trabajo en horas de máxima demanda se distribuyen de la siguiente manera:

- El 72% se lleva a cabo en el Distrito Federal y el destino principal es la Delegación Cuauhtémoc. Las delegaciones alimentadoras son: Gustavo A. Madero, Iztapalapa, Benito Juárez y Venustiano Carranza.
- De entre los Municipios conurbados tenemos que: Nezahualcóyotl, Ecatepec, Tlalnepantla y Naucalpan, generan el 19% del total de la Zona Metropolitana y el 73% con respecto al total de los municipios. El destino de ellos es la Delegación Cuauhtémoc o las delegaciones colindantes a los propios municipios.

Del mismo modo, los viajes por motivo de escuela en el periodo de máxima demanda señalan que:

- De estos viajes el 67% se realizan en el Distrito Federal y como contribuyentes son las delegaciones: Coyoacán, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero y Alvaro Obregón. Y ellos son atraídos por las delegaciones Coyoacán y Cuauhtémoc.
- Y además el 47% de este tipo de viajes generados en el Distrito Federal son internos; es decir, se originan y terminan dentro de una misma delegación. Por su parte, el Estado de México representa el 67%.
- El municipio de Nezahualcóyotl es el que genera una mayor cantidad de viajes a la escuela y tienen como destino el propio municipio o las delegaciones con las que colinda.

La Coordinación Metropolitana del Transporte, en base a la demanda de viajes, ha dividido en 6 regiones a la zona de influencia:

- Región 1. La constituye la delegación Cuauhtémoc, ya que es la que contiene el mayor número de viajes al día a nivel metropolitano.
- Región 2. Integrada por las delegaciones Gustavo A. Madero, Iztapalapa, Venustiano Carranza e Iztacalco. Ella es en su mayoría habitacional y la más importante en la generación de viajes, la mayoría de ellos dirigidos a la delegación Cuauhtémoc, región en la que habitan 4.6 millones de personas, de ellos el 87% son viajeros.
- Región 3. Pertenecen aquí las delegaciones Alvaro Obregón, Azcapotzalco, Benito Juárez, Coyoacán y Miguel Hídaigo, cuenta con 3.4 millones de habitantes, de los cuales el 80% se consideran viajeros.

Región 4. Esta región está conformada por las delegaciones de Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Tláhuac, Tlalpan, Xochimilco y Milpa Alta; ésta región posee la mayor superficie de reserva ecológica del Distrito Federal, su población es baja y los viajes son más largos en tiempo y distancia.

Región 5. Ésta es la región más densamente poblada, integrada con 5.5 millones de habitantes, de los cuales el 87% son considerados viajeros. Abarca los municipios de Ecatepec, Nezahualcóyotl, Tlalnepantla y Naucalpan.

Región 6. En esta última se ubican los demás municipios conurbados del Estado de México, en ella se originan el 8% del total de viajes diarios.

En la actualidad, la demanda del transporte rebasa la oferta en un 32% aproximadamente en las horas pico y se prevé que en 20 años, casi se duplicará, con lo que se hace necesaria una ampliación del transporte colectivo que atienda por lo menos al 80% como hasta el momento.

2.2 PLANEACIÓN DE LA LÍNEA B.

Una de las fases importantes en la elaboración de un proyecto lo constituye la planeación, que consiste en el análisis y evaluación en forma ordenada de las variables y las condiciones (población y edificaciones), según las necesidades y demandas de determinados sectores.

En la planeación de la Línea B del Metro, encontramos que hace más de 20 años, en la década de los 70s con el estudio primario de nuevas líneas del Metro, ya se consideraba el trazo de ella; con el fin primordial de comunicar la zona norte (la

villa) con la zona centro.

En la siguiente década (80's), numerosos planes y estudios reafirmaban la importancia de comunicación de esas áreas. Por el año de 1989, y a raíz de los cambios de movilidad originados por los sismos de 1985, se evalúan nuevamente las etapas de ampliación del Sistema. Es consultada información actualizada para la Zona Metropolitana: Planes de desarrollo urbano del Distrito Federal y Municipios conurbados, el Plan de Transporte y Vialidad de la Coordinación General de Transporte (CGT) e Información de campo necesariamente reciente, entre otros.

Con lo anterior, se definió la construcción, ampliación y modificación de trazo (solo en algunos casos) de las líneas existentes y de las inexistentes. Cabe mencionar que únicamente las Líneas 1, 2 y 3 se encuentran completas. Por último, en 1990 en base a estudios de origen-destino y requerimientos de transporte de grandes masas urbanas de bajos recursos, se estableció la configuración definitiva de la 5^a Etapa de Ampliación del Metro.

La evaluación de las características urbanas de la zona, sus vialidades existentes y futuras, las interferencias de la línea y su factibilidad técnica y financiera, dieron pauta al inicio del proyecto definitivo.

El análisis de movilidad indicó que, aún desde el inicio, la línea tendría una elevada captación de usuarios. Con lo que se lograría un ahorro considerable en horas/ hombre.

Por otra parte, observamos que la línea 8 se origina en el norte de la ciudad, en la zona de Indios Verdes, pasa por el poniente del Centro Histórico y va a terminar en la zona

suroriente en Iztapalapa; atraviesa las delegaciones Gustavo A. Madero, Cuauhtémoc, Venustiano Carranza, Iztacalco o Iztapalapa; se desplaza por importantes corredores viales: Calzada de los Misterios, el Eje Central Lázaro Cárdenas, la Av. del Paso y Troncoso y la Calzada Ermita Iztapalapa, zonas de intenso movimiento comercial y de servicios.

Con la Línea esencial de recorrido se pasa al estudio de factibilidad técnica, a fin de precisar las características físicas para la ejecución del proyecto definitivo; para llevarlo a cabo, se ha dividido en los siguientes tipos en general: *Trazo e interferencias, Análisis urbano y Vialidad y transporte.*

En el *trazo e interferencias* se recopila la información de instalaciones municipales, particulares, de entre las que destacan: gaseoductos, líneas de alta tensión, troncales telefónicas, red computarizada de semáforos, etc. En seguida, se plantean soluciones y se define el perfil preliminar; además se elabora el levantamiento de secciones transversales para el correcto estudio del mismo perfil. Posteriormente se analizan los cruces con otras Líneas así como sus posibles soluciones: son las líneas 1, 2, 4 y 9 con las que forma cruces y por lo tanto correspondencia. Por último, se delimitan superficies para depósitos, talleres, edificios y demás elementos.

Para elaborar el *análisis urbano*, se requiere conocer: aspectos de jurisdicción política (límite entre delegaciones, zonas de valor histórico), planes de desarrollo (uso de suelo actual y futuro, planes de obras viales, organización actual y futura de zonas verdes), cuantificar la red del Metro existente para así ubicar las estaciones, determinar el estado previo a la construcción de edificios e instalaciones a fin de no dañarlos y en consecuencia ubicar los accesos y salidas del

Metro que pueden captar el mayor número de usuarios posible.

La *vialidad y transporte* como parte de la planeación, posee gran peso. Se contabilizan las vialidades de tránsito intenso a lo largo del trazo para contemplar y proyectar su actualización en base al Plan Rector de Vialidad. En los tramos subterráneos del Metro, son restituidas banquetas y pavimentos, así como también se mejoran los alineamientos horizontales y verticales. En los trayectos de solución superficial del Metro, la vialidad por la cual corre la línea es transformada en vía de circulación continua, tal es el caso del eje 3 Oriente, sobre el cual se proyectaron seis puentes vehiculares: Eje 4 Sur, Tezontlo, Apatlaco, Eje 5 Sur, Eje 6 Sur y Circuito Interior. En lo referente al transporte se estudió la estructura, el comportamiento y número de pasajeros. Así se determinó la ubicación de paraderos construyéndose: uno en la Estación Terminal Constitución de 1917, y otros en las estaciones La Purísima, Iztapalapa, Atlalilco, Escuadrón 201 y Santa Anita. Adicionalmente, se proyectó la habilitación de bahías en cuatro puentes vehiculares coincidentes con cuatro estaciones con su respectivo paradero bajo puente.

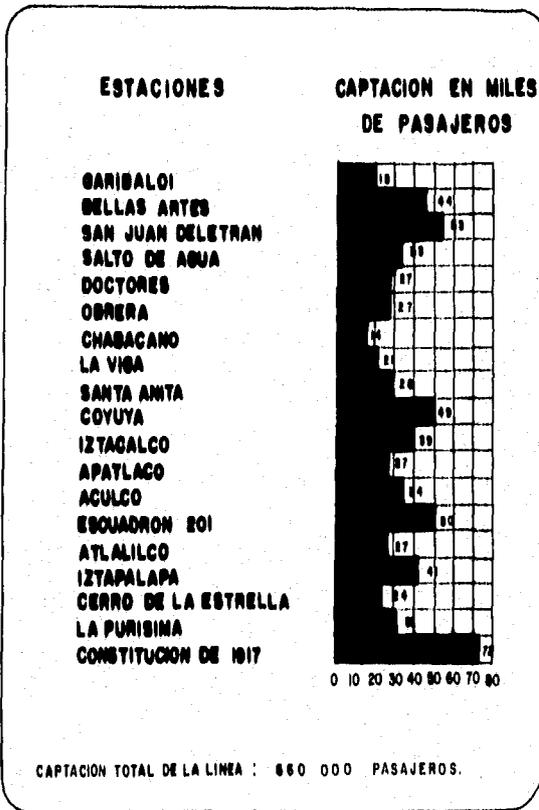
La Línea B del Metro: Garibaldi-Constitución de 1917 (primera etapa), está prevista para su construcción en la siguiente secuencia:

a) Primera etapa:

Parte de Garibaldi, siendo terminal provisional, ubicada frente a la Unidad Habitacional Tlatololco, para llegar a la estación terminal Constitución de 1917 en la calle de Genaro Estrada perteneciente a Iztapalapa. Etapa puesta en servicio en el segundo semestre de 1994, la cual tiene por objetivo captar 660,000 pasajeros al día en 1996. (ver página 22)

CAPTACION DIARIA DE LA LINEA 8 DEL METRO.

HORIZONTE 1996



FUENTE: COVITUR 1996

TESIS PROFESIONAL
SAUL MARTINEZ CRUZ

b) Segunda etapa:

Prolongación hacia el norte por Reforma y Calzada de los Misterios hasta la estación Indios Verdes. Estimaciones indican una captación en día laborable de 880,000 pasajeros al año 2000.

c) Tercera etapa:

Su tramo Oriente, desplazado en la Calzada Ermita Iztapalapa conformará parte de la Línea 12 y la Línea 8 continuará su trayecto hacia el Sur, para finalizar en la Estación Tomatitlán.

Por último y a manera de resumen, la Línea 8 en su primera etapa queda provista como sigue:

Longitud	20.7 Km.
Estaciones	1 Terminal definitiva: CONSTITUCIÓN DE 1917 1 Terminal provisional: GARIBALDI 4 Estaciones de Correspondencia. 13 Estaciones de paso.
Interestaciones	846 m (promedio)
No. de viajes inicial	32,000 Pasajeros-hora-sentido
No. de viajes total esperado	60,000 Pasajeros-hora-sentido
Objetivo de transporte	660,000 Pasajeros-día
Material rodante	Neumático tercer riel
Capacidad	1,600 pasajeros, tren de 9 carros
Intervalo inicial	170 segundos
Velocidad máxima	80 Km/hr
Velocidad comercial	35 Km/hr
No. de empleos generados	20,000 directos 20,000 indirectos

2.3 TOPOGRAFÍA

El estudio correcto del trazo de cualesquier vía de comunicación lo determina el conocimiento del estado físico de la franja terrestre y de lo en ella erigido, ya sea por la naturaleza o por el propio hombre. Expresar con detalle todas las características, los niveles, las deflexiones y las situaciones viales, es lo que necesariamente la topografía tiene por labor. Específicamente, la planimetría y la altimetría son los elementos a expresar, por medio de planos, perfiles, secciones transversales, y que por lo tanto definen los tipos de solución, deflexiones y afectaciones a todo lo largo del derecho de vía.

Para el caso de una vía de comunicación, el factor que requiere gran atención es la pendiente, definida como el número de unidades (metros) en la línea vertical que sube o baja el perfil por cada 100 unidades horizontales y se expresa en por ciento.

La determinación de los niveles (Altimetría) a lo largo de la línea de trazo, se generan con la referenciación por medio de bancos de nivel. Para ello el Banco de Nivel "Atzacolco" (Banco maestro), es el punto de partida de las nivelaciones desde el inicio de las obras del Metro en 1967. Dicho banco pertenece a la nivelación de precisión de la Comisión de Aguas del Valle de México, se encuentra anclado en una masa rocosa de la Sierra de Guadalupe, consiste en una mojonera de concreto con una placa metálica en la parte superior, su elevación es de 2245.008 m.s.n.m. y se ubica en la acera nor-poniente de la calle Cabo Finisterre y Av. Martín Carrera en la delegación Gustavo A. Madero.

Con el fin de organizar el estudio, se llevan a cabo las siguientes etapas:

- 1) Reconocimiento.
- 2) Proyecto preliminar.
- 3) Proyecto definitivo.

En el reconocimiento se estudian, con base a elementos de transporte (movilidad), los lugares por donde ha de pasar la línea, que son llamados Puntos Obligados. Por medio de fotografías aéreas se definen rutas a seguir.

El proyecto preliminar se traza en campo, se miden con precisión la longitud de tangentes y ángulos de deflexión entre ellas mediante la utilización de distanciómetros y teodolitos. Con los datos obtenidos se hacen los cambios necesarios hasta llegar al proyecto definitivo en el cual se realizan los cálculos de elementos en las curvas y determinación de los cadenamientos. Además son marcados puntos de referencia en guarniciones y banquetas con clavos de acero.

En el trazo horizontal se tienen limitaciones y restricciones para poder alojar las instalaciones:

- Distancia entre término e inicio de dos curvas consecutivas no debe ser menor de 12 metros.
- Radio mínimo de curvas para estructuración en túnel 300 m.
- En casos especiales, el radio mínimo podrá ser de 100 m.
- Las estaciones serán ubicadas en tramos tangentes en toda su longitud.

El trazo vertical requiere el uso de curvas parabólicas para unir tangentes verticales. Análogamente, el alojamiento de

instalaciones exige las siguientes limitaciones y restricciones:

- Las estaciones deben ubicarse en tramos tangente, sin pendiente, para evitar el uso de frenos del convoy.
- En zonas de aparatos para cambios de vía no debe existir curva vertical.
- Entre dos curvas verticales es necesaria una tangente de al menos 16 metros.
- El radio mínimo de curvatura admisible debe ser de 1250 metros.

En seguida del establecimiento del eje del proyecto, se requiere:

- 1.-Control horizontal: los puntos inicial y final del proyecto son ligados a la red de control horizontal, permitiendo calcular las coordenadas de los puntos del eje de la ruta y verificación de las posibles equivocaciones al medir distancias y ángulos.
- 2.-Control vertical: las elevaciones del proyecto deben estar referidas a un banco de nivel fijo controlado por la Comisión Nacional del Agua. Se utiliza una nivelación de orden Geofísico (consideración de la curvatura de la tierra).
- 3.- Nivelación de perfil: las nivelaciones de perfiles son iniciadas y cerradas en bancos de nivel permanentes (bancos profundos), y temporales (bancos de trabajo). Las elevaciones se determinan al milímetro.

4.-Seccionamiento transversal: las secciones transversales se levantan por lo regular en estaciones y puntos intermedios necesarios para asegurar el cubrimiento adecuado en el cálculo de las terracerías.

5.-Detalles planimétricos: a través de métodos aéreos o terrestres son determinadas las posiciones de avenidas, edificios, cercas y demás elementos dentro del límite de derecho de vía del proyecto.

6.-Referenciación del trazo planimétrico: los detalles planimétricos se referencian a cierta distancia; para así evitar la pérdida del trazo, ya que al afectar la excavación y construcción y no encontrar la referenciación trae como consecuencia el retraso de las acciones.

7.-Liga con predios: se localizan todos los vértices de secciones catastrales y predios, con respecto al eje de trazo (en la intersección con el límite de sección se obtiene el cadenamamiento, distancia y ángulo).

8.-Levantamiento de líneas de conducción: a lo largo del eje de trazo se localizan líneas de transmisión de energía, telefónicas y telegráficas, y también de ductos de drenaje, aguas y oleoductos; todos ellos si cruzan o corren paralelos al eje. Además se toman las elevaciones de plantillas en las alcantarillas y de las bocas de los pozos de inspección.

Con todo ello se elaboran planos de la situación anterior a la obra así como sus soluciones más factibles para su correcto funcionamiento. Todo lo anterior en coordinación con

Las dependencias correspondientes en cada caso.

2.4 ASPECTOS GEOTÉCNICOS

De entre los estudios que requieren las grandes obras, destacan, por su trascendencia, el estudio relativo al suelo sobre el cual serán implantados todos los elementos constitutivos de lo proyectado. En base a las características mecánicas de la masa estratigráfica se determinan los procedimientos y secuencias de los trabajos para la implementación y articulación de partes estructurales que poco a poco conforman las obras completas.

Los diferentes materiales que integran el subsuelo de la Ciudad de México, los cuales forman láminas o capas de diferentes espesores y están presentes a consecuencia de muy diversos factores, condiciones físicas y climatológicas, producto de épocas variadas en la historia geológica del Valle de México, nos determina las condiciones para la ejecución de los trabajos así como las capacidades de soporte con lo cual se logra la adaptación de la estructura con el suelo.

Para comprender el origen y componentes del subsuelo del Valle, es necesario ubicar y estudiar la geología. En principio, se parte del cierre de la cuenca por actividad volcánica, hecho por el cual a través del tiempo el espacio bloqueado fue captando materiales que constantemente rellenaron el Valle. Los rellenos están conformados por capas de arcillas lacustres en la parte superior, y abajo clásticos, producto de la acción de ríos, arroyos, glaciares y volcanes. Tales rellenos contienen además capas de ceniza y estratos de pómez producto de erupciones menores y mayores. Otros procesos a través del tiempo lo constituyen los climas cambiantes y

extremosos con oscilaciones de periodos calurosos a frios; en estos periodos conocidos como *glaciares* o *interglaciares* se acumularon importantes espesores de capas de suelo en lo que es el fondo de la cuenca. Un producto asociado al tiempo de glaciares es el suelo eólico; las brisas del valle que se presentan en la actualidad en la cuenca, se creó tal vez fuesen muy superiores durante los climas glaciares. Los fuertes vientos acarreaban grandes volúmenes de partículas finas de polvo volcánico alterado al Valle. Al precipitarse el polvo, llamado loess, en el lago lograba hidratarse con facilidad dándo origen a las arcillas lacustres del Valle. En los rellenos de la cuenca del Valle de México encontramos que tienen directa o indirectamente origen volcánico. La presencia de la capa de arenas azules, así como las lavas en los domos, brechas, tezontles, cenizas, entre otros productos, marcan la enorme influencia de las actividades volcánicas para su consideración en los estudios geotécnicos en cada zona específica.

De acuerdo a sus características y componentes, el suelo de la Ciudad de México se ha dividido en:

- a) **DEPÓSITOS DE LAGO:** lo constituye la planicie del Valle de México que alojó el lago de Texcoco y que contiene grandes espesores de arcilla separados por ligeras capas de materiales duros como son arenas, cenizas volcánicas, etc.
- b) **DEPÓSITOS DE TRANSICIÓN:** aquí los espesores lacustres van desapareciendo a medida que se acercan a las lomas o cerros; están integrados por depósitos de grava y boleos principalmente.

c) **DEPÓSITOS DE LOMAS;** son las partes altas producto de grandes erupciones volcánicas, depósitos de morrenas y relleno en barrancas con productos clásticos de erupciones menores.

Particularmente la zona de lago, por ser la que presenta mayores problemas, ha sido estudiada con gran énfasis, y debido a que los grandes espesores de arcilla altamente compresible se encuentra procedida por una costra endurecida en su superficie de espesor variable a causa de la localización e historia de cargas, se ha dividido en tres subzonas debido a: el espesor y propiedades de la costra superficial y la consolidación inducida en cada sitio. De ello resulta:

- a.1) Lago Virgen (mantiene sus propiedades desde su formación)
- a.2) Lago centro I (sector no colonial de la ciudad)
- a.3) Lago centro II (corresponde a la antigua traza de la ciudad)

Dada la ubicación de la Estación Salto del Agua (Eje Central Lázaro Cárdenas, al poniente entre las calles de Arcos de Belén y Delicias, y al oriente entre José Ma. Izazaga y Vizcainas), la zona geotécnica pertenece a la subzona de Lago Centro II, pertenece al antiguo trazo de la ciudad con historia de cargas variable; en primer lugar se tienen arcillas altamente consolidadas por efecto de las sobrecargas de construcciones aztecas y coloniales, en segundo lugar arcillas blandas derivadas de lugares que alojaron plazas y jardines por largo tiempo, y en tercer lugar arcillas muy blandas en los cruces de antiguos canales.

2.5 INSTRUMENTACIÓN

Adicionalmente y con el fin de contar con mayor información para el diseño de estructuras, influencia de construcciones aledañas al trazo, así como el comportamiento de éstas durante la construcción de tramos y estaciones, se requiere de la instalación de instrumentación que proporcione datos como: posición del nivel freático, nivel piezométrico, movimiento de la masa del suelo durante la excavación así como de las edificaciones vecinas. La instalación previa consiste en inicialmente estaciones piezométricas a todo lo largo del eje de trazo y además de testigos superficiales, piezómetros abiertos, tubos de observación del NAF.

En la zona próxima a la Estación Salto del Agua, sobre la calle de Nezahualcóyotl esquina con el Eje Central Lázaro Cárdenas (junto a Viana), quedó instalada la estación piezométrica no. 7 consistente en un tubo de observación del nivel freático y tres piezómetros. En los edificios catalogados se requirió de la instalación adicional de tubos de observación y piezómetros abiertos, los cuales son: Colegio de las Vizcainas, 4 piezómetros abiertos y 9 tubos de observación; Hotel Virreyes, 2 tubos de observación; Iglesia de la Concepción, 1 piezómetro abierto y 4 tubos de observación; Lázaro Cárdenas nos. 7 y 11, 1 piezómetro abierto y 2 tubos de observación; Viana, 1 piezómetro abierto y 1 tubo de observación; toda esa instrumentación en edificaciones cercanas a la Estación indicadas en la especificación para la línea 8 en el Centro Histórico.

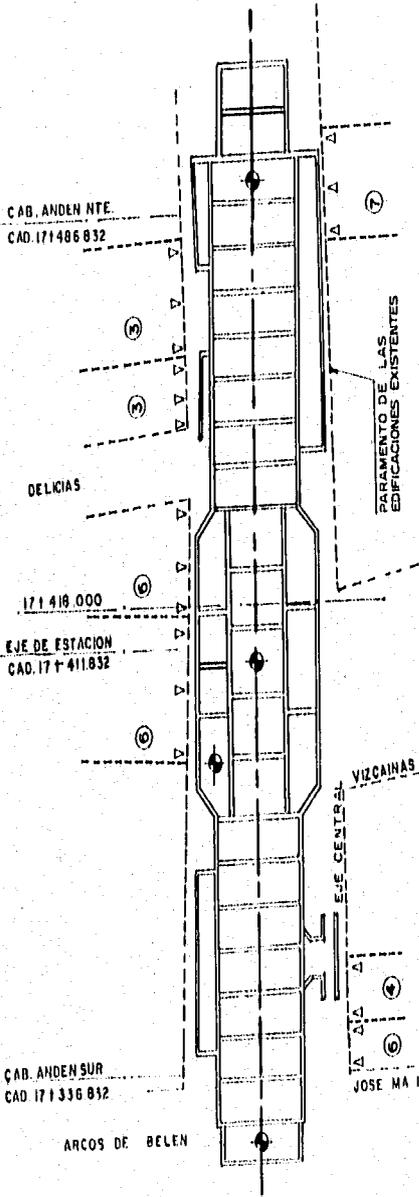
Además de lo anterior y para observar el comportamiento de la Estación, y de los edificios lindantes a ella, se instaló la instrumentación siguiente: testigos superficiales "patomas",

puntos de desplome, dos bancos de nivel superficial y dos varillas o tornillos sobre muros tablestaca de acompañamiento; cuatro bancos de nivel semiprofundos, inclinómetros instalados tanto en suelo como en muros tablestaca de acompañamiento y un piezómetro abierto.

- a) Puntos de nivelación en predios ("palomas"): sirven para conocer los posibles movimientos verticales de las construcciones paralelas al cajón del Metro, y son marcas de pintura ("palomas") sobre el paramento en las colindancias con los predios contiguos y al centro de las edificaciones, tales referencias se ubican a una altura de 1.5 m a partir del nivel de banqueta. (Ver página siguiente)

- b) Puntos de desplome: en forma paralela a las "palomas", se colocan puntos de desplome "plomos" en los extremos de las estructuras, fijando ménsulas al paramento, las cuales deben contar con un orificio en su extremo suelto, dicho orificio se referencia al nivel de la banqueta, para así después medir la distancia de ese punto al paramento, como se indica en la figura de la página 34.

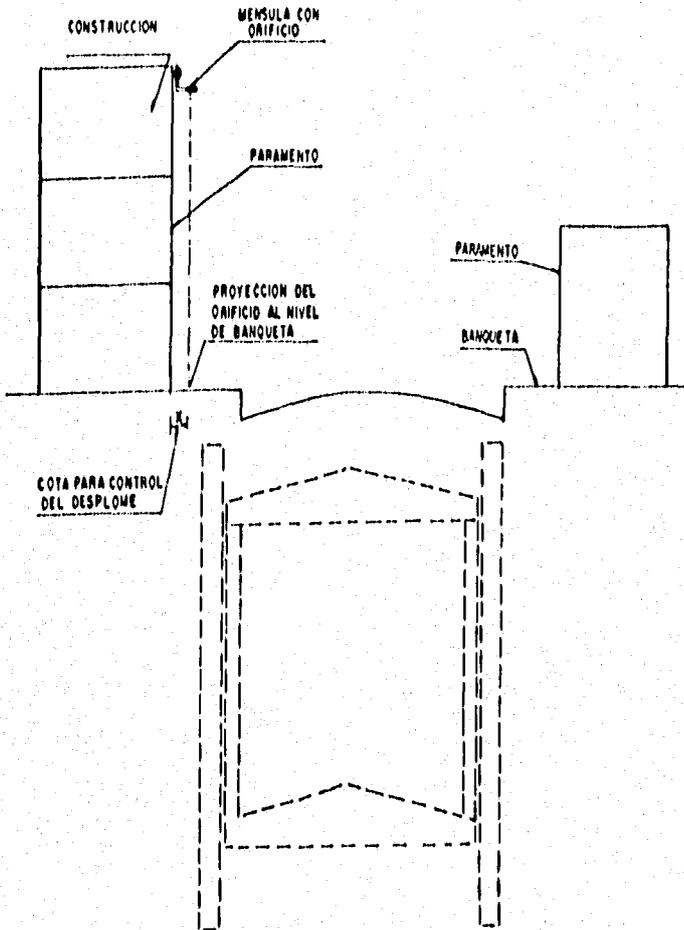
- c) Testigos superficiales colineales a los inclinómetros: éstos sirven para llevar un control de los movimientos posibles en la zona adyacente a los inclinómetros; y además son de utilidad en la interpretación de las lecturas tomadas de los inclinómetros. Se tienen dos tipos de ellos: testigos superficiales en suelo y testigos superficiales sobre muro tablestaca; su ubicación se indica en la figura de la página 35. Los testigos en suelo consisten en dos bancos de nivel superficiales cilíndricos de concreto simple de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, con un tornillo metálico de



INSTRUMENTACION
 ESTACION SALTO OEL AGUA L-8
 TESIS PROFESIONAL
 SAUL MARTINEZ CRUZ

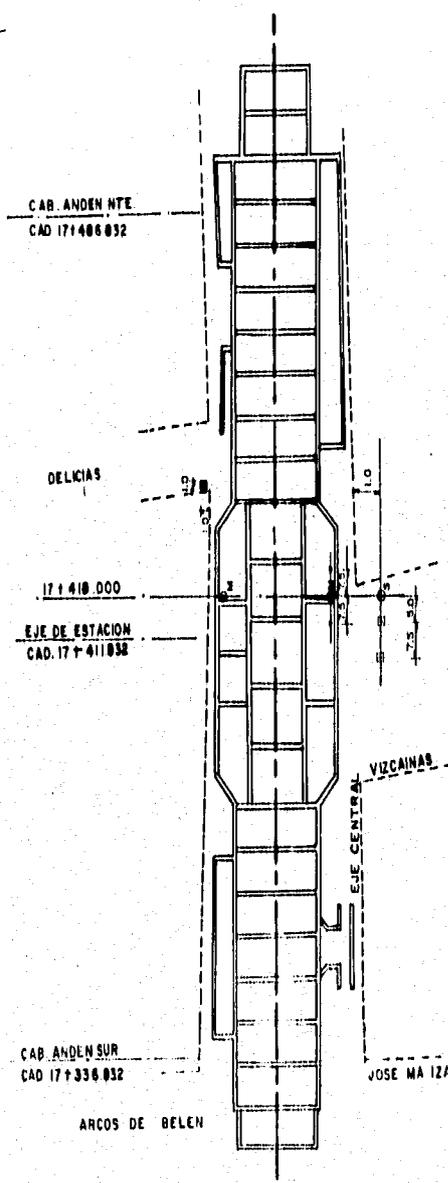
- SIMBOLOGIA:**
- ◆ BANCOS DE NIVEL SEMIPROFUNDO
 - △ PALOMAS Y PUNTOS DE DESPLOME
 - ⊙ PUNTO DE NIVEL DE EDIFICACION EXISTENTE

SECCION TRANSVERSAL DE LA CALLE



PLOMEO EN CONSTRUCCIONES

TESIS PROFESIONAL
SAUL MARTINEZ CRUZ



INSTRUMENTACION

ESTACION SALTO DEL AGUA L-8
 TESIS PROFESIONAL
 SAUL MARTINEZ CRUZ

- SIMBOLOGIA**
- ⊗ INCLINOMETRO INSTALADO EN MUROS TABLESTACA
 - PICO METRO
 - TESTIGO SUPERFICIAL SOBRE MURO TABLESTACA
 - ⊙ INCLINOMETRO INSTALADO EN EL SUELO
 - TESTIGO SUPERFICIAL EN SUELO

5/8" X 4" empotrado; en su cara superior, el tornillo debe tener una cabeza semiesférica (cabeza de gota); dichos bancos formaron una línea paralela al eje de trazo de la Línea 8 junto con el inclinómetro.

