

21
2ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

"PROCESO CONSTRUCTIVO Y OBRAS INDUCIDAS
DE LA ESTACION GUERRERO DEL
METROPOLITANO LINEA B"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
PRESENTAN:
HORACIO CERVANTES ROSALES
MIGUEL ANGEL TORRES ORTIZ



MEXICO, D. F.

1996

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

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

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-191/95

Señores
HORACIO CERVANTES ROSALES
MIGUEL ANGEL TORRES ORTIZ
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. OSCAR E. MARTINEZ JURADO**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

PROCESO CONSTRUCTIVO Y OBRAS INDUCIDAS DE LA ESTACION GUERRERO DEL METROPOLITANO LINEA "B"

- INTRODUCCION**
- I. GENERALIDADES**
- II. PROYECTO DEL METROPOLITANO LINEA "B"**
- III. ESTUDIOS PREVIOS**
- IV. OBRAS INDUCIDAS**
- V. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA ESTACION GUERRERO**
- VI. PROGRAMA DE OBRA Y PRESUPUESTO**
- VII. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES**
- BIBLIOGRAFIA**

Ruego a ustedes cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberán prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 11 de julio de 1996.
EL DIRECTOR.


ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLÍS

JMCS/GMP*jbr



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-I-191/95

Señores
HORACIO CERVANTES ROSALES
MIGUEL ANGEL TORRES ORTIZ
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. OSCAR E. MARTINEZ JURADO**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

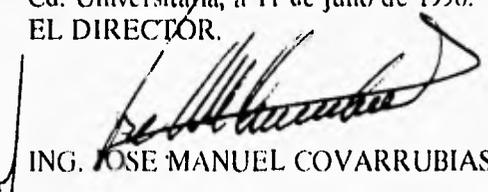
PROCESO CONSTRUCTIVO Y OBRAS INDUCIDAS DE LA ESTACION GUERRERO DEL METROPOLITANO LINEA "B"

- INTRODUCCION**
- I. GENERALIDADES**
- II. PROYECTO DEL METROPOLITANO LINEA "B"**
- III. ESTUDIOS PREVIOS**
- IV. OBRAS INDUCIDAS**
- V. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA ESTACION GUERRERO**
- VI. PROGRAMA DE OBRA Y PRESUPUESTO**
- VII. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES**
- BIBLIOGRAFIA**

Ruego a ustedes cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberán prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 11 de julio de 1996.
EL DIRECTOR.


ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/GMP*jbr

*Cuando veo tus cielos, obra de tus dedos, la luna y las estrellas que tu formaste.
Digo: ¿ Que es el hombre, para que tengas de él memoria?
Le has hecho menor que los ángeles, y lo coronaste de gloria y de honra, le hiciste
señorear sobre las obras de tus manos; todo lo pusiste debajo de sus pies, asimismo los
animales del campo, los aves de los cielos y los peces del mar.*

Salmo VIII de la Biblia

*Señor tú me has examinado y me conoces; tú conoces todas mis acciones; aún de lejos
te das cuenta de lo que pienso.*

Pues aún no hay palabra en mis labios, y tú señor ya la conoces.

*Si subiera al vuelo del águila ahí estas tú;
y si bajara a la profundidad de los mares, también estas ahí,
y en lo recondito de la tierra, aún ahí me alcanzaría tu mano.*

*Si estuviera en la oscuridad, la noche resplandecería alrededor de mí,
pues lo mismo te son las tinieblas que la luz.*

Porque tu formaste mis entrañas; tú me hiciste en el vientre de mi madre.

Mi embrión vieron tus ojos.

Y en tu libro todo esta ya escrito.

Dios padre, Dios hijo, Dios espíritu. Gracias por existir



A MI ABUELITA : VICTORIA ROSALES

Dedico ésta Tesis en su memoria, como un grato recuerdo que tengo de ella, aún cuando desafortunadamente no tuve la oportunidad de compartir todo ese tiempo que alguna vez pensé que tendría.

Dejó en todos nosotros (hijos y nietos), una huella indeleble, y con su cariño nos dió la muestra más clara del amor que sintió por todos. Me es grato agradecerle a Dios la oportunidad que me brinda hoy, para recordar a la persona que seguramente aún en día sigue estando con nosotros.

Nunca te olvidaremos.

A MI MADRE



ANTONIA ROSALES CORONA

Tú representas todas las virtudes a las que puede aspirar un verdadero ser humano; en ti se conjugan todos los sentimientos más nobles que espera Dios que algún día tengamos todos; nos has dado a mis hermanos y a mí el milagro de la creación...la vida; has sido y seguirás siendo siempre la razón que día tras día nos da la fuerza de espíritu para procurar ser mejores hijos.

Eres para mí, la persona más valiosa en mi vida, por ti he podido lograr una aspiración que tuve un día, adquirir una preparación universitaria.

Tanto tú como yo sabemos que no ha sido fácil el camino, pero creo que precisamente así Dios procura nuestros destinos, como una prueba de nuestra fe hacia él. Es por ésta razón que la vida me ha permitido compartir tu compañía por muchos años, en el transcurso de los cuales he aprendido de ti los valores más trascendentales que debe poseer una persona: integridad, paciencia, tolerancia y dignidad, lo que viene a reafirmar el gran respeto, admiración y cariño que siento hacia ti.

Es por lo anterior, que me hace pensar en el gran compromiso moral que tengo hacia ti, y espero que en un futuro no muy lejano, pueda compensarte por lo menos una pequeñísima parte de todo lo que me has dado; mientras tanto éste trabajo que desarrollé como Tesis Profesional, recíbelo como un pequeño homenaje a tu gran labor al frente de nuestra familia.

Gracias mamá.

HORACIO CERVANTES R.

A MI PADRE : RAUL CERVANTES RIOS

A quién le agradezco su apoyo durante el tiempo que estuve estudiando, y de quién he aprendido lo valioso que representa en la vida el trabajo honesto.

A MIS HERMANOS :

RAUL, ESTELA, ISMAEL, HECTOR, JAIME Y VICTOR.

Esperando que sigamos siempre unidos en todo momento.

A mis padres.

Porque me heredaron lo más importante de mi vida, mi educación, gracias a ellos soy.

A mis hermanos.

Porque siempre he pensado que somos un gran club, de nombre Torres Ortiz y donde quiera que vayamos levantaremos esa bandera.

A mis sobrinos.

Daniel Enrique Torres Mn.

Pablo Martín Torres My.

Luis Emmanuel Torres Mn.

Porque son el motivo que nos exige superarnos para hacer de ellos mejores seres.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, porque hoy sigue siendo el valuarte de la sociedad mexicana.

Al Ing. Oscar E. Martínez Jurado, por el tiempo dedicado en la revisión de éste trabajo y su enseñanza en las aulas.

Al Ing. Oscar Vega Roldán, por sus cualidades como profesionista, capacidad y lo más importante su calidad humana.

Al Ing. Adolfo Bautista, por su ayuda en la recopilación de la información de éste trabajo.

INDICE

CAPITULO	pág.
INTRODUCCION	1
I.- GENERALIDADES	1
I.1.- Problemas y soluciones ocasionados por la movilización masiva de personas en la ZMCM.....	1
I.2.- Concepción del Plan Maestro del Metro.....	2
I.3.- Situación actual del Sistema de Transporte Colectivo Metro.....	6
II.- PROYECTO DEL METROPOLITANO LINEA "B"	12
II.1.- Justificación del trazo.....	12
II.2.- Estaciones	13
II.3.- Beneficios directos	17
II.4.- Capacidad del sistema	18
II.5.- Obra civil	18
III.- ESTUDIOS PREVIOS	20
III.1.- Aspectos geotécnicos.....	20
III.2.- Trazo y nivelación	27
III.3.- Estudio de vialidad.....	29
IV.- OBRAS INDUCIDAS	35
IV.1.- Determinación de una obra inducida y su posible solución	35
IV.2.- Obras inducidas que se presentaron en la estación Guerrero	37
IV.3.- Procedimiento constructivo para el desvío del colector de 2.13 m de diámetro.....	37
IV.4.- Procedimiento constructivo para resolver la obra inducida que corresponde al cable de 230 kv, ubicado en la celda A.....	60

CAPITULO	pág.
IV.5.- Proceso para efectuar la excavación y colocación de las tuberías de agua potable que conformarán los desvíos originados por la construcción del cajón de la estación Guerrero.....	66
V.- PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA ESTACION GUERRERO	69
V.1.- Abatimiento del nivel freático.....	69
V.2.- Construcción del muro milán.	77
V.3.- Zona Central	93
V.4.- Cabeceras	100
V.5.- Cárcamo de bombeo	108
V.6.- Accesos	110
V.7.- Instalaciones especiales y acabados	119
V.8.- Especificaciones.	113
V.9.- Maquinaria y equipo utilizado.....	126
VI.- PROGRAMA DE OBRA Y PRESUPUESTO.....	138
VI.1.- Presupuesto.	138
VI.2.- Control de obra (Programa).....	144
VI.3.- Control de calidad.....	145
VII.- COMENTARIOS Y CONCLUSIONES.....	149
BIBLIOGRAFIA	

INTRODUCCION

INTRODUCCION

Los problemas que se generan en la ciudad de México, son de igual magnitud que su creciente tamaño; ahora, nuestra ciudad compite, por su densidad de población, con Tokio, Shanghai, Sao Paulo, Nueva York y otras ciudades del mundo, y está próxima a convertirse en la más grande del orbe.

Hasta 1930 su crecimiento fué lento y el área urbana no rebasaba los límites del Distrito Federal. En la actualidad la ciudad de México se encuentra conurbada con 17 municipios del estado de México formando así una zona metropolitana que de seguir con la actual tendencia de crecimiento, se convertirá en el fenómeno urbano del siglo con una población de aproximadamente 23.4 millones de habitantes para el año 2000.

El acelerado crecimiento de la población ocasionado por la centralización y el aumento de natalidad son la justificación de los diversos problemas que enfrenta la ZMCM (Zona Metropolitana de la Ciudad de México). Estos se han traducido en asentamientos humanos irregulares creando los suburbios de la Ciudad, los problemas son muchos y de diferente índole, entre los cuales se encuentran las graves deficiencias de infraestructura, destacando la relativa a la transportación, pues debido a la extensión, los habitantes tienen que recorrer grandes distancias, ya sea para llegar a sus centros de trabajo o bien para realizar otras actividades.

A través de la historia, los modos de transporte han condicionado de alguna manera la forma y la magnitud del crecimiento de los asentamientos humanos; a su vez éstos han influido también en el desarrollo tecnológico de los medios de transporte.

El problema del transporte tiene su origen no sólo en la explosión demográfica. se relaciona con el desarrollo económico, con las mejores condiciones de vida de los mexicanos, y con el avance en tecnología. Asimismo, está íntimamente vinculado con la revolución industrial que provocó la era del automovilismo, auspiciada por el aumento del poder adquisitivo de las personas. Desgraciadamente, los resultados negativos no se hacen esperar; el automóvil se convierte en una extrapolación de la personalidad del hombre, en simbolo de su libertad, pues puede usarse en cualquier momento, sin limitaciones de horario o distancias. Debido a esta circunstancia se restringe y reglamenta su uso, se frena su libertad de acción, las calles proyectadas sin prever el crecimiento de este medio de transporte se congestionan, surgen los semáforos, y van desapareciendo los espacios libres en las calles, para convertirse en grandes estacionamientos. En esto radica principalmente el problema del transporte en la ciudad de México.

Al ubicar este problema en el contexto de la planificación integral del desarrollo urbano, se manifestó la necesidad de solucionarlo urgentemente. Se determinó que para atender la creciente demanda, se requería de un medio de transporte de alta capacidad, eficiente y rápido similar a los trenes eléctricos subterráneos llamados "metropolitanos" o, mas sencillamente, "Metro". Dichos sistemas habían resuelto en gran medida el problema en las ciudades como Londres, Nueva York, París y Moscú, entre otras.

En la ciudad de México, la construcción del Metro ha mostrado resultados satisfactorios, como una eficaz solución a la problemática, aún cuando su participación en la oferta del servicio no alcance la proporción requerida, ya que la demanda y el área urbana crece día con día.

Por la importancia que juega el desarrollo del Metro así como por las características que lo hacen una de las mejores soluciones, para transporte masivo de personas, se ha desarrollado un programa que contempla el desarrollo de la ZMCM (más adelante se detalla el Programa Maestro del Metro).

Junto con la tendencia a desarrollar el sistema de transporte colectivo Metro; se contempla dar servicio a las zonas de la gran metropoli donde existe una mayor densidad de población, que principalmente son las zonas conurbadas, donde los límites de la ciudad se han desbordado hacia el estado de México lo que le da un caracter de metropolitano.

El Programa Maestro del Metro y Tren Ligero del área metropolitana de la ciudad de México, versión 1996, es la actualización del Programa Maestro del Metro 1985, que propone un sistema integrado por tres redes: Metro, Metro férreo (suburbano) y tren ligero, que una vez terminados, ofrecerán una cobertura de toda el área metropolitana. Este programa deberá ser complementado con uno referente al transporte de superficie, estacionamientos y semaforización computarizada de la red vial primaria, para alcanzar la reordenación y eficiencia del transporte en el mediano plazo y que de la pauta de los trabajos por efectuar.

El Metro de la ciudad de México, constituye el proyecto de transporte urbano más trascendente en la historia de nuestra ciudad, y para su realización, ha requerido conjuntar una gran cantidad de disciplinas del conocimiento, como son las áreas de la Ingeniería Civil, Electromecánica, Eléctrica, Automatización, Transporte, Medio Ambiente, Arquitectura, Planeación, e Ingeniería Fiananciera.

Razón de este trabajo es mostrar como se lleva a cabo la construcción o ejecución de una obra del Metro, en específico hablaremos del proceso constructivo y de las obras inducidas de la estación Guerrero del Metropolitano línea B. Para lograr lo anterior, estructuramos su contenido de la siguiente forma.

En el capítulo I mostramos aspectos generales del sistema de transporte colectivo "Metro", en el capítulo II se describen generalidades del Metropolitano Línea B, en el capítulo III se desarrolló un tema que contempla aspectos de planeación y geotécnia, dentro del capítulo IV tratamos obras inducidas, concernientes al proceso constructivo para el desvío de un colector de 2.13 m de diámetro, y describimos algunas obras pequeñas, en el capítulo V describimos el proceso constructivo de la estación y en el capítulo VI mostramos el programa de obra, y contemplamos lo referente al presupuesto, finalizando con el capítulo VII donde presentamos una serie de comentarios y conclusiones.

I. GENERALIDADES

I. GENERALIDADES

En éste capítulo trataremos aspectos generales relacionados con el transporte de personas, así como los problemas que se han generado por el crecimiento de las mismas; por otra parte y en forma breve describiremos los lineamientos y acciones que se siguen para su solución y en forma específica mencionaremos la importancia que juega el transporte colectivo Metro como un transporte masivo de personas. Además explicaremos su situación actual y expectativas de crecimiento.

I.1 Problemas y soluciones ocasionados por la movilización masiva de personas en la ZMCM

El Distrito Federal se ha caracterizado en las últimas décadas por su acelerado crecimiento demográfico y rápida expansión urbana, que por no responder a un ordenamiento planeado, ha ocasionado la anárquica distribución de áreas habitacionales, industriales, comerciales y de servicios, ese crecimiento acelerado se inicio en los años 40.

La expansión urbana, es motivada por la dinámica que mantienen los sectores industrial, comercial y educativo, establecidos dentro del valle de México; provocando que el crecimiento desborde los límites de Distrito Federal hacia los municipios pertenecientes al estado de México.

Actualmente, la capital cuenta con una población mayor a 10 millones de habitantes y conforma el gran continuo urbano que incluye 17 municipios del estado de México; registrando una población total aproximada de más de 18 millones de habitantes, asentados en una superficie de 1,250 km², lo que la caracteriza como una de las concentraciones demográficas más grandes del mundo. Esto ha originado diversidad de problemas, ahora bien, cuando consideramos que debemos satisfacer las grandes y variadas necesidades que demanda la creciente población, el transporte es un servicio que destaca en forma predominante.

Los problemas de vialidad en el centro de la ciudad se han tornado cada día más graves, debido al uso excesivo de vehículos particulares y a la confluencia en él de rutas de transporte colectivo que han proliferado con el tiempo.

Uno de los principales problemas es la movilización masiva de pasajeros, así como el problema que se enfrenta en la actualidad y que afecta en forma directa a todos los que vivimos dentro de esta gran ciudad que es la contaminación atmosférica, ocasionada principalmente, por industrias y por vehículos de combustión interna.

Para atender estas demandas la ciudad cuenta con autobuses, trolebuses, tranvías y taxis colectivos. No obstante, el servicio es deficitario, debido a que un porcentaje de vehículos de servicio público de transporte no trabajan por estar en reparación y a que faltan unidades para adecuar la oferta a la demanda, de este servicio de transporte.

Como una de las soluciones al problema del transporte urbano, el 19 de junio de 1967 se dió inicio a las obras del metro. La creación del Sistema de Transporte Colectivo Metro, sin duda alguna marca en la historia de la ciudad y del transporte, un hecho trascendente y modernizador, y paralelamente conforma una alternativa de solución al problema de movilizar a la gente así como una de las acciones de la estrategia para combatir la contaminación atmosférica del área metropolitana de la ciudad de México dando prioridad al transporte colectivo sobre el individual y al transporte eléctrico sobre el de combustión interna, por ello se ha considerado la expansión continua de la red del Metro como un sistema de transporte masivo no contaminante.

La independencia de circulación de este modo de transporte con respecto a los otros, su velocidad y capacidad de transportación lo han hecho el medio más aceptable por la inmensa mayoría de la población. Se puede decir que es el medio de transporte más democratizado, puesto que lo usan indistintamente las personas de los diferentes estratos socio-económicos.

Pero es evidente que un sólo modo de transporte no sea capaz de atender la demanda total y es preciso que se estructure en forma eficiente el Plan Rector de Vialidad y Transporte el cual contempla:

- 1.- Plan Maestro del Metro
- 2.- Plan de Vialidad
- 3.- Plan de Transporte Superficial
- 4.- Plan de Estacionamiento

Y que en conjunto darian la solución real a la movilización de personas en el AMCM.

1.2 Concepción del Plan Maestro del Metro

Durante la primera mitad de los años sesenta, se relizaron estudios con el propósito de construir un sistema de transporte de alta capacidad, preferentemente subterráneo. Sin embargo, la tecnología existente para proyectar y efectuar este tipo de construcciones, teniendo en cuenta la calidad y condiciones del subsuelo de la ciudad, no garantizaba plenamente la factibilidad de la obra. Por otra parte el desarrollo de la tecnología y de la ingeniería civil nacionales, y la opinión favorable de extranjeros, influyeron decisivamente en la determinación de proyectar, construir y operar un Metro en la ciudad de México.

El Plan Maestro del Metro como parte del plan rector de vialidad y transporte, elaborado por el Departamento del Distrito Federal, viene a constituir lo que se ha llamado la columna vertebral del sistema de transporte colectivo en la ciudad de México.

Fue en 1965 cuando el presidente Díaz Ordaz tomó la decisión de construir el Metro de la ciudad de México, partiendo de estudios iniciados en 1958; se analizaron los problemas técnicos, económicos y financieros apoyados en una investigación colectiva de otras tantas ciudades, para conocer sus orígenes, desarrollo y experiencias acumuladas con objeto de definir lo más conveniente para el Distrito Federal, adaptándolas a sus características propias.

Después de analizar 30 alternativas de trazo propuestas, se seleccionó una que cubriera las necesidades más urgentes de transporte colectivo y solucionara al mismo tiempo los problemas de congestamiento del primer cuadro de la zona central de la ciudad. Se contruyeron 2 líneas básicas y un tramo de una tercera línea. La construcción fue mixta, combinando vías de tipo superficial y subterráneo. Se pusieron en servicio en los años 1969 y 1970.

Se inauguró la línea 1 el 5 de septiembre de 1967 contando con 12.67 km, de la estación Zaragoza a la de Chapultepec. Para fines de 1970, la extensión de la red alcanzo una longitud de 39.7 km equipada con 56 trenes de 9 carros, adquiridos en Francia.

Este auge constructivo se interrumpió en 1970 y durante seis años no se construyeron nuevas líneas. Sin embargo, en 1977 el gobierno del Distrito Federal decidió iniciar la ampliación del Metro. De inmediato se iniciaron las obras de ampliación, en la línea 3, se concluyó en agosto de 1978 el tramo la Raza-Tlatelolco, con una extensión de 1.5 km adicionales de la línea 3, correspondientes al tramo Hospital General-Zapata; en 1981 y 1982, se concluyeron 6.51 km de la línea 5, en 1983, se terminó la construcción y se inauguraron 6.53 km de la línea 3 de Zapata a Universidad, así como 9.7 km más de la línea 6. Las obras de ampliación del Metro continuaron desarrollándose en las líneas 1 y 2, correspondientes a los tramos Zaragoza-Pantitlán y Tacuba-Cuatro Caminos, con extensión respectivamente de 1.65 km y 5.45 km, que se pusieron en servicio en 1984; además, entre este año y 1985, se incorporó al servicio la línea 7 con una longitud de 13.19 km, de Barranca del Muerto a Tacuba. En agosto de 1987; con una longitud de 115 km, se inauguró el tramo Pantitlán-Centro Médico de la línea 9 y, con ello la red del Metro en operación aumentó hasta 131.5 km. En 1988 se finalizó el tramo de la línea 9 entre Centro Médico y Tacubaya, de la prolongación de de la línea 7 norte, de Tacuba al Rosario, con una extensión conjunta de 9.5 km. Posteriormente se construyeron la línea A que va de Pantitlán a La Paz y la más reciente que es la línea 8 con terminales Garibaldi-Constitución de 1917.

El primer Plan Maestro del Metro se llevó a cabo en 1980 y en 1982 se realizó su primera revisión. El Programa Maestro del Metro en su presente versión, es una herramienta de planeación sectorial basada en actividades tales como: el diseño de una metodología; el empleo de modelos matemáticos que ayudarán a definir corredores de alta movilidad y el apoyo en la encuesta origen-destino que se levantó en 1983.

El Programa Maestro del Metro, se refiere a la expansión urbana. Es lógico que conforme crece la ciudad, la red de transporte urbano resulte cada vez más amplia. Por ello será necesario hacer un análisis del proceso histórico de la urbanización y sus perspectivas a largo y mediano plazos. A través de él se visualizará un panorama del área urbana que sirva de contexto a las acciones de transporte masivo.

Este Programa; para ser válido debe contar con revisiones periódicas que permitan tenerlo actualizado, ya que como herramienta de planeación debe de proporcionar la información necesaria para la toma de decisiones en la ampliación del sistema y su articulación con otros sistemas de transporte, tanto del Distrito Federal, como de los municipios conurbados del estado de México; siendo además el punto de partida para cualquier proyecto de la línea del Metro.

En forma general es importante definir en que consiste el objetivo central del Programa Maestro del Metro. El cual tiene como contexto principal que el crecimiento de la red del Metro cubra en el futuro la posibilidad de trasladarse en él prácticamente a cualquier punto de la ciudad.

A continuación se resume la evolución de las acciones gubernamentales para el desarrollo del Metro.

F E C H A	ACCION GUBERNAMENTAL
OCTUBRE DE 1966	SE CONSTITUYO EL COMITE CONSULTIVO DEL TRANSPORTE, PARA ESTUDIAR ASPECTOS DE VIALIDAD, PROYECTO Y ANALISIS ESTADISTICOS EN LA SOLUCION DEL TRANSPORTE
ABRIL DE 1967	SE CREA EL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO (S.T.C.) PARA CONSTRUIR Y OPERAR UN TREN RAPIDO CON RECORRIDO SUBTERRANEO Y SUPERFICIAL PARA EL DISTRITO FEDERAL
SEPTIEMBRE DE 1977	SE CREA LA COMISION TECNICA EJECUTIVA (COTBME) PARA CONSTRUIR LA AMPLIACION DEL METRO
ENERO DE 1978	SE CREA LA COMISION DE VIALIDAD Y TRANSPORTE URBANO DEL D.F. (COVITUR). PARA PROYECTAR, PROGRAMAR, CONSTRUIR, CONTROLAR Y SUPERVISAR LAS OBRAS DE AMPLIACION, ASI COMO ADQUIRIR LOS EQUIPOS NECESARIOS Y ENTREGAR LAS INSTALACIONES AL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO (METRO) PARA SU OPERACION Y MANTENIMIENTO
1982	PLAN RECTOR DE VIALIDAD Y TRANSPORTE DEL D.F.
1983	ENCUESTA DE ORIGEN Y DESTINO
1985	PROGRAMA MAESTRO DEL METRO
1995	SE CREA LA SECRETARIA DE TRANSPORTE Y VIALIDAD
1996	ACTUALIZACION PROGRAMA MAESTRO

La revisión que se llevó a cabo en 1996 del Programa Maestro del Metro indica que para el año 2020, la red debe contar con 27 líneas de Metro clásico y Tren ligero cuya longitud es del orden de 500 km; a la fecha se tienen en operación 178 km y en construcción 23 km, hace falta para éste período del orden de 300 km, distribuidos de la siguiente manera:

LONGITUD (km)	PROPORCION (%)	TIPO DE SOLUCION
20	6.5	TUNEL PROFUNDO
115	38.0	SUBTERRANEA PROFUNDA
115	38.0	SUPERFICIAL
50	16.5	ELEVADA

A continuación se muestra un diagrama de flujo que indica la selección del tipo de línea.

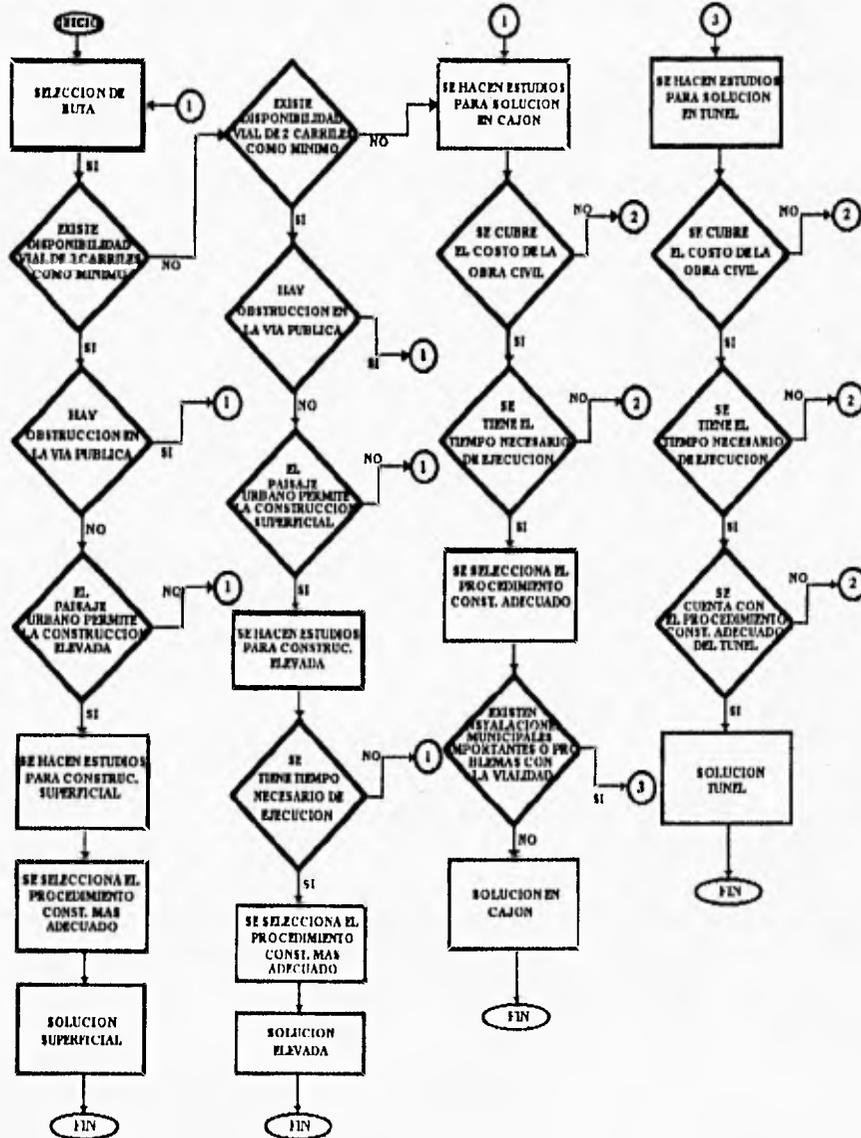


Diagrama de flujo para la selección del tipo de línea

Por último podemos mencionar que el Gobierno del Distrito Federal ha desplegado una firme e intensa actividad para la integración progresiva y rápida de la red del Metro con los modos de transporte colectivo de menor capacidad. Ahora bien, los sistemas de capacidad intermedia, como son: el tren ligero, el autobús articulado en carril exclusivo y el trolebús articulado en carril exclusivo, son capaces de satisfacer demandas de 10,000 hasta 35,000 pasajeros por hora/sentido, y serán apoyo fundamental de la red del Metro.

I.3 Situación actual del Sistema de Transporte Colectivo Metro

Desde 1967 a la fecha, la ciudad ha construido una red cuyas características son las siguientes:

Líneas de Metro:	10
Longitud total:	178 km
Estaciones:	154
Solución subterránea:	114 km
Solución elevada:	14 km
Solución superficial:	50 km

Hasta la fecha, las opciones de proyecto que se han desarrollado para las obras civiles del Metro de la ciudad de México, se han clasificado de la siguiente manera:

- Solución superficial
- Solución elevada en puente
- Solución subterránea superficial, que son cajones alojados normalmente a 2 m de la superficie
- Solución subterránea profunda, que son túneles cuyo techo mínimo es del orden de 1.2 veces el diámetro del túnel.