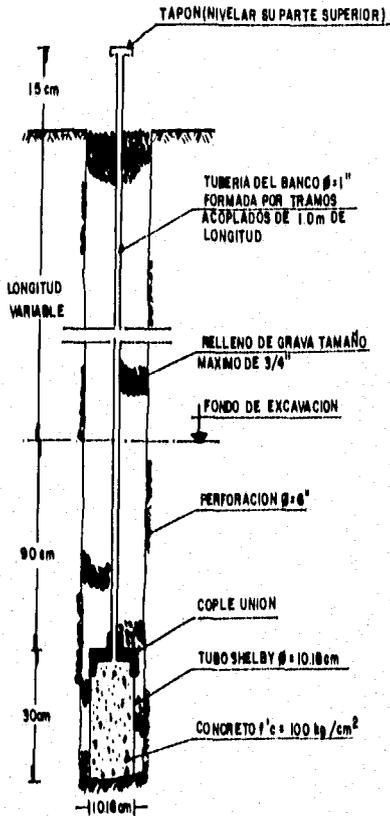
Los testigos sobre muro tablestaca consistieron en tornillos metálicos, de características similares a los de los testigos en suelo, los cuales quedaron empotrados en el concreto del muro tablestaca y alineados al inclinómetro correspondiente. La posición de ambos tipos de testigos quedó indicada en la página anterior.

La toma de lecturas para las palomas, puntos de desplome y testigos superficiales fue realizada de la siguiente manera:

- Primera lectura: 15 días previos al inicio de la excavación.
- Segunda lectura: 3 días antes del inicio del bombeo.
- Una lectura al día durante el tiempo que se afectó el bombeo así como la excavación.
- Iniciada la estructuración (colado de plantilla), lecturas dos veces por semana hasta la restitución del pavimento.
- Ya terminada la construcción, lecturas una vez por semana.

Suspensión de la labor cuatro meses después de concluir la construcción de la Estación.

- d) Bancos de nivel semiprofundo: los bancos sirven para determinar los movimientos verticales causados por probables expansiones y hundimientos del fondo de la excavación. Después de la construcción de los muros milán de las celdas 4, 7, 12 y 27, (fig. siguiente); se colocó el instrumento (banco) en el centro geométrico del área en planta



BANCO DE NIVEL SEMIPROFUNDO

TESIS PROFESIONAL
SAUL MARTINEZ CRUZ

definida por los muros de cada celda.

Los cuatro bancos se desplantaron 1.20 m abajo del nivel de máxima excavación. La perforación de 6" de diámetro se estabilizó con lodo bentonítico. Conforme la excavación avanza, los bancos se recortan.

Características de los bancos

Aparato	Prof (m)	Ubicación	Fecha	Celda
BNSP-10	17.40	KM17+492.257	28-IV-92	12
BNSP-11	17.05	KM17+408.082	28-IV-92	27
BNSP-12	17.20	KM17+389.332	13- V-92	7
BNSP-13	17.40	KM17+339.572	24-IV-92	4

La fecha corresponde al día de la instalación del banco.

La toma de lecturas en esos bancos quedó como sigue:

-Primera lectura; 15 días previos al inicio de la excavación.

Segunda lectura; 3 días antes del inicio del bombeo.

-Una lectura al día durante la ejecución del bombeo y el proceso de excavación.

-La cota de los bancos se traslada hacia la losa de piso sobre la línea subrasante, para continuar con el control de movimientos de la Estación, después de ello se toman lecturas dos veces por semana hasta la restitución del pavimento. Después de la colocación del balasto, la cota se traslada a los muretes laterales.

-Terminada la construcción, las lecturas eran una vez por semana.

Se suspendieron las lecturas cuatro meses después de concluida la construcción.

e) Nivelaciones en el ademe de los pozos de bombeo; con objeto

de llevar un control de las posibles expansiones de la masa de suelo durante el proceso de excavación, se efectúan nivelaciones en el ademe de los pozos de bombeo, conforme avanza la excavación. Ello comienza tres días antes del inicio de los trabajos de la celda correspondiente. Instalados los ademes se graba una marca en los mismos, se nivela y se traslada la cota respectiva cada dos metros de profundidad.

Las lecturas son similares a las de los bancos de nivel semiprofundo, excepto la primera que se efectúa tres días antes del inicio de la excavación.

f) Inclinómetros: un inclinómetro lo conforma una tubería en tramos de 75 cm de longitud y de 7.77 cm de diámetro interior, unidos entre sí mediante coples, la tubería tiene cuatro ranuras verticales diametralmente opuestas que sirven de guía a la sonda de medición. Los coples de unión son dos secciones media caña de 8.79 cm de diámetro interior y 30 cm de longitud; abrazan la tubería con la que tiene un traslape de 7.5 cm. El cople se envuelve en toda su longitud con cinta adhesiva.

Los inclinómetros sirven para determinar los movimientos horizontales probables debidos a la excavación de las celdas para la construcción de la Estación Salto del Agua.

Para la instalación de un inclinómetro en el suelo se requiere una perforación de 6" de diámetro hasta 22.5 m de profundidad (en la Estación), con el auxilio de lodo bentonítico. Para los dos inclinómetros instalados en los muros tablestaca de acompañamiento, la profundidad de desplante fue de 20.65 m.

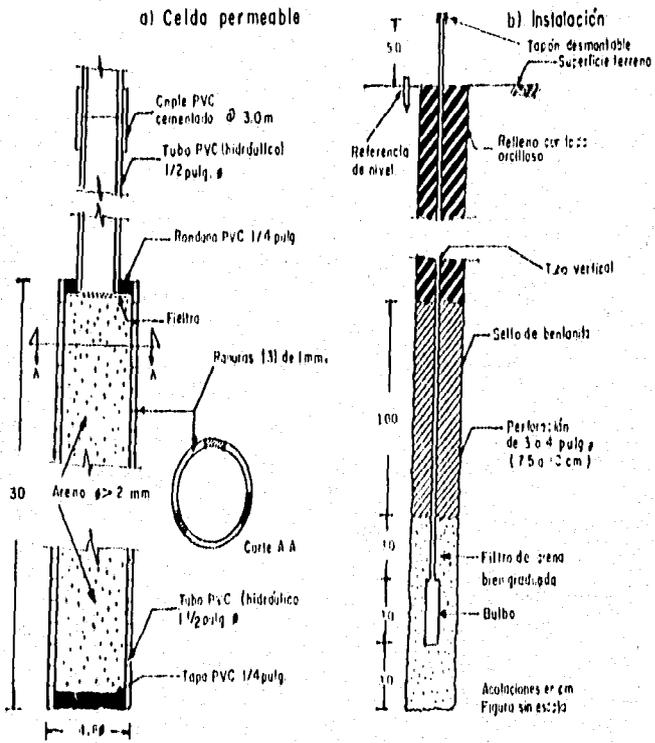
Limpia la perforación se baja la tubería, previamente ensamblada, cuidando que un par de ranuras diametralmente opuestas sean perpendiculares al eje de la excavación. El espacio entre la tubería y la pared de la perforación se rellena con una mezcla de Bentonita-Cemento-Agua inyectada a baja presión desde el fondo de la excavación hasta 30 cm por abajo del nivel del terreno natural. En el extremo superior la tubería se fija con un soporte y se construye un muerto de concreto que sirve como registro de protección del inclinómetro.

En los inclinómetros instalados en muros tablestaca de acompañamiento se sujeta la tubería en el interior de la parrilla del acero de refuerzo de los muros; por lo que la tubería queda ahogada en el concreto al efectuar el coaldo de los muros.

La figura de la página 35, indica la ubicación de los dos inclinómetros en los muros tablestaca de acompañamiento y el inclinómetro en el suelo. Las lecturas de los inclinómetros se realizaron como sigue:

- Primera lectura: diez días antes del inicio de la excavación.
- Segunda lectura: tres días antes del inicio del bombeo.
- Lecturas dos veces al día durante el bombeo y el proceso de excavación.
- Después de retirado el quinto nivel de puntales, una lectura diariamente.

La suspensión de toma de lecturas fue una semana después del retiro del quinto y último nivel de puntales.



PIEZOMETRO ABIERTO
TESIS PROFESIONAL
SAUL MARTINEZ CRUZ

de los instrumentos depende en gran medida del procedimiento de instalación, por lo que deben cuidarse la verticalidad y limpieza de las perforaciones así como la calidad de los materiales de relleno. Además todas las mediciones eran procesadas (calculadas y graficadas) el mismo día para contar con esa información en forma oportuna para la toma de decisiones. Para el caso particular de los datos de los bancos de nivel semiprofundo eran elaboradas gráficas de movimientos contra tiempo y en todas ellas eran anexadas: la historia de la excavación, la hora y fecha del inicio del bombeo, la de la excavación al llegar a la máxima profundidad, el colado de la plantilla, colado de la losa de fondo, etc.

Todas las referencias quedan instaladas antes del inicio de la excavación; si un elemento de medición resulta dañado se repone a la brevedad posible para continuar con las lecturas.

CAPITULO 3

ESPECIFICACIONES Y NORMAS DE PROYECTO Y CONSTRUCCION

CAPITULO 3

ESPECIFICACIONES Y NORMAS DE PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN

La práctica de la ingeniería debe estar siempre regida por una serie de pasos y lineamientos que sirvan de guía para la realización del producto que a ella le atañe. Dicho producto lo constituyen las obras civiles y de infraestructura. Dadas las magnitudes que se manejan en ocasiones, se requiere de especialistas de diversos campos de la ingeniería; y es en consecuencia, necesaria la normatización para todos los casos, de las acciones para así facilitar la identificación de los problemas y lograr la uniformidad de criterios, técnicas e instrumentos (además de la coordinación de las obras civil y electromecánica, esencialmente en el caso de Obra Metro),

3.1 GENERALIDADES

Con el conocimiento de las propiedades mecánicas del suelo, y de acuerdo a la zona geotécnica en la que se construirán las estructuras del Metro, los requerimientos para instalaciones, servicio y operación del sistema, etc., se han elaborado especificaciones y normas para la realización de todos los proyectos. Para una línea particular, las normas se agrupan en las siguientes: Obra Civil, Obra Electromecánica, Obras Inducidas y Obras de Urbanización.

Dentro de la Obra Civil encontramos las especificaciones de trazo, perfil, gálbhos, dimensionamiento y localización de rejillas de ventilación, proyecto arquitectónico, mecánica de suelos y estructurales. En la Obra Electromecánica se especifican los procedimientos para la implantación de vías, material rodante, redes hídricas y sanitarias, entre otros.

Las Obras Inducidas deben cumplir con ciertos aspectos para su solución, como lo pueden ser interferencias físicas (instalaciones municipales y privadas), como accidentales (tránsito vehicular). Finalmente, las Obras de Urbanización abarcan todos los aspectos exteriores de la Obra Metro como son: pavimentación, jardineras y pasos peatonales, puentes vehiculares y pasos a desnivel, según las demandas y factibilidades pertinentes en cada caso.

3.2 ESPECIFICACIONES DE TRAZO

Dentro de los estudios preliminares (Capítulo 2), el resultado obtenido de la planeación es el trazo de la línea en proyecto. Consecuentemente, el trazo es el resultado del análisis y estudio de los elementos implicados en la solución de los problemas. Dichos problemas e implicaciones para la definición del trazo se mencionan y desglosan en los siguientes párrafos.

Para el proyecto de trazo se requiere de la localización de tangentes, definidas por dos puntos que forman una línea recta, si la distancia entre ellos es mayor de 200 m deben existir puntos sobre tangente. En el momento que se presentan cambios de dirección de la tangente, debe ser continuado el trayecto por medio de curvas horizontales, las cuales tienen por finalidad unir tangentes entre sí. Las curvas circulares son simples si los cambios de dirección forman pequeñas deflexiones y los radios usuales mínimos son de 2000 m. En el caso de radios menores a 2000 m son utilizadas curvas de transición para absorber la sobreelevación requerida para así contrarrestar la fuerza centrífuga logrando con ello el confort y velocidad de los trenes. Esas curvas de transición son llamadas curvas ciotoides. Las curvas en solución en cajón

subterráneo y túnel convencional se restringen con un radio mínimo de 150 m.

El proyecto de trazo debe quedar sujeto primordialmente a lo siguiente:

1. En toda curva horizontal de radio menor a 2000 m debe existir una sobreelevación.
2. Entre dos curvas consecutivas debe existir una tangente mínima de 16 m.
3. En todo tipo de curva horizontal debe contarse con 16 m como mínimo de longitud de curva.
4. Utilizar el menor número de curvas posibles.
5. Los aparatos de cambios de vía deben ubicarse siempre en tangente horizontal.
6. El trazo de una línea debe estar apoyado en polígonos cerrados para fijar su posición.
7. La precisión mínima aceptable para el análisis del trazo y sus poligonales deben ser de 1:10,000.

Una vez calculadas todas las curvas con deflexiones reales, se determinan los cadenamientos, dando kilometraje a todos los puntos principales del trazo. Los cadenamientos deben ser calculados al milímetro. Para determinar la posición de los puntos principales, se hace necesaria la referenciación, la cual es realizada por medio de triángulaciones; un vértice es el punto a referenciar sobre el eje de trazo y los otros se ubican sobre los paramentos que no se afecten por la obra.

Finalmente, en el proyecto de trazo y con el objeto de lograr la intercomunicación entre líneas, ya sea para abastecer de trenes a cierta línea o para la conducción de trenes averiados hacia los talleres, son utilizadas vías de enlace.

Éstas vías deben proyectarse con un radio mínimo de 60 m y además considerar una longitud sobre la cual pueda un tren ser estacionado con sus respectivas distancias de seguridad para la ubicación de señales.

3.3 ESPECIFICACIONES DE PERFIL.

Como logró observarse, el trazo indica el trayecto horizontal de la línea, o sea, las características en planta del recorrido. Ahora, el perfil nos viene a determinar la situación vertical de la línea. Todo ello de acuerdo al nivel del terreno determinado por la evaluación por medio de bancos de nivel profundo (es decir, fijos), a todo lo largo del eje de trazo del perfil topográfico. Con lo anterior se obtiene el proyecto de perfil, considerándose:

1. Tipos de solución: según las características de las vialidades por las que pasa el eje de trazo y su tráfico se tiene: solución superficial, solución en cajón subterráneo, solución en túnel profundo, y en viaducto elevado.
2. Pendientes: para las soluciones en cajón subterráneo y túnel, en tramos interestación se usan pendientes de 2% y 3% como máximo, en ocasiones 4% y para casos especiales 7%. Para las estaciones se requiere de pendiente longitudinal nula, para así evitar que el convoy aplique frenos. En las zonas de aparatos la pendiente máxima admisible es de 2%. Por último, el enlace entre dos líneas puede tener pendientes de 3% como máximo y rara vez de 4%, en casos especiales se usa 7% para vías cubiertas y 6.5% en vías a la intemperie.

3. Enlace entre pendientes: esto se logra por medio de una curva vertical parabólica de transición. Estas curvas requieren de un radio de longitud de 2500 m y únicamente en casos especiales se usa como radio mínimo 1250 m en vías principales. La distancia mínima entre curvas verticales no debe ser menor de 16 m.

4. Espesores de relleno: los rellenos sólo se consideran en la solución de tipo cajón subterráneo. En Estaciones debe basarse en las condiciones establecidas en las especificaciones de Mecánica de Suelos, tomando en cuenta peraltes de la estructura y las instalaciones municipales. Para los tramos de interestaciones el espesor no debe ser menor a 0.80 m.

Otra dimensión a considerar para la elaboración de los proyectos de perfil y gálibos se expresa a continuación:

SOLUCIÓN	ESPESORES DE SUBRASANTE A RASANTE EN METROS		
	Durmiente madera	Durmiente concreto	Fijación/ concreto
Cajón Subterráneo	0.71	0.75	0.38

3.4 ESPECIFICACIONES DE GÁLIBOS

Una vez asentado el perfil, el cual como es sabido indica la idealización longitudinal-vertical de la línea, se procede al proyecto de gálibos con el objeto de definir la geometría de la estructura la cual tendrá las dimensiones para lograr el paso adecuado del equipo rodante y del personal de mantenimiento.

Consecuentemente, el gálibo es el espacio libre que se requiere para la circulación del material rodante, su sistema de vías, e instalaciones electromecánicas. El proyecto de gálibos debe, por lo tanto, ser el resultado del estudio y análisis de cada uno de los espacios solicitados por el tren para su operación. Los estudios son los siguientes:

- a) Especificaciones de trazo-perfil y operación.
- b) Dimensionamiento estático y dinámico debido al tren.
- c) Sistema de vía.
- d) Elementos de instalaciones electromecánicas, hidráulicas y de ventilación.
- e) Tipo de solución constructiva del tramo.

Los gálibos horizontales en la solución en cajón subterráneo en un tramo tangente, quedan determinados por lo siguiente: la distancia mínima entre el paño interior del muro estructural y el ojo de vías es $d = 2.15$ m; cuando se requiere muro de acompañamiento se tiene que $d = 2.00$ m, como mínimo. Finalmente, el gálibo mínimo será:

$$G_{\min} \text{ para muro estructural} = 2(2.15) + Ent.$$

$$G_{\min} \text{ con muro de acompañamiento} = 2(2.00) + Ent.$$

Ent. = entrecía, en metros. Considerando como mínimo 2.9 m.

G_{\min} se expresa en metros.

Para los gálibos en zona de curva, en el caso de radios mayores de 500 m no hay variación. Cuando sean radios menores o iguales a 500 m es necesario incrementar el gálibo; el valor depende del análisis dinámico y estático. El valor rige en la parte inferior y a todo lo largo de la curva. En las estaciones

el gálibo depende del proyecto arquitectónico y de acuerdo a las necesidades y restricciones a todo lo largo de los 150 m de la Estación, como sollicitación se debe habilitar una distancia libre entre el paño de nariz de andén y el eje de vías más próximo de 1.32 m.

Los gálibos verticales son únicamente requeridos para la solución en cajón subterráneo, para ello es obvio considerar la distancia entre el techo del tren y el paño interior del techo de la estructura. En tramo tangente el gálibo mínimo requerido es de 4.90 m. En los tramos de curva y para radios mayores a 500 m, el gálibo es el mismo que en tramo tangente; y para los radios menores o iguales a 500 m, se incrementa en 0.250 m a todo lo largo de la curva resultando 5.15 m como mínimo.

Para el adecuado funcionamiento de la Línea se requieren espacios mayores para satisfacer todas las necesidades, por lo que se ubican espacios llamados nichos, y los gálibos son diferentes en cada caso; existen nichos de seguridad, para motor de aparatos de vía, para equipo contra incendios, nichos de P.R. (Puesto de Rectificación), de subestación para equipo de ventilación, etc. Todos ellos determinados por las dimensiones propias en cada caso y logrando su integración a la estructura sin que interfleran en la libre circulación de los trenes.

3.5 PROYECTO ARQUITECTÓNICO

El tren Metropolitano (Metro), depende de un innumerable conjunto de instalaciones y espacios para su adecuado funcionamiento. Para este aspecto, el Proyecto Arquitectónico es el encargado de indicar todo lo necesario en la Línea: edificios, talleres, naves de depósito y de limpieza y

mantenimiento. Pero básicamente, para permitir el servicio a los pasajeros, se requiere de Estaciones. Las estaciones son el punto de comunicación entre el servicio de transporte y el exterior en la ciudad, al cual tenga contacto el usuario.

Una Estación se clasifica, de acuerdo en su funcionamiento en la red, en tres tipos:

- 1) De paso
- 2) De correspondencia
- 3) Terminal

En la solución de tipo subterránea, la clasificación de las estaciones se hacen de acuerdo al nivel de la vía, quedando como sigue:

- 1) En cajón.
- 2) Solución semiprofunda para lograr así, alojar vestíbulos y pasarelas para la comunicación con otras estaciones.
- 3) En túnel.

Dadas las dimensiones de una estación los aspectos urbanos que debe presentar para permitir el confort y un ágil servicio, resultan en forma general como sigue; para la ubicación de las estaciones son necesarios entre 600 y 1400 metros de espaciamiento entre ellas; el intercambio de modo de transporte demanda lugares que en algunos casos constituyen paraderos de autobuses; en las zonas de mayor circulación peatonal, se adecuan los accesos; para la intercomunicación interior se requieren pasajes o circulaciones a vestíbulos y áreas de espera y andenes, además de las escaleras para el cambio de anden.

Esencialmente, el funcionamiento de una estación solicita el espacio para las siguientes instalaciones: sistemas eléctricos; sistemas de aire y ventilación: condicionada con área mínima de 250 m² adicional al área de accesos y otros; sistemas hidráulicos y sanitarios y sistemas electrónicos de control.

3.6 PROYECTO ESTRUCTURAL.

El proyecto estructural del Metro cae dentro de las características de clasificación de las estructuras importantes en la ciudad dado el número de personas que ocupan sus instalaciones. Es por ello que el diseño de los elementos que conforman el cajón se encuentran regidos por factores de seguridad propios a sus necesidades, los cuales deben considerar las características del suelo y los problemas de hundimiento de la ciudad. No solo las propiedades mecánicas tienen influencia, además se debe conocer el espacio disponible en las calles para las maniobras de construcción así como la cercanía de los edificios existentes.

Dependiendo del tipo de suelo (transición o lago), el cajón subterráneo puede construirse bajo las siguientes alternativas:

Cajón convencional: desplantado en avenidas o calzadas muy anchas y el tipo de suelo (de transición), permite la excavación en taludes abatiendo el N.A.F. para luego construir los muros y losas que conforman el cajón.

Cajón con Muro Adorno y/o Muro Estructural: aquí encontramos dos formas claramente diferenciables, una de ellas resulta de la construcción de muros en zanjas previamente excavadas y

posteriormente se introduce el armado de acero de refuerzo para finalizar con el colado de concreto y con ello conformar un prisma que una vez fraguados los muros se excava con el auxilio de bombeo de abatimiento de aguas freáticas hasta la profundidad de desplante de losa inferior, en seguida se ligan las losas inferior y superior al muro ademe conformando una estructura rígida en sección rectangular.

La otra alternativa se obtiene construyendo un muro estructural adicional al muro ademe, ello se realiza cuando la profundidad de desplante del cajón es muy grande y que por ende el volumen de excavación sea mayor y requiera de compensación en peso para la estabilización de la estructura.

El análisis y diseño de las estructuras es regido por el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, excluyendo las estructuras no incluidas en dichas especificaciones. En esos casos se emplean otros reglamentos como son: A.C.I., A.S.T.M., A.A.S.H.O., Especificaciones Generales de Construcción de la Secretaría General de Obras, entre otros.

En general, se utilizan métodos de diseño al límite, y las principales cargas a considerar son: los empujes de tierra y los hidrostáticos, que varían de acuerdo a la profundidad de la excavación y las sobrecargas causadas por edificios próximos a la construcción, equipo de trabajo y material almacenado; los cuales son de gran influencia.

Los efectos de sismo demandan estudios especiales. En dirección longitudinal a la línea no se toman en cuenta, ya que

el cajón posee la suficiente flexibilidad para absorberlos. Para el cruce de zonas de transición, de terreno compresible a terreno firme, es necesario dejar juntas entre los tramos del cajón con el fin de minimizar los efectos que tal vez provocará un sismo en dichas zonas.

En dirección transversal a la línea se realiza un análisis sísmico simplificado, considerando el anillo cerrado con la fuerza del sismo aplicado en el cabezal.

Las estructuras de las estaciones son las más complicadas para su análisis, eso es a causa de sus asimetrías, sobrecompensaciones, problemas de troquelamiento, excavación, etc.

De acuerdo a todo lo anterior, es preciso que el diseño de los elementos de concreto reforzado se realice conforme a la teoría de diseño al límite.

CAPITULO 4
OBRAS INDUCIDAS EN EL LUGAR

CAPITULO 4

OBRAS INDUCIDAS EN EL LUGAR

Toda construcción requiere de muchos y muy diversos sistemas para su adecuado servicio y funcionalidad. Llega a ser tal el número de necesidades en las grandes urbes que se requiere de una eficiente coordinación entre las múltiples dependencias tanto particulares como gubernamentales y municipales para implementar un óptimo tendido de la variedad de instalaciones demandadas.

De lo anterior, podemos deducir que a consecuencia de la construcción de la Obra Metro (desplantada a lo largo de calles y avenidas), son necesarias reubicaciones, retiros, modificaciones o inclusive adecuaciones en la ejecución de los procesos constructivos del Metro para así, no alterar o privar de todos o algunos de los servicios demandados por vecinos o autoridades ubicadas a un costado de la realización de estructuras del Sistema de Transporte Colectivo.

Lo anterior constituye una labor fundamental para que los trabajos de construcción sean continuos y los servicios tampoco sean interrumpidos en largos plazos. En conjunto todas las actividades anteriores integran lo que es conocido como las Obras Inducidas en la Construcción del Metro.

4.1 DEFINICIÓN DE OBRA INDUCIDA

Es prudente entender a la Obra Inducida como un 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.

Las instalaciones que pueden representar una interferencia suelen ser; postes de alumbrado, semáforos, energía eléctrica, teléfonos, trolebuses con sus respectivos cables para cada sentido, vías de ferrocarril o tranvía; especies vegetales como árboles o palmeras; cables subterráneos, de alumbrado, semáforos, energía eléctrica, teléfonos, cablevisión; tuberías subterráneas para la conducción de gas propano, petróleo, agua potable, drenaje; predios de propiedad particular, federal o ejidal; etc.

En el momento en que se conoce el proyecto definitivo de la línea de Metro, se contabiliza todos los elementos que generan una Obra Inducida. Las soluciones implican la intervención de los organismos que las controlan y los cuales pueden ser:

- Delegaciones del Departamento del Distrito Federal.
- Municipios involucrados.
- Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del D.D.F.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- Luz y Fuerza del Centro, S.A.
- Teléfonos de México.
- Petróleos Mexicanos.
- Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Cablevisión.
- Comisión de Avalúos de Bienes Nacionales, entre otros.