En la actualidad y de acuerdo a lo descrito anteriormente podemos decir que la planeación del Metro ha contribuido a racionalizar el transporte público, reduciendo los tiempos de recorrido al lograr mayores velocidades, menor desgaste del equipo, ahorro de energéticos y contención de la contaminación.

El proyecto de las líneas del Metro en la ciudad ha mejorado la vialidad, logrando ventajas constructivas y económicas al proyectar y construir en forma paralela vialidades rápidas como la calzada de Tlalpan, av. Chapultepec, Insurgentes Norte, Francisco del Paso y Troncoso, Río Consulado hoy Circuito Interior, entre otras, en las cuales los cruces se resolvieron mediante pasos y entronques a desnivel, que agilizaron la circulación del transporte de superficie.

Las tablas I.1, I.2, I.3 que a continuación se presentan muestran en forma sintetizada, las características más relevantes de las líneas del Metro en su situación actual. La tabla I.4 presenta las características de la línea B en construcción y en la I.5 se resumen las líneas según su uso.

Las presentes tablas se elaboraron para presentar las características más relevantes de las líneas existentes del sistema colectivo Metro.

LINEA	TRAMO	LONGITUD TOTAL (km)	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO		TIPO DE ESTACION	
			SOLUCION	LONGITUD (km)	ESTACIONES	INTERSECCIONES
1	PANTITLAN-OBSERVATORIO	18.825	SUPERFICIAL	0.922	2 TERMINAL	OBSERVATORIO PANTITLAN L-5,L-9 Y L-A BALDERAS L-3 SALTO DEL AGUA L-8 PINO SUAREZ L-2 CANDELARIA L-4 TACUBAYA L-9 Y L-7
			SUBTERRANEO	17.903	5 CORRESPONDENCIA	
2	TAXQUEÑA-CUATRO CAMINOS	23.430	SUPERFICIAL	10.766	2 TERMINAL	TAXQUEÑA CUATRO CAMINOS CHABACANO L-8 Y L-9 PINO SUAREZ L-1 BELLAS ARTES L-8 HIDALGO L-3 TACUBA L-7
			SUBTERRANEO	12.664	5 CORRESPONDENCIA	
3	INDIOS VERDES-UNIVERSIDAD	23.609	SUPERFICIAL	5.395	2 TERMINAL	UNIVERSIDAD INDIOS VERDES CENTRO MEDICO L-9 BALDERAS L-1 HIDALGO L-2 LA RAZA L-5 BASILICA L-6
			SUBTERRANEO	18.214	5 CORRESPONDENCIA	

TABLA LI

Las presentes tablas se elaboraron para presentar las características más relevantes de las líneas existentes del sistema colectivo Metro.

LINEA	TRAMO	LONGITUD TOTAL (km)	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO		TIPO DE ESTACION	
			SOLUCION	LONGITUD (km)	ESTACIONES	INTERSECCIONES
1	PANTITLAN-OBSERVATORIO	18.825	SUPERFICIAL	0.922	2 TERMINAL	OBSERVATORIO PANTITLAN L-5, L-9 Y L-A
			SUBTERRANEO	17.903	5 CORRESPONDENCIA	BALDERAS L-3 SALTO DEL AGUA L-8 PINO SUAREZ L-2 CANDELARIA L-4 TACUBAYA L-9 Y L-7
					13 DE PASO	
2	TAXQUEÑA-CUATRO CAMINOS	23.430	SUPERFICIAL	10.766	2 TERMINAL	TAXQUEÑA CUATRO CAMINOS
			SUBTERRANEO	12.664	5 CORRESPONDENCIA	CHABACANO L-8 Y L-9 PINO SUAREZ L-1 BELLAS ARTES L-8 HIDALGO L-3 TACUBA L-7
					17 PASO	
3	INDIOS VERDES-UNIVERSIDAD	23.609	SUPERFICIAL	5.395	2 TERMINAL	UNIVERSIDAD INDIOS VERDES
			SUBTERRANEO	18.214	5 CORRESPONDENCIA	CENTRO MEDICO L-9 BALDERAS L-1 HIDALGO L-2 LA RAZA L-5 BASILICA L-6
					14 DE PASO	

TABLA L1

LINEA	TRAMO	LONGITUD TOTAL (km)	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO		TIPO DE ESTACION	
			SOLUCION	LONGITUD (km)	ESTACIONES	INTERSECCIONES
4	MARTIN CARRERA-SANTA ANITA	10.747	SUPERFICIAL	1.194	2 TERMINAL	MARTIN CARRERA L-6 SANTA ANITA L-8 CONSULADO L-5 CANDELARIA L-1 JAMAICA L-9
			ELEVADO	9.553	3 CORRESPONDENCIA 5 DE PASO	
5	PANTITLAN-POLITECNICO	15.675	SUPERFICIAL	7.833	2 TERMINAL	PANTITLAN L-1, L-9 Y L-A POLITECNICO CONSULADO L-4 LA RAZA L-3 I. DEL PETROLEO L-6
			SUBTERRANEO	7.842	3 CORRESPONDENCIA 8 DE PASO	
6	EL ROSARIO-MARTIN CARRERA	13.948	SUPERFICIAL	1.903	2 TERMINAL	EL ROSARIO L-7 MARTIN CARRERA L-4 I. DEL PETROLEO L-5 BASILICA L-3
			SUBTERRANEO	12.045	2 CORRESPONDENCIA 7 DE PASO	
7	EL ROSARIO-BARRANCA DEL MUERTO	18.784	SUPERFICIAL	1.031	2 TERMINAL	EL ROSARIO L-6 BARRANCA DEL MUERTO TACUBA L-2 TACUBAYA L-1 Y L-9
			SUBTERRANEO	17.753	2 CORRESPONDENCIA 10 PASO	

TABLA L2

LINEA	TRAMO	LONGITUD TOTAL (km)	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO		TIPO DE ESTACION	
			SOLUCION	LONGITUD (km)	ESTACIONES	INTERSECCIONES
8	GARIBALDI-CONSTITUCION 1917	20.069	SUPERFICIAL	5.442	2 TERMINAL	CONSTITUCION 1917 GARIBALDI L-2 SANTA ANITA L-4 CHABACANO L-9 SALTO DEL AGUA L-1 BELLAS ARTES L-2
			SUBTERRANEO	14.627	4 CORRESPONDENCIA	
					13 DE PASO	
9	PANTITLAN-TACUBAYA	15.375	SUPERFICIAL	0.675	2 TERMINAL	TACUBAYA L-1, L-7 PANTITLAN L-1, L-5 Y L-A CENTRO MEDICO L-3 CHABACANO L-2, L-8 JAMAICA L-4
			SUBTERRANEO	9.831	3 CORRESPONDENCIA	
			ELEVADO	4.869	7 DE PASO	
A	PANTITLAN-LA PAZ	17.142	SUPERFICIAL	14.472	2 TERMINAL	LA PAZ PANTITLAN L-1, L-5 Y L-9
			SUBTERRANEO	2.67	8 DE PASO	

TABLA 13

SUBTOTAL

177.604

SUPERFICIAL
SUBTERRANEO
ELEVADO

49.633
113.549
14.422
177.604

20 TERMINALES
32 CORRESPONDENCIA
102 DE PASO
154 ESTACIONES

LINEA	TRAMO	LONGITUD TOTAL (km)	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO		TIPO DE ESTACION	
			SOLUCION	LONGITUD (km)	ESTACIONES	INTERSECCIONES
B	BUENAVISTA-CIUDAD AZTECA	23.721	SUPERFICIAL	13.337	2 TERMINAL	CIUDAD AZTECA BUENAVISTA L-1,L-3,L-4,L-5,Y L-8
			SUBTERRANEO	5.923	5 CORRESPONDENCIA	
			ELEVADO	4.461	14 DE PASO	

TABLA L4

TIPO DE LINEAS	TOTAL (km)
LINEAS EN OPERACION	177.604
LINEAS DE ENLACE	6.290
SUMA	183.894
LINEA B EN CONSTRUCCION	23.721

TABLA L5

En las tablas anteriores se indican los procesos constructivos que se han utilizado para dar solución a las diferentes líneas, al respecto, de manera general el comportamiento que se ha observado de estas soluciones se podría comentar lo siguiente: (de las más representativas)

La solución superficial que se concibió sobre la calzada de Tlalpan, durante la primera etapa del Metro, se ha observado no del todo satisfactorio; los hundimientos diferenciales que se han presentado ocasionaron problemas en la operación, de tal manera que las renivelaciones de la vía han sido continuas.

Por otra parte, la solución superficial, a base de un cajón con losa de concreto y muros laterales con una rigidez suficiente que no se vea influenciada por los hundimientos diferenciales, ha observado un comportamiento satisfactorio en las líneas 3, 5 y "A".

La solución subterránea superficial (cajones), a mediano plazo a observado un comportamiento satisfactorio, sin embargo en el largo plazo (15 años), existen algunos tramos que presentan emersiones que llegan hacer hasta de 1 m y que inducen cierta problemática al funcionamiento de la ciudad en la superficie.

La solución elevada ha tenido un comportamiento estable.

Incuestionablemente, puede afirmarse que han sido muy importantes los beneficios logrados con la construcción de las líneas; no obstante el crecimiento de la red del Metro, la gran aceptación que ha tenido y el constante incremento de la demanda del servicio ha generado insuficiencia de capacidad, ya que la captación de pasajeros ha crecido a un ritmo promedio sostenido de 17.5% anual.

Por otra parte la afluencia de usuarios en las líneas es de tal magnitud, que la administración del Sistema de Transporte Colectivo ha tenido que implantar medidas de seguridad, consistentes en maniobras de control, dosificación y separación de pasajeros, que se lleva a cabo en horarios especiales y con procedimientos apropiados a la problemática de cada línea y cada estación.

***II. PROYECTO DEL
METROPOLITANO LINEA B***

II. PROYECTO DEL METROPOLITANO LINEA B

Los aspectos que a continuación trataremos son todos aquellos que contemplan las características más importantes de la línea, tomando en cuenta la fase en construcción como de planeación.

Básicamente nuestra descripción se dirige en conocer la participación del Metropolitano Línea B como parte integral del sistema colectivo Metro.

El Programa Maestro del Metro, dado a conocer en 1985 contemplaba en el desarrollo del Metro, la creación de varias líneas que de acuerdo a sus pronósticos corresponden a las expectativas de crecimiento tanto de expansión como de población concentrada, dado que el Programa tiene la finalidad de satisfacer las necesidades de movilización de personas y está en función de los parámetros antes mencionados, se tuvieron que hacer algunos cambios de acuerdo al proyecto que contemplaba el trazo preliminar que se tenía planeado. Entre los cuales se decidió para la línea 10 en proyecto, cambiar en una parte como se tenía contemplado su trazo, y este correspondería a que la línea corriera hacia el estado México, por tal razón se llama Metropolitano Línea B del Sistema de Transporte Colectivo, que en su primera etapa irá de Buenavista a Ciudad Azteca.

II.1 Justificación del trazo

El Metropolitano Línea B por su trazo permitirá la comunicación entre las zonas nororiente y poniente del AMCM, dando cobertura a la parte norte del Centro Histórico, que es uno de los puntos de mayor atracción de viajes de la ciudad.

En su primera etapa permitirá ampliar la cobertura del sistema proporcionando este servicio a los municipios de Ecatepec y Nezahualcóyotl en el estado de México, con 4 delegaciones del Distrito Federal. Lo anterior, acentúa el carácter Metropolitano de esta línea permitiendo a su vez una importante captación en punta en la estación Ciudad Azteca.

El proyecto del Metropolitano Línea B, se ubica al poniente - centro de la ciudad y nororiente del área metropolitana, tiene su origen en la zona de Lomas Hipódromo con dirección poniente - oriente, para proseguir en sentido norte hacia San Juan de Aragón y terminar en la Ciudad Azteca, municipio de Ecatepec en el estado de México; cruza por las delegaciones: Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc, Venustiano Carranza, Gustavo A. Madero del Distrito Federal, y los municipios de Nezahualcóyotl y Ecatepec del estado de México, desplazándose por vialidades importantes tales como: el boulevard Miguel de Cervantes Saavedra, Prolongación Moliere, Lago Ginebra, Plan de Guadalupe, Laguna del Carmen, Eje 1 Norte, las avenidas: Eduardo Molina, Astilleros, Oceania y 608 en el Distrito Federal así como la avenida Central en el estado de México.

El Metropolitano Línea B tendrá una longitud de 23.72 km en el Distrito Federal y de 9.50 km en el estado de México. Inicia al norponiente del Centro Histórico de la ciudad en el Eje 1 norte (Jose Antonio Alzate) para continuar en dirección oriente por el mismo Eje cruzando la estación de Ferrocarriles Nacionales Buenavista, la colonia Guerrero, la glorieta de José de San Martín y las zonas comerciales de la Lagunilla y Tepito. Posteriormente en el Eje 1 Oriente la línea presenta una deflexión hacia el sur oriente hasta encontrar la avenida Eduardo Molina y continuar en dirección nororiente por la av. Astilleros, atraviesa la avenida Gran Canal para proseguir por las avenidas Oceanía y 608 en San Juan de Aragón. A la altura de la planta industrializadora de desechos sólidos, el Metropolitano Línea B continúa su trazo en dirección franca hacia el oriente, hasta los límites con el estado de México donde prosigue en sentido norte por la av. Central, cruza este proyecto vialidades importantes como las avenidas: de las Torres, Valle de las Zapatas, Nezahualcóyotl, Gobernador A. del Mazo y Santa Teresa. El Metropolitano Línea B, continúa sobre la misma avenida Central hasta la calle boulevard de los Aztecas donde finaliza el trazo de la línea.

En la página siguiente se muestra un plano del Metropolitano Línea B (vista en planta, figura I.1).

II.2 Estaciones

En su primera etapa, contará con 21 estaciones, de las cuales 13 se construirán en el Distrito Federal y 8 en el estado de México.