Las obras inducidas no solo involucran interferencias sino también las afectaciones que por necesidad de instalaciones se

requieran; además de los desvíos de tránsito, ya que repercuten muy significativamente sobre la ciudadanía por lo que es necesario analizarlos en forma detallada.

4.2 LÍNEAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

En la construcción de una estructura o serie de estructuras tan grande como lo es el Metro, es necesario modificar o adecuar las redes existentes de suministro y distribución de energía eléctrica, además de que en ocasiones, y con la finalidad de ampliar la capacidad existente, se elaboren proyectos con miras hacia las futuras demandas.

En coordinación con Luz y Fuerza de Centro se proyectan las modificaciones aplicables en cada caso específico. En los proyectos especiales, al considerar la imagen urbana, el Eje Central Lázaro Cárdenas modificó su aspecto al ser retirados los cables aéreos tanto de baja tensión como los de alta tensión. Para la realización de cualquier trabajo se hace la petición a Proyectos a Gobierno de Luz y Fuerza del Centro, organismo encargado de la elaboración de los proyectos denominados Solicitudes de Presupuesto las cuales son conocidas en campo como S.P.'s.

En la zona adyacente a la Estación Salto del Agua, los trabajos realizados por Luz y Fuerza del Centro, se enlistan a continuación, indicando el número de S.P., la ubicación, fecha de envío y la descripción del trabajo ejecutado.

No. S.P.	UBICACIÓN	FECHA DE ENV.	DESCRIPCIÓN
17754	Lázaro Cárdenas entre -- Vizcalnas y Plza de las -- Vizcalnas.	Dic/18/91	Reubicación de líneas de Alta Tensión de -- 8 KV.
17756	Arcos de Belén esquina - López.	Dic/18/91	Relocalización de Alta Tensión de 23 KV e Hilo Piloto.
17758	Delicias y López esq. L. Cárdenas.	Dic/18/91	Instalación de cables.
17759	Lázaro Cárdenas y Arcos de Belén hacia Vizcalnas.	Dic/23/91	Instalación de cables subterr. y reloc. de -- Baja Tensión.
17775	Lázaro Cárdenas y Arcos de Belén.	Dic/20/91	Relocalización de Baja Tensión y cables.
22405	Buen Tono y Aranda esq. Lázaro Cárdenas.	Ene/17/92	Relocalización de Baja Tensión y cables.
27652	Arcos de Belén entre -- Buen Tono y López.	Jun/09/92	Reubicación de cables de Baja Tensión.
25801	Arcos de Belén y Eje -- Central L. Cárdenas.	Ags/12/92	Modificación a red de distribución.
27653	Arcos de Belén esq. Lázaro Cárdenas.	Jun/09/93	Reubicación de cables de Baja Tensión.
27411	Lázaro Cárdenas esq. -- Delicias Sur-Pte.	Jun/08/93	Servicio para Concesión Comercial (cancelada).
27412	Lázaro Cárdenas esq. -- Izazaga Nor-Ote.	Jul/27/93	Servicio para Concesión Comercial.
27413	Lázaro Cárdenas esq. -- Izazaga Sur-Ote.	Jun/08/93	Servicio para Concesión Comercial.
27414	Lázaro Cárdenas esq. -- Arcos de Belén Nor-Pte.	Jul/27/93	Servicio para Concesión Comercial.
27415	Lázaro Cárdenas esq. -- Arcos de Belén Sur-Pte.	Jun/08/93	Servicio para Concesión Comercial.

4.3 LÍNEAS TELEFÓNICAS

Las líneas telefónicas al igual que las líneas de energía eléctrica, provocan interferencias en la construcción del Metro. De manera análoga, requieren reubicación y/o retiro según sea la magnitud e importancia de la canalización. El servicio telefónico modifica y moderniza líneas y cables de conducción, realiza trabajos de ampliación de su red, provee de protección a sus canalizaciones, etc. Los cables más importantes del servicio telefónico son los cables coaxiales y los de fibra óptica, los cuales son los más delicados y requieren de un manejo cuidadoso para evitar su daño. Para cualquier labor, Tel-Méx genera las A.D.M.'s, que son los proyectos para la ejecución de los trabajos.

Las A.D.M.'s de Tel-Méx y su significado se enlistan a continuación:

No. A.D.M.	SIGNIFICADO
050	Protección
054	Canalización
055	Cables troncales
056	Cables principales
057	Cables secundarios

Los trabajos de Tel-Méx generados por la construcción de la Estación Salto del Agua y sus demás estructuras adicionales se exponen y describen a continuación:

A.D.M.	UBICACIÓN	FECHA DE APERTURA	DESCRIPCIÓN
6502502	Lázaro Cárdenas entre Vizcalinas y Juan A. Mateos.	10/03/92	Señalización y protección de redes.
6541108	Lázaro Cárdenas entre Izazaga y Vizcalinas.	04/02/92	Restitución de canalización de XX vias.
6542506	Lázaro Cárdenas entre Arcos de Belén y López	23/03/92	Restitución de canalización de XXIV vias.
6542522	Lázaro Cárdenas entre Arcos de Belén y López	23/03/92	Restitución de canalización de XXVIII vias y bandeó.
6552513	Entre Izazaga y Vizcalinas.	- -	Restitución de cables -- troncales.
6552530	Arcos de Belén y López	01/06/92	Restitución de cables -- troncales multipar.
6552531	Arcos de Belén y López	03/06/92	Restitución de cables -- troncales coaxial.
6552543	Lázaro Cárdenas entre Izazaga y Vizcalinas.	04/06/92	Restitución de cables -- troncales.
6561028	Arcos de Belén y Dr. Valenzuela.	04/02/92	Provisional red principal.
6562510	Arcos de Belén y López	30/05/92	Restitución de cables -- principales.
6562533	Lázaro Cárdenas y Vizcalinas.	25/06/92	Restitución de cables -- principales.
6571044	Arcos de Belén y Dr. Valenzuela.	04/02/92	Provisional red secundaria.
6572516	Lázaro Cárdenas entre Vizcalinas y Plaza de las Vizcalinas.	01/06/92	Restitución de red -- secundaria.
6542557	Lázaro Cárdenas -- esquina Arcos de Belén	- -	Restitución de tubos de P.V.C. en tubo de acero.

4.4 AFECTACIONES

Para la adecuada integración de las estructuras del Metro con el contexto de la Ciudad, son necesarios los accesos ubicados por lo general cercanos a los paramentos de las edificaciones. En algunos casos son construidos edificios proyectados para la instalación de oficinas gubernamentales o para autoridades que tienen bajo su control al Sistema, y es en ellos en donde se localizan los accesos a las estaciones en las líneas. Para ello es necesario el espacio que permita alojar en

él, tal edificación. En el momento de conectar dos Líneas es necesaria la ampliación de la capacidad, y una habilitación para la adecuada y cómoda distribución de los pasajeros a través de la red del Metro.

Todo lo anterior demanda mayores espacios los cuales se acentúan más significativamente en la zona Centro de la Ciudad, en la cual se encuentran asentadas las Estaciones Salto del Agua de las Líneas 1 y 8, mismas que requirieron de espacios para la construcción de la pasarela de correspondencia que comunica ambas líneas, además de la ampliación de la capacidad de la Línea 1 en los andenes de la Estación.

Propiamente, la Estación Salto del Agua de la Línea 8, no causó afectaciones importantes, con la excepción de las molestias durante la construcción; y el retiro o en ocasiones demolición de las marquesinas que interferían para la construcción de los muros tabicados o durante el proceso de maniobras de la maquinaria al excavar.

Las afectaciones se localizaron en la zona que aloja la pasarela de correspondencia y en la ampliación de la capacidad en la Estación en la Línea 1 por la construcción de los trasandenes. Dichas afectaciones se enlistan de acuerdo a su ubicación y estructura implantada como sigue:

PREDIO	ESTRUCTURA IMPLANTADA
Mercado de San Juan.	Pasarela de correspondencia
López No. 11	Pasarela de correspondencia y rejilla de ventilación.
Arcos de Belén No. 17.	Modificación de acceso Sur en la Estación en la Línea 1 y trasanden.

Arcos de Belén
No. 22.

Trasanden.

Dr. Valenzuela
No. 5.

Modificación de acceso Sur a la -
Estación en la Línea 1, y pasarela de
correspondencia.

Para la adquisición de los predios se procede a efectuar una negociación con los propietarios considerándolo el valor de terreno y el valor bajo las condiciones en que se encuentre la construcción.

En el caso de la zona afectada por la construcción del trasanden norte de la Estación Salto del Agua de la Línea 1 y la cual corresponde a una clínica de la Secretaría de Salubridad; fue solicitada, únicamente, una reposición de lo afectado en la misma proporción, en un espacio al fondo de la misma clínica.

Otro caso lo representó el Mercado de San Juan, ya que resultó afectado y por consiguiente reconstruida su fachada. Aquí los locatarios provocaron grandes obstáculos durante la construcción por motivos de falta de agua, energía eléctrica, obstrucciones en el drenaje, molestias por la generación de polvo, y demás quejas por la falta de letreros informativos de accesos al Mercado y de su operabilidad, entre otras muy variadas quejas.

4.5 DESVÍOS DE TRÁNSITO

Otro caso implicado en la construcción del Metro lo constituye un desvío de tránsito, a lo que podemos decir que es el cambio temporal de una ruta establecida, que se debe reemplazar por otra u otras vías alternas a ella, y que afecta la continuidad del tránsito vehicular y peatonal, así como el transporte público en una determinada zona urbana, dependiendo de la magnitud de la obra. Para la ejecución de un desvío de tránsito, se requiere contar con tres elementos básicamente: la estructura vial, los flujos vehiculares y peatonales y los dispositivos para el control de tránsito.

Los desvíos de tránsito tienen, esencialmente, los siguientes propósitos:

- 1.- Evitar la interferencia de la Obra Metro con los flujos de viajes en la Ciudad.
- 2.- Ofrecer alternativas de recorrido durante la ejecución de las obras. Los itinerarios establecidos según el reglamento para el transporte público, y por costumbre para el transporte individual, no deben afectar en forma importante, para lo cual deben instalarse dispositivos adecuados que minimicen los problemas de congestión, los accidentes de tránsito y las molestias al público en general.
- 3.- Informar sobre los itinerarios alternos. Para garantizar que se cumpla con los dos propósitos anteriores debe establecerse un sistema de información, que dependiendo del tipo de desvío permita a los usuarios de la vía pública seleccionar el recorrido alterno más conveniente a sus intereses. Todo ello mediante:

a) Señalamiento vertical.

b) Boletines de prensa o volantes.

c) Boletines de prensa por radio y T.V.

4.-Proteger a los trabajadores encargados de la construcción del Metro. La instalación de dispositivos para la protección de obras debe ser congruente a las necesidades demandadas.

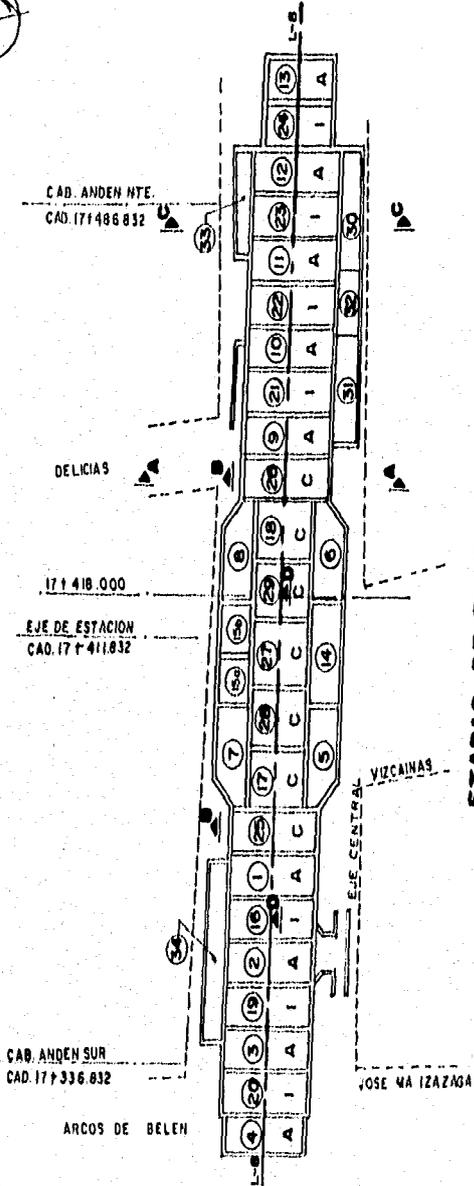
5.-Proteger a los peatones. La protección a los peatones es tan importante como la de la obra y la de los trabajadores.

Son estudiadas, en lo referente a la estructura vial, si se trata de red primaria o red secundaria; por parte de los flujos vehicular y peatonal, el transporte masivo de superficie el transporte individual y los viajes peatonales; por último, los dispositivos para el control de tránsito como son señales usadas para la protección de obras, leyendas y dispositivos de canalización.

Para ello los estudios previos abarcan trabajos de campo y de gabinete. En los trabajos de campo se realizan aforos vehiculares, inventarios de transporte, inventarios de instalaciones municipales, y recorridos. Los trabajos de gabinete efectúan la identificación de la zona de trabajo, análisis de información y planteamiento de alternativas.

Finalmente, se hace la representación gráfica en planos y boletines dando alternativas, croquis y descripción.

Para la Estación Salto del Agua, el desvío significativo lo representó el cierre del Eje Central Lázaro Cárdenas así como las avenidas Izazaga y Arcos de Belén, además de las calles de López y Dr. Valenzuela.



SIMBOLOGIA

- ② ETAPA DE EXCAVACION
- I CELDA INTERMEDIA
- A CELDA ALTERNADA
- C CELDA CENTRAL

**ETAPAS DE EXCAVACION
ESTACION SALTO DEL AGUA**

LINEA B

TESIS PROFESIONAL
SAUL MARTINEZ CRUZ

CAPITULO 5
EJECUCION DE LA OBRA CIVIL

CAPITULO 5

EJECUCIÓN DE LA OBRA CIVIL

El éxito en la culminación satisfactoria de los proyectos de cada una de las estructuras que integran la Estación Salto del Agua, dependió en gran medida de la precisión de los estudios del subsuelo, en su elaboración e interpretación. El comportamiento a corto y largo plazo es controlado gracias al conocimiento del peso total de la Estación y sus lastres, relleno sobre la losa de techo superior, etc.

Muy diversas son las causas por las que el proceso de excavación, estructuración y acabado de la Estación fuese ejecutado de la manera que se describirá en los siguientes párrafos. La profundidad de desplante de la subrasante del tren para lograr el libramiento de la Línea 1, el tipo de suelo, la configuración del perfil, los accesos, y en general, la ubicación de la estructura así como de las edificaciones vecinas determinaron la forma más óptima a la cual debieron de ejecutarse los procesos de implantación de cada elemento constitutivo de la Estación Salto del Agua.

La excavación que aloja la Estación se realizó a cielo abierto y por etapas, cada etapa de excavación se delimitó perimetralmente por una estructura de contención formada por muros tableros de concreto armado colados en sitio, lo cual erigió celdas en toda el área de la estación. En lo que respecta a los accesos de la Estación, se excavaron y construyeron por etapas cuyo talud de avance fue de 1:1 (horizontal a vertical). Más adelante se indica la geometría de las etapas.

El acceso Sur-Oriente casi en la esquina de la calle de Izazaga se describe más adelante, así como el acceso en la calle de Delicias, el cual requirió una modificación por conveniencia y requerimiento de mecánica de suelos.

La pasarela de correspondencia con Línea 1, constituye otro elemento de gran importancia, por lo que resulta un proceso separado de la Estación en cuanto a tiempo y forma de ejecución, no sin olvidar la gran funcionalidad que desempeña al enlazar a las dos Líneas y así comunicar al amplio sistema de la red para beneficio de los usuarios a su comodidad.

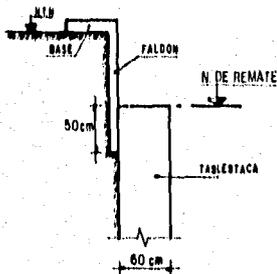
5.1 MUROS TABLESTACA

He aquí el elemento básico de partida para el inicio del complejo sistema de excavación de la estructura: los muros tablestaca. Existen, en general dos tipos de dichos muros, los prefabricados y los colados en sitio. Debido a las características particulares de Salto del Agua, los muros colados en sitio resultaron ser los más óptimos y convenientes a consecuencia del nivel general de despiante para la ubicación de la subrasante de la vía proyectada.

Para la implantación de un tablero (muro millón) en algún sitio requerido, generalmente se llevan a cabo dos procesos fundamentales y de gran peso, los cuales abarcan: primero elaboración de los brocales correspondientes y segundo construcción del tablero con características propias para la función y espacios proyectados para la fracción en la cual es colocada.

Por su parte, los brocales constituyen una pieza fundamental y de vital importancia para toda la obra en general

ya que ellos conforman y delimitan las celdas que se excavan para la construcción de la Estación Salto del Agua. Dichos brocales se hacen mediante una excavación la cual es forrada con una capa de concreto reforzado con malla electrosoldada para proporcionarle mayor resistencia a las paredes de la zanja



**BROCAL: PARTES Y
TRASLAPE CON
TABLESTACA**

Los brocales poseen dos piezas, las cuales son el faldón y la base; el faldón es la parte vertical ubicada en el interior de la zanja, y la cual además de proporcionar rigidez a la pared de la excavación sirve de guía para la almeja que extrae el material para el posterior colado por lo que es de suma importancia verificar su correcta verticalidad; la base es la parte horizontal del brocal que proporciona el anclaje correcto del brocal en el nivel de terreno natural.

Estructuralmente, los brocales deben empalmar 50 cm con el muro millán, se considera entonces que el nivel de remate de los muros debe ser 1.0 m abajo del nivel de terreno natural pero con la restricción de que no debe ser menor que el nivel 29.85, con la excepción de los tramos XX-P, XXI-h, XXIV-XXV y XXII-XXIII, en los cuales el nivel de remate fue el nivel de terreno natural.

En consecuencia, los muros tablestaca: excavación, armado y colocado de parrilla, colado; constituyen el segundo proceso de implantación de muros millán en sitio. La excavación es un paso muy importante, ya que las paredes de los tableros dentro de las cuales son construidos los muros de concreto reforzado colados en el lugar, no son estables por sí solas; para evitar que las paredes se derrumben se estabilizan con lodo tixotrópico. El lodo estabilizador que se utiliza normalmente es una suspensión estable de bentonita sódica en agua. La característica de tixotrópico es porque presenta una relativa resistencia al corte en reposo, momento en el cual actúa como un gel; mientras que en movimiento, cuando se agita o se bombea, es cuando actúa como un sol y no presenta dicha resistencia.

El lodo estabilizador debe poseer una densidad mayor que la del agua, logrando con ello que se ejerza un empuje hidrostático sobre las paredes mayor que el que se generaría con el agua simple. El lodo se vacía en el interior de la excavación a un nivel superior al nivel freático, con la finalidad de generar un gradiente de presiones sobre las paredes de la excavación que contribuya a detenerlas o a mantenerlas estables. Además ese gradiente produce infiltraciones de lodo hacia el interior de las paredes, por lo que es necesario controlar la proporción agua-coloides para que así la infiltración sea mínima. Al efectuarse la infiltración, se va formando en la frontera lodo-suelo una película de reducido espesor de moléculas de lodo, lo que conforma una membrana impermeable y resistente, la cual en terminología inglesa es conocida como "cake". La resistencia de la película aunada a la presión hidrostática del lodo logran una mayor estabilización en las paredes de los tableros excavados.

Para que el lodo estabilizador realice adecuadamente su función se requiere que:

1) Forme una película impermeable en la frontera con el suelo. Para que ello suceda, el lodo debe contener una cantidad importante de bentonita sódica. No debe estar contaminado con arena u otras partículas sólidas no coloidales.

La cantidad de bentonita sódica incluida en el lodo debe ser tal que el lodo obtenido posea las características descritas más adelante. No debe usarse en la elaboración del lodo bentonita cálcica ya que ella reacciona con el concreto, lo cual no cumpliría con el fin perseguido con el lodo.

2) Que la suspensión de bentonita sódica en agua, sea estable, por lo que no debe producirse sedimentación o floculación de las partículas de bentonita.

Otras propiedades importantes para la calidad y economía en la utilización de los lodos son sus características físicas y mecánicas. Por lo que los límites de ellas son los siguientes:

1.-Límites de fluencia	Entre 5 y 25 lb/100 ft ²
2.-Viscosidad Marsh	Entre 35 y 50 seg
3.-Contenido de arena	Máximo 3%
4.-Volumen de agua filtrada	Máximo 20 cm ³
5.-Densidad	Entre 1.03 y 1.06 gr/cm ³
6.-Espesor de la costra (Cake)	Entre 1.0 y 1.5 mm
7.-P.H.	Entre 7 y 10

Cada una de las propiedades es controlada en el laboratorio para así, establecer la relación agua-arcilla estimable, además de la verificación constante en las muestras de lodo manejadas en campo. Todo ello realizado con equipo especializado para tales fines.

La preparación del lodo se realiza en un mezclador de chiflón y enseguida se bombea a los recipientes de almacenamiento, los cuales son de amplia capacidad para las necesidades diarias de la obra. Por último, de los recipientes se traslada el lodo a las zanjas con una bomba centrífuga para lodos.

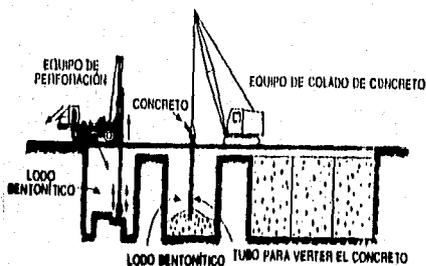
Para poder utilizar varias veces el lodo es necesario desarearlo y recircularlo conduciéndolo a través de la planta central de fabricación y almacenamiento. En los casos de resultar antieconómico el bombeo hasta la planta central, puede recircularse localmente de un tramo de zanja a otro.

Por último, el lodo es usado toda vez que cumpla con las propiedades antes citadas, desechando los lodos que no cumplan con ellas. Además el nivel del lodo en la zanja o tablero estabilizado debe ubicarse como máximo a 1.0 m a partir del nivel de terreno, y por ningún motivo aumentar dicha distancia.

Una vez concluida la excavación se procede a introducir la parrilla de acero de refuerzo para el muro, la cual previamente es armada y acondicionada con separadores cilíndricos de concreto los cuales permiten proporcionar la holgura para el recubrimiento del acero de refuerzo.

Habiendo colocado la parrilla en su sitio se procede a iniciar el colado del muro. Esto implica un proceso complicado,

ya que se utiliza un dispositivo que trabaja como un embudo, el cual es necesario taponear en su extremo inferior cada vez que entra en contacto con el lodo estabilizador, por la razón de que puede contaminarse el colado del muro y existir zonas que en lugar de contener concreto estén ocupadas por lodo estabilizador. Esto sucede además en el momento del vaciado del concreto; una vez vaciada una olla el dispositivo es subido y bajado un cierto número de veces para así, lograr un mejor acomodo de la mezcla; con lo anterior en ocasiones en tal dispositivo llega a penetrar lodo y es necesario extraerlo y taponearlo para evitar así la contaminación.



CONSTRUCCION DE TABLESTACAS

Existen 5 tipos de tablestacas implantadas en la construcción de la Estación Salto del Agua de la Línea 8 del Metro; dos tablestacas normales con diferente armado, una aligerada una parcialmente aligerada y la tablestaca estructural. Existe otro tipo, el cual es el muro tablestaca "chaparro", construido para efectuar la excavación del cárcamo de cabecera. El espacio restante de la zanja entre el nivel de remate y el nivel de terreno natural es relleno con una

mezcla grava-cemento-cal en proporción 4:2:1, en peso de la grava.

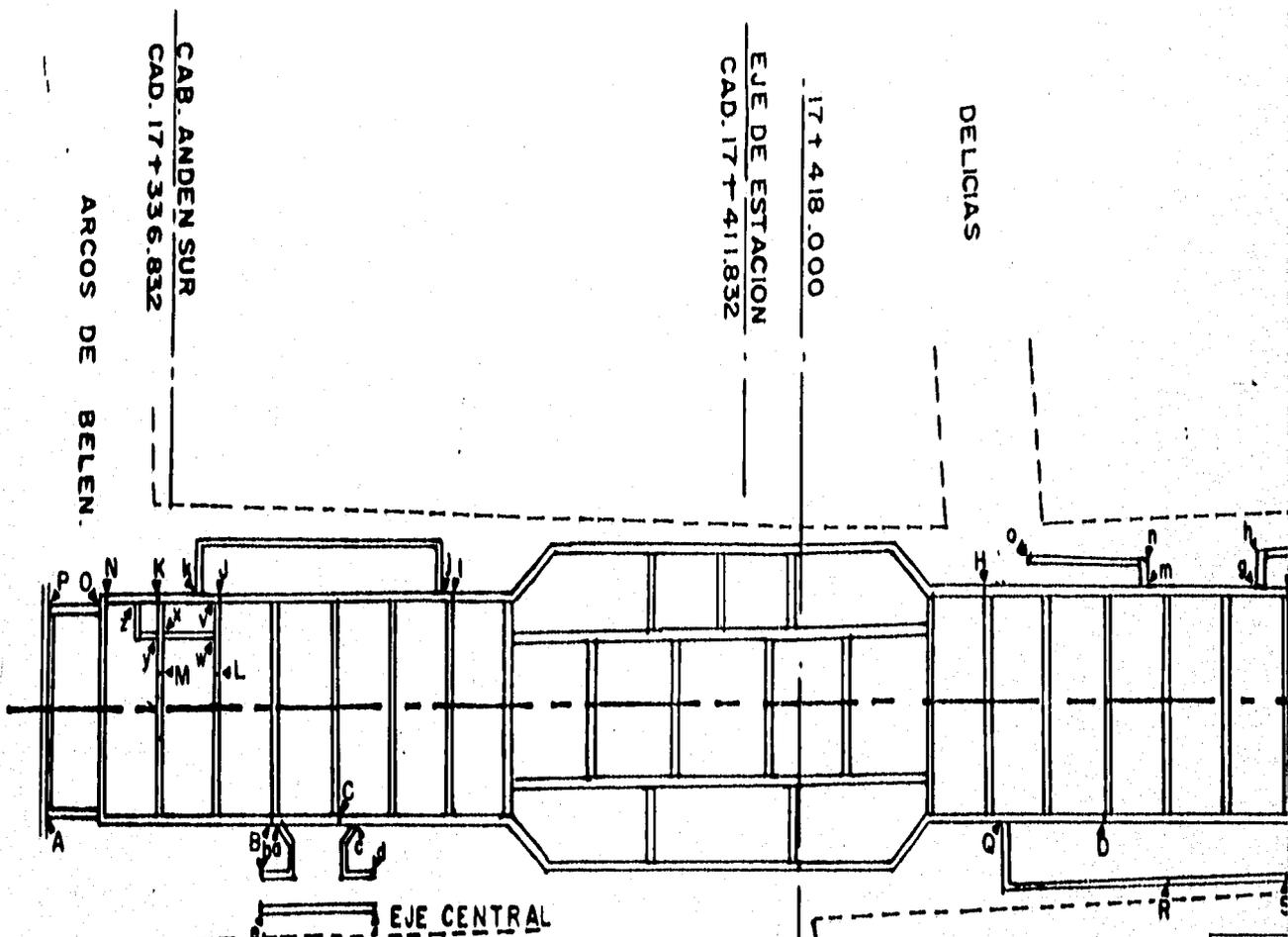
En la página siguiente se indican las distribuciones y características de las diferentes tablestacas implantadas para la construcción de la Estación Salto del Agua, perteneciente a la Línea 8 del Sistema de Transporte Colectivo Metro de la Ciudad de México.