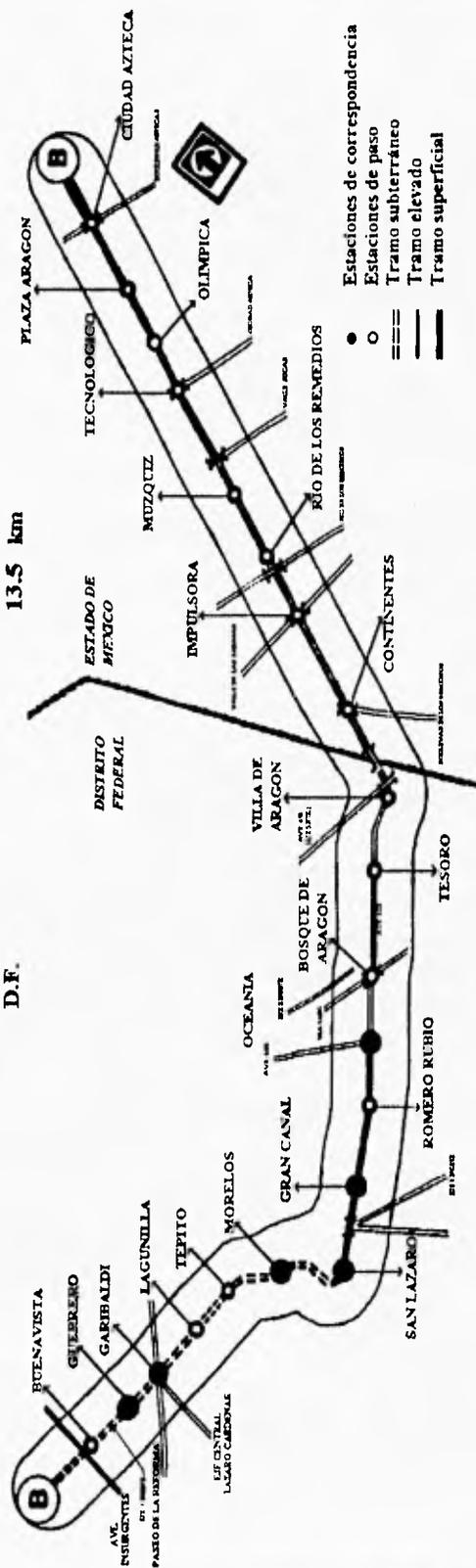
A futuro el Metropolitano línea B, conectará con nueve de las quince líneas que conforman la red del Metro. En su primera etapa contará con 5 estaciones de correspondencia, San Lázaro (línea 1), Guerrero (línea 3), Garibaldi (línea 8), Morelos (línea 4) y Oceanía (línea 5), lo que permitirá mayores opciones de traslado para el usuario desde su puesta en operación y a su vez incrementará y mejorará la distribución de la demanda de usuarios del sistema.

A continuación se mencionan las características de las estaciones así como su localización.

Buenavista Estación terminal provisional, futura correspondencia con la línea 15, ubicada en el cruce del Eje 1 Norte entre Insurgentes y J.N. Rossains frente a la estación de Ferrocarriles Buenavista con correspondencia a futuro con ésta, su solución es subterránea.

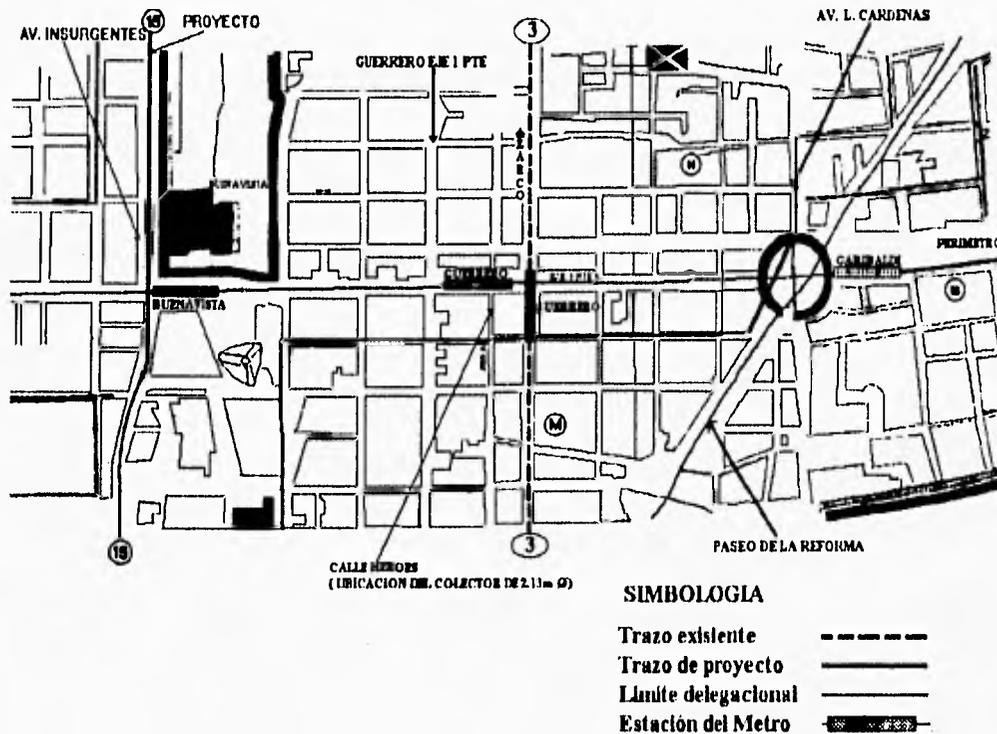
La estación que a continuación se describe, corresponde al análisis del proceso constructivo descrito en esta tesis. En la figura I.2 se muestra un croquis de localización de la estación así como su intersección con la línea 3.

Longitud de servicio	20.277 km
Subterráneo	5.924 km
Elevado	4.460 km
Superficial	13.337 km
Total	23.721 km
Edo. Mex.	10.2 km
D.F.	13.5 km



TRAZO EN PLANTA DEL METROPOLITANO LINEA B
 FIGURA I.1

Guerrero Estación de correspondencia con la línea 3, localizada en el Eje 1 Norte y Héroes. Su solución es subterránea.



CROQUIS DE LOCALIZACION DE LA ESTACION GUERRERO
Figura 1.2

Garibaldi Estación de correspondencia con la línea 8, ubicada en Eje 1 Norte Reforma y Allende, en solución subterránea.

Lagunilla Estación de paso, que se localiza sobre el Eje 1 Norte entre República de Brasil y Jesús Carranza en solución tipo subterránea.

Tepito Estación de paso, se ubica entre Manuel Doblado y la av. del Trabajo, en solución de tipo subterránea.

Morelos	Estación de correspondencia con la línea 4, localizada sobre el Eje 1 Norte entre Peña y Miguel Domínguez, solución de tipo subterránea.
San Lázaro	Estación de correspondencia con línea 1, ubicada al norte de la terminal de autobuses de pasajeros de oriente (TAPO) en solución elevada.
Gran Canal	Estación de futura correspondencia con la línea 14, se localiza sobre av. del Peñon entre Vidriería y Refinería, solución de tipo elevada.
Romero Rubio	Estación de paso, ubicada sobre av. Africa entre Guinea y Japón en solución elevada.
Oceanía	Estación de correspondencia con línea 5 se ubica en la intersección de la av. Oceanía y el Circuito Interior en solución elevada.
Tesoro	Estación de paso sobre av. 608 en el cruce con calle 613, frente al bosque de Aragón, solución superficial.
Villa de Aragón	Estación de correspondencia a futuro con la línea 6 que se localiza sobre av. 608, entre av. 601 y Eje 5 Norte, frente a la planta industrializadora de desechos sólidos, solución superficial.
Continentes	Estación de paso, ubicada sobre av. Central y el cruce con boulevard B. de los Continentes, solución superficial.
Impulsora	Estación de paso, que se ubica sobre av. Central y el cruce con av. Valle de las Zapatas.
Rio de los Remedios	Estación de paso sobre av. Central entre Valle de Cazonos y Valle de Conchos, solución superficial.
Muzquiz	Estación de paso sobre av. Central en el cruce con Valle del Guadiana, solución superficial.
Tecnológico	Estación de paso sobre av. Central entre av. Jacarandas y av. Ciudad Azteca, frente al tecnológico de Ecatepec, en solución superficial.
Olimpica	Estación de paso sobre av. Central en el cruce con av. Valle del Júcar, solución superficial.
Plaza Aragón	Estación de paso sobre la av. Central en el cruce con Valle de Sagitario, solución superficial.
Ciudad Azteca	Estación Terminal definitiva ubicada sobre av. Central entre boulevard de los Guerreros y boulevard de los Aztecas, en solución superficial.

II.3 Beneficios directos

Con la construcción de la línea B, se obtendrán los siguientes beneficios:

- 23.72 km más de transporte masivo con una capacidad máxima de 60,000 pasajeros/hora/sentido.
- Se atenderán diariamente 550,000 viajes, enlazando el estado de México con el Distrito Federal.
- Apoyó el programa de desaliento al uso de automóvil.
- Reestructuración del transporte en la zona.
- La comunidad ahorrará diariamente miles de horas hombre.
- Situación diaria de 550,000 viajes en otros modos de transporte, reduciendo con ello la contaminación vehicular en el medio ambiente en aproximadamente 50 toneladas de contaminantes al día.
- Disminución de congestionamientos de tránsito y mejoras en la velocidad en las vialidades por donde pasa el Metro.
- Acceso directo a la red a 21 colonias y 3 delegaciones del Distrito Federal, y a 19 colonias y 2 municipios conurbados del estado de México.
- Mayor oferta de transporte masivo para todos los habitantes del área metropolitana de la ciudad de México.

Para proporcionar un adecuado intercambio de modos de transporte, en la estación Buenavista se hará la infraestructura necesaria para facilitar el intercambio de usuarios entre la red de ferrocarriles y la del Metro.

En el distribuidor Bosques de Aragón se habilitarán paraderos de microbuses y autobuses para proporcionar el intercambio de modos de transporte. Por otro lado se construirá un paradero con capacidad necesaria para captar el transporte de superficie, frente a la planta industrializadora de desechos sólidos de San Juan de Aragón.

A lo largo de la av. Central y al norte de la av. 608, se dispondrán bahías en los puentes vehiculares para captar la alimentación transversal del transporte de superficie. Asimismo en la terminal Ciudad Azteca se construirá un paradero de gran capacidad para la captación en puente de transporte proveniente de las áreas conurbadas al norte y norponiente de la estación.

II.4 Capacidad del sistema

Al iniciar su operación la línea B tendrá una capacidad inicial de transporte de 32,500 pasajeros- hora-sentido; en la medida que la demanda así lo justifique, se podrá incrementar el número de trenes y en consecuencia la capacidad del sistema hasta 600,000 pasajeros al día.

A continuación se presenta el resumen de las características principales del Metropolitano Línea B.

RESUMEN DE DATOS TECNICOS	
LONGITUD	23.72 km (14.22 km EN EL D.F. Y 9.50 km EN EL ESTADO DE MEXICO)
ESTACIONES	1 TERMINAL DEFINITIVA: CD.AZTECA 1 TERMINAL PROVISIONAL: BUENAVISTA 5 ESTACIONES DE CORRESPONDENCIA 14 ESTACIONES DE PASO
INTERESTACIONES	1021 m (PROMEDIO)
NUMERO DE VIAJES INICIAL	32,500 PASAJEROS-HORA-SENTIDO
NUMERO DE VIAJES TOTAL ESPERADO	600,000 PASAJEROS-DIA
MATERIAL RODANTE	NEUMATICO TERCER RIEL
CAPACIDAD	1,500 PERSONAS (TREN DE 9 CARROS)
VELOCIDAD MAXIMA	75 kph
VELOCIDAD COMERCIAL	37 kph
INTERVALO	90 seg
FECHA PUESTA EN SERVICIO	2º SEMESTRE DE 1997

II.5 Obra civil

El procedimiento constructivo se llevará a cabo en tres tipos de solución:

Subterránea. En una longitud de 5.92 km a partir del extremo poniente de la línea en el Eje 1 Norte (José Antonio Alzate) y la calle Nogal; continúa en esta solución a lo largo del mismo Eje hasta la avenida Eduardo Molina donde se realizará la transición del subterráneo a elevado.

Elevada. En una longitud de 4.45 km prosigue la línea en solución elevada, desde el portal de salida en la incorporación Eduardo Molina para continuar por la avenida Astilleros y Oceanía, cruza el gran canal y posteriormente hace correspondencia con la estación Oceanía de la línea 5 para proseguir en solución superficial.

Superficial. A partir de la avenida Tahel sobre las avenidas 608 y Central, en el estado de México, tomando en consideración la economía de la obra, en el contexto urbano y los anchos efectivos de calzada; la línea se construye en 13.33 km en solución superficial permitiendo el paso a peatones y vehículos a lo largo de su trazo, con puentes y pasos elevados, respectivamente.

Las razones que condujeron a determinar la solución y ejecución de obra civil básicamente fueron: la economía y el ancho de calzada, por tal motivo dadas las características del subsuelo se tomaron las distintas soluciones, en la página siguiente se muestra un plano con el perfil del Metropolitano Línea B, figura I.3, donde se pueden apreciar los diferentes tipos de solución.

Procedimientos constructivos

La solución "subterránea" se logra partiendo de la construcción de muros tablaestaca colados "in situ", los cuales sirven para contener el terreno natural mediante un sistema de apuntalamiento con troqueles metálicos durante la excavación entre ellos, misma que se efectúa a cielo abierto.

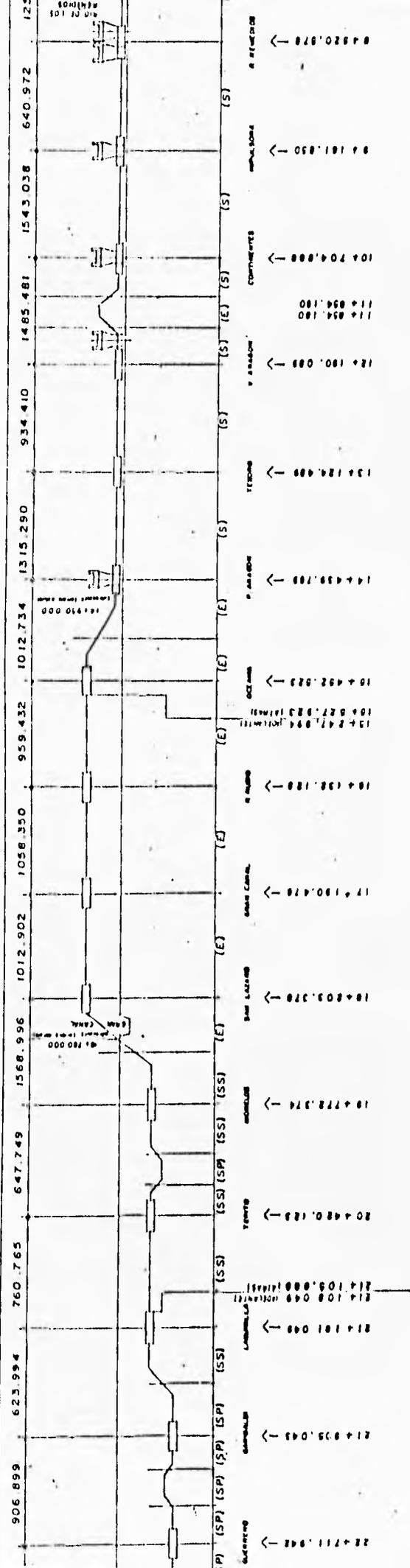
La estructuración del cajón que servirá de túnel es a base de losa de fondo, muros y losa de techo. Los muros tablaestaca pueden ser utilizados como parte integral del cajón, dependiendo de la profundidad del mismo y de las particulares del terreno.