5.2 ABATIMIENTO DEL NIVEL FREÁTICO

Para la construcción de la Estación Salto del Agua sabemos, como ya ha sido mencionado, que se asienta en la zona de Lago Centro, en los límites de la antigua Capital Azteca, hacia el poniente. En ello advertimos que el suelo es predominantemente de origen lacustre (arcillas y limos con elementos orgánicos), y que de hecho el nivel de aguas freáticas se encuentra muy próximo al nivel de terreno natural.

Como es sabido, ningún material granular fino puede ser transportado íntegro cuando se encuentra saturado de agua: en Ingeniería el movimiento de tierras (arcilla, limo, tobas, e inclusive arenas), sólo es posible en condiciones no saturadas. De lo anterior, reconocemos la necesidad de mantener estanca la zona, o celda, que ha de ser excavada, abatiendo el nivel de aguas freáticas, y así controlar las fuerzas de filtración y reducir las expansiones inmediatas del fondo de la excavación. Parte de los estudios preliminares (Capítulo 2), determinaron las condiciones hidráulicas de cada zona y con ello es determinado el procedimiento y características de los pozos de bombeo instalados.

El sistema de bombeo se ejecuta mediante pozos con bomba

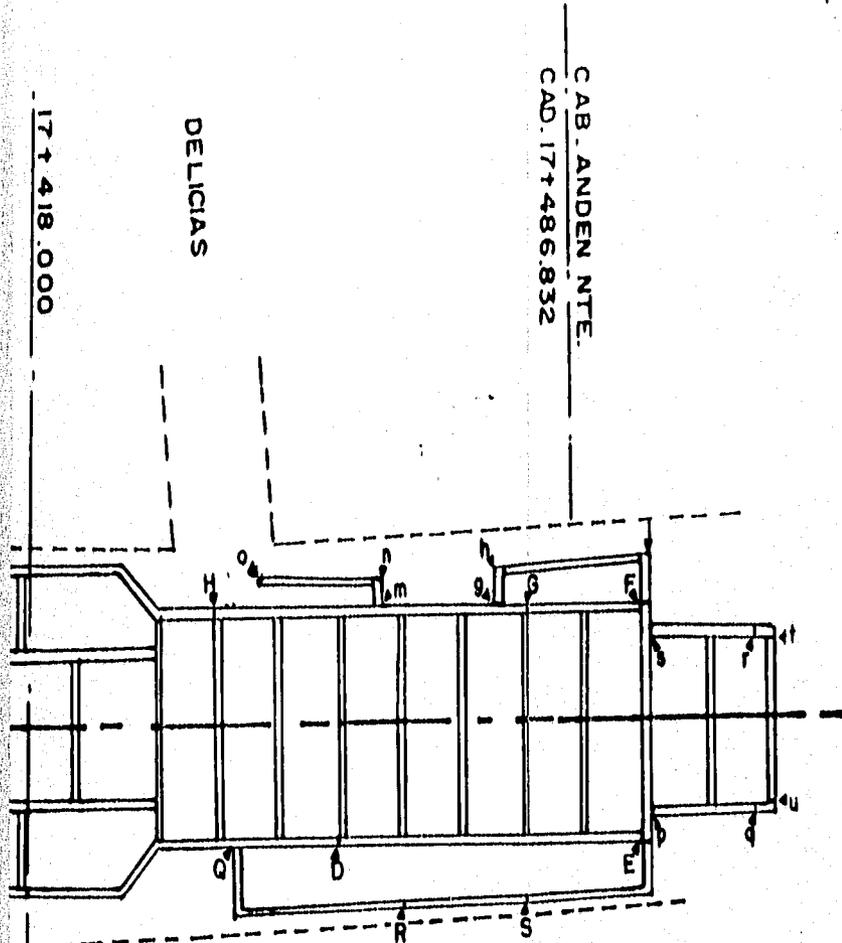
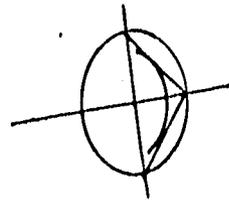


TRAMO	NIVEL DE DESPLANTE	ARMADO TIPO
y-z	6.15	T-I
K-N	9.55	T-I
O-P	9.55	T-I
P-A	9.55	T-III
k-j	19.50	T-II
Q-R	19.50	T-II
R-S	17.50	T-II
S-E	19.50	T-II

TRAMO
A-B
B-C
C-D
D-E
P-Q
t-u
r-s
E-F
F-G
G-H
m-n
n-o
H-I
I-J
v-l
J-K
w-x

ESTACION "SALTO DEL AGUA"
TABLESTACAS

TESIS PROFESIONAL
SAUL MARTINEZ CRUZ



TO DEL AGUA"
TACAS

AL

TRAMO	NIVEL DE DESPLANTE	ARMADO TIPO
A-B	9.55	T-I
B-C	9.55	T-IV
C-D	9.55	T-I
D-E	9.55	T-IV
p-q	9.55	T-I
t-u	9.55	T-III
r-s	9.55	T-I
E-F	9.55	T-III
F-g	19.50	T-II
F-G	9.55	T-IV
g-h	19.50	T-II
G-H	9.55	T-I
m-n	19.50	T-II
n-o	19.50	T-V
H-I	9.55	T-I
I-J	9.55	T-IV
v-L	6.15	T-III
J-K	6.15	T-I
w-x	6.15	T-I

eyectora los cuales para realizarlos se aplican los siguientes pasos:

- Perforación.
- Colocación del ademe.
- Colocación del filtro.
- Colocación de bombas eyectoras.

Perforación:

Los pozos son perforados con un diámetro de 30 cm, y para el proceso se utiliza exclusivamente agua a presión. En ningún caso es utilizado lodo para la perforación de los pozos. Las brocas generalmente utilizadas son las de aletas o la escalonada.

Las perforaciones deben estar siempre limpias y libres de azolve para contar así con las condiciones necesarias para la instalación del equipo de bombeo; en la limpieza se utilizan cucharas de percusión, ello para la extracción del azolve grueso, en seguida se lava la perforación con agua a presión. Ella se considera limpia hasta que el agua rote libre de partículas. Sin ninguna justificación, son instalados el ademe y el filtro dentro de perforaciones que no se hayan limpiado.

Colocación del ademe:

A la perforación, previo a la colocación del ademe, es necesario tenerla llena de agua hasta rebosar, y así evitar que las paredes se cierren. Por su parte el ademe de cada pozo debe adecuarse siempre al equipo utilizado para extraer el gaso determinado.

Los ademes son ranurados, así el agua por bombear incursiona libremente a su interior. Las ranuras son de 30 cm

de longitud y 3 mm de ancho (1/8"). El porcentaje de área de filtración del tubo nunca debe quedar por abajo de 3% ni exceder de 5% del área perimetral del tubo. Con el fin de evitar el paso de partículas al interior del ademe, se coloca una malla del número 8 alrededor del mismo ademe. La malla ASTM es sujeta firmemente, evitando así que se desprenda cuando se realizan las maniobras de instalación y además se cuida que cubra perfectamente las ranuras.

El ranurado es en toda su longitud excepto 1.0 m en su extremo superior y 0.50 m en su extremo inferior. Además cada ademe de Salto del Agua necesitó estar provisto de tres aletas formadas por varillas de 3/4" cuyo diámetro limitado debió ajustarse a las paredes de la perforación, dichas aletas quedaron ubicadas en puntos equidistantes a lo largo del ademe.

Colocación del filtro:

Entre las fronteras del pozo y las del ademe, es colocado un filtro de arena gruesa y grava fina limpias, su granulometría queda comprendida entre 1.0 cm para el tamaño máximo y 0.25 cm para el mínimo. En dicho intervalo, siempre deben existir todos los tamaños intermedios, verificándose ello por medio de cribado, y previo a su colocación, ser sometidos a lavado para eliminar materiales finos que puedan obstruir el filtro durante su funcionamiento.

Para inducir el flujo hidráulico en el pozo y lograr con ello un eficiente bombeo, una vez colocado el ademe y el filtro se agita el interior del ademe con una cuchara de percusión. Si lo anterior no es capaz de activar el flujo hidráulico, se arroja hielo seco al fondo del pozo, a lo cual el monóxido de carbono liberado destapa los espacios entre partículas que resultaron bloqueados.

Colocación de bombas eyectoras:

El equipo de bombeo quedó integrado por puntas eyectoras con características técnicas, físicas y de operación que lograban extraer de cada pozo un gasto igual a 10.5 l.p.m.; ello controlado mediante sistemas de aforamiento.

Para el control del abatimiento del nivel freático, la contratista mantenía registros cada 12 horas del gasto de extracción, y el nivel dinámico de cada pozo; con los datos anteriores eran elaboradas gráficas de tiempo vs nivel dinámico. Además, ya que la estación piezométrica no. 7 se encuentra cercana a la Estación, eran tomadas diariamente las lecturas del abatimiento del nivel freático, y de la manera anterior se contaba con información suficiente para la toma de decisiones. Antes del inicio del bombeo, todos los instrumentos a utilizar en el control, pasaban a revisión y aprobación para mayor confiabilidad.

Es condición necesaria, previa a la excavación de cualesquier celda, la existencia de un tiempo previo de bombeo de dos días, en cada pozo contenido en dicha celda. El citado bombeo quedaba suspendido en cada pozo después del colado de la losa de piso correspondiente, retirando su ademe durante el proceso de colado. Una vez suspendido el bombeo en cualesquier celda excavada, eran rellenados los pozos con un mortero cemento-arena en proporción 1:3 en peso del cemento, hasta 30 cm. por abajo del tope de colado de la losa de piso; la parte faltante era llenada con concreto provisto de aditivo estabilizador de volumen.

En momentos cuando se presentan filtraciones o escurrimientos pluviales, son controlados a través de la construcción de zanjas de 0.30X0.30 m rellenas de grava limpia,

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

localizadas en las orillas de la excavación y las cuales reconocen hacia cárcamos de bombeo, construidos en las esquinas opuestas de la etapa de excavación, de los cuales se extrae el agua mediante bombas autocebantes, lográndose así mantener el fondo de la excavación estanco.

5.3 CONSTRUCCIÓN

El proyecto del Tren Metropolitano de la Ciudad de México es muy extenso, implica la intervención de un innumerable conjunto de profesionistas de diversas áreas del conocimiento técnico y social. Gracias a ello se logran obtener los procedimientos y pasos más óptimos para la ejecución de ese proyecto tan importante como lo constituye el transporte colectivo de la urbe.

La magnitud de obra de la Estación Salto del Agua requiere la división de todos los trabajos, además de la adecuada secuencia con que se deben llevar a cabo. Para lo anterior, resulta muy conveniente dividir el conjunto de acciones que permita la identificación clara, a lo cual resulta lo siguiente:

- A. Consideraciones Previas.
- B. Celdas Alternadas (Iniciales Alternadas).
- C. Celdas Intermedias.
- D. Celdas Centrales.
- E. Zona de Rejillas de Ventilación.
- F. Accesos a la Estación.

A. Consideraciones Previas.

Como es lógico, para antes de iniciar la excavación debe verificarse que se hayan concluido todos los desvíos correspondientes de instalaciones municipales y privadas que interfieran; todo ello bajo lo estipulado en los proyectos para ellos elaborados. Los muros tablestaca correspondientes a iniciar a laborar, son observados para asegurarse de que ya han fraguado totalmente. Además, condición necesaria es el respetar la secuencia de estructuración como se indica más adelante para iniciar la excavación de cada una de las celdas. De ninguna manera es excavada alguna celda si no se ha abatido previamente el nivel freático, de la manera indicada en los planos y especificaciones correspondientes. Del mismo modo, no es iniciada la excavación si no se han colocado los tensores a la profundidad y ubicación indicada en los planos de apuntalamiento y cortes generales de la Estación.

Los tensores son colocados entre paredes verticales ademas con madera; el ancho de la excavación se realiza de 1.0 m, instalándose los tensores a 1.50 m de las juntas entre muros tablestaca; después de dicha labor la zanja es rellena con material producto de la excavación.

En cuanto es iniciada la excavación de cualquier celda, resulta poco beneficioso interrumpirla antes de alcanzar su máxima profundidad de proyecto, en caso de suceder, ya sea por cualesquier motivo, la profundidad en que es suspendida no es mayor de 8.0 m y son colocados todos los niveles de puntales correspondientes; para los casos de mayor profundidad se informa a los departamentos correspondientes para proceder a determinar los tipos de lastra y sus cantidades para inducir presión en el fondo de la excavación.

En la zona de rejilla de ventilación poniente, el muro del lado exterior, paralelo al eje de trazo resulta del tipo tablestaca estructural.

El hecho de excavar celdas completas implica que no existen taludes laterales ni longitudinales al eje de trazo del Metro, a excepción en los casos de los accesos a la Estación, en ellos se avanzaba la excavación con taludes de inclinación 1:1 (horizontal a vertical), circulando la maquinaria lateralmente, y como es lógico, fuera de la zona de excavación; cada una de las celdas integra en sí una etapa por excavar, la cual una vez concluida, se procedía a realizar la estructuración. Los puntales son colocados conforme la excavación descubre sus puntos de aplicación, alternándose así un desarrollo de excavación y apuntalamiento. Aquí es importante consultar los niveles, tipos y longitudes de los puntales en los planos y especificaciones correspondientes.

Para la estructuración de cualquier celda se requería como máximo cinco semanas, contadas a partir del momento que se hubo alcanzado la máxima profundidad de excavación. Para los accesos a la Estación y la zona de rejilla de ventilación, el tiempo máximo para la estructuración resultó: de 5 semanas para el acceso Nor-Oriente, 3 semanas para el acceso Sur-Poniente, y 1.5 semanas para la zona de rejilla (Etapas 35 y 36), todas contadas a partir del instante en que se concluía la excavación total. Así como en la excavación, durante la estructuración es importante indicar a los departamentos correspondientes si no se han cumplido los tiempos para en su momento colocar los que minimicen las reacciones negativas en la construcción.

B. Celdas Iniciales Alternadas. (1 a 4 y 9 a 13)

Estas celdas constituyen las cabeceras de la Estación; necesario es respetar que para iniciar la excavación de la etapa alternada subsecuente se encuentre colada la losa de piso de la etapa alternada inmediata anterior.

Para la construcción de la estructura de cada etapa, la excavación, colocación de tensores y puntales, se ha desarrollado como sigue:

Inicialmente son colocados los tensores como se ha indicado en la acción anterior. A partir del terreno natural, es iniciada la excavación, llegando ella 30 cm abajo del primer nivel de puntales en pata de gallo, es suspendida por unos instantes para la colocación de dichos elementos. Como es de suponerse, los tensores sustituyen al primer nivel de puntales tubulares paralelos al eje del Metro.

La posición de cada puntal está asentada en el plano de apuntalamiento, a 1.5 m de separación de la junta constructiva con respecto al eje del puntal, a menos que se indique lo contrario en el plano citado. Mientras no son colocados los puntales la excavación no es continuada. Tan pronto es colocado cada puntal, se sujeta de sus extremos por medio de cables de acero, los cuales son colgados de las varillas de los muros tablestaca. Es condición necesaria que los puntales se apoyen en concreto sano, en caso de que en los niveles de apuntalamiento el concreto esté contaminado, se procede a reconstruir y con ello se garantiza la continuidad estructural.

Cada nivel de puntales es instalado bajo una precarga que resulte ser como sigue: primero, segundo y tercero, 30

toneladas; cuarto y quinto, 60 toneladas.

Tan luego que ha sido colocado el primer nivel de puntales, es continuada la excavación hasta llegar 30 cm abajo del segundo nivel de puntales y así colocarlos a su elevación correspondiente. De la misma manera se continúa la excavación 30 cm más de la ubicación del tercer nivel de puntales para proseguir a su instalación. De acuerdo a lo dicho, es alternado el proceso de excavación y colocación de los niveles de puntales, cuarto y quinto.

Habiendo alojado todos los niveles de puntales, se prolonga la excavación hasta lograr la máxima profundidad de proyecto, inmediatamente después es colada una plantilla de concreto simple de 40 cm de espesor en toda el área de la etapa, a excepción de la celda 3, en ella se deja sin colar el área que corresponde al cárcamo de cabecera. Además, en el área sin colar era necesario colocar un lastre temporal para proporcionar al terreno una presión de 4.70 Ton/m². Previo a la excavación del cárcamo (Apartado 5.4) fue retirado el lastre.

El tiempo máximo aplicable a la excavación y colocación de los puntales finalmente no excedía a 9 días. El lapso entre la terminación del colado de la plantilla y el momento de alcanzar la máxima profundidad de proyecto no excedía a 6 horas. Lo siguiente, después de que la plantilla lograba su fraguado inicial, se comenzaba el armado y colado de la losa de piso a topó en toda el área de la celda, ello sin olvidar dejar las preparaciones indicadas en proyecto para la liga estructural con la losa de fondo de las etapas adyacentes y los muros estructurales. Particularmente en la celda 3, la losa de piso quedó ligada en armado y colado a los muros tablistaca "chaparros" que delimitan al cárcamo y su proceso constructivo

se indica en el apartado 5.4.

El intervalo de tiempo, contado a partir del momento de concluirse el colado de la plantilla y el de haber terminado el armado y colado de la losa de piso, se consideraba como máximo de 14 horas, veinticuatro horas después de colada la losa de piso, se retiraba el quinto nivel de puntales tubulares paralelos al eje de trazo y el quinto y cuarto niveles de puntales en "pata de gallo".

Seguidamente del retiro de los niveles de puntales ya citados, se procede al armado y colado del muro estructural. Setenta y dos horas después del colado del muro estructural era retirado el segundo nivel de puntales paralelos al eje de trazo, y sin demora se colocaban las tabletas prefabricadas que conforman la losa de entrepiso, luego de ello era colado su firme de concreto simple.

Un aspecto importante lo constituye el hecho de que en la celda 4, el tercer nivel de puntales interfería la construcción de la losa de entrepiso; a lo que en su momento se procedió a sustituirlos cambiando su nivel a 60 cm abajo de la posición inicial (ello 72 horas después de la construcción de los muros estructurales), y es en ese momento que eran retirados para continuar la estructuración. Esta labor se repitió en las celdas 11 y 12 en las cuales el primer nivel de puntales coincidía con la construcción de la losa de cubierta.

En acción paralela se construían los muretes y enseguida la losa de andén; también se colaba el lastre de concreto simple en el bajo andén. En las figuras siguientes se indican algunos lugares de los lastres de concreto simple.

En otro aspecto y a consecuencia de la instalación de escaleras electromecánicas, conformadas en una sola pieza, se dejaban sin construir muretes y losa de andén en el sitio preciso de ubicación de dichas escaleras.

Veinticuatro horas después de colado el firme de la losa de entrepiso se retiraba el tercer nivel de puntales paralelos al eje de trazo. A 72 horas del colado del firme eran colocados puntales cortos paralelos al eje de trazo apoyados contra la losa y contra el muro auxiliar. Habiendo realizado lo anterior, se retiraban el tercer y segundo nivel de puntales en "pata de gallo". Derivado de lo anterior, se proseguía con el colado del muro estructural y/o columnas en su caso, hasta el nivel indicado para el montaje de las tabletas prefabricadas de la losa de techo. Lo precedente, efectuado setenta y dos horas después del colado de los muros estructurales, a lo que le seguía el colado del firme de compresión.

El cuarto nivel de puntales paralelos al eje de trazo se retiraban veinticuatro horas después de colado el firme de compresión. Y cuarenta y ocho horas después eran colocados puntales cortos paralelos al eje de trazo apoyados contra la losa y contra el muro auxiliar.

Cuando es alcanzada la resistencia asentada en el proyecto estructural, del firme de compresión, se prosigue con la colocación del lastre hasta alcanzar la elevación correspondiente al primer nivel de puntales en "pata de gallo", momento en que es retirado. Hecho lo anterior, se finaliza la colocación del lastre hasta alcanzar el nivel de despiante proyectado y más tarde era restituido el pavimento conforme a lo descrito en las especificaciones correspondientes.

De la misma manera, alcanzada la resistencia de proyecto (estructural), del firme de compresión de la losa de entrepiso, era posible la colocación del lastre e instalación de ductos para la ventilación.

Como es señalado, en el proyecto estructural se dejaban las preparaciones en los muros para la ilga con la losa de fondo de los accesos y/o zona de rejilla de ventilación.

C. Celdas Intermedias. (16 y 19 a 26)

Bajo ninguna circunstancia se iniciaba la excavación de una celda intermedia si aún no se encontraban completamente estructuradas las celdas o etapas de excavación adyacentes.

La secuencia de excavación y apuntalamiento se alternaba hasta la colocación del quinto nivel de puntales, de manera semejante al apartado anterior. Sobresale el hecho de que en éstas celdas si existía primer nivel de puntales y que previo a su instalación, eran retirados los tensores auxiliares en la excavación de las celdas contiguas. Se procedía a terminar la excavación hasta la profundidad máxima de proyecto, para luego iniciar la estructuración así como el retiro de niveles de apuntalamiento, todo bajo el seguimiento descrito en el inciso inmediato anterior. Los tiempos máximos a emplear en los trabajos se apegaban a lo señalado en el inciso citado.

Para la demolición de los muros auxiliares, situación de suma importancia, se tenían las siguientes opciones:

Opción 1

La demolición se realizaba en dirección descendente y en forma alternada durante el proceso de excavación y

apuntalamiento de las celdas intermedias, más propiamente dicho, la demolición se iniciaba cuando la excavación de la celda alcanzaba 1.0 m arriba del nivel de vestíbulo, el cual es de 24.586; suspendiéndose la demolición temporalmente en ese nivel ya mencionado. El proceso de excavación y apuntalamiento no era detenido sino al topar con el nivel máximo de proyecto, comenzando de inmediato al colado de la plantilla y losa de piso según lo descrito en el apartado anterior. Por último, la demolición del muro auxiliar se continuaba hasta llegar al nivel de despiante de la losa de fondo. Este proceso se aplicaba si se tenía la certeza de ejecutarlo en su totalidad en un plazo no mayor de 9 días.

Opción 2

Para los casos en que no podía cumplirse con el tiempo de la opción anterior, los muros auxiliares eran sujetados a la estructura construida en las etapas anteriores; y en las etapas intermedias se realizaba excavación y apuntalamiento, demoliendo los muros auxiliares luego de la construcción de plantilla y losa de fondo.

Necesario era en este caso llegar la losa de fondo con la de las etapas adyacentes antes de comenzar con la demolición de los muros auxiliares. Esta tarea se realizaba haciendo "ventanas" en dichos muros al nivel de máxima excavación, con la geometría siguiente para cada tablero de muro:

-Altura: El espesor de la losa de fondo de la excavación más 20 cm adicionales.

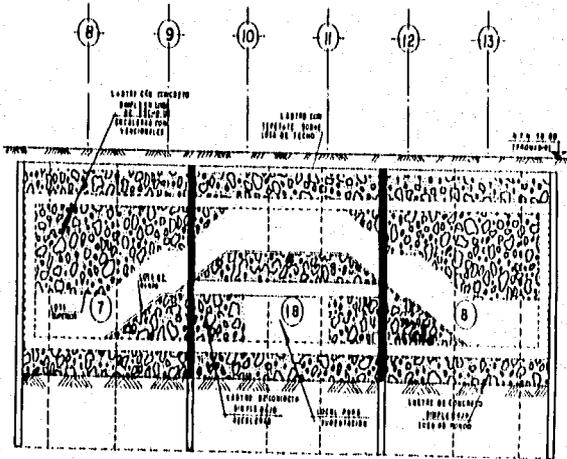
-Largo: Lo determinaba el espacio central resultante después de dejar en ambos extremos del tablero 1.70 m sin demoler. Para un tablero típico, cuya longitud era de 7.20 m la dimensión era de 3.80 m.

Ya terminada la demolición de los muros auxiliares hasta el nivel de desplante de la losa de fondo es iniciada la estructuración de las celdas bajo los criterios señalados en el inciso anterior, además de tomar en cuenta las observaciones siguientes:

- El colado de la plantilla abarcaba toda el área de la celda a excepción de la número 20, en la que no fue colado el espacio correspondiente al cárcamo de cabecera, proceso descrito posteriormente. Durante lo anterior, fue colado también un lastre temporal, generando así al terreno una presión equivalente a 4.70 T/m^2 .
- Ligado de la losa de fondo a las losas adyacentes.
- Veinticuatro horas después de colada la losa de fondo eran retirados el quinto y cuarto niveles de puntales.
- Junto con la construcción de los muros estructurales, eran ligados los muros de las celdas adyacentes.
- Cumplidas setenta y dos horas del colado del firme de compresión de la losa de entrepiso, normalmente eran retirados el tercero y segundo niveles de puntales, no sin antes de instalar los puntales cortos entre tal losa y los muros tablestaca auxiliares.
- En la celda 23 coincidían el primer nivel de puntales y la construcción de la losa de cubierta por lo que se efectuó un proceso como el ya descrito en el apartado inmediato anterior.
- Al faltante de estructuración, retiro del primer nivel de puntales y colocación del lastre se realizó según lo descrito en el apartado antes citado.

D. Celdas Centrales.

Antes de iniciar la construcción de los lados oriente y poniente de la zona central, la especificación recalca el hecho de que por ningún motivo debería de colocarse los lastres en losa de techo de escaleras convencionales y bajo las mismas. Tales lastres se fueron colocando en función del comportamiento de la Estación, y en los momentos que indicaba la proyectista. Únicamente se dejaban las preparaciones para efectuario, su localización se observa en la siguiente figura:

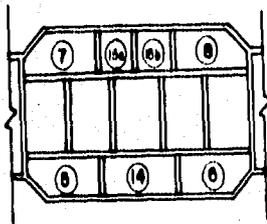


C O R T E A - B

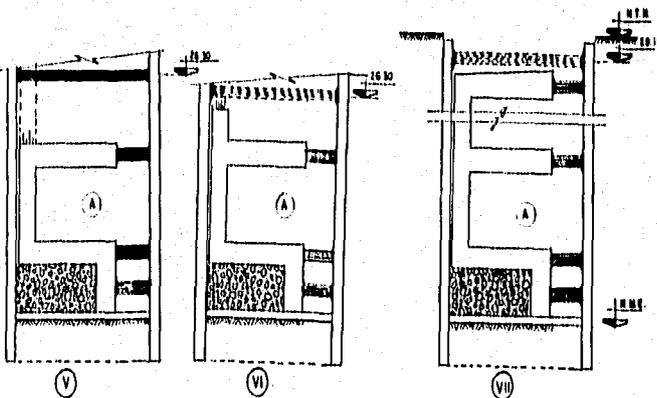
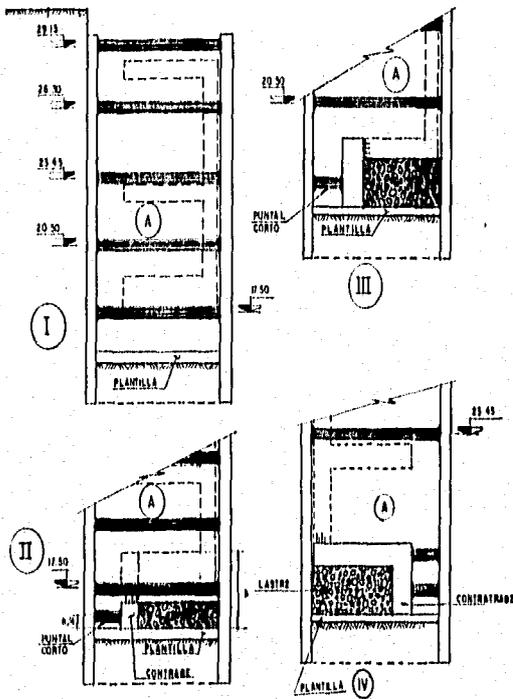
La excavación es comenzada a partir del terreno natural hasta 30 cm abajo del primer nivel de puntales e inmediatamente eran colocados. Se proseguía la excavación nuevamente, deteniéndola 30 cm abajo del segundo nivel de puntales, tan luego era alcanzado lo anterior, se colocaban dichos puntales. Así, era alternada la excavación y colocación de los niveles de apuntalamiento hasta el quinto y último; y para finalizar era excavada la celda hasta el nivel máximo de proyecto.

Como se vió anteriormente en las celdas alternadas, era necesario respetar los tiempos máximos señalados para el colado y construcción de los elementos estructurales, y análogamente también en la excavación y colocación de puntales. Instantes después de concluir la excavación a su nivel máximo, era colada la plantilla de concreto pobre de 40 cm de espesor. Tan luego dicho elemento presentaba su fraguado inicial se armaba y colaba la contratrabe.