El metro en solución elevada, está constituido por zapatas de concreto reforzado de sección cuadrada apoyada en grupos de pilotes que trabajan a fricción; dados y columnas de concreto reforzado que a su vez reciben las traveses portantes y portadas prefabricadas que conforman la sección del Metro.

La solución superficial consiste en una estructura de concreto hidráulico reforzado de sección rectangular integrada por una losa de fondo la cual se construye sobre una plantilla de concreto pobre y dos muros laterales que además sirven de confinamiento y de seguridad.

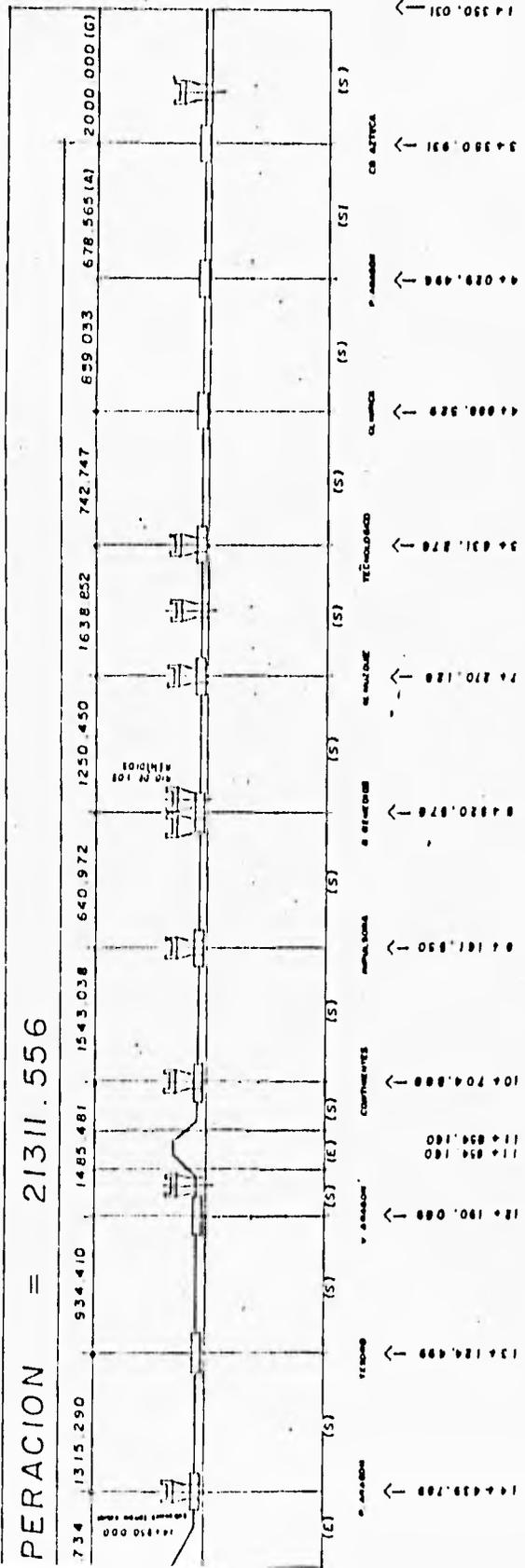
LONGITUD TOTAL = 23649.717

LONGITUD DE OPERACION = 21311.556

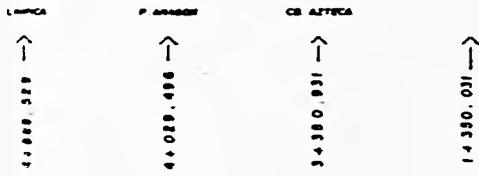
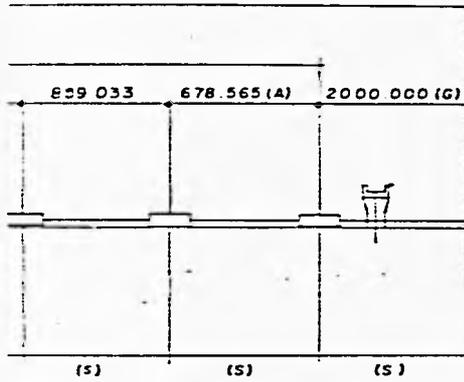


TOTAL = 23649.717

PERACION = 21311.556



S I M B O L O G I A
 (G) GRAFICA
 (A) TRAZO PRELIMINAR



S I M B O L O G Í A
 (G) GRAFICA
 (A) TRAZO PRELIMINAR

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

INGENIERIA CIVIL

TESIS PROFESIONAL

UN
AM

REPÚBLICA MEXICANA
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA Y ESPACIO
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA Y ESPACIO
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA Y ESPACIO

CERVANTES ROSALES HORACIO
 TORRES ORTIZ MIGUEL ANGEL
 FIGURA I.3

III. ESTUDIOS PREVIOS

III. ESTUDIOS PREVIOS

Como sabemos, una rama de la ingeniería que contempla todos aquellos elementos previos a un proyecto es la planeación, en este capítulo pretendemos esbozar en forma breve pero concisa los aspectos más importantes que determinan por un lado el proceso constructivo, y por otro los preliminares de la obra como lo son el trazo, nivelación y los análisis de viabilidad.

III.1 Aspectos geotécnicos

Como resultado de los programas de exploración geotécnica que continuamente está desarrollando el Departamento del Distrito Federal (D.D.F), a través de la secretaría general de obras, se desarrolló el manual de diseño geotécnico para el Sistema de Transporte Colectivo Metro, con el fin de resaltar la importancia que tiene este tema en los estudios que se realizan del subsuelo del valle de México.

A partir de estos estudios se concluyó con la zonificación del área metropolitana de la ciudad de México.

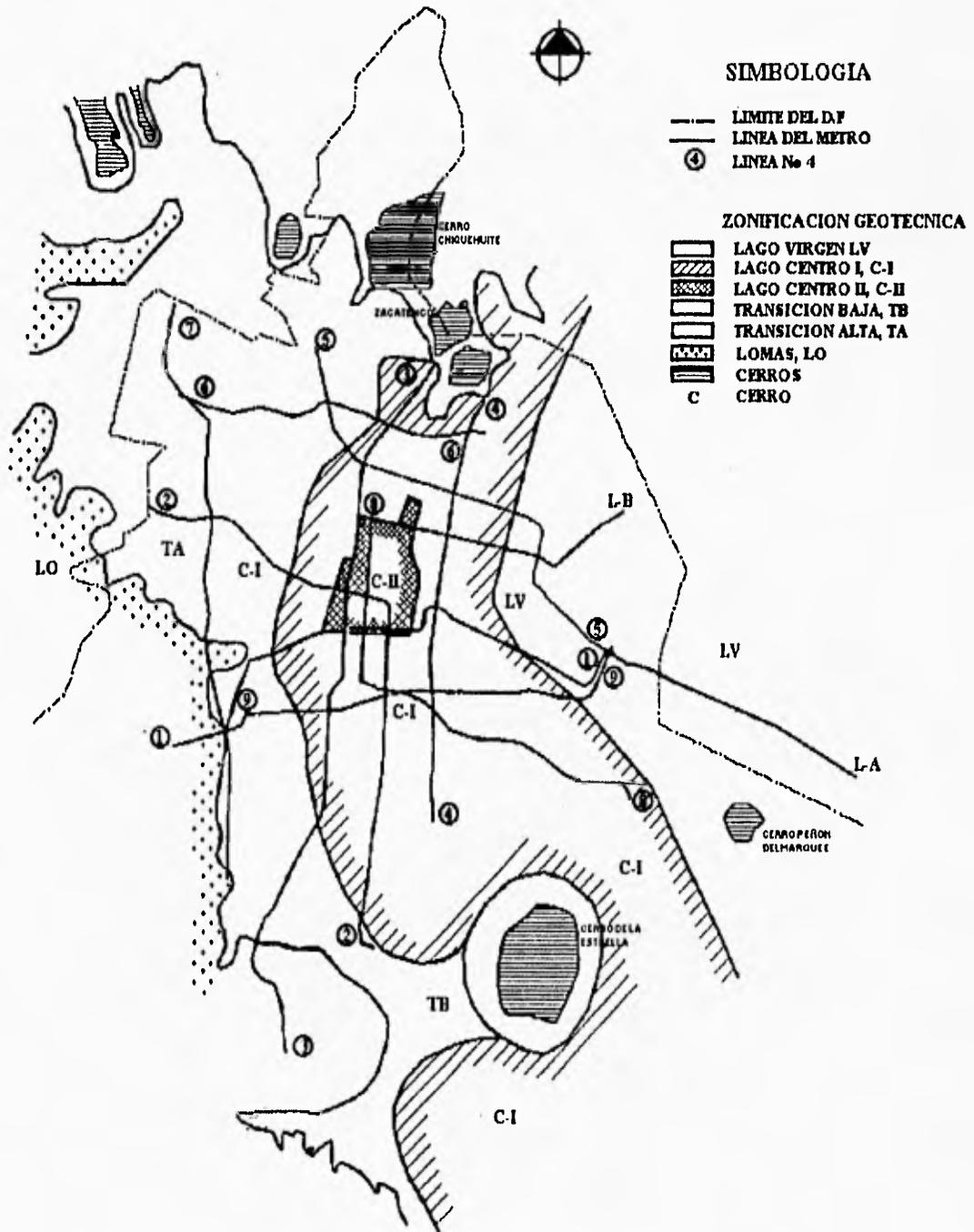
Zonificación

La zonificación del área urbana esta basada en las propiedades de compresibilidad y resistencia de los depósitos característicos de la cuenca: lacustres, aluviales y volcánicos; en la figura III.1 se presenta una zonificación actualizada que sigue los lineamientos presentados por Marsal y Masari en 1959. Dichas zonas son:

- Zona I.- De lomas
- Zona II.- De transición
- Zona III.- De lago (lago virgen, lago centro I y lago centro II)

Durante el estudio de una línea específica del Metro, esta zonificación debe consultarse para definir en forma preliminar los problemas geotécnicos que se pueden anticipar relacionados con el diseño y construcción de las estaciones y tramos intermedios. La zonificación se complementa con información estratigráfica típica, la cual permitirá las siguientes etapas de estudio:

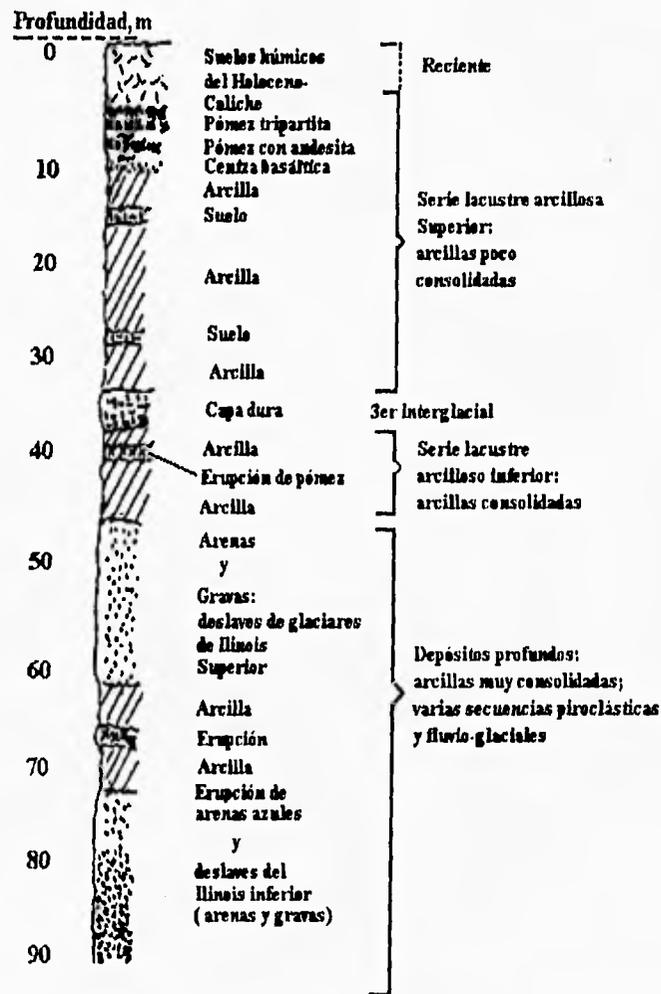
- Realizar un análisis preliminar de las condiciones de estabilidad y comportamiento de la estructura durante la construcción y funcionamiento de la línea, así podrán identificarse las alternativas de solución factibles a estudiar durante el diseño definitivo.
- Planear la campaña de exploración, identificando los sitios donde eventualmente puedan presentarse condiciones estratigráficas complejas.
- Establecer las técnicas de exploración y muestreo aplicables en cada tramo de la línea.



ZONIFICACION GEOTECNICA DEL D.F.
 Figura III.1

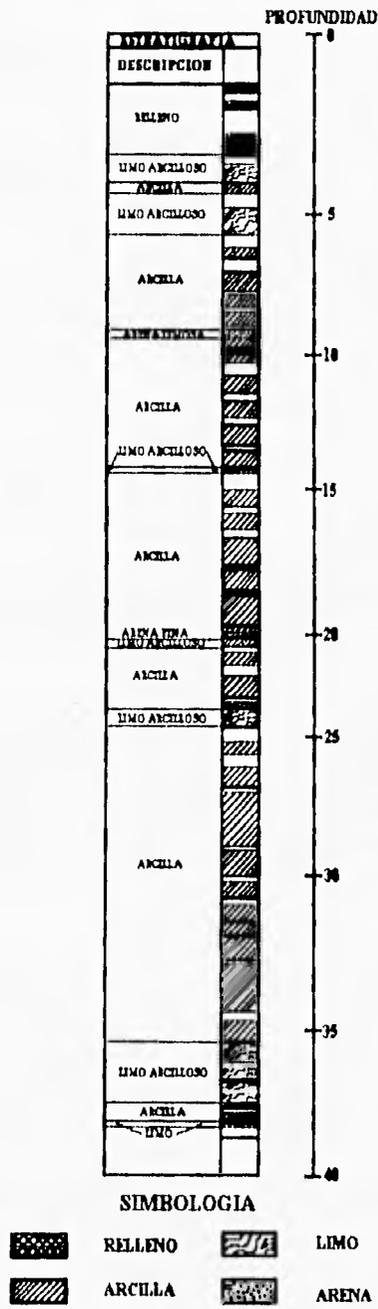
De esta manera, considerando la localización de la estación Guerrero del Metropolitano Línea B, cercana al centro de la ciudad, la podemos clasificar dentro de la zona III, (en la figura III.2 se presenta una estratigrafía de la zona del lago) lago centro II.