Aquí, es importante señalar que en la especificación general, se desarrollaba a intervalos todo lo referente a la contratrabe y losa de fondo, lo que sufrió una modificación: inicialmente se debería haber colado la mitad del peralte de la contratrabe e inmediatamente después de que adquiriera su fraguado inicial se colaría esa porción del lastro, como lo indican las siguientes figuras.



**CELDA EN
ZONA
CENTRAL**



**CORTE TRANSVERSAL
CELDAS EN ZONA CENTRAL**

(A) PARA CELDAS 5, 6, 7, 8,
14, 15 y 15b

Setenta y dos horas después de colada la contratrabe o en el momento en que ella adquiría el 60% de su resistencia de proyecto, se colocaría un nivel de puntales tubulares "cortos" entre este elemento y el muro auxiliar. Luego sería retirado el quinto nivel de puntales, seguido por el colado del resto de la contratrabe, dejando las preparaciones en ella para más tarde ligarla con la losa de fondo restante. De la misma manera, se colaría el resto del lastre de proyecto en aquel espacio. Y una vez que el lastre presentara su fraguado inicial se colaría la losa de fondo restante; por último, setenta y dos horas después se colocaría un segundo nivel de puntales "cortos" entre la contratrabe y el muro tablestaca auxiliar.

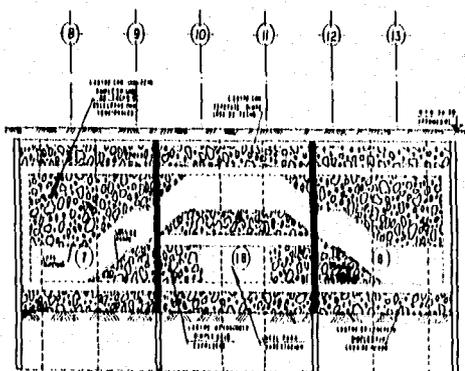
Lo anterior se modificó para resultar en que no era retirado el quinto y último nivel de puntales, lo que daba como resultado que dichos puntales terminaban "ahogados" en la respectiva contratrabe, la cual era colada en una sola pieza y dejando en ella la preparación para su liga con la losa de fondo. Además, como se describió en los párrafos anteriores, con la contratrabe en su fraguado inicial se colaba el lastre de concreto simple. Para cerrar este detalle, estando el lastre en condiciones favorables, se continuaba con el armado y colado de la losa de fondo. Veinticuatro horas después de dicho colado, normalmente era retirado el cuarto nivel de puntales, condición para iniciar la construcción de los muros estructurales y/o columnas de la manera siguiente:

4) Estructuración en las celdas 5 a 8.

En las celdas 5, 6, 7 y 8 eran construidos los muros estructurales hasta alcanzar 30 cm abajo del tercer nivel de puntales. Setenta y dos horas después de construidos los muros se cimbraba, armaba y colaba la losa de piso de las

escaleras, dicho colado se realizaba en sentido longitudinal y a tope con los muros auxiliares. Veinticuatro horas después se cimbraba, armaba y colaba la losa de techo de dichas escaleras.

En las zonas en que el tercer nivel de puntales interfería con la ejecución de la actividad anterior, se procedía a colocar un nivel adicional (sustitución), 60 cm abajo del tercer nivel de puntales, entre el muro estructural y el tablestaca auxiliar. Concluida la sustitución y setenta y dos horas después de colada la losa correspondiente, se colocaban puntales tubulares "cortos", transversales al eje de trazo, apoyando un extremo sobre las losas de piso y techo de las escaleras convencionales y el otro extremo contra los muros auxiliares.



Se retiraba el tercer nivel de puntales y de inmediato se construyeron muros estructurales hasta 30 cm abajo del segundo nivel de puntales para la posterior construcción de la losa restante de las escaleras convencionales. Aquéllas losas en sentido longitudinal se colaban a tope con los muros auxiliares ya que si ello no se cumplía, no podían ser

retirados los puntales en "pata de gallo" correspondientes.

Setenta y dos horas después de colado el muro estructural, se colocaba un nivel de puntales adicional (sustitución), 60 cm abajo del segundo nivel de puntales instalados, entre el muro estructural y la tablestaca auxiliar. Terminado lo anterior se colocaban los puntales "cortos" perpendiculares al eje de trazo, entre la losa de techo de las escaleras convencionales y los tablestaca auxiliares. Realizado lo precedente, era retirado el segundo nivel de puntales, después de ello se seguía la construcción de los muros estructurales hasta el nivel de proyecto de la Estación.

Setenta y dos horas después eran colocadas las tabletas que integraban la losa de cubierta de la Estación, colando poco después su firme de compresión. En este caso particular, en el momento que el firme observó el 60% de su resistencia, se colocaban puntales cortos entre esta losa y todos los muros tablestaca auxiliares que le rodeaban. Con todo ello terminado, se retiraba el primer nivel de puntales, para poder hacer la colocación del lastre sobre la losa de techo.

4) Estructuración de las celdas 17 y 18.

En estas celdas el proceso de excavación y apuntalamiento se siguió de la manera señalada en el inciso 4. Así mismo, el colado de la plantilla, construcción de la contratrabe, losa de fondo y retiro de quinto y cuarto niveles de puntales, fue similar a lo desarrollado en las etapas centrales anteriores. La construcción de muros estructurales hasta el nivel tope de la subestación, después el colado de

la losa de techo y firme de compresión; alternadamente, el ligado de las losas de piso y techo de las escaleras convencionales.

Como ya se ha mencionado, setenta y dos horas después o bien en el momento de que las losas alcanzaban el 60% de su resistencia, eran instalados puntales tubulares "cortos" entre ellas y los tablestaca auxiliares. Y con lo anterior, era retirado el tercer nivel de puntales. La estructuración faltante se llevó a cabo según ya ha sido descrito en el inciso anterior. Por último, la demolición de los muros tablestaca auxiliares colindantes con las celdas 5, 6, 7 y 8 se realizó, según cada caso, como en las opciones 1 ó 2 del apartado C de este capítulo.

iii) Celdas 14, 15 y 27.

A causa de las necesidades de estructuración, en particular de la obligatoriedad de apoyar traveses en columnas ubicadas en las celdas laterales (5 a 8, 17 y 18), la resolución constructiva de las celdas 14, 15 y 27, indicó que en el proceso se alternara excavación, apuntalamiento y demolición exclusiva de los muros tablestaca auxiliares paralelos al eje de trazo. Dicho proceso, alternado hasta la colocación del quinto nivel de puntales, fue semejante al descrito en el apartado A; para la demolición de los muros se observó el criterio de las opciones 1 ó 2 del apartado C.

Con el fin de garantizar el adecuado comportamiento estructural de las losas de entrepiso y de cubierta pertenecientes a las celdas 5 a 8 así como 17 y 18, en la excavación de las celdas 14, 15 y 27 además de la utilización de puntales para contener el empuje de tierras se llegó al uso

de dos puntales transversales al eje de trazo localizados tanto en la celda 14 como en la celda 15.

Dichos puntales fueron colocados en los sitios indicados en los planos correspondientes, en el momento en que la demolición de los muros auxiliares paralelos al eje de trazo encontró la losa de cubierta en un caso, y en el otro la losa de techo de las escaleras convencionales construidas en las etapas adyacentes. Ello implicaba que los puntales referidos eran apoyados contra dichas losas.

La construcción de la plantilla y la losa de fondo eran realizadas como se vió en el apartado B de óste subtema, efectuando la liga con las losas de las celdas contiguas. En consecuencia y según lo indicado en dicho apartado fueron construidos los muretes y losas de andén, losas de entrepiso y de cubierta cuidando lo siguiente:

Veinticuatro horas después del colado de la losa de fondo, debía retirarse el quinto nivel de puntales. Tan pronto era construida la losa de andén se instalaban y fijaban las columnas metálicas de nivel andén, justamente en la zona de localización de las escaleras electromecánicas.

Se continuo con el cimbrado, armado y colado de las trabes de nivel vestibulo y setenta y dos horas después, aún sin doselbrar las trabes, normalmente se iniciaba la colocación de tabletas de la losa de entrepiso. El doselbrado se realizaba en el momento en que las trabes alcanzaban su resistencia de proyecto.

Lo faltante de estructuración y retiro de puntales se realizaba según lo descrito en el apartado B. Los puntales

transversales al eje de trazo en las celdas 14 y 15, se retiraban momentos después de ligada la losa de entreplazo con la de las etapas adyacentes, y en su turno, al efectuar esta actividad con relación a la losa de cubierta.

En este momento, cabe señalar, que las celdas 17 y 18 cambiaron respectivamente su numeración por 14 y 15, ello con relación a su distribución inicial. Hecho detallado en el subtema 5.5 de este capítulo.

(v) Celdas 28 y 29.

El proceso de excavación y estructuración de las celdas 28 y 29 se efectuó como lo ya descrito en el inciso anterior (iii), la única diferencia es que no existió apuntalamiento en dichas celdas.

E. Zonas de Rejillas de Ventilación.

Éstas corresponden a las etapas 30, 31, 35 y 36 del proyecto original. Se inició la excavación en ellas sólo en el momento en que se concluyó la estructuración en las celdas de las cabeceras de la Estación. Toda esa zona quedó confinada por muros tablestaca de acompañamiento y se realizó la excavación en etapas, a cielo abierto y entro taludes de avance con inclinación 1:1 (horizontal a vertical); en ello la máquina de excavación circulaba lateralmente y por fuera del área de excavación.

Hasta la instalación de los tres niveles de apuntalamiento se alternaba excavación y apuntalamiento, para enseguida llegar al nivel máximo de excavación. El tiempo límite para ello no excedía 18 horas para cada etapa. Colocado el tercer nivel de

puntales, ocasionalmente se retiraba el segundo nivel.

Alcanzado el nivel de proyecto, se colaba la plantilla de 10 cm de espesor total en el fondo de la excavación. En la etapa en cuestión no excedía de 4 horas el tiempo de colado de la plantilla y el momento que alcanzó el nivel máximo de excavación.

Terminado lo anterior y a nivel de la losa de fondo de la rejilla de ventilación, de inmediato se abrieron huecos o "ventanas" en los muros tablestaca auxiliares colindantes con la estructura de las cabeceras de la Estación. Dichas ventanas resultaron de la demolición de la parte central de cada tablero en una distancia de $l/2$, siendo "l" la longitud del tablero; resultando así, que cada muro auxiliar quedaba soportado por "columnas" de concreto con dimensión $l/4$, contadas a partir de la junta de cada tablero. La dimensión vertical de la ventana equivalía al espesor de la losa más 20 cm adicionales.

Conforme se tenía espacio se iba habilitando el acero de refuerzo de la losa de fondo, ligando lo con los muros estructurales de las cabeceras de la Estación, a través de las ventanas mencionadas.

Terminando de armar se colaba la losa de fondo incluyendo el armado instalado a través de la ventana y veinticuatro horas después, normalmente se retiraba el tercer nivel de puntales.

Aquí, como en todas las losas de fondo, se dejaban las preparaciones para efectuar la liga con los muros estructurales. El tiempo máximo aplicable para el armado y colado de la losa de piso era de 24 horas, iniciadas instantes después de que la plantilla hubo alcanzado su fraguado inicial.

La construcción de los muros estructurales continuaba hasta el nivel de proyecto. Existían lugares en los que el primer nivel de puntales interfería la construcción del muro estructural, en estos lugares eran dejadas cajas de sección cuadrada sin colar, mismas que se rellenaban con concreto provisto de un aditivo estabilizador de volumen después de retirado el puntal.

A partir de aquí, se comenzaba la demolición del muro de acompañamiento de la parte central de la Estación, además no se demolía el área (50X50 cm) de el punto de apoyo de los niveles de apuntalamiento no retirados. Dichas secciones sin demoler se sujetaban de su armado y por medio de estobos en la parte superior de la estructura perteneciente a la cabecera de la Estación.

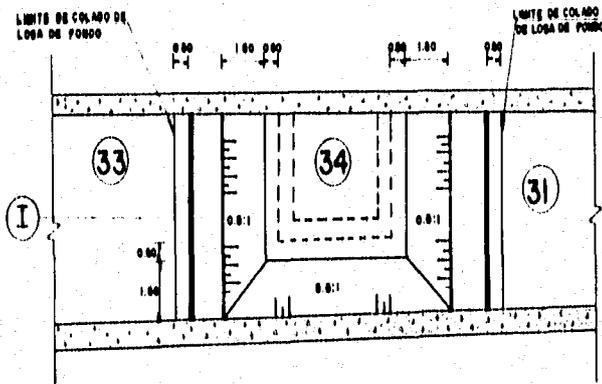
Setenta y dos horas después del colado de los muros se armaban, cimbraban y colaban las trabes diafragma, y alcanzado en ellas el 60% de su resistencia de proyecto se retiraba el primer nivel de puntales y eran colocadas las rejillas metálicas. El descimbrado se realizaba hasta que estos elementos presentaban su resistencia solicitada.

F. Accesos a la Estación.

Los accesos caen dentro de las etapas 32, 33, 34, 37 y 38 del proyecto original. La construcción era ejecutada como lo descrito en el apartado E (anterior), además de las siguientes consideraciones:

- Los accesos de la Estación comprenden una área a nivel de vestíbulo, dos rampas de escaleras (superior e inferior) y una zona de descanso entre ambas rampas.

- Toda el área de accesos tenía 3 niveles de puntales, excepto la zona de descanso de escaleras que tenía dos niveles.
- La excavación se realizó de tal manera que el fondo de cada etapa presentaba las pendientes indicadas para la zona de escaleras.
- En toda el área de la etapa correspondiente, se colaba una plantilla de concreto simple de 10 cm de espesor. Excluyendo la etapa 34, zona de ubicación del cárcamo de bombeo de aguas negras, y 4.0 m adicionales medidos a partir del paño exterior del muro estructural del cárcamo. Indicado así en la siguiente figura:



CÁRCAMO DE AGUAS NEGRAS

ESTACION "ALTO DEL AGUA" LÍNEA 0
 TESIS PROFESIONAL
 SAUL MARTÍNEZ CUE

- La losa era colada en toda el área del nivel de vestíbulo, únicamente hasta el pie de las rampas de escaleras. En las partes de las rampas la losa de fondo se colaba parcialmente, es decir, sólo el área que ocupaba la rampa inferior y la zona de descanso, hecho lo anterior después de construirlo el cárcamo de aguas negras.

- El segundo nivel de puntales, localizado nada más en la zona de descanso, fue retirado veinticuatro horas después de colada la losa de fondo respectiva.
- En el área de vestíbulo y rampa de escaleras, el segundo nivel de puntales se retiraba tan luego se colocaba el tercer nivel de puntales.
- La manera descrita en el apartado E para la construcción de muros estructurales fue aplicada en esta zona, incluyendo las cajas dejadas en los sitios del primer nivel de puntales que interferían en la construcción del muro.
- Transcurridas setenta y dos horas de terminados los muros se construía la losa de piso y más tarde la de techo, correspondientes a las rampas de escaleras inferior y superior, así como el nivel de descanso respectivamente.
- Veinticuatro horas luego del colado de la losa de techo, ocasionalmente era retirado el primer nivel de puntales.
- Tan pronto la losa de techo de la rampa inferior de escaleras presentaba la resistencia de proyecto se efectuaba el relleno con topote, hasta el nivel de despiante de la banqueta. Terminado lo anterior eran restituidas las guarniciones y banquetas.

Para finalizar, es importante señalar las actividades en que no podía pasar por alto su observación en su cumplimiento dada la relevante función que desempeñan en el comportamiento general de la Estación a corto y largo plazo:

1. Colocación del lastre bajo escaleras electromecánicas luego de su instalación.
2. Verificación y medición de la precarga en puntales y el envío de dichos registros a las autoridades responsables.
3. De la misma manera, envío de los registros de la instrumentación despiantada a los evaluadores y proyectistas.

4. Observación del cumplimiento de que para iniciar la excavación de la celda alternada subsecuente se encuentre concluido el colado de la losa de piso de la celda alternada inmediata anterior. Igualmente para iniciar la excavación de cualquier celda intermedia, necesario era que las adyacentes se encontrasen estructuradas en su totalidad.
5. Análogamente, para el inicio de excavación de la etapa intermedia subsecuente, tener concluido el colado de la losa de piso de la etapa inmediata anterior.
6. Cuidado con los detalles de apuntalamiento.
7. Aseguramiento de la dimensión de los elementos estructurales.
8. Cuidado de no provocar ninguna sobrecarga debida a la rozaga o materiales en las zonas aledañas a los muros tablestaca.
9. De la demolición de los muros tablestaca auxiliares, verificación del concreto y aditivos empleados en las ligas entre los distintos elementos estructurales.
10. Observación de que se hayan dejado zanjas sin colado de lastre sobre la losa de cubierta en sitios previstos para el alojamiento de instalaciones municipales.

5.4 CÁRCAMOS DE HOMBRE.

Existen dos cárcamos en la Estación: uno que es el cárcamo de cabecera y señalado como las etapas 3a y 20a, excavado sin taludes; y otro que es el cárcamo de aguas negras en la etapa 34 con talud de avance.

Para el caso del cárcamo de cabecera, fue construido a cielo abierto entre muros tablestaca perimetrales, auxiliares y "chaparros". Al iniciarse la excavación ya se contaba con la liga de la losa de fondo de las etapas 3 y 20 con los muros "chaparros" delimitantes del cárcamo.

Setenta y dos horas después del colado de la última losa, fue colocado, soldado y acunado un primer nivel de marcos metálicos horizontales, instalados a la mitad del espesor de la citada losa. Terminada esa labor, se inició la excavación del cárcamo de cabecera, deteniéndola al descubrir el nivel topo de colado de la losa de fondo del cárcamo, para así colocar un segundo nivel de marcos metálicos 30 cm arriba de dicho nivel. Logrado lo anterior, se proseguía con la excavación hasta alcanzar el nivel máximo de proyecto.

Logrado ese punto, era colada una plantilla de concreto simple de 40 cm de espesor con aditivo acelerante de fraguado. El tiempo entre lograda la máxima excavación y la terminación del colado de la misma no debería ser superior a una hora.

Transcurridas dos horas del colado de la plantilla era armada y colada la losa del cárcamo según el proyecto. Además se dejaba en el armado las preparaciones para la liga estructural con los muros. Para ello se contaba únicamente con 3 horas, contadas después de concluido el colado de la plantilla.

Después de haber pasado veinticuatro horas del colado de la losa de fondo, fue iniciada la construcción de los muros del cárcamo hasta su liga con la losa de fondo del nivel subrasante. Igualmente eran dejadas las preparaciones necesarias para la liga con los muros estructurales del cajón de Metro.

Por solicitud estructural, los dos niveles de marcos metálicos quedaron ahogados durante el colado de los muros del cárcamo.

De la construcción de los muros del cárcamo, a setenta y dos horas se construyó la losa de tapa del cárcamo (losa de fondo del cajón de Metro restante) y veinticuatro horas más tarde pudo retirarse el quinto nivel de puntales paralelos al eje del Metro, y de la misma manera el quinto y cuarto niveles en "pata de gallo"; dichos elementos pertenecientes a las etapas 3 y 20.

Complementariamente, la estructuración, retiro de puntales, demolición de muros auxiliares y liga de elementos estructurales, se realizó conforme a lo descrito en los apartados B y C del tema 5.3.

En lo concerniente al cárcamo de aguas negras (etapa 34), cuya excavación realizada a cielo abierto, limitada longitudinalmente por taludes con inclinación 0.5:1 (horizontal a vertical); fue iniciada sólo hasta el momento en que la excavación de la etapa y el colado tanto de plantilla como de losa, se tenía hasta una distancia de 4.0 m del paño exterior del muro estructural, tal como quedó indicado en el apartado F del tema 5.3.

Para la colocación del cuarto nivel de puntales en el cárcamo, fue suspendida la excavación 30 cm abajo del sitio indicado para su implantación. Se proseguía la excavación hasta lograr el nivel de proyecto del cárcamo, seguidamente era colada la plantilla de concreto simple de 10 cm de espesor.

Tras haber adquirido su fraguado inicial la plantilla, se inició la construcción de la losa de fondo del cárcamo, no olvidándose de la preparación indispensable para la liga posterior con los muros estructurales. Ellos se iniciaban a construir veinticuatro horas después del colado de la losa

antes citada. Aquí también se dejaban cajas de sección cuadrada sin colar en los sitios en que el cuarto nivel de puntales interfería su construcción. A lo cual, dichos huecos eran rellenados con concreto provisto de aditivo estabilizador de volumen, luego del retiro del puntal.

Setenta y dos horas después de la labor anterior, se colocó el material de relleno compactado en el espacio resultante entre el talud de la excavación y el muro del cárcamo hasta alcanzar el nivel de despiante de la plantilla de las etapas 31 y 33, continuando enseguida a su colado.

Ya que la plantilla adquirió su fraguado inicial, se emprendió la construcción de la losa de fondo restante, colindante al cárcamo, ligándola al mismo. Después de veinticuatro horas se retiraron el cuarto y tercer niveles de puntales; y con ello, iniciada la construcción de la losa tapa del cárcamo. Dicha estructuración y retiro de puntales se realizó bajo lo descrito en el apartado F del tema 5.3.

5.5 MODIFICACIONES

Derivado de un continuo proceso de evaluación y reafirmación por medio de distintos profesionales en el área, todo proyecto sufre y requiere de modificaciones y/o adecuaciones, que lieven a que dicha idea sea origida con los más óptimos resultados, mismos que sean reflejados tanto en el corto plazo (construcción), como en el largo plazo (funcionalidad).

Dada la magnitud que representa la Obra Metro; no puede, en ningún momento, quedar exenta de posibles modificaciones en el transcurso de las acciones para la implementación de las

estructuras, que a su conjunto configuran un eslabón más del complejo sistema de transporte colectivo. Como ejemplo de lo anterior, para la Estación Salto del Agua de la Línea 8, se enumeran unas de las modificaciones más sobresalientes en los siguientes párrafos.

Dentro del marco de inicio de la excavación de la Estación se contempló que para las celdas 1, 2, 9 y 10, atacadas opuesta y simultáneamente, el tiempo máximo para su excavación y colocación de puntales no debería exceder a 4 días; sin embargo, sólo se logró la culminación de dicha labor para la celda no. 1 en nueve días, a lo que se observó que pudo extenderse al tiempo mencionado, el proceso para las subsecuentes etapas de excavación.

En lo que respecta a la celda 3, la proyectista informó que durante la construcción de los muros tablastaca, y como en dicha celda se construyeron muros "chaparros", el relleno de la zanja entre el nivel de remate del muro y el nivel de terreno natural, sería hecho con una mezcla a base de grava-arena-cal en proporción 4:2:1, en peso de la grava, cuyo peso considerado era de 1.8 T/m^3 . Cabe aclarar en este punto, que fue necesario respetar los tiempos establecidos para la ejecución de los trabajos, por lo que el cárcamo de cabecera, ubicado en ésta celda, requirió ser construido tan pronto se descubrió su localización y posterior al colado de la losa de fondo adyacente a él.

Otro punto representativo lo constituyó la excavación de las celdas 5, 6, 7 y 8, en las cuales se indicó que los niveles de apuntalamiento quedaban de la siguiente manera: 1^{er} nivel: 29.15 m, 2^o nivel: 26.30 m, 3^{er} nivel: 23.45 m, 4^o nivel: 20.50 m, 5^o nivel: 17.50 m. Simultáneamente se indicó que

particularmente la celda 5 tendría los siguientes: 1^{er} nivel: 27.70 m, 2^o nivel: 24.70 m, 3^{er} nivel: 21.50 m, 4^o nivel: 19.50 m y 5^o nivel: 17.50 m.

Luego de lo anterior, se requirió el cambio de numeración de las celdas 17 y 18 por 14 y 15 respectivamente, ello con el fin de garantizar un adecuado control de los movimientos de los edificios aledaños a dichas etapas. Lo anterior sólo se consideraba posible, siempre y cuando se encontraban completamente estructuradas las etapas 5, 6, 7 y 8, y así garantizar el óptimo comportamiento durante la labor.

Además de obtener seguridad, y con el fin de llegar a buen término la construcción de las celdas 5, 6, 7 y 8, una de las modificaciones más importantes la constituyó el hecho de haber colado la contratrabe, de las celdas citadas, en su totalidad dejando con ello "ahogado" el quinto nivel de puntales, permitiéndose así un ahorro en tiempo; reflejándose esto, en una labor positiva para el comportamiento en el corto plazo de la obra.

Las eventualidades en obra siempre están presentes, en el caso de la Obra Metro, un problema serio es la filtración de aguas del nivel freático hacia el interior de la excavación. Para lograr controlarlas, se implementan varios procesos, dentro de los cuales encontramos el de realizar una perforación fuera de la zona de excavación y en dirección del área que presente el problema para en seguida efectuar una inyección de concreto simple o lechada de cemento con aditivo fraguante en condiciones de humedad excesiva.

La etapa 13 en la cual se localiza un tramo de Estación y otro de interestación, también sufrió modificación, ya que ahí

se localiza un muro intermedio que divide y soporta a la misma estructura, definiendo así los espacios para el paso del convoy. Además de lo anterior, en ésta celda se ubica la junta constructiva, proceso que requería cuidado en su elaboración.

Un proceso particular, lo conformó la celda 4, ella se ubicó en la zona en que el paño exterior del muro estructural de la Línea 1 servía de apoyo al muro estructural (tablestaca) de dicha celda. Aquí fue retirado el primer nivel de puntales. Además, en el proceso no debió asentarse la maquinaria en el lado sur de la celda ya que ahí se localiza el cajón en servicio de la Línea 1.

Aparte del cambio de numeración de la celda no. 10 por no. 15, se realizó otra modificación, resultando en la construcción de un muro adicional creando así las celdas 15a y 15b considerando lo siguiente: el muro adicional fue un sólo tablero ubicado al centro de la celda, cinco días después de colado el muro podía iniciarse la excavación de la subcelda 15a; el colado de la losa de fondo se realizó a topo con los muros auxiliares perpendiculares al eje de trazo. En estas etapas también fue posible dejar ahogado el quinto nivel de puntales durante la construcción de la contratrabe. La excavación de la subcelda 15b sólo pudo iniciarse en el momento en que se concluyó el colado de la losa de fondo de la subcelda 15a; durante esa excavación y en los momentos que se alcanzaban los puntos de aplicación de los puntales en "pata de gallo" de la subcelda 15a, ellos se sustituían por puntales perpendiculares al eje de trazo del Metro.

Por último, se menciona que una modificación significativa resultó ser el cambio del tipo de lastre que para el relleno de la losa de techo de la Estación Salto del Agua fue aplicado.

Inicialmente se tenía contemplado el uso de tepalate compactado; pero más tarde se optó por la aplicación de concreto "ligero", cuyo peso volumétrico fluctuaba entre 1.5 y 1.6 T/m³, garantizando así un adecuado comportamiento tanto a corto como a largo plazos.

Dentro de las modificaciones encontramos un sinnúmero de ellas, pero son consideradas de gran relevancia las aquí expuestas, esperando que se pueda dar una idea de la magnitud y cantidad de problemas a que se enfrenta la ingeniería en las grandes obras para el beneficio de toda una metrópoli.

5.6 ACCESO SUR-ORIENTE.

Para la construcción del Acceso Sur-Oriente se contempló el hecho de que sólo era posible iniciar dicho proceso siempre y cuando el cuerpo principal de la Estación, adyacente al acceso, se encontrara estructurado en su totalidad.

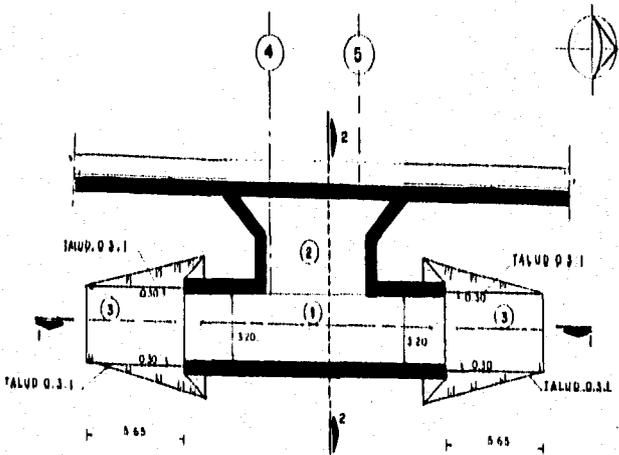
La excavación se realizó en dos fases: la primera a cielo abierto y delimitada por muros tablastaca de acompañamiento y la segunda entre taludes.

A. Primera fase.

La excavación y construcción en la primera fase se realizó a cielo abierto y por etapas, limitadas por muros tablastaca de concreto, armados y colados en sitio, y por taludes en los frentes de avance de la excavación con inclinación de 1:1 (horizontal a vertical).

La construcción de los brocales y muros así como el control de las filtraciones durante el proceso se realizó como

lo descrito anteriormente para la Estación. La particularidad del acceso recae en la existencia de distintos niveles de excavación, ellos por poseer descansos y rampas de escaleras.



ESTACION SALTO DEL AGUA
ETAPAS DE EXCAVACION
ACCESO SUR ORIENTE

NOTA
 LAS ETAPAS 1 Y 2
 CORRESPONDEN A LA
 FASE 1 Y LA 3 A
 LA SEGUNDA FASE

La excavación se efectuó normalmente; es decir, avance hasta 30 cm abajo del nivel de puntales, suspensión momentánea y colocación de los troqueles. Así hasta colocar todos los niveles de apuntalamiento y concluir hasta el nivel máximo de excavación. Todos los puntales fueron instalados con una precarga de 30 Ton. En este sitio, se cuidó que la forma de la excavación presentara pendientes paralelas a las rampas de las escaleras correspondientes.

Luego de concluir la excavación se procedía a colar la plantilla de concreto simple de 10 cm de espesor y con aditivo acelerante de fraguado. En la etapa 2, al llegar a 4.0 m de excavación se inició la demolición del muro tablestaca auxiliar frontera con el cuerpo principal de la Estación. El tiempo máximo permisible entre el alcance de la máxima profundidad de proyecto y la terminación del colado de la plantilla era de 5 horas. Instantes después de que la plantilla presentaba su fraguado inicial se comenzaba el armado y colado de la losa de piso, dejando en ella las preparaciones para permitir la liga estructural con la losa de fondo de la etapa subsecuente, con la losa de entrepiso de la Estación y con los muros estructurales correspondientes. El colado de la losa de piso y rampa de escaleras no excedió a 8 horas.

Veinticuatro horas luego de colada la losa de piso sería retirado el último nivel de puntales correspondiente a iniciado el armado, cimbrado y colado de los muros estructurales de la sección hasta el nivel de losa de techo, dejando las preparaciones indicadas para efectuar la liga estructural con dicha losa. En las zonas con segundo nivel de puntales se dejaron cajas sin colar, las cuales luego del retirado del puntal eran rellenas con concreto provisto de aditivo estabilizador de volumen.

Finalmente, la losa de techo se construyó luego de que los muros alcanzaron el 75% de su resistencia de proyecto. Y a su vez, momentos más tarde en que la losa de techo hubo alcanzado su resistencia de proyecto, se colocó el material de relleno hasta su nivel de proyecto.

B. Segunda fase.

En esta fase, la excavación se realizó a cielo abierto y limitada por taludes desde el terreno natural hasta lograr el nivel máximo de proyecto, dichos taludes fueron de 0.3:1 (horizontal a vertical). De manera similar a la fase anterior, aquí se contó con diferentes niveles de excavación, producto de la existencia de descansos y rampas de escaleras, lo cual debió reflejarse en pendientes paralelas a esas zonas.

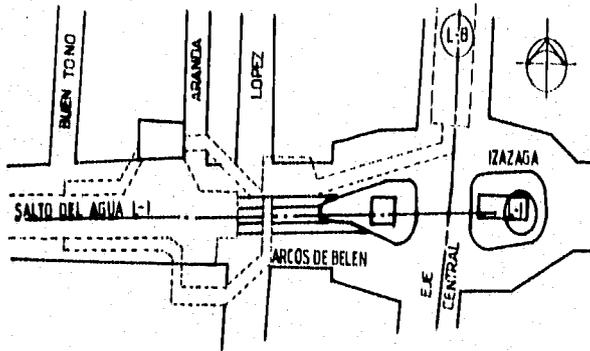
Sucedía igual: alcanzada la máxima excavación se colaba la plantilla de concreto simple de 10 cm de espesor y con aditivo acelerante de fraguado. Lapsó máximo de 5 horas entre alcanzada la profundidad máxima y la conclusión del colado de la plantilla. Observado el fraguado inicial de la plantilla, se inició el armado y colado de la losa de piso y la rampa de escaleras, ligandolas con la losa de piso de la etapa anterior y dejando las preparaciones para la liga con los muretes de contención. El citado colado no excedía a 8 horas.

Transcurridas veinticuatro horas luego del colado de la losa piso, era iniciado el armado, cimbrado y colado de los muros de contención hasta el nivel de remate, obviamente superior al nivel de proyecto de banqueta y/o vialidad.

Alcanzada la resistencia de proyecto de los muros de contención, se procedía a efectuar el relleno en el espacio comprendido entre los muros y el talud de la excavación con material areno-limoso tipo tepetate (en las zonas de banqueta).

5.7 PASARELA DE CORRESPONDENCIA.

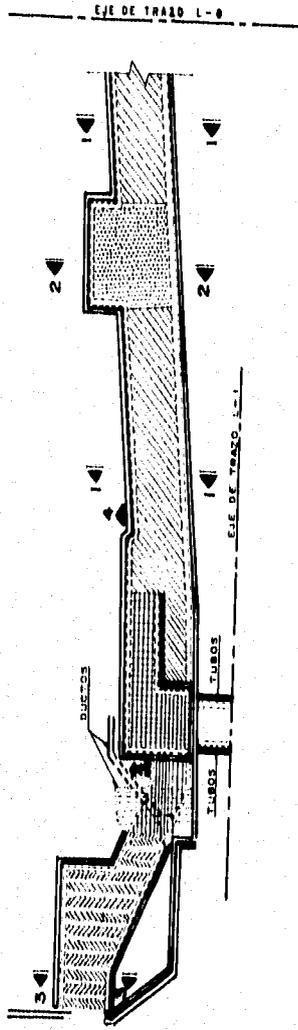
Estructura importante construida y perteneciente a la Estación Salto del Agua de la Línea 8 del Metro; se ubica en el cruce de la calle de Arcos de Belén y el Eje Central Lázaro Cárdenas (figura siguiente).



Por la particularidad de la excavación, apuntalamiento y construcción, la pasarela quedó dividida en zonas, ilustradas en las dos figuras de las páginas siguientes; en ellas se aplicaron procesos constructivos distintos, además de haber sido ejecutados en etapas.

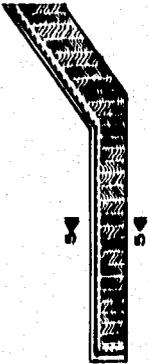
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO I

La excavación y construcción de la pasarela de correspondencia en esta zona se realizó a cielo abierto entre muros tablestaca y muros tablestaca estructurales pertenecientes al cajón del Metro de Línea 1, se dió inicio a

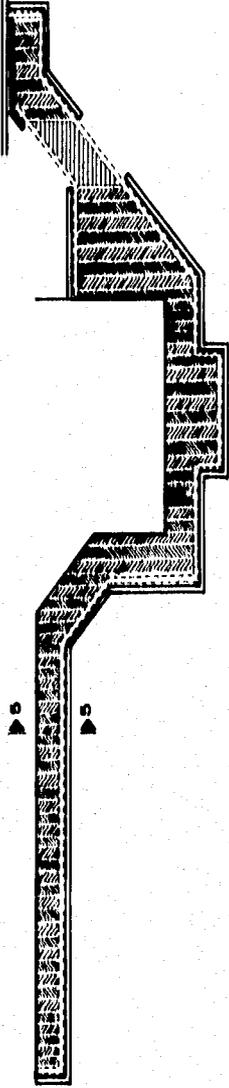


PLANTA DE LOCALIZACION
PROCESOS CONSTRUCTIVOS
TESIS PROFESIONAL
SAUL MARTINEZ CRUZ

-  PROCEDIMIENTO CONS. I
-  PROCEDIMIENTO CONS. II
-  PROCEDIMIENTO CONS. III
-  PROCEDIMIENTO CONS. IV
-  PROCEDIMIENTO CONS. V



EJE DE TRAZO 1-1



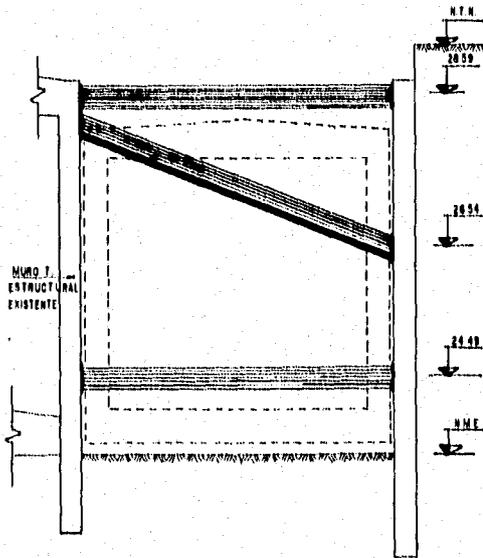
■ PROCESO CONSTRUCTIVO III
■ PROCESO CONSTRUCTIVO V

PLANTA DE LOCALIZACION
TRASANDEN

TESIS PROFESIONAL
SAUL MARTINEZ CRUZ

partir del nivel de pavimento y con talud de inclinación 1:1. Las etapas de excavación fueron de 6.0 m de longitud con pequeños ajustes en algunas zonas.

De manera similar a lo anteriormente dicho, iniciada la excavación se suspendía 30 cm abajo del primer nivel de puntales, el cual se apoyó sobre el muro estructural a la altura de la losa de techo del cajón de Línea 1,



CORTE 1-1 Y 5-5

NOTA PARA EL CORTE 5-5
 LOS NIVELES DE PUN-
 TALES SON:
 1. 28.70
 2. 27.50
 3. 25.40

Los puntales quedaban separados 3.0 m entre sí, de manera simétrica en las juntas de los muros tablestaca. Terminada la labor anterior, se continuaba la excavación hasta 30 cm abajo del segundo nivel de puntales, procediendo a su colocación como se ve en la figura anterior.

Luego era continuada la excavación hasta 30 cm abajo del tercer nivel de puntales para su instalación, por último se excava hasta el nivel máximo de proyecto. Terminado lo anterior era colada la plantilla de 10 cm de espesor, conformada por un concreto simple con aditivo acelerante de fraguado. Acto seguido se habilitaba y colaba la losa de piso, dejando las preparaciones para la liga posterior con el armado de la losa adyacente y los muros estructurales.

De acuerdo a los lineamientos, luego de una jornada de la construcción de la losa se retiraba el tercer nivel de puntales, para con ello iniciar la construcción de los muros estructurales. La colocación de las tabletas, armado y colado del firme de compresión de la losa de techo, era tres días luego de colados los muros estructurales. El retirado del primer nivel de puntales se hacía una jornada después del colado del firme de compresión; el relleno de los huecos de las interferencias de dicho puntal se hacía con concreto provisto de aditivo estabilizador de volumen.

En las etapas siguientes, la excavación se iniciaba normalmente después de concluido el colado de la losa de piso de la etapa inmediata anterior.

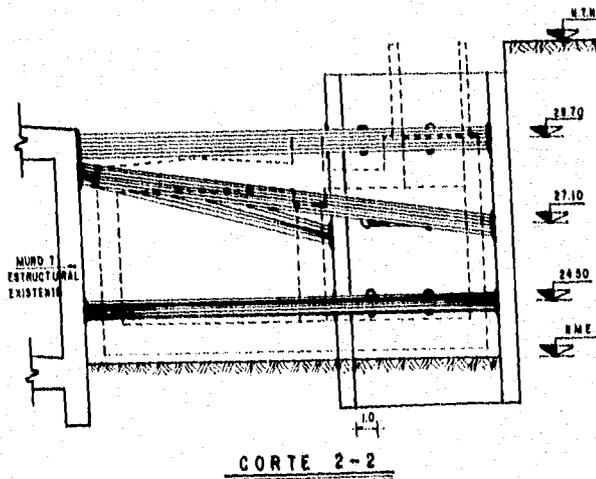
Alcanzada la resistencia de proyecto del firme de compresión y luego de su impermeabilización, se iniciaba el relleno hasta el nivel de subrasante, para posteriormente

restituir el pavimento.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO II

Esta zona pertenece a la galería de ventilación, su forma de ataque fue la misma que en el procedimiento constructivo I; además de lo mencionado a continuación:

-La excavación se iniciaba a partir del pavimento y se suspendía al encontrarse ella 0.30 m por abajo de la elevación de cada uno de los niveles de puntales. Ver figura siguiente.



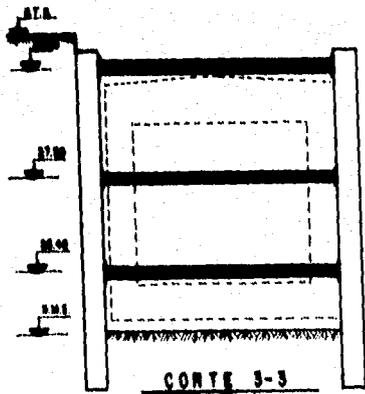
-Colocado el tercer nivel de puntales, se retiraba el segundo y se excavaba hasta el nivel máximo de proyecto, a lo que prontamente se colaba la plantilla de concreto simple de 10 cm de espesor con aditivo acelerante de fraguado.

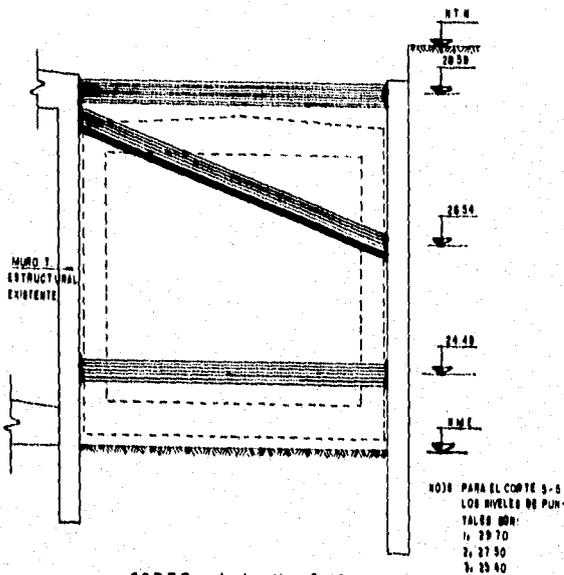
- A tres horas del colado de la plantilla se armaba y colaba la losa de fondo, sin olvidar las preparaciones para la liga con los muros y con la columna.
- Luego de una jornada del colado de la losa de fondo se retiraba el tercer nivel de puntales y se iniciaba la construcción de los muros estructurales y la columna.
- Erigida la columna, se construyó la trabe, al alcanzar ella su resistencia de proyecto se colocaron las tabletas y se inició el armado y colado del firme de compresión de la losa de techo.
- Más tarde se procedía a la construcción de los diafragmas y muros de contención.
- El primer nivel de puntales se retiró en el momento que los diafragmas alcanzaron su resistencia de proyecto.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO III

Este fue el mismo que al procedimiento constructivo I; con las consideraciones siguientes:

- La excavación se inició en el nivel del pavimento y se suspendía 30 cm abajo de la elevación de cada uno de los niveles de puntales como en las siguientes figuras:





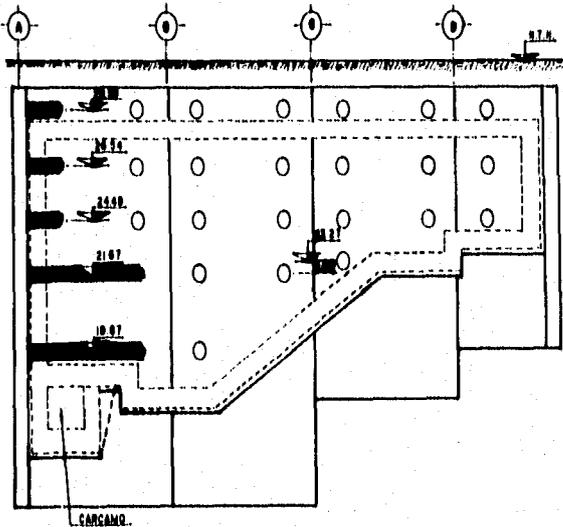
- Los siguientes pasos son similares a los del procedimiento constructivo I, hasta el colado del firme de compresión de la losa de techo.
- Alcanzada la resistencia de proyecto del firme de compresión, se colocó el relleno hasta el nivel de subrasante para luego restituir el pavimento.
- Las ventanas construidas en la Estación en la línea 1 se comenzaron a demoler luego de que el cajón de la pasarela de Línea 8 tenía colado el firme de compresión.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO IV

Esta zona corresponde a las escaleras para el cruce bajo Línea 1; lo que se realizó de manera similar al procedimiento constructivo I, sin omisión de lo siguiente:

- la excavación se inició a partir de los taludes de la Zona 1, mismos que se encontraban repellados con concreto y

tola de gallinero, La excavación se suspendía por momentos al encontrarse 30 cm por abajo de los niveles de puntales para su colocación.



CORTE 4-4

- La excavación de ésta zona se realizó entre taludes, con la inclinación de las escaleras respectivas.
- Luego de concluir la excavación total, se realizó el colado de la plantilla de concreto simple de 10 cm de espesor.
- Poco más tarde se inició el armado y colado de la losa de fondo, sin olvidar las preparaciones para su liga.
- El retirado del quinto nivel de puntales fue una jornada después del colado de la losa de fondo, y con ello iniciado el armado y colado de los muros estructurales hasta abajo del cuarto nivel de puntales.
- Setenta y dos horas después de colados los muros se raubicó el cuarto nivel de puntales 80 cm abajo para terminar el

colado de los muros.

-Más tarde se construyó la losa de techo. Concluida se retiraban el primer y cuarto niveles de puntales. El relleno se realizó al presentarse la resistencia de proyecto de la losa.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO V

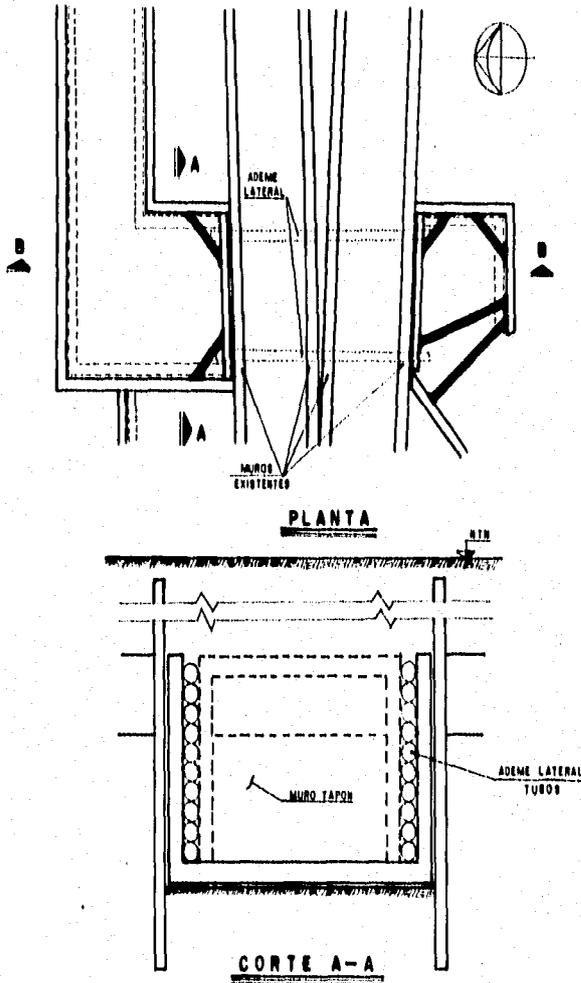
Esta zona presentó la Interferencia de ductos del PCC y cajas de Teléfonos de México. Aquí se realizó primero el colganteo de ductos y cajas.

Para iniciar la excavación y construcción se debió contar con la estructuración total de las zonas aledañas a ésta. En seguida se comenzaba la excavación adomando las paredes conforme se avanzaba; se apuntalaban dichas paredes y al concluir la excavación se procedió inmediatamente a efectuar el colado de la plantilla así como el armado y colado de la losa de fondo.

Hecho lo anterior se armaron y colaron los muros. Por último se construyó la losa de techo, una vez alcanzada su resistencia se procedió a efectuar el relleno sobre la losa de techo hasta la parte baja de los elementos de Interferencia, para así desmontar el colganteo. Finalmente se terminaba el relleno hasta el nivel de subrasante para la restitución del pavimento.

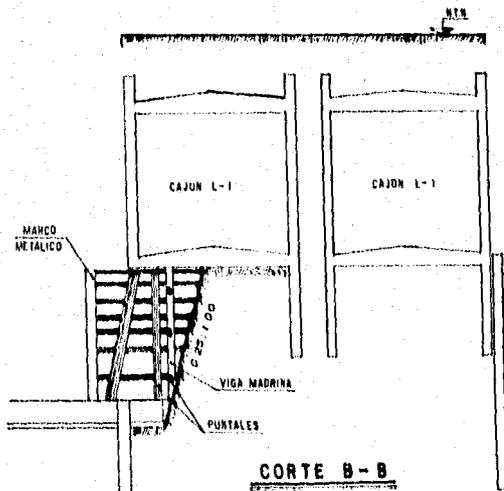
La última estructura construida fue el cajón bajo el tramo existente de Línea 1; realizado así, por la facilidad en las maniobras seguidas en la excavación y estructuración. Primero fueron hincadas secciones tubulares en ambos extremos del cruce a través de ranuras demolidas en los muros tapones. Ver figuras

siguientes:



Después de lo anterior, se formó un marco metálico lo que impedía que la excavación se cerrase. Más tarde del hincado y colocación de marcos extremos, se realizó una inyección de consolidación, lo anterior con la finalidad de mejorar las propiedades del subsuelo.

Culminadas las labores anteriores, se inició la excavación con la demolición del muro tapón y la pata del cajón existente, para con lo anterior apuntalar dicho cajón; a lo que en seguida se inició la excavación con avance en talud con inclinación 0.25:1 (horizontal a vertical). Descubriendo el punto de aplicación de los puntales se colocaba la viga madrina y se instalaban los puntales con una precarga de 10 toneladas. Inmediatamente después de lo anterior, se colaba la plantilla de 10 cm de espesor con aditivo acelerante de fraguado; más tarde se construía la losa de fondo.



Una jornada más tarde de lo anterior, se construían los muros estructurales; además se colocaban dos puntales verticales para soportar al cajón existente, ellos apoyados en vigas madrina para evitar deformaciones en la losa colada.

El proceso anterior se continuaba hasta que se llegó a la pata del muro existente. Concluido lo anterior, se inició la excavación del otro extremo bajo la misma secuencia ya citada.

Concluida la excavación en ambos lados se inició la demolición de las patas existentes e hincado de tultos en la zona superior en donde no se hincaron secciones tubulares. Hecho lo precedente, se construyó la losa de techo y se realizó la liga de frentes. Para dar por finalizada la construcción del cajón bajo la Línea existente se realizó la unión de los elementos estructurales del cruce con los de la pasarela en su zona exterior.

CAPITULO 6
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN EL
CRUCE CON LINEA 1

CAPITULO 6

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN EL CRUCE CON LINEA 1

A lo largo de su historia, la Obra Metro ha ido evolucionando paulatinamente para con ello obtener una optimización de las acciones; con lo anterior me refiero a una mejor interacción de construcción presente con la construcción futura. Más explícito, una planeación total y absoluta tanto de líneas inminentes, como de venideras en un futuro no muy lejano. La demanda ciudadana reclama un transporte eficaz, pero sobretodo urgente, el cual proporcione ahorro en tiempo de traslado del hogar a los centros de trabajo, o cualquier otra actividad.

Por sí misma la obra resulta laboriosa, además de que genera un gran impacto en la vida de la Ciudad, ya que es necesario modificar significativamente los padrones de costumbre que regían, previo al inicio de las obras, en el funcionamiento de la maquinaria urbana.

Aunado el problema de las grandes interferencias, el tiempo de ejecución de las obras se extiende. Las grandes ciudades cuentan con un innumerable conjunto de instalaciones que brindan comodidad a sus habitantes, pero ello refleja una tarea complicada a los encargados de proyectar y construir nuevas instalaciones para aumentar los beneficios de una gran metrópoli.

En el caso específico de la construcción del Metro de la Ciudad de México, observamos que actualmente se han venido proyectando las nuevas Líneas considerando las instalaciones futuras con otras Líneas, ello referente a los cruces

coincidentes entre dos diferentes trazos; hecho que genera un mayor volumen de obra que en el futuro facilita las acciones y convirtiéndose así en una gran ventaja para optimizar el trabajo en su conjunto.

Para el cruce particular de las Líneas 1 y 8 no se tenía contemplado ningún tipo de estructura la cual librase dicha interferencia. Debido a lo anterior, fueron necesarios nuevos estudios y propuestas para la adecuada implementación de la estructura conformante del cajón de Línea 8; lo anterior, sin interrumpir el continuo funcionamiento de la Línea 1. El proceso al que se llegó para la implantación de dichas estructuras se describe en el presente capítulo,

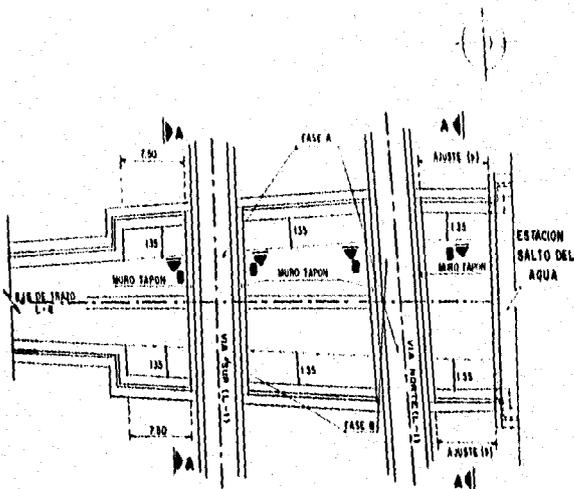
La excavación sólo se inició en el momento que se tenía concluida la construcción y estructuración de las zonas adyacentes: tanto las fracciones del tramo como el correspondiente a la Estación Salto del Agua.

Derivado de la existencia de dos cajones subterráneos en la Línea 1 (vía Sur y vía Norte), el proceso constructivo siguiente se aplicó dos veces, una para cruzar bajo cada cajón de la Línea 1. Como se observa en la página siguiente.

6.1 GENERALIDADES

Para poder realizar este procedimiento constructivo, la sección del cajón de la Línea 8 en las zonas adyacentes se modificó con un sobregálbo horizontal para así permitir el alojamiento de la estructura metálica para el ademe lateral de las paredes de la excavación.

En función del sobregálbo horizontal (abocinamiento en la zona próxima a la Estación Salto del Agua), y a la existencia del muro tablestaca central en las zonas adyacentes, la excavación se proyectó y ejecutó en dos fases: Fase A y Fase B (figura siguiente), su desarrollo constructivo tenía el desfase de una etapa constructiva, ello explicado más adelante.