Esta subzona corresponde con la antigua traza de la ciudad, donde la historia de cargas aplicadas en la superficie a sido muy variable resultando con ello, arcillas fuertemente consolidadas por efectos de rellenos y grandes sobrecargas de construcciones coloniales, así como de arcillas muy blandas en los cruces de antiguos canales. Asimismo, el intenso bombeo para suministrar de agua a la ciudad se refleja en el aumento general de resistencia de los estratos de arcilla por los efectos de la consolidación inducida. En la figura III.3 se muestra una estratigrafía de la zona en cuestión.



ESTRATIGRAFIA DE LA ZONA DEL LAGO

Figura III.2



ESTRATIGRAFIA DEL LAGO II

Figura III.3

III.1.1 Análisis geotécnico que determinó el procedimiento constructivo de la estación

En este subcapítulo trataremos los aspectos más relevantes que determinaron el procedimiento constructivo, para llevar a cabo la excavación del cajón que alojará la estación.

Como sabemos el suelo de la ciudad de México es un suelo que implica una gran dificultad para proyectar cierto tipo de excavaciones, en el caso concreto del Metro se han establecido en base a la experiencia nuevas técnicas para tal efecto.

A raíz de los análisis y monitoreos que se hicieron en la construcción de la línea 8 , se estableció un procedimiento innovativo que consiste en excavar a cielo abierto entre celdas formadas con muro milán transversales y para añadir a la estabilidad global, los muros se apuntalan con troqueles.

Modelo numérico

Como mencionamos anteriormente este modelo surge de los estudios que se realizaron en la línea 8 del Metro.

Es importante mencionar que uno de los aspectos que afectan notablemente el comportamiento de obras civiles construidas en o con suelos es el constructivo. El efecto de los procedimientos que se sigan y la calidad de la mano de obra se manifiesta no sólo durante la construcción sino que repercute durante la operación de la estructura. Esto se debe a que el comportamiento de los suelos depende de manera importante de la historia de los esfuerzos a los que se le somete.

Debe señalarse que un análisis que incluya los aspectos constructivos es complicado debido a que:

- 1) La frontera del dominio de análisis cambia continuamente, en el caso de una excavación el suelo del fondo se remueve a medida que avanza la obra.
- 2) Durante la excavación se instalan otros elementos estructurales como muros, troqueles, ademes, etc. con el fin de mejorar la estabilidad de la excavación, lo que conlleva a la combinación de elementos de diversos tipos.
- 3) El ambiente de la excavación en las zonas urbanas incluye edificios y otras estructuras con la que interactúa la excavación.
- 4) El comportamiento de los suelos durante la excavación no es fácil modelarlo ya que es sometido a diversas trayectorias de esfuerzos.

Para llevar a cabo análisis de esfuerzos y deformaciones en obras térreas se implementó un programa de elemento finito, con el cual se pueden simular los aspectos más relevantes de los procedimientos constructivos.

La modelación de las excavaciones para el Metro se lleva a cabo de acuerdo con los siguientes pasos:

- 1) Se determinan los esfuerzos iniciales en el suelo. Esto puede incluir, además del peso propio del suelo, sobrecargas impuestas por construcciones vecinas.
- 2) Colocación del muro milán e inicio de la excavación hasta primer nivel de troqueles.
- 3) Colocación del primer nivel de troqueles con la precarga especificada.
- 4) Se excava el suelo hasta el segundo nivel de puntales.
- 5) Se coloca el segundo nivel de troqueles y se aplica la precarga especificada. Se repiten los pasos 4 y 5 hasta llegar al fondo de la excavación.
- 6) Se coloca el firme y la losa de fondo del cajón.

Para el caso de las celdas de excavación que se hacen, los muros transversales introducen un efecto tridimensional que en las condiciones actuales del programa de computadora no se puede considerar explícitamente. Para incluir la restricción que imponen estos muros al movimiento del suelo hacia la excavación se hizo la siguiente consideración. Si los muros longitudinales no tuvieran la restricción impuesta por los transversales y las presiones del suelo fueran iguales a lo largo de ellos, su desplazamiento hacia la excavación sería de igual magnitud en la longitud del muro.

Debido a la presencia de los muros transversales, el desplazamiento del muro longitudinal varía de prácticamente cero (en el apoyo) hasta un valor máximo, cuya magnitud depende de la distancia entre muros transversales. De manera equivalente, este efecto de apoyo se puede producir aplicando cargas que eviten el desplazamiento en estos puntos. Para evaluar tales cargas, se calcularon las reacciones de una losa, de ancho unitario, simplemente apoyada y cargada uniformemente con el empuje (en reposo $K_0 = 0.5$) del suelo correspondiente a la elevación considerada.

De esta manera se calcularon cargas equivalentes en toda la altura del muro longitudinal. Estas cargas se prorratearon en toda la longitud de la celda y se aplicaron al modelo bidimensional como una carga concentrada por una unidad de longitud.

Comparación entre desplazamientos medidos y calculados

Los resultados de las mediciones indican que los desplazamientos se incrementan con la profundidad hasta alcanzar su máximo valor ligeramente arriba del nivel del fondo de la excavación. A partir de esta profundidad los desplazamientos decrecen paulatinamente.

Esta trayectoria se ha observado en obras similares en otras partes del mundo y se debe básicamente a las condiciones de frontera impuestas por el fondo de la excavación así como el empuje de los troqueles.

Uso potencial del método de análisis en el diseño de las excavaciones del Metro

Uno de los aspectos primordiales en el desarrollo de los modelos numéricos es su calibración con casos de historia. De hecho, antes de usarlos como ayuda de diseño es preciso evaluar su confiabilidad y rango de aplicación. Con base a los resultados que se obtuvieron, se puede considerar que el procedimiento de análisis permite calcular con aproximación suficiente los movimientos en el suelo causados por una excavación.

Por consiguiente puede considerarse como un marco teórico de referencia apropiado que permite extrapolar las experiencias obtenidas para un caso específico, para otros problemas de índole semejante pero con otras características geométricas y condiciones de carga.

Para ilustrar su uso potencial y evaluar el posible efecto de algunos de los parámetros que intervienen en el problema de excavación por celdas, a continuación se presentan los siguientes casos:

Efecto de la distribución de puntales.- El uso de puntales para aumentar la estabilidad y disminuir los movimientos del suelo detrás del muro, es una práctica que se ha vuelto común en las excavaciones a cielo abierto en la ciudad de México.

Efecto de los muros transversales.- Como se señaló en la modelación de las excavaciones para el Metro, y en el caso específico de las celdas, los muros transversales restringen el movimiento de los muros longitudinales, lo cual se traduce en desplazamientos menores para el caso bidimensional (sin muros transversales).

En base a estos estudios se determinó para el Metropolitano Línea B estación Guerrero que el procedimiento constructivo correspondería a la utilización de muros auxiliares tablaestaca o secundarios transversales en la zona central de la estación, para lo cual se detalla el proceso en el capítulo V de este trabajo.

III.2 Trazo y nivelación

Una vez seleccionado el recorrido de la línea del Metro, se procede a realizar el planteamiento preliminar del eje de trazo mediante una poligonal gráfica llevada sobre planos fotogramétricos, tratando de colocar dicho eje en el centro aproximado de la calle o a cierta distancia de los paramentos. Esto permite colocar en forma semigráfica la posición de los puntos de apoyo para tangentes del trazo, valor de deflexiones aproximadas, así como el planteamiento de las curvas entre los tramos rectos, y de esta manera, proceder a la verificación de la geometría preliminar que se refiere a localizar en el terreno los puntos obligados del trazo, para que con estos datos, se afine el proyecto calculando las curvas reales de acuerdo con medidas lineales y ángulos verdaderos, y de esta manera se procede a la elaboración del proyecto definitivo.

Para el proyecto de perfil, se lleva a cabo una nivelación de precisión apoyada en los bancos de nivel profundo a lo largo del eje de trazo y sobrepuesta a este, con objeto de conocer los niveles reales del terreno, y en base a esta información, iniciar el proyecto de perfil que se apoya en los siguientes criterios:

- * Pendientes longitudinales máximas : 7%
- * Pendientes longitudinales mínimas : 1%
- * Relleno sobre el techo de la estructura de un metro en el hombro con objeto de localizar en este espacio las instalaciones municipales menores

En relación con los bancos de nivel profundos, éstos consisten en un tubo de hierro galvanizado de una pulgada de diámetro, en tramos de un metro los cuales van unidos con coples, con una longitud igual a la profundidad de instalación del banco, en su extremo superior remata en un tubo de hierro galvanizado, sobre el que se apoya un estadal; en su extremo inferior en un bloque de concreto simple, con una resistencia $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$, vaciado dentro de un tubo shelby de 10.16 cm de diámetro (4 pulgadas), por 0.30 m de longitud.

Los bancos de nivel semiprofundos, sirven para determinar los movimientos verticales causados por las probables expansiones y hundimientos generales en el fondo de la excavación a cielo abierto.

Una vez construidos los muros milán, se procede a la instalación de los bancos de nivel profundos, perforando un barreno de 14.24 cm de diámetro (6 pulgadas), hasta una profundidad de 1.20 m abajo del nivel máximo de excavación. Las paredes de la perforación se estabilizan con lodo bentonítico.

Los bancos de nivel se van cortando cuidadosamente a medida que avanza la excavación, en la zona vecina al ademe de los bancos; la excavación se efectúa a mano con el objeto de no dañarlos.

Inclinómetros

Los inclinómetros sirven para determinar los movimientos horizontales que se puedan presentar en la estación Guerrero debidas a la excavación.

Estos instrumentos consisten en una tubería de cuatro ranuras verticales diametralmente opuestas que sirven de guía a una sonda de medición, las cuales se instalan en perforaciones verticales libres de azolves.

Para su instalación, se perfora en el suelo con un diámetro de 14.24 cm (6 pulgadas), usando lodo bentonítico para estabilizar las paredes de la perforación y extraer los cortes de la misma.

La profundidad de perforación, tiene el nivel de desplante del muro milán adyacente al inclinómetro correspondiente. Una vez que se haya alcanzado la profundidad requerida, se baja la tubería dentro de la perforación, cuidando que un par de ranuras diametralmente opuestas sean perpendiculares al eje de la excavación.

Se debe marcar en la obra el instrumento con alguna referencia que lo identifique, y que además señale su profundidad.

Piezómetros

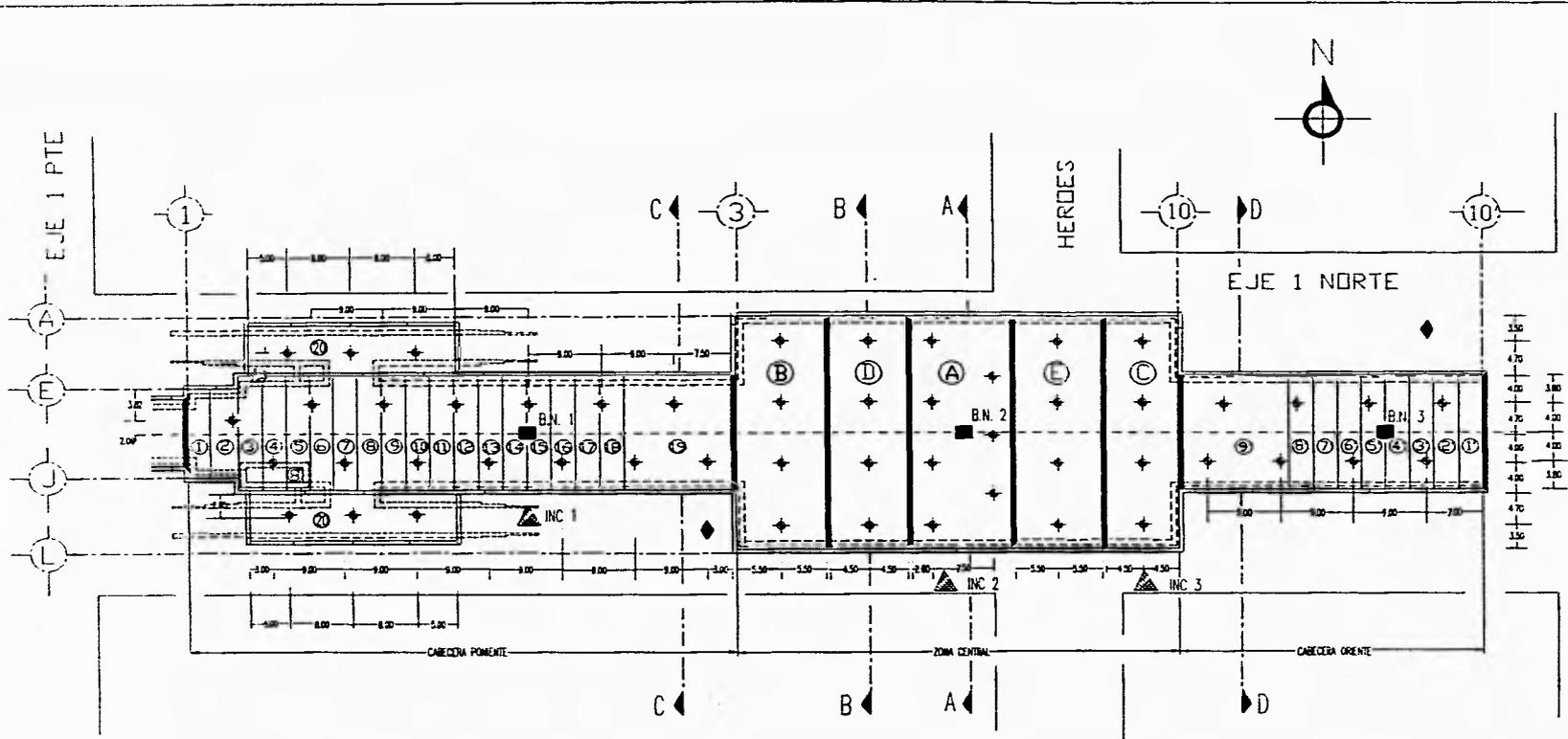
Los piezómetros sirven para conocer el estado inicial de esfuerzos en el sitio en estudio, las condiciones de flujo del agua y la influencia del procedimiento constructivo en la presión de poro.

Estos instrumentos consisten en una celda permeable en su parte inferior, y un tubo delgado de pvc de 1.77 cm de diámetro (media pulgada), que comunica la celda con la superficie del terreno. Estos dispositivos se instalan en perforaciones verticales limpias de azolve.

Se colocaron estaciones piezométricas que monitorean cualquier variación del nivel freático con eventos ocurridos en la construcción del cajón, como lo son el bombeo y las filtraciones.

Cada estación piezométrica cuenta con dos piezómetros, los cuales están desplantados a las profundidades de 12.65 y 18.45 m, que corresponde a las profundidades donde se localizan estratos permeables, además de un pozo de observación del nivel freático constituido por un tubo de pvc de 10.16 cm de diámetro (4 pulgadas), ranurado en toda su longitud y desplantado a 5.00 m de profundidad.