UBICACION DE SOBREGALIBO HORIZONTAL

(II) VER PROYECTO DE ESTACION

(CRUCE BAJO L-1)

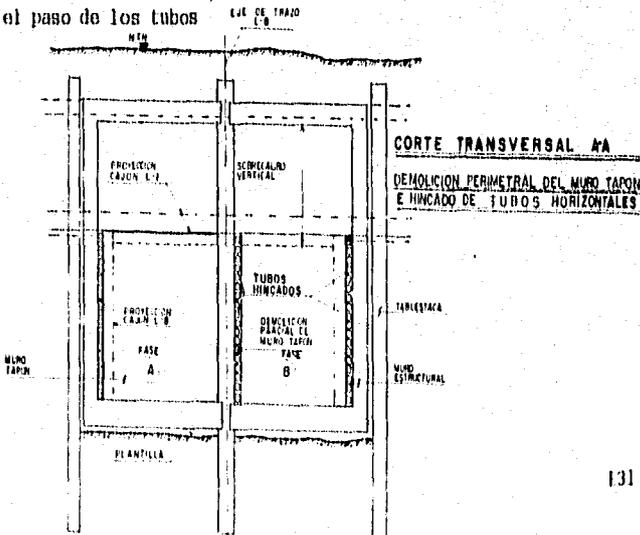
Las filtraciones presentadas durante la excavación de las etapas de estructuración bajo el cajón de la Línea 1, fueron controladas por bombeo a través de zanjas de 0.30X0.30 m, ubicadas en el perímetro de la excavación, reconociendo hacia cárcamos construidos en las esquinas, de donde era extraída el agua.

Los concretos utilizados para la construcción del cajón del Metro en esta zona se elaboraron con cemento tipo III; en los momentos que no se contó con dicho cemento se utilizaron aditivos acelerantes de fraguado.

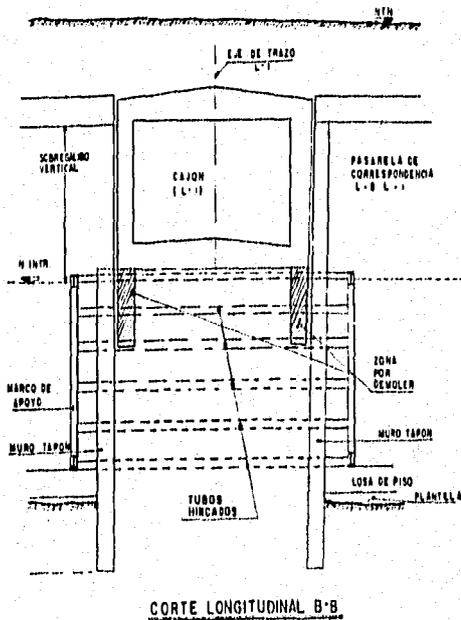
6.2 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO, PRIMERA FASE

Antes del inicio de los trabajos en el cruce con Línea 1, se debió haber concluido; la construcción de las zonas adyacentes, el mejoramiento de las propiedades del subsuelo de los sitios de proyecto, así como haber hecho la colocación de la estructura metálica para la contención de las paredes de la excavación y además los puntales "verticales" que soportaron los cajones de la Línea 1. Todo lo anterior indicado como sigue:

En primer lugar se colocó la estructura metálica que conformó el ademe lateral, esto consistió en tubos metálicos. Para lo anterior, se ranuró lateralmente los muros tapón para el paso de los tubos



Al hacer la demolición parcial anterior, también se demolió la pata del muro tablestaca estructural del cajón de la Línea 1.



La demolición lateral anterior se realizó en ambos muros tapón de cada uno de los frentes del cruce (Norte y Sur), para la entrada y salida de los tubos.

Labor seguida a lo anterior era el hincado de los tubos horizontales, en tres tramos de igual longitud, soldados entre sí para atravesar de lado a lado la zona del cruce.

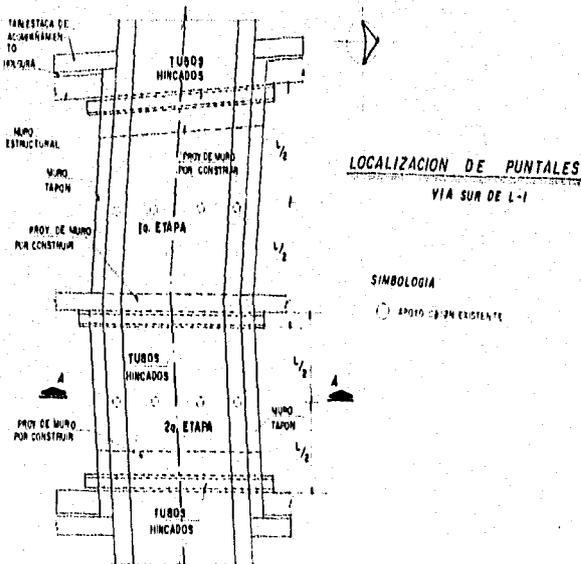
Para el hincado se aplicó una fuerza mínima de 10 toneladas. El método de hincado fue revisado para el

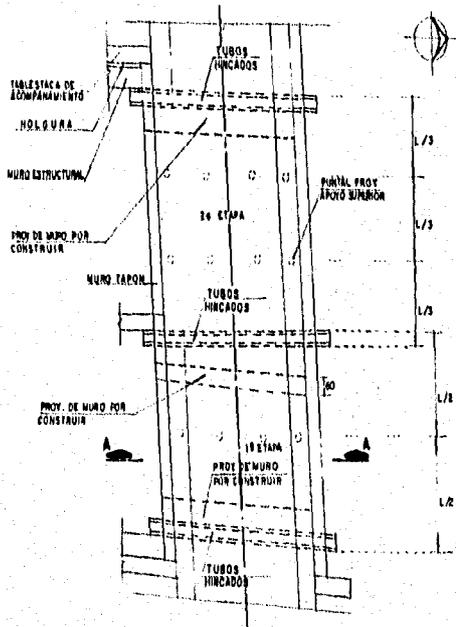
aseguramiento de la alineación horizontal y vertical de los tubos.

Después del hincado de todos los tubos, se efectuó la inyección de consolidación para el mejoramiento del suelo, ello descrito en el apartado 6.3 del presente capítulo.

Al finalizar la inyección de consolidación se colocó el marco metálico de apoyo para los tubos horizontales. La figura anterior señala la ubicación de dichos marcos.

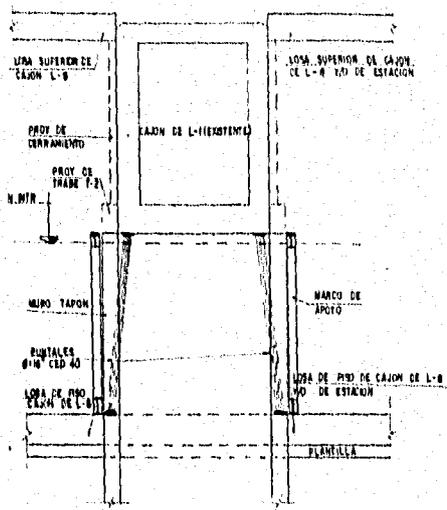
Hecho lo anterior, se realizó la demolición parcial y localmente del muro tabiestaca en las zonas que interferían la colocación de los puntales "verticales" extremos, instalados en ambos lados (Sur y Norte) de la zona del cruce, su ubicación en planta y perfil se observa en las tres figuras siguientes.





LOCALIZACION DE PUNTALES

VIA NORTE DE LINEA - 1



CORTE LONGITUDINAL A-A

Los puntales "verticales" anteriores se colocaron sin precarga, únicamente se acunaron garantizando el apoyo.

6.3 INYECCIÓN DE CONSOLIDACIÓN DEL SUELO

Con el fin de mejorar las condiciones de los materiales por excavar y para garantizar su estabilidad se realizaron inyecciones de cemento-agua-bentonita, bajo los lineamientos siguientes:

A. Observaciones Generales.

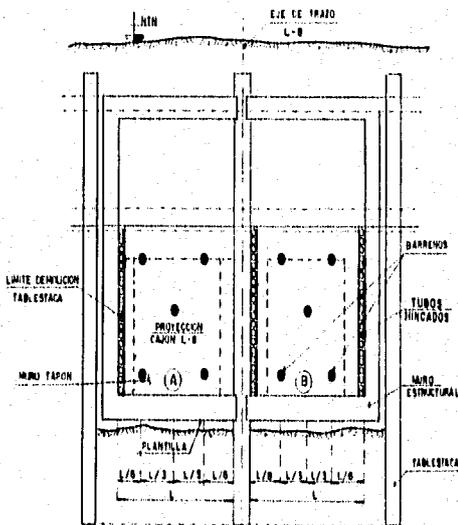
Este procedimiento se realizó en la zona del cruce de la Línea 8 con la Línea 1, correspondiente al tramo Doctores-Salto del Agua, de la Línea 8 del Metro.

En el caso de que un obstáculo imposibilitaba la realización de algún barreno indicado en las dos figuras siguientes, ellos se reubicaban a una distancia no mayor de 0.5 m con respecto a su posición original; en ocasiones se hacían inclinados cuidando de no alcanzar la estructura del cajón de Línea 1.

La inyección se efectuó en progresiones en cada barreno, como se detalla más adelante. El avance en las progresiones fue inverso al de perforación, es decir, la inyección se iniciaba a partir de la longitud máxima del barreno, culminándose en la bequilla del mismo.

El proceso se llevó a cabo en todo el volumen del suelo excavado y por ambas fases (A y II) y frentes.

La primer acción efectuada para la realización de la inyección fue la instalación de las preparaciones en la construcción de los muros "tapón" para la realización de la barrenación del suelo; tales preparaciones las constituían segmentos de tubo de P.V.C. de 4" de diámetro, rellenos con papel humedecido. La localización de dichas preparaciones se observan en la siguiente figura:

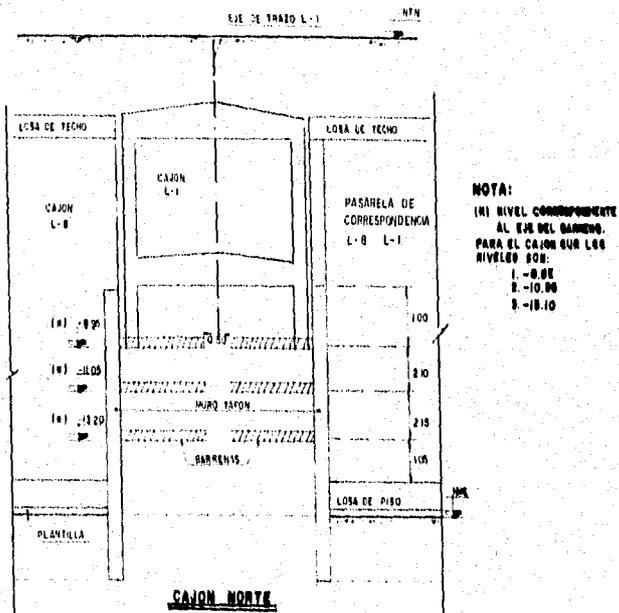


PLANTILLA DE BARRENACION

La inyección se realizó en perforaciones horizontales (barrenos) en el terreno, de 3" de diámetro, tal como lo indican las tres figuras anteriores y las dos de las páginas siguientes.

En cada barreno se efectuaron tres fases de inyección: la primera fase fue la inyección de valna, hecha en progresiones

de 1.0 m de longitud cada una e iniciándose desde la profundidad máxima del barreno. La segunda fase fue el tratamiento de inyección efectuado en progresiones de 0.50 m de longitud cada una. La tercera fase fue la inyección de bloqueo, ejecutada en progresiones de 0.50 m de longitud cada una.



La presión de inyección se verificaba en manómetros instalados en la entrada de cada barreno.

Dos días luego de la inyección del último barreno de ambos frentes, fueron especificados para poder iniciar el proceso

constructivo del cruce de Línea 8 bajo la Línea 1.

La Primera Fase: inyección de vaina; tuvo por objeto fijar el tubo de inyección al terreno, lo que se realizó con una mezcla de cemento-agua (C/A) con relación de 0.33, además de un 20% de bentonita (en peso del cemento).

En la Segunda Fase: tratamiento de inyección: se aplicó una lechada de cemento-agua-bentonita, con un proporcionamiento de relación agua cemento (C/A) igual a 0.67, y con el 8.0% de bentonita (en peso del cemento), para estabilizar la mezcla. Esta mezcla contenía un acelerante de fraguado en proporción del 3.0% con relación al peso del cemento. La presente fase de inyección no excedía a siete días, contados a partir del momento en que se concluyó la primera fase.

Por su parte, en la Tercera Fase: inyección de bloqueo; se inyectó una lechada de cemento-agua-bentonita con proporción cemento-agua (C/A) de 0.30, y además 5.0% de bentonita (en peso del cemento) para la estabilización de la mezcla. Aquí también, como en la anterior fase se agregó un aditivo acelerante de fraguado a la misma proporción citada.

La presión de inyección en la segunda y tercera fases para cada progresión, conforme a la elevación del barreno, se aplicó como sigue:

NIVEL DE BARRENOS	PRESIÓN DE INYECCIÓN (kg/cm ²)
Primer nivel	0.70
Segundo nivel	0.05
Tercer nivel	1.00

La secuencia anterior se inició con el nivel menor y aumentaba con la profundidad. El orden fue como dicha secuencia, es decir, era empezado el primer nivel para terminar con el tercero.

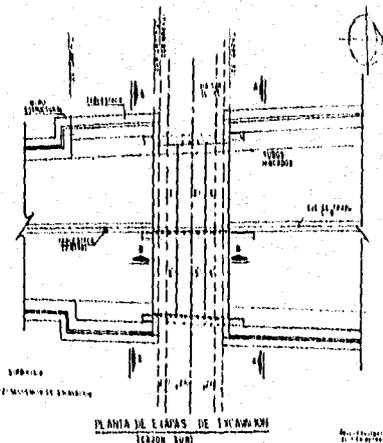
Los volúmenes máximos inyectados en cada progresión, fueron los siguientes:

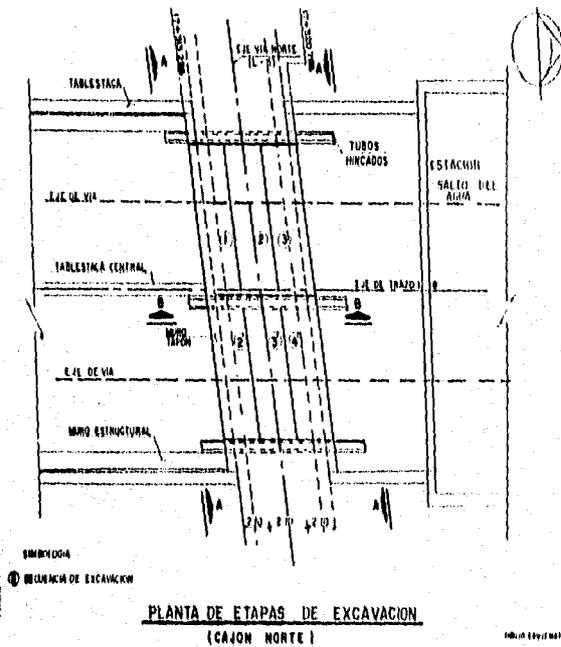
2 ^a Fase	1.80 m ³
3 ^a Fase	1.20 m ³

Luego de la inyección de cualquier fase, se reperforaba y depuraba el tubo de inyección. Dicha inyección se consideraba concluida en cada progresión y en cada fase, cuando los volúmenes especificados eran introducidos a la masa del suelo.

6.4 EXCAVACIÓN ADEMADO Y CONSTRUCCIÓN

Una vez que han sido concluidas las actividades del apartado anterior (6.3), se inició la excavación, ademado y construcción de la sección cajón del cruce bajo Línea 1 en fasos, como ya se dijo, lo anterior de acuerdo a las siguientes figuras.

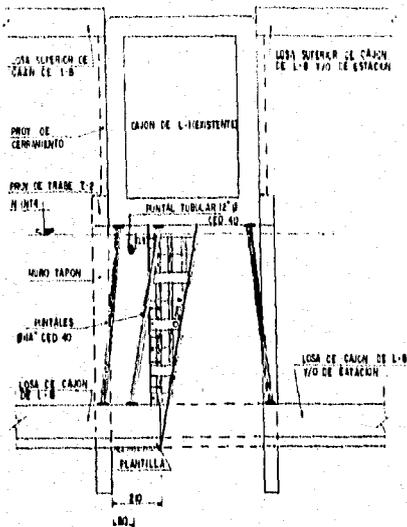




En primer lugar, se realizó la demolición del muro tapón y la tablestaca (pata) de la Línea 1, tal demolición se realizó a todo lo ancho, en ella se fue formando el frente de excavación con talud de inclinación de 0.25:1 (horizontal a vertical); como se observa en la página siguiente.

Hecho lo anterior, se efectuó la primera etapa de excavación y estructuración. La secuencia de las etapas se observa en las figuras de Planta de Etapas de Excavación (anteriores), así como su longitud máxima que fue de 2.10 m. Al descubrir los puntos de aplicación de los puntales se colocaba una viga madrina y se instalaban los puntales. Concluida la excavación, de inmediato se colaba la plantilla de 0.30 m de

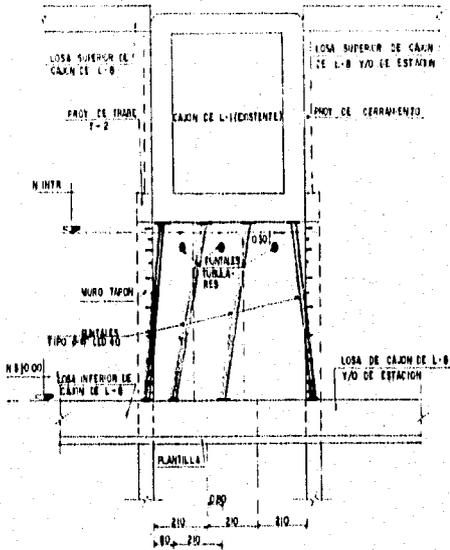
espesor en toda la longitud de la etapa, dicha plantilla fue de concreto simple con aditivo acelerante de fraguado.



CORTE LONGITUDINAL B - B
(PRIMER ETAPA DE CONSTRUCCION)

El armado y colado de la losa de piso se realizó dos horas después del colado de la plantilla, con sus debidas preparaciones para la fuga con la losa de la etapa siguiente y con los muros estructurales de la sección. Lo anterior no excedía a dos horas.

Veinticuatro horas más tarde del colado de la losa se colocaron los puntales "verticales" a 1.30 m del límite de colado de la losa; al mismo tiempo se armaban y colaban los muros estructurales hasta el lecho inferior de la losa de piso del cajón de la Línea 1. Estos muros presentaron las

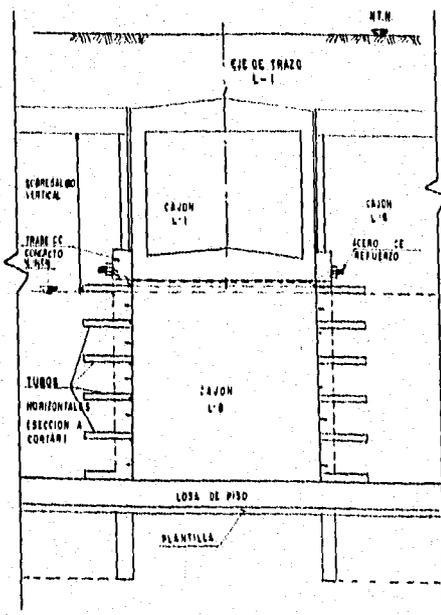


CORTE LONGITUDINAL B - B
(TERCER ETAPA DE CONSTRUCCION)

Concluidas las tres etapas en ambas fases, se realizó la implementación del sistema de "recibimiento" del cajón de la Línea 1. Lo anterior consistía en la colocación bajo la losa de piso, de tubos para la instalación de cables para su postensado. Esos cables quedaron sujetos exteriormente mediante una trabe de concreto ligada a manera de "mensula" en el cajón de Línea 1. La citada trabe, se ligó lateralmente a los muros tablostaca de la Línea 8; así mismo, se dejaron las preparaciones para la liga con el muro o "cerramiento" localizado sobre ésta, con lo que se dió continuidad al cajón de la Línea 8, construyéndose después de que la trabe adquirió el 80% de su resistencia especificada.

A través de las traves y la losa de piso de Línea 1 se requirieron preparaciones para el paso de los cables. Concluida la colocación de ellos, se recubrieron los tubos mediante concreto lanzado, de espesor comprendido entre el lecho bajo de la losa de piso de Línea 1 y el nivel intradós de Línea 8.

Concluido lo anterior y al alcanzar el "postensado" su resistencia de proyecto, fueron retirados todos los puntales. La sección terminada se ve en la siguiente figura.



CORTE LONGITUDINAL
B - B'
ESTRUCTURACION CONCLUIDA

Al presentar el concreto del cajón su resistencia proyectada se retiraron los marcos metálicos y también la parte exterior del ademe de tubos, los cuales fueron cortados ya que su parte restante quedó ahogada en la construcción de los muros estructurales de la sección.

Finalmente se realizó la unión con los muros estructurales de las zonas adyacentes.

En la otra fase se ejecutó el proceso ya citado, la única diferencia consistió en que al concluir la construcción de la sección se recuperaron los tubos hincados para la construcción de la fase anterior.

CAPITULO 7
OBRA EXTERIOR

CAPITULO 7

OBRA EXTERIOR

Paso a paso una ciudad va transformada su imagen desde el propio inicio de su fundación. Cada época ha marcado su huella en el continuo crecimiento de su extensión territorial y poblacional; el estado social de los habitantes se refleja en la configuración propia de las edificaciones y zonas de esparcimiento de las metrópolis. Particularmente, cada entidad busca plasmar su propia cultura y tradición.

Ciudades de gran importancia modifican continuamente su aspecto visual exterior; ello es favorecido durante la implantación de los diferentes servicios a lo largo y ancho de las diversas calles y avenidas de los complejos sistemas viales de las más sobresalientes urbes.

En el caso específico de la ciudad de México, observamos claramente la distribución de las muy diversas etapas de extensión y absorción territorial. Producto del aumento demográfico es el incansante trabajo de búsqueda de soluciones para la correcta interacción de sociedad-convivencia con todas sus implicaciones que de ella se generen.

Desde el inicio, las obras del Metro de la Ciudad de México han sido acompañadas de obras de mejoramiento urbano de la misma. El ejecutar los proyectos del tren Metropolitano no concluye con la infraestructura propia para el alojamiento de los convoyes, sino que incluye planes para el mejoramiento de la imagen urbana y la continuidad vial.

Al proyecto reforcido de la obra en la Línea B del Metro,

el Eje Central Lázaro Cárdenas requirió una nivelación general; lo que implicó ciertos desajustes en los niveles de las banquetas, lo cual se describe adelante.

7.1 CONDICIONES PREVIAS.

Todas las estructuras subterráneas del Metro por el propio hecho de estar bajo tierra se encuentran sometidas a la acción del nivel freático; por ello son efectuados diversos procesos de impermeabilización.

Una vez concluida la losa de techo del cajón y también los muretes, eran construidas adecuaciones que, gracias a la pendiente transversal, es canalizada el agua de las posibles filtraciones hacia los costados del cajón. Sobre lo anterior se coloca la impermeabilización, consistente en rollos de material sintético-asfáltico, adherido gracias a la fusión de una cara de la cinta asfáltica con gas natural tipo doméstico y un quemador que funde la superficie y con ello se logra la fijación a la losa de techo del cajón del Metro.

Luego de la colocación de la impermeabilización en la losa de techo y en los muretes, se colocó el lastre sobre dicha losa. Para la Estación Salto del Agua se tenía inicialmente contemplado que el relleno sería de material areno-limoso tipo tepetate; pero finalmente se modificó como quedó indicado en el apartado 5.5 del capítulo 5.

Siendo que una Estación, cualquiera que sea, ocupa un espacio amplio; Salto del Agua, ubicada en el Eje Central Lázaro Cárdenas, requirió prácticamente de todo el ancho de la importante arteria vial. De ahí, que la obra exterior abarcó

todo el ancho del Eje Central, aunado a los trabajos es el hecho de la renivelación de la vialidad y la llamada "nueva imagen" del Eje.

Concluidos los trabajos hasta la terminación del relleno sobre la losa de techo de la Estación, y que corresponde a la parte Integral del pavimento del arroyo, se iniciaron las labores de la Obra Exterior.

7.2 PAVIMENTACIÓN.

Punto importante de la Obra Exterior en la construcción del Metro es la restitución de pavimentos a todo lo largo y ancho de las zonas de trabajo; así también las partes aledañas para dar continuidad y uniformidad en toda la vialidad.

La estructura del pavimento se conformó por una carpeta de concreto asfáltico, apoyada sobre una capa de base, de sub-base y una de sub-rasante. Antes de su construcción, se verificó que la totalidad de los brocales, auxiliares en la construcción de las tablas, habían sido retirados; así también, los postes de la cerca utilizada durante la excavación.

En la Estación Salto del Agua se construyó una estructura nueva de pavimento; para ligar sus extremos, en los cuales no se afectó todo el ancho de la vialidad, se procedió a realizar "fresado y encarpetao", proporcionando así el tendido uniforme de la carpeta asfáltica.

Antes de iniciado el fresado de la carpeta asfáltica se revisaron los brocales de pozos de visita, coladeras de banquetas y demás instalaciones para que fuesen renivelados los

que lo requerían.

Los espesores de corte de carpeta variaron; en la zona Sur de la Estación en general se fresó 5 cm ya que la línea 1 ubicaba el nivel natural al de proyecto del Eje, por el contrario en la zona Norte de la Estación en partes el recorte fue menor a 5 cm para permitir la colocación de una sobre-carpeta de 5 cm, y en otras partes sólo se limpió la superficie para ligarla a la nueva sobre-carpeta de espesor variable proporcionando los niveles de rasante especificados.

Los huecos producto del retiro de la cerca se rellenaron con concreto simple de $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ con aditivo estabilizador de volumen hasta el nivel dado por el corte de la carpeta.

Al terminar lo anterior, se barrió la superficie "fresada" para obtener una liga óptima libre de polvo y material producto del corte. En seguida, se aplicó un riego de liga con producto asfáltico tipo ER-3 a razón de 0.50 a 0.70 lt/m^2 y por último se construyó la carpeta de concreto asfáltico de 5 cm de espesor en promedio en áreas de corte y de espesor variable en zonas de nivelación. En nivelaciones mayores de 10 cm el material se colocó en capas de 10 cm hasta alcanzar el nivel de proyecto.

Para las franjas afectadas por la construcción del cajón del Metro, y antes de colocar el material componente de la capa subrasante, se retiraron los brocales y restos de concreto sobrante de la construcción de las tablistacas y el cajón del Metro; además se cuidó que el remate de los muros llegara al menos, 80 cm abajo del nivel de rasante de proyecto; derivado de lo anterior eran demolidos los muros que no cumplieran con la

longitud citada.

La capa subrasante se coloca como última capa del material de relleno sobre la losa de techo. El espesor de ésta capa fue de 45 cm, compactado al 100% de su P.V.S.M. a cada 15 cm de espesor.

Las características de la subrasante son las siguientes:

TAMAÑO MÁXIMO DE PARTÍCULAS	7.6 cm (3")
PORCENTAJE MÁXIMO QUE PASA LA MALLA No 200	25%
LÍMITE LÍQUIDO	Igual o menor que 30%
LÍMITE PLÁSTICO	Igual o menor que 10%
EXPANSIÓN	3% máximo
V.R.S.	30% MÍNIMO

Concluida la subrasante se tendió la sub-base con un espesor de 20 cm compactado en dos capas de 10 cm al 95% de su P.V.S.M. Las características del material empleado para la sub-base son:

PORCENTAJE MÁXIMO QUE PASA LA MALLA No 200	mayor o igual que 20%
RELACIÓN ENTRE PORCENTAJES QUE PASAN LAS MALLAS No 200 Y No 40	mayor a 0.65
LÍMITE LÍQUIDO	Igual o menor que 25%
LÍMITE PLÁSTICO	Igual o menor que 6%
CONTRACCIÓN LINEAL	6% máximo
V.R.S.	80% mínimo

Luego de terminar la construcción de la sub-base se colocó el material de base con espesor de 15 cm, el cual fue tendido en una sola capa y compactado al 100% de su P.V.S.M. las características de dicho material se resumen a continuación:

RELACIÓN ENTRE PORCENTAJES QUE PASAN LAS MALLAS No 200 Y No 40	menor a 0.65
PORCENTAJE MÁXIMO QUE PASA LA MALLA No 200	Igual o menor que 20%
TAMAÑO MÁXIMO DE PARTÍCULAS	50.8 mm (2")
LÍMITE LÍQUIDO	Igual o menor que 25%
LÍMITE PLÁSTICO	igual o menor que 8%
V.R.S.	100% mínimo

En la base así como en la sub-base la tolerancia en los niveles fue de ± 1.00 cm, además de que presentaban las pendientes transversales y longitudinales de proyecto dadas desde la sub-rasante, a fin de que los espesores de las capas del pavimento quedaran uniformes.

Sobre la superficie seca y barrida de la base hidráulica, se aplicó un riego de impregnación con asfalto rebajado tipo PM-1, con proporción de 1.5 a 1.0 lts/m². El asfalto rebajado quedó superficialmente adherido a la base y se buscó una penetración de 4 mm como mínimo. La base impregnada permaneció cerrada a todo tipo de tránsito 48 horas, luego se aplicó el riego de liga con producto asfáltico tipo FR-3, en cantidad de 0.50 lts/m² aproximadamente.

Inmediatamente después de la aplicación del riego de liga se construyó la carpeta de concreto asfáltico con un espesor de 15 cm. El material empleado para la carpeta se preparó con cemento asfáltico del número 6 y material triturado de tamaño máximo de 38.1 mm (1½"). La capa se compactó al 95% de su peso volumétrico. El concreto asfáltico se tendió a una temperatura de 120° C aproximadamente, con un espesor uniforme; en seguida del tendido y con una temperatura entre 80 y 110° C, se planchó uniforme y cuidadosamente con una aplanadora tipo tandem de 6 a 8 toneladas de peso para dar acomodo inicial a la mezcla, en

segundo lugar se trató la carpeta con compactadores de llantas neumáticas de 4 a 7 toneladas; sin pérdida de tiempo se volvió a planchar con rodillo liso de 12 toneladas con el fin de borrar las huellas dejadas por los compactadores de llantas, toda esta compactación se concluyó con una temperatura ligeramente mayor a 70° C.

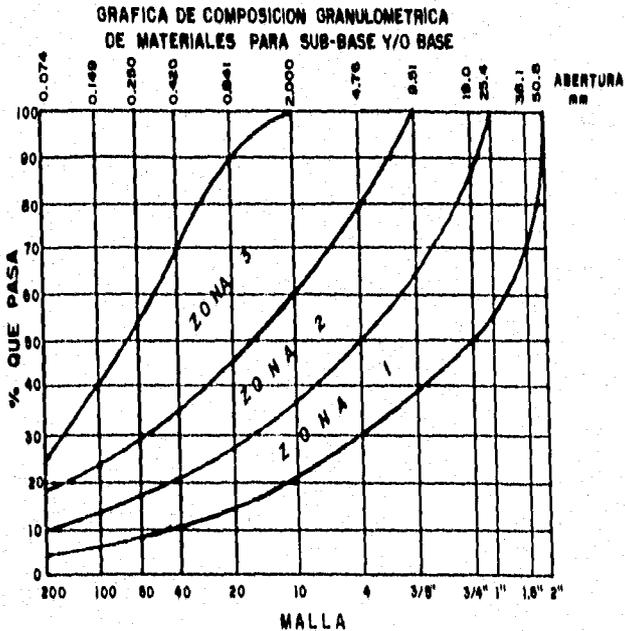
Como se mencionó al principio la capa final se realizó junto con la carpeta de 5 cm de espesor correspondiente al área de fresado; lográndose así, un tendido uniforme de la carpeta sobre el ancho de la vialidad.

Todo lo anterior se aplicó en las zonas de cabeceras de la Estación. Propiamente, en Salto del Agua y por requerimiento del lastre sobre la losa de techo constituida por concreto ligero, y ya que el mismo alcanzó el nivel de desplante de la carpeta asfáltica, se aplicó directamente sobre dicho lastre un riego de liga de la manera ya citada para la posterior construcción de la carpeta asfáltica con un espesor de 5 cm en toda la zona de Estación.

Para finalizar, en el momento en que la carpeta adquirió la temperatura ambiente, se barrió y dejó limpia de impurezas para la aplicación de cemento portland tipo I en seco sobre la superficie en cantidad de 0.75 kg/m², el cual fue tallado con cepillos de fibra con el fin de que penetrara en la carpeta asfáltica. Después se agregó agua en proporción de 1.0 a 1.5-lts/m² aproximadamente, con lo que se formó una lechada de consistencia mediana la cual se distribuyó y talló de la misma forma como el cemento seco y con la misma herramienta, hasta que se obtuvo una superficie uniforme.

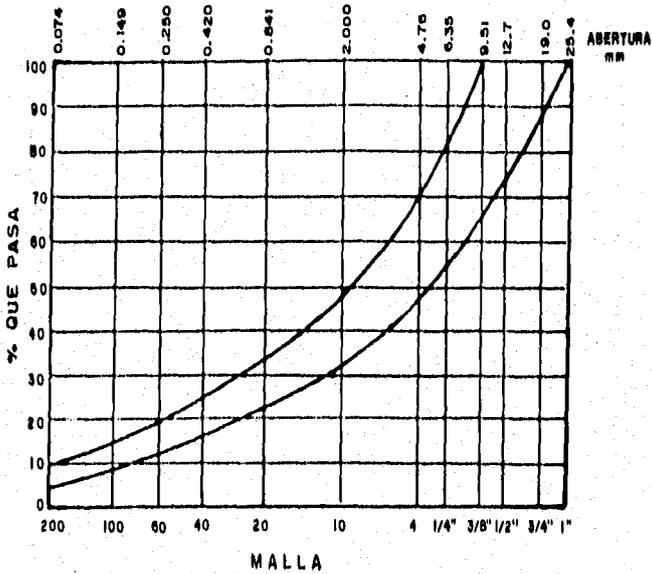
En la gráfica siguiente se observa la composición

granulométrica de materiales. Para la sub-base, la curva de tamaños se ubicó entre el límite inferior de la zona 1 y el límite superior de la zona 3. En lo que respecta a la base, su curva granulométrica se ubicó entre los límites inferior de la zona 1 y superior de la zona 2.



Por su parte en la carpeta de concreto asfáltico la curva granulométrica del material pétreo se localizó entre los límites indicados en la franja que se muestra en la siguiente figura.

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA
DE MATERIALES PARA CARPETA

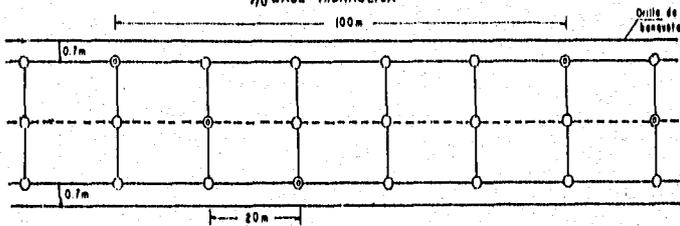


El control de calidad de los materiales para el concreto asfáltico fue muy riguroso, las especificaciones requeridas como mínimo fueron las siguientes:

- Contracción lineal menor de 2%.
- Desgaste en la prueba "Los Angeles" menor de 40%.
- Partículas de forma alargada o de laja no mayor al 35% del total.
- Equivalente de arena mayor de 55%.
- En la afinidad del material pétreo con el asfalto se requirió:
 - a) Desplazamiento por fricción no mayor de 25%.
 - b) Cubrimiento por asfalto no menor de 90%.
 - c) Pérdida de estabilidad por inmersión en agua, no mayor de 25%.

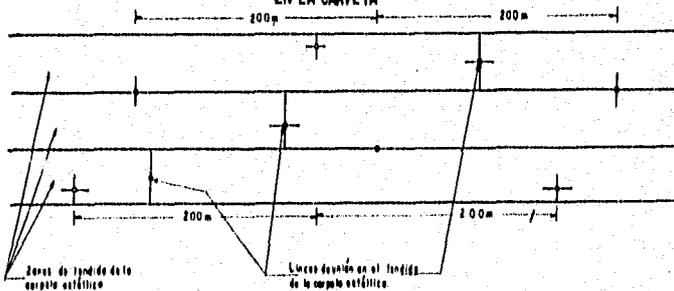
Se realizó un continuo muestreo de los materiales empleados, desde la sub-rasante, sub-base, base y hasta carpeta; con lo que se constató continuamente el cumplimiento de las características de dichos materiales. Además se realizaban nivelaciones al concluir cada capa, con la finalidad de observar el cumplimiento de la homogeneidad del perfil de la estructura de pavimento, de acuerdo a la figura de abajo.

**PUNTOS DE VERIFICACION
DISTRIBUCION DE LOS SONDEOS PARA VERIFICAR EL ESPESOR Y COMPACTACION DE LA SUB-BASE
Y/O BASE HIDRAULICA**



● PUNTOS DE SONDEO Y NIVELACION
○ PUNTOS DE NIVELACION

**DISTRIBUCION DE LOS PUNTOS PARA EFECTUAR LA PRUEBA DE PERMEABILIDAD
EN LA CARPETA**



✦ SITIOS PARA PRUEBA DE PERMEABILIDAD
✦ SITIOS PARA SONDEOS DE COMPACTACION Y ESPESOR

7.3 IMAGEN URBANA.

La adecuada integración al contexto urbano de las obras de Ingeniería, es parte fundamental en la terminación de toda construcción. La Obra Metro no pasa por alto dicho concepto, de ahí que se formulen proyectos de mejoramiento de las calzadas y avenidas que resulten afectadas por la implantación de estructuras que conforman parte de la red del Sistema de Transporte Colectivo.

Particularmente el Eje Central Lázaro Cárdenas, arteria por la que se desplaza parte de la Línea U, sufrió una modificación. Primeramente, se niveló el arroyo vial generándose así un perfil uniforme en todo ese tramo. Además se reforestó, se reubicaron instalaciones, se modernizaron otras, etc.

Para la colocación del pavimento se requirió que al menos las guarniciones estuviesen terminadas en todo su perímetro. Como ya se mencionó en el apartado anterior, el lastre de concreto ligero colocado sobre la losa de techo de la Estación Salto del Agua alcanzó el nivel de desplante del pavimento en dicha zona. Con ello se realizaron trabajos casi simultáneos de pavimentación y acabados en banquetas de ambas aceras en todo el contorno de la propia Estación.

Las banquetas se conformaron primeramente por un lastre de material areno-limoso del tipo tepetate, compactado en serie de capas de 20 cm, sobre dicho relleno se coló una plantilla de concreto pobre de 100 kg/cm² que sirvió de base para la colocación de baldosín elaborado con concreto simple y grava de mármol blanco. Un detalle importante fue que se dejaron rampas para facilitar el acceso a personas minusválidas.

La vegetación implantada consistió en la colocación de olmo chino en mojoneras amplias rellenas con una combinación de tezontle de partículas medianas (máximo 2.54 cm «1"»); y tierra vegetal con alto contenido de materia orgánica.

Se reubicaron las líneas aéreas de energía eléctrica y televisión por cable, mejorando con ello el aspecto visual del Eje Central. Se rediseñaron los postes de alumbrado público que sirven también de sostén de los cables del Sistema de Transportes Eléctricos de la Ciudad de México.

En ésta zona se ubica también un cobertor que indica el lugar de ascenso y descenso de pasajeros de los diversos modos de transporte superficial sobre Lázaro Cárdenas.

CAPITULO 8

CONCLUSIONES

CAPITULO 8

CONCLUSIONES

En la actualidad, se cuenta con una amplia experiencia en la construcción del Metro para las condiciones del subsuelo de la Ciudad de México. Inicialmente, las primeras Líneas de Metro contaron con coeficientes de seguridad muy significativos, situación que implicó gastos altamente elevados. Tal es el caso de la Línea 4, ejecutada en solución de viaducto elevado, en dicha línea se realizaron diseños con altos parámetros de incertidumbre; siendo que su similar, un tramo regular de Línea 9, fue el resultado de un dimensionamiento menos riguroso.

Técnicamente, la Obra Civil: pieza fundamental en la transformación a la realidad de los proyectos elaborados; sustenta la responsabilidad del presente y futuro comportamiento de todas y cada una de las estructuras que forman la ruta. De acuerdo a lo anterior, proyectos-obra y supervisión, requieren de una sistemática coordinación que conlleve a la fabricación precisa de los elementos, y en dado caso de presentarse inconvenientes, encontrar de la manera más pronta y eficaz la solución de los problemas y así cumplir con la demanda ciudadana de rapidez y seguridad de las obras.

Simplemente basta hojear el presente, para observar que la construcción de dispositivos de transporte masivo (Tren Metropolitano), necesita de una gran cantidad de profesionistas y técnicos, auxiliares, organizadores, etc., para que todas las acciones se encaminen a buen término. Desde los estudios previos la participación profesional y administrativa es fracción acumulativa que proporciona datos esenciales para la

elaboración de especificaciones y normas para los proyectos y la construcción. De la misma manera las Obras Inducidas, previas y durante la obra, dan lugar al mejor y continuo desempeño de la ejecución de la Obra Civil, desde el trazo de los brocales para la construcción de las tabicetas hasta la colocación y entrega del último árbol, producto de la reforestación implantada a lo largo de las zonas afectadas por todo el movimiento de tierras y materiales de construcción.

En lo referente al problema social, se sabe que la Ciudad de México es la más poblada del mundo, un orden de 20 millones de habitantes se traduce en una palpable adversidad; en la que diariamente se genera una gran movilidad porque las distancias son muy grandes. Continuamente se incrementa el transporte particular y público; sin embargo, el transporte colectivo es insuficiente, inseguro y muchas veces excesivamente lento. Una solución la constituiría el Tren Elevado que correría de Santa Mónica (Estado de México) hasta la Alameda Central, atravesando los municipios de Naucalpan y Tlalnepantla en el Estado de México y las Delegaciones de Miguel Hidalgo y Cuauhtémoc en el Distrito Federal; zonas con alrededor de cuatro millones 800 mil personas. Según la Coordinación General de Transporte del D.D.F., se tendría: una disminución de más del 60% en el tiempo de traslado entre cualquier punto del recorrido; un ahorro diario de 115 mil horas-hombre al año, de 190 mil vehículos que transitan diariamente por aquél corredor, no lo harán por lo menos 57 mil; con lo que el ahorro en combustibles superará los 60 millones de litros anualmente. No obstante, la polémica generada por el descontento de la población vecina a la línea de trazo, logró suspender dicho proyecto, el cual reinició la búsqueda de rutas alternas con menos problemática.

De hecho, el Sistema de Transporte Colectivo (Metro), ha

sido pilar fundamental del traslado masivo de pasajeros. Prueba de ello son las Líneas 1, 2 y 3, principales Líneas del Sistema que absorben el 70% de los usuarios y que en el momento ya se encuentran saturadas y lo seguirán estando, por lo que sería conveniente construir líneas paralelas, tipo expreso, como las de otras partes del mundo. Hasta la fecha la ampliación de la red se ha regido por el Plan Maestro del Metro versión 1985, que tiene proyectadas 15 Líneas, con 316 kilómetros.

Previamente, el año pasado (1995), se realizó una nueva revisión del Plan, con base a un estudio del INEGI sobre movilidad, vialidad y transporte, aplicado entre mayo y junio de 1994 por medio de una encuesta de origen-destino. Además, se enviaron técnicos a países como Francia, pues el Metro de París tiene enorme semejanza con el de México, ya que ellos nos proporcionaron la tecnología; a Londres, Inglaterra, porque ahí se encuentra el Metro más viejo; a Seúl, porque tiene similitudes con el nuestro y en la década de los 90 anunciaron la iniciativa más fuerte del mundo: más de 30 kilómetros al año; además de Tokio, que posee lo más moderno; y a los Angeles.

A pesar de todo, es conveniente analizar los distintos modos de transporte y coordinarlos para optimizar los recursos con que se cuentan. Sería también de gran importancia, promover con gran énfasis el crecimiento y uso de los transportes eléctricos (trolebuses), a lo largo de los principales corredores de transporte para con ello desplazar a los automotores, fuentes productoras de gases contaminantes y en muchas ocasiones contaminantes por ruido. De igual forma, es vital ejercer intensas campañas de concientización ciudadana de la trascendencia que implica el compartir el uso de los automóviles particulares, principalmente desde las escuelas y

centros de trabajo, ya que con lo anterior se podrá contar con una Ciudad más Limpia.

ANEXO A

**EFFECTOS CIRCUNDANTES OCASIONADOS
POR EL ABATIMIENTO DEL NIVEL FREATICO**

ANEXO A

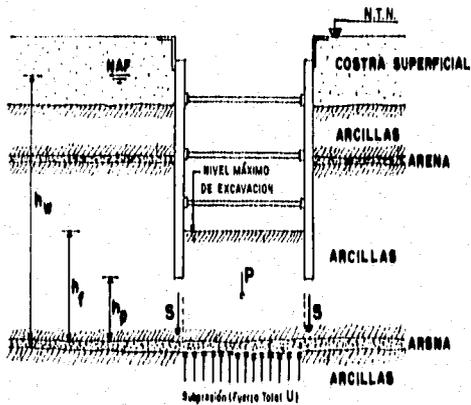
EFFECTOS CIRCUNDANTES OCASIONADOS POR EL ABATIMIENTO DEL NIVEL FREÁTICO

Durante la construcción de alguna estructura proyectada a una profundidad en la que la excavación es mayor a la ubicación del nivel freático, se requiere necesariamente deprimir dicho nivel para mantener el fondo de la excavación en condiciones adecuadas para el trabajo. La sección 5.2 expone el caso del abatimiento del nivel freático (NAF) para la Estación Salto del Agua de la Línea B del Metro.

Además de lo anterior, al abatir el NAF: en el fondo de la excavación se puede presentar una falla, las edificaciones vecinas también corren el riesgo de fallar por asentamientos diferenciales. Aquí cabe mencionar que se observaba detenidamente la curva piezométrica, ya que en la zona adyacente a la Estación se encuentran edificios catalogados por el INAH.

Para el análisis de la excavación se toman en cuenta las propiedades del suelo, sección 2.4. Con el auxilio de toda la información documentada y la obtenida por medio de los estudios propios de la Línea, se diseña la geometría y características de excavación, estructuración, lastres, etc.

Los efectos que se manifiestan por el proceso de abatimiento del NAF son, inicialmente, en la propia excavación, la cual puede tornarse inestable debido a lo siguiente: a) falla general por el fondo, b) falla del fondo por subpresión, y, c) falla por el empotramiento de la pata del muro. En la figura siguiente se observa el corte de la excavación para la realización de su análisis.



FALLA DE FONDO POR SUBPRESION

En el Distrito Federal, especialmente en las zonas de lago (depósitos de arcillas intercaladas por algunas capas duras y precedidas por una costra dura), el problema que tiene mayor influencia es el de falla de fondo por subpresión. Como ya se observó, la Estación (ya descrita), se construyó en etapas, definidas por celdas constituidas por tablestacas de acompañamiento y auxiliares. Ahora observemos el desarrollo de la subpresión para la celda 25.

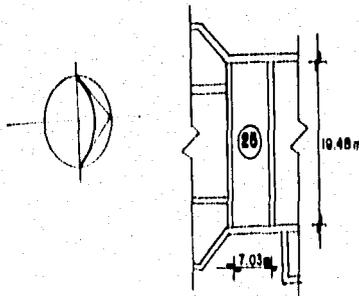
En el Manual de Diseño Geotécnico de Covitur, el factor de seguridad para la falla de fondo por subpresión, considerando las propiedades del suelo y la geometría de la excavación, se expresa como sigue:

$$(FS)_s = \frac{\gamma h_w l + 2c(h_l + l h_p)}{\gamma_w h_w l}$$

donde:

- γ es el peso volumétrico total.
- c es la cohesión en condiciones no drenadas.
- l es el ancho de la excavación.
- l es la longitud del tramo a excavar.
- h_l es la distancia entre el fondo de la excavación y el estrato de arena.
- h_p es la distancia entre el nivel de desplante del muro y el estrato de arena.
- γ_w es el peso volumétrico del agua = 1 Ton/m³.
- h_w es la altura piezométrica en el estrato de arena.

Las condiciones geométricas de la celda 25 se muestran a continuación, además de las otras características para evaluar el factor de seguridad.



ESTACION "SALTO DEL AGUA" L-8 CELDA 25

$l = 19.48$ m

$l = 7.03$ m

$\gamma = 1.3$ T/m³ (zona de Lago Centro II, Manual de Diseño)

Geotécnico)

$c = 5.0 \text{ T/m}^2$ (zona de Lago Centro II, Manual de Diseño G.)

N.T.N. = 30.5 m (promedio)

N.M.E. = 15.2 m

N.D. = 9.55 m (Tablестacas para cuerpo central)

Las incógnitas representativas son h_f , h_p y h_w , determinadas por la posición del NAF que es de 24.5 m (aproximadamente). De lo anterior, resulta que:

$$h_w = 15.00 \text{ m}$$

$$h_f = 5.70 \text{ m}$$

$$h_p = 0.00 \text{ m}$$

Los parámetros h_f y h_p se determinaron mediante la ubicación de una capa de arena localizada con un sondeo presentado en el Manual de Diseño Geotécnico (ver bibliografía), a 21.00 m de profundidad aproximadamente, lo que indica que los muros tablестaca se encontraron prácticamente desplantados en dicha capa.

Se sustituyen los valores en el FS:

$$(FS)_s = \frac{1.3(5.7)(19.48)(7.03) + 2(5)[19.48(5.7) + 7.03(0)]}{1(15)(19.48)(7.03)}$$

$$= \frac{1014.76 + 110.36}{2054.20} = 1.03$$

$$\therefore (FS)_s = 1.03$$

Este valor es muy próximo al indicado en el Manual antes citado, cuya exigencia demanda para el $(FS)_s$ ser mayor o igual a 1.3, para con ello asegurar la estabilidad del fondo de la excavación. El factor obtenido arriba es alto, ya que la caída

fue estudiada para determinar las dimensiones con las que contó, además ese mismo factor aumenta porque la valuación anterior no considera el abatimiento del nivel freático, y al tomarlo en cuenta, el Factor de Seguridad resulta mayor a 3.

Por otra parte, en el lado contrario de las tablestacas, lugar en el que se encuentran los edificios vecinos a la Estación, el nivel freático también descendía amenazando con provocar asentamientos que dañaran las estructuras de los edificios. El momento en que la piezometría se veía afectada en forma considerable indicaba que se presentaba una filtración al interior de la excavación; tales fugas se presentaban en general en zonas débiles (uniones de tablestacas comúnmente), y para evitar que se presentasen mayores consecuencias se atacaba el problema impermeabilizando la zona de acuerdo a la técnica más apropiada en dicha zona.

Con el fin de restablecer el nivel piezométrico en los estratos permeables del subsuelo, que lograra abatirse por las filtraciones dadas durante la excavación de la Estación Salto del Agua, se inyectó agua a través de pozos instalados de la manera siguiente.

PRIMERA FASE: la integraron diez pozos sobre la calle de Delicias, intercalados en ambas aceras a una distancia de 4 m de separación entre sí; además de otros seis pozos sobre el Eje Central, distribuidos en 60 m, de la calle de Delicias hacia el Norte.

SEGUNDA FASE: se instalaron ocho pozos en la acera oriente del Eje Central, de la calle Vizcainas hacia el Norte.

TERCERA FASE: la conformaron cuatro pozos en el paramento Poniente del Eje Central, al Sur de la esquina de la calle de Delicias, distribuidos en la zona central de la Estación.

CUARTA FASE: en esta fase los pozos se instalaron cerca de la cabecera Sur de la Estación; dos en la acera Poniente y cinco en la acera Oriente.

QUINTA FASE: aquí se instalaron once pozos con separación de 20 m entre sí, en la acera Poniente de Lázaro Cárdenas entre Arcos de Belén y Dr. Río de la Losa.

SEXTA FASE: última fase con once pozos también a cada 20 m de separación, en la acera Oriente de Lázaro Cárdenas, entre José Ma. Izazaga y Fray Servando T. Mier.

Este sistema de inyección, para cada fase, comprendió los siguientes trabajos:

- a) Instalación de piezómetros.
- b) Perforación.
- c) Colocación del ademe.
- d) Colocación del filtro.
- e) Taponamiento del pozo en la parte superior.
- f) Suministro de agua a los pozos de inyección.

Primero se instalaron dos piezómetros cercanos a la Estación, otro en la esquina Sur-Oriente de Izazaga y un último en la esquina Nor-Oriente de Fray Servando. La instalación de los piezómetros, perforación, colocación del ademe y colocación del filtro, se realizó como se indica en los apartados 2.5 y 5.2 del texto.

El taponamiento de la parte superior se realizó desde los 16.00 m de profundidad, lecho inferior del estrato permeable, con el filtro de grava-arena hasta 0.50 m arriba del ranurado del ademe; de ahí se colocó un tapón constituido por bolas de "bentonita" seca de 3.0 cm de diámetro hasta 1.50 m. Los últimos 1.50 m, longitud restante al nivel de terreno natural, se sellaron con concreto simple.

Por último, el suministro de agua a los pozos se realizó por medio de un tanque elevado, instalado a 2.0 m de altura de carga de agua, sobre la superficie de banqueta. Se conformaron circuitos que comunicaban un tanque y una bomba con varios pozos de inyección y en dichos circuitos también se instaba un manómetro y una válvula con los que se controlaba para mantener una presión constante de 0.20 kg/cm².

El depósito se mantenía lleno y se verificaba el volumen de consumo por periodos de 8 horas. El agua empleada era limpia y no se permitió el uso de agua tratada.

BIBLIOGRAFIA

- Coordinación Metropolitana del Transporte, *Organización del Transporte del Área Metropolitana de la Ciudad de México*, Biblioteca Nacional de Planeación, México, D.F. Julio-Septiembre, 1992.
- Coordinación General del Transporte, D.D.F., *Dictamen Técnico Sobre el Transporte en el Distrito Federal*, Biblioteca Nacional de Planeación, México, D.F. Julio-Septiembre, 1992.
- Centro de Documentación de la Gestión Gubernamental, *Una Aproximación a las Rutas de Transporte en la Ciudad de México*, Biblioteca Nacional de Planeación, México, D.F. Septiembre, 1989.
- INEGI, *Ciudad de México (Área Metropolitana), Perfil sociodemográfico, XI Censo General de Población y Vivienda*, 1990.
- Covitur, D.D.F., *Plan Maestro para el Proyecto y Construcción de las Líneas del Metro de la Ciudad de México*, Tomos I y II.
- Jefatura de Residentes de Obras Inducidas en Línea B, Tramo IV, *Archivo de Actividades*, Covitur, 1992, 1993 y 1994.
- Covitur, D.D.F., *Plan Maestro del Metro, versión 1985*, México, D.F.
- Hallinas, Víctor, *Empieza la Construcción de la Línea IV del Metro...*, *La Jornada*, Año XI, núm. 3641, México, D.F., 27 de Octubre de 1994.
- Barraza Hoyos, Octavio, *El tren Elevado, un Proyecto que Nace de la Incertidumbre*, *Ángulos*, Año I, núm. 3, México, D.F. Septiembre de 1994.
- Covitur, D.D.F., *Anuario de Vialidad y Transporte del D.F.*, 1980 y 1981, México, D.F. Marzo de 1981 y Junio de 1982.
- Ovando S., Efraín y González V., Francisco, SMMS, *El Subsuelo de la Cuenca del Valle de México y su relación con la Ingeniería de Cementaciones a cinco años del Sismo*, México, 1990.
- Támez, Enrique; Santoyo, Enrique; Mooser, Federico y Gutiérrez, Carlos E.; *Manual de Diseño Geotécnico*, Vol. I, México, D.F., 1987.

ICA-Covitur, Especificaciones de proyecto para la Línea 8 del Metro:

92-MS-500810-111- 9-473-e MOD. No. 1
92-MS-500861-111-11-436-e MOD. No. 3
92-MS-500810-111-19-591-e
92-MS-500810-111-27-719-e
91-MS-500800-111-29-348-e
90-MS-500800-111-11- 11-e MOD. No. 1
92-MS-500800-111-46-687-e MOD. No. 3
MEMORANDUM Ref. 381/92, Junio 30, 1992.
MEMORANDUM Ref. 398/92, Julio 10, 1992.
MEMORANDUM Ref. 548/92, Septiembre 8, 1992.
MEMORANDUM Ref. 768/92, Diciembre 9, 1992.
MEMORANDUM Ref. 42/93, Enero 29, 1993.