En relación a la ubicación de los bancos de nivel profundo, inclinómetros y piezómetros, se pueden observar en la figura III.4.



SIMBOLOGIA

- Pazo de bombeo
- Estación piezométrica
- Etapas de excavación
- Muro mán de acompañamiento
- Muro mán auxiliar
- Muro tapón
- Muro estructural
- Banco de nivel profundo
- Inclinómetro

NOTAS

- El diámetro de los pozos es de 30 cm
- Se extraerá un gasto de 10 l/min/pozo
- Para el control del abatimiento del N.A.F. se llevará a cabo un registro cada 12 horas del gasto de extracción y del nivel dinámico de los pozos en funcionamiento.
- El bombeo se iniciará 24 horas antes de empapar algunas de las etapas de excavación.
- Anotaciones en metros

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
FACULTAD DE INGENIERIA		
INGENIERIA CIVIL	TESIS PROFESIONAL	UN AM
ALUMNO DE NOMBRE Y APELLIDOS	CERVANTES ROSALES HERRAZ TORRES ORTEGA MARCELO ANGELO	
FIGURA III-4		

III.3 Estudio de vialidad

Lo que se pretende con un estudio de vialidad, es poder realizar un análisis de los diversos factores y limitaciones de los vehículos y los usuarios como elementos de las corrientes del tránsito. Son investigadas para tal efecto, la velocidad y el volumen vehicular horario, el origen y destino del movimiento, la capacidad de las vías de tránsito, el funcionamiento de los pasos a desnivel, paraderos, intersecciones, canalizaciones, se realiza un análisis de accidentes, etc; siendo la ingeniería de tránsito, la que se dedica al estudio de la interrelación de los factores anteriormente mencionados.

Algunos de los objetivos que persigue la ingeniería de tránsito, es la de conocer las características de los elementos del tránsito (conductor, peatón, vehículo y camino), para proponer criterios, normas y especificaciones que deben aplicarse en el proyecto geométrico de intersecciones, vialidades, dispositivos para el control del tránsito con el fin de obtener mejores condiciones de seguridad, operación y eficiencia en el tránsito de los vehículos y peatones para lograr el equilibrio entre el área urbana y el área vial optimizando la movilidad de la población.

En sí, la mayoría de los problemas viales que se van presentando en ciudades con un gran número de parque vehicular (como es el caso de la ZMCM), crea la necesidad de planear, construir, corregir o ir modificando nuestras vías de comunicación, con la finalidad de lograr un tránsito eficiente, tratar de evitar congestionamientos, y logrando así el mejor funcionamiento de las redes existentes y de las futuras; sin modificar, en la medida de lo posible, su estructura, dándoles eficiencia, funcionalidad y seguridad.

De esta forma, el implementar las técnicas de ingeniería de tránsito, nos permite implementar planes adecuados y prácticos, para mejorar la seguridad y la fluidez del tránsito, sobre todo en áreas críticas; así mismo es de gran ayuda para determinar niveles de servicio y factores de oferta-demanda que presenta el transporte público, resolviendo los problemas de circulación lo que reditúa en beneficios económicos, enfocados no solamente al ahorro de horas-hombre, sino también a los ingresos que produce la organización mecanizada y racional del control de vehículos y de peatones.

Objetivos generales

Entre las funciones que tiene a su cargo la ingeniería de tránsito, destacan las siguientes:

- a) Supervisar el proyecto, instalación y operación de los dispositivos para el control del tránsito en el sistema vial, manteniéndolos actualizados.
- b) Llevar a cabo los estudios de campo para la obtención de datos estadísticos de origen-destino, incidencia de accidentes, circulación de los volúmenes de tránsito en la red vial, realizar estudios y proyectos para el mejoramiento del nivel de servicio de la red vial, y proponer soluciones a las intersecciones conflictivas.

- c) Implementar el sistema de señalización y de dispositivos de control (semáforos), lo suficiente para brindar la seguridad a la circulación de vehículos y peatones.

Objetivos específicos

Los objetivos específicos de cada uno de los elementos del tránsito son los siguientes:

En cuanto al tránsito:

- Darle mayor fluidez.
- Aumentar la capacidad de la vía.
- Dar mayor seguridad de transportación en el menor tiempo posible.
- Abatir al máximo los accidentes.

En cuanto al peatón:

- Dar mayor seguridad de cruce con señalamientos adecuados en los lugares adecuados.

En cuanto a la vialidad:

- En las intersecciones, proporcionar el área adecuada para que se efectúen los diferentes cambios en la dirección de los viajes.
- Dotar de un esquema vial adecuado que conecte los diferentes núcleos de la ciudad como son: las zonas habitacionales con las zonas de trabajo, de comercio y de recreación. Además de mantener en perfecto estado la superficie de rodamiento, por medio de programas constantes de mantenimiento de la infraestructura.

En cuanto al conductor:

- Implementar programas de adecuación vial que coadyuven a la eficiencia en la operación de la vía, así como medidas correctivas por parte de las autoridades correspondientes.

Para implementar las soluciones respectivas en materia de vialidad durante el trazo de la Línea B, se procede al planteamiento del problema siguiendo cuatro pasos, de tal manera que la solución sea lógica y práctica. Los cuatro pasos necesarios que se tomaron en cuenta para este trabajo, son los que se presentan en la figura III.5.

Como primer paso se hace indispensable reunir toda la información necesaria. En esta recopilación de datos son precisamente las estadísticas, los informes oficiales, los volúmenes de tránsito, lo que más se necesita, pues plasman la situación actual del sistema vial.

La segunda y tercera etapas son quizá las más importantes, ya que después de un análisis detallado de la información, se dan las alternativas que mejor resuelvan nuestro problema.



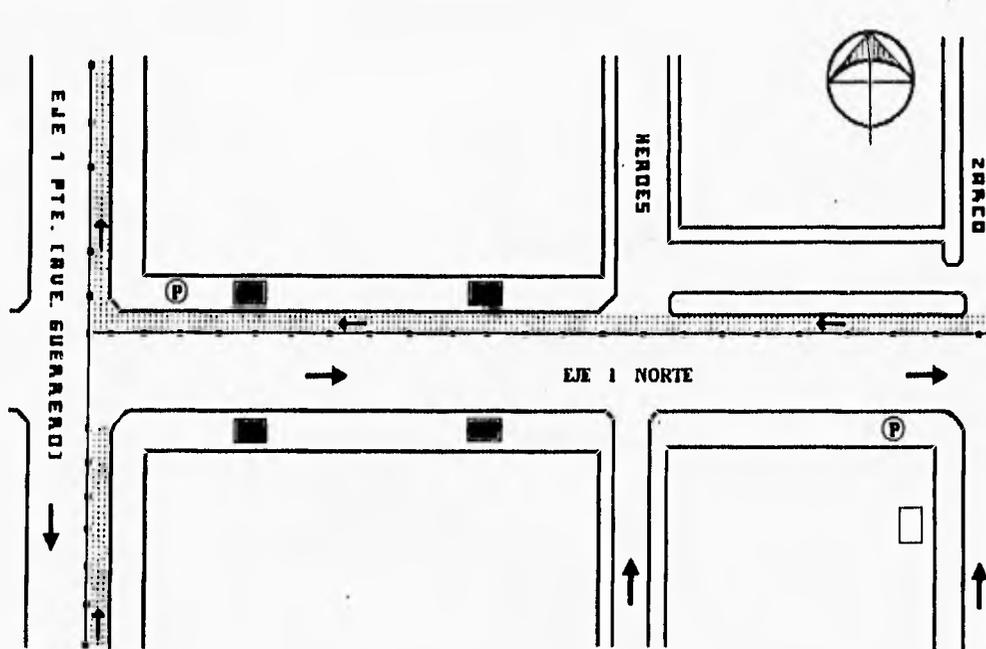
PLANTEAMIENTO PARA LA SOLUCION DE LOS PROBLEMAS DE VIALIDAD

Figura III.5

Por último, es conveniente que los resultados obtenidos sean estudiados y revisados para una posible retroalimentación. Es posible que muchas soluciones requieran una revisión y perfeccionamiento.

Para el caso específico de la estación Guerrero del Metropolitano Línea B, se toma en cuenta la incidencia de varios modos de transporte público que circulan sobre el Eje I Norte, por lo que se llegó a la determinación de usarlo para dirigir la vialidad en dos sentidos; oriente-poniente, para la circulación de vehículos particulares: microbuses, trolebuses y camiones de transporte público; y en el sentido poniente-oriente, designar un carril para el uso exclusivo de la circulación de trolebuses y camiones, aprovechando su ancho de calzada.

Lo anteriormente expuesto se muestra en al figura III.6



SIMBOLOGIA :

- Sentido de la vialidad 
- Carril para uso exclusivo de trolebús 
- Parada para el transporte público 
- Acceso a la estación Guerrero (Línea B) 
- Acceso a la estación Guerrero (Línea 3) 

SITUACION ACTUAL DE LA VIALIDAD EN LA ESTACION GUERRERO

Figura III.6

La construcción del Metro en el tramo que corresponde al Eje 1 Norte será subterráneo, por lo que el proyecto vial consistirá en restituir las banquetas y pavimentos así como el señalamiento vial horizontal y vertical.

La solución elevada que se concibe en el tramo comprendido entre las estaciones Gran Canal y Oceanía, dado que la afectación a la vialidad existente es puntual por la construcción de las zapatas, la solución vial se resolverá de manera análoga que para el tramo subterráneo.

Cabe señalar que, la disposición de las columnas en el tramo elevado, permitirá el libre tránsito de las calles transversales al trazo de la línea, asimismo, el gálibo vertical libre del viaducto será de 5.50 m mínimo para efectos de tráfico vehicular pesado.

En el tramo superficial comprendido por las avenidas 608 y central en el estado de México, se tiene previsto transformar en una vialidad continua con una longitud aproximada de 18.0 km; para lo cual se construirán diez puentes viales y tres distribuidores.

Con la habilitación de esta vía rápida se creará un eje de comunicación norte-sur de aproximadamente 45 km de vialidad continua desde Venta de Carpio hasta Xochimilco; siendo vía de acceso controlado con 5 carriles por sentido de Ciudad Azteca a la terminal de autobuses TAPO en una longitud del orden de 15 km.

III.3.1 Puentes viales

Para el correcto funcionamiento vial se construirán diez pasos elevados y tres distribuidores en los cruces viales de primer orden siguiente:

Distribuidor Oceanía-Zaragoza	Se construirá en el cruce del Eje 1 Norte, la av. Iztaccihuatl y la futura vialidad sobre el Gran Canal.
Puente Marruecos	Se construirá en el cruce de la av. Oceanía con la av. Marruecos.
Distribuidor Bosques de Aragón	El cual se ubica al sur del Bosque de Aragón resolverá la intersección de las avenidas Oceanía, 602, vía TAPO, 608, 506 y 508.
Distribuidor Villa de Aragón	Al nororiente del Bosque de Aragón dará solución vial al cruce del Eje 3 Norte (av. 608); Eje 5 Norte (av. 412, av. taxímetros) y av. Central.
Puente ferrocarril de los Reyes	Se construirá longitudinal a la av. Central entre boulevard de los Continentes y Eje 5 Norte en solución elevada conjuntamente con el Metro, para librar el cruce del ferrocarril en los límites del D.F y el estado de México.

Puente vehicular Continentes	Se construirá sobre la av. boulevard de los Continentes transversal a la estación del mismo nombre, con doble sentido de circulación. un carril de circulación por sentido, contará con bahías de ascenso y descenso.
Puente vehicular Impulsora	Se construirá sobre la av. Valle de las Zapatas transversal a la estación del mismo nombre, con un carril de circulación por sentido, contará con bahías de ascenso y descenso.
Paso a desnivel Río de los Remedios	Se construirá en la av. Central y el cruce con Anillo Periférico, con doble sentido de circulación y tres carriles por sentido, de circulación y dos carriles por sentido, tendrá bahías de ascenso y descenso.
Puente Gobernadores	Se construirá sobre la av. gobernador A. del Mazo, constará de dos carriles de circulación por sentido.
Puente Tecnológico	En solución elevada se construirá sobre av. Sor Juana Inés de la Cruz, tendrá un carril de circulación por sentido y contará con bahías.
Puente boulevard de los Aztecas	Se construirá sobre el boulevard del mismo nombre con dos carriles de circulación.
Puente boulevard de los Teocallis	En solución elevada, se construirá sobre el boulevard del mismo nombre con dos carriles de circulación.

Puentes peatonales

Sobre las avenidas 608 y Central se construirán 19 puentes peatonales y se rehabilitarán cinco sitios adecuados para permitir el libre tránsito de personas, asimismo sobre la av. Oceanía en el tramo Eje 1 norte y calle 1 se habilitarán cinco puentes más.

El trazo (visto en planta), de la Línea B, y la ubicación de los puentes peatonales, que se mencionaron anteriormente, se puede ver en al figura I.1.

De igual manera, existe otro trazo de la Línea B (en perfil), el cual muestra las distintas fases que se tuvieron, es decir, se señala la ubicación de las estaciones, así como el cadenamamiento, en el cual la solución es subterránea, elevada y superficial. Asimismo, muestra la ubicación de los puentes peatonales y de los pasos a desnivel; lo anterior se muestra en la figura I.3.

IV. OBRAS INDUCIDAS

IV. OBRAS INDUCIDAS

A continuación se detallarán las obras inducidas más importantes que se realizaron en la estación Guerrero del Metropolitano Línea B, explicando el proceso constructivo que se siguió para dar solución al desvío del colector y el colganteo que se va hacer para soportar cables de alta tensión pertenecientes a la Compañía de Luz y Fuerza del Centro (C.L. y F.C.), así también describimos algunas obras pequeñas como el desvío de tubería de agua potable.

Como una definición de lo que es la obra inducida tenemos: "conjunto de actividades programadas, relativas a dar solución a todas aquellas interferencias que se presentan para llevar a cabo la construcción de una obra determinada, en este caso el Metro, las cuales se pueden desarrollar en forma independiente o paralela a la obra".

Entre las instalaciones que puedan representar una interferencia tenemos: postes de alumbrado, semáforos, energía eléctrica, teléfonos, trolebuses con sus respectivos cables para dar servicio; vías de tranvía o ferrocarril; espacios vegetales como árboles y palmeras, cables subterráneos de alumbrado, cablevisión, tuberías subterráneas para conducción de gas propano, petróleo, agua potable, drenaje; predios de propiedad particular, federal o ejidal; etc.

IV.1 Determinación de una obra inducida y su posible solución

La manera para determinar cuando una instalación representa una obra inducida en general es la siguiente:

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

Conociendo los datos de los diversos organismos factibles de intervenir en las obras inducidas, los proyectistas contarán con elementos para desarrollar los proyectos de una línea del Metro, conociendo aquellas interferencias, que por la magnitud de su solución necesiten considerarse íntimamente ligadas al proyecto de la obra del Metro.

Contando con lo anterior, se desarrollará el diseño de la línea en cuestión, así como las especificaciones del proceso constructivo. A continuación se presenta la tabla IV.1 que indica el tipo de interferencia, la dependencia involucrada u organismo y su posible solución.

DEPENDENCIA	INSTALACIONES	DISEÑO LINEA SUBTERRANEA		DISEÑO LINEA SUPERFICIAL	DISEÑO LINEA ELEVADA
		EN TUNEL	EN CAJON		
TELEFONOS DE MEXICO	ELEVADAS		DESVIO	REUBICACION	DESVIO
	SUBTERRANEAS		DESVIO	REUBICACION	DESVIO
LUZ Y FUERZA DEL CENTRO	ELEVADAS		DESVIO	REUBICACION	DESVIO
	SUBTERRANEAS		DESVIO	REUBICACION	DESVIO
SERVICIO DE TRANSPORTES ELECTRICOS	AEREAS		DESVIO PROVISIONAL	DESVIO PROVISIONAL	DESVIO PROVISIONAL
DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OPERACION HIDRAULICA, D.D.F.	AGUA POTABLE		DESVIO	REUBICACION	DESVIO
	DRENAJE		DESVIO	REUBICACION	DESVIO
PETROLEOS MEXICANOS	SUBTERRANEAS GAS Y PETROLEO		DESVIO	REUBICACION	DESVIO
FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO	SUPERFICIAL		DESVIO	DESVIO	DESVIO
INST. NACIONAL DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA	DESCUBRIMIENTOS ARQUEOLOGICOS		RESCATE ARQUEOLOGICO.		
SERVICIOS METROPOLITANOS, COMISION DE AVALUOS Y BIENES NACIONALES	CONSTRUCCIONES Y TERRENOS	AFECTACION			
DIRECCION DE SERVICIOS URBANOS (DDF)	SEMAFOROS		REUBICACION	REUBICACION	REUBICACION
	ALUMBRADO PUB.		REUBICACION	REUBICACION	REUBICACION
DELEGACION POLITICA, OFICINA DE PARQUES Y JARDINES	ARBOLES		TRANSPLANTE		
SECRETARIA DE TRANSPORTE Y VIALIDAD Y SECRETARIA DE SEGURIDAD PUBLICA	TRANSITO VEHICULAR	DESVIO PROVISIONAL.			

TABLA IV.1

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

En general, el procedimiento que se sigue con las dependencias y organismos antes mencionados es el siguiente:

Una vez conocido el proyecto para la construcción del Metro, se detectan las interferencias a lo largo del trazo y se solicita a cada uno de los organismos la elaboración del proyecto respectivo. Con base al programa de construcción de la obra del Metro, se generarán ordenes de trabajo para la ejecución de los proyectos

IV.2 Obras inducidas que se presentaron en la estación Guerrero

En la estación Guerrero correspondiente al Metropolitano Línea B del Metro, se encontraron interferencias de: cables de teléfonos, cables de energía eléctrica, atarjeas, tubería de agua potable, etc.

Considerando que los principales obstáculos, lo constituyen:

-Una línea de la red de alcantarillado (un colector 2.13 m de ϕ), ubicado en la calle Héroes intersección con la estación.

-También se encontró un ducto que conduce cables de alta tensión correspondientes a C.L.y F.C. de 230 kv.

Por lo que a continuación se detallan los procesos constructivos.

IV.3 Procedimiento constructivo para el desvío del colector de 2.13 m de diámetro.

Una de las obras que constituía una interferencia considerable para iniciar trabajos de excavación en la celda E era un colector de 2.13 m de ϕ , una vez que se analizó la forma en que debería de resolverse, se procedió a ejecutarlo de la siguiente manera.

El desvío del colector consiste en la construcción de dos cajas de conexión y deflexión en las zonas norte y sur de la estación, una estructura de concreto armado (que en adelante denominaremos "galería"), formada por una losa de piso y dos traves laterales, dentro de las cuales se instala el nuevo colector.

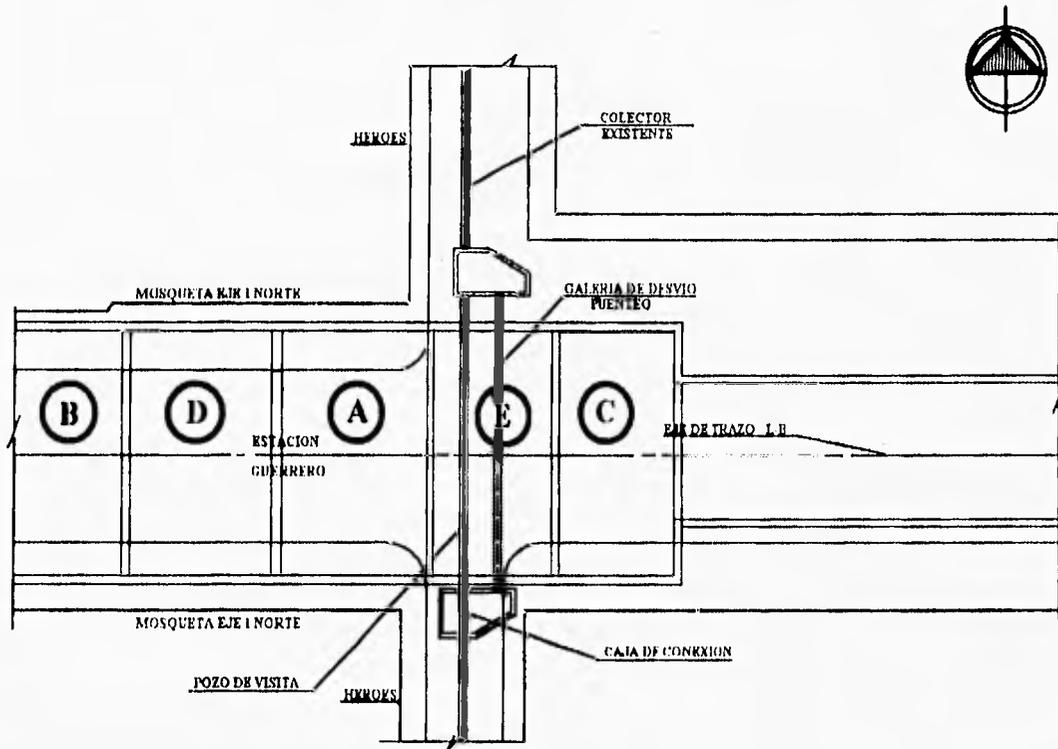
La descripción del proceso constructivo está constituido por diferentes tipos de obras como lo son: la construcción de las cajas de conexión y deflexión, y la construcción de la galería.

La galería puenta al colector entre los muros tablaestaca durante el proceso de excavación y restructuración de la celda "E" en la estación Guerrero.

De acuerdo a la localización del colector es importante mencionar que previamente se tuvieron que haber construido los muros milán de la celdas donde incidirá la construcción.

Ubicación y trazo

Tanto las cajas de conexión como la galería; se ubican en la celda E, para la realización de las cajas de conexión la excavación será en la colindancia de los muros, como lo muestra la figura IV.1 donde se ubican las obras de la galería y las cajas de conexión.



CROQUIS DE LOCALIZACION

COLECTOR $\varnothing = 2.13m$ CALLE DE HEROES

Figura IV.1

IV.3.1 Procedimiento constructivo para la realización de las cajas de conexión y deflexión

Las cajas de conexión y deflexión cuya geometría en planta es de forma poligonal (4 a 7 lados), son obras complementarias pertenecientes al desvío de los colectores. Las cajas de conexión, se utilizan para unir uno o varios colectores de proyecto con un colector existente, Las cajas de deflexión sirven para dar cambios de dirección a lo largo del trazo del colector de proyecto en los sitios que se requiera.

Por el tipo de obra que se presenta, se requiere que las cajas tengan las características tanto de conexión como de deflexión.

Excavación, apuntalamiento y construcción

La excavación para la construcción de las cajas de conexión y deflexión se hizo a cielo abierto entre una estructura de contención integrada por los siguientes elementos:

- 1.- Viguetas de acero perfil IR 30.5 x 52.2 kg/m hincadas en el terreno.
- 2.- Tablones de madera de 2" de espesor.
- 3.- Polines de madera (largueros) de 6"x 6" colocados a cada 95 cm de profundidad.
- 4.- Viguetas de acero perfil IR 30.5 x 52.2 kg/m funcionando como vigas madrinas.
- 5.- Puntales tubulares de acero, cédula 40 de 10" de diámetro.

La excavación, apuntalamiento y construcción de las cajas de conexión, se lleva a cabo por etapas de acuerdo con lo que se describe a continuación.

1a Etapa

Una vez que sobre el terreno se definió el trazo, donde se hizo la excavación, se procede a hincar en el terreno en todo el perímetro de dicha área, las viguetas de acero hasta una profundidad de 9 m y con una separación de 1.20 m; cabe señalar que la construcción de la estructura de contención se ubica a un lado del muro tablaestaca que forma la celda E, por lo que la estructura está compuesta por 3 lados pegada al muro tablaestaca, como se muestra en la figura IV.2, donde se muestran las dos cajas ubicadas según la figura IV.1 y en donde se numeraron según su orientación.

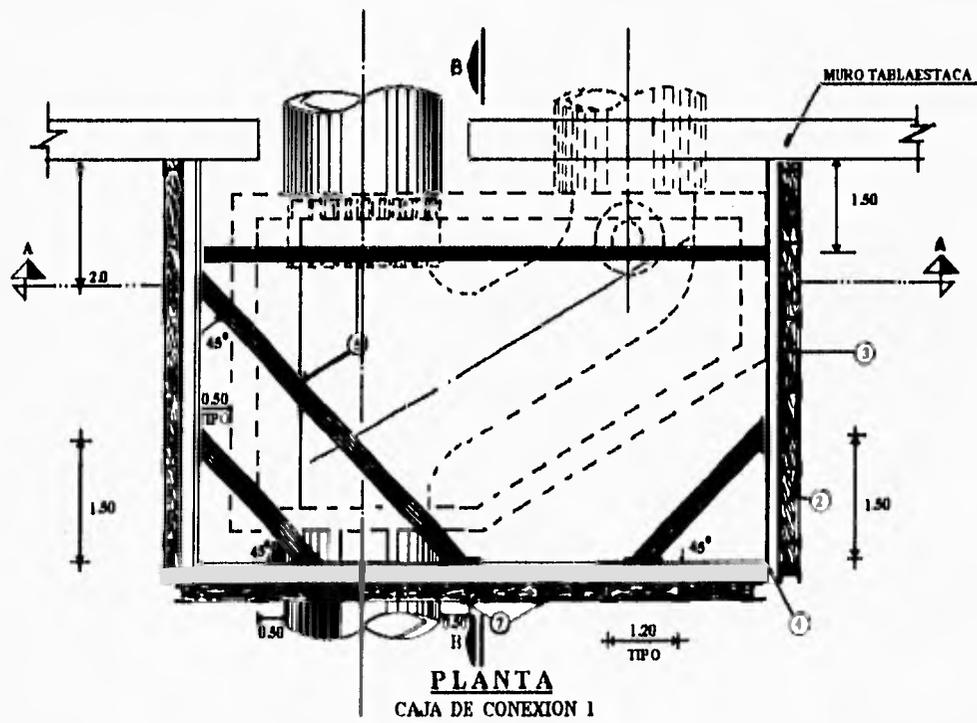
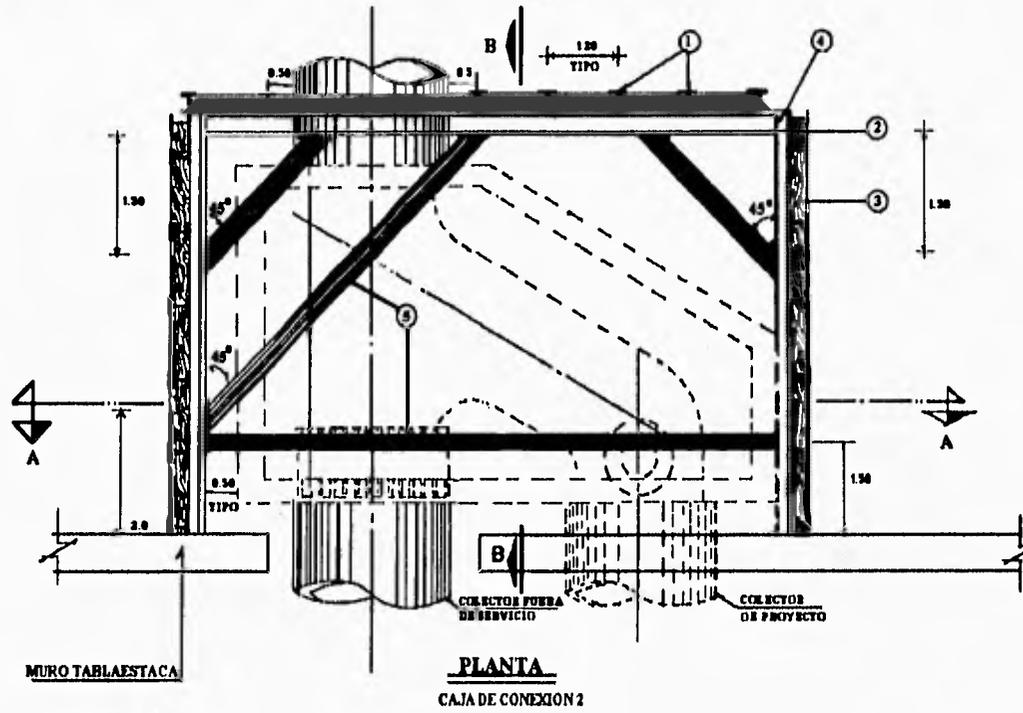


Figura IV.2

La excavación se realiza con una draga y almeja, hasta la profundidad donde se encuentra la parte superior del tubo existente, una vez que se visualiza el tubo, la excavación se continúa a mano con la finalidad de no dañarlo y proteger en caso de existir alguna otra instalación municipal. El hincado de las viguetas se realiza hasta 3 m abajo de la máxima profundidad de excavación.

Al momento de encontrar estratos de materiales duros que ofrecieran resistencia durante el hincado de las viguetas, se hacen perforaciones de 10 cm de diámetro en los sitios donde estas se encuentran, en el número que se requiere y hasta una profundidad suficiente para eliminar dichos obstáculos.

2a Etapa

Habiendo realizado el hincado de las viguetas, se sigue la excavación, y a medida que ésta se profundiza se van colocando los tablonces, los largueros de madera y los puntales. Los tablonces se colocan en forma vertical en contacto con el terreno en el espacio comprendido entre las viguetas hincadas y se sujetan por medio de largueros, los cuales se colocan a cada 75 cm de profundidad entre los patines de las viguetas.

Las vigas madrina se colocan horizontalmente y se unen a las viguetas hincadas por medio de soldadura, tal como se indica en la figura IV.3.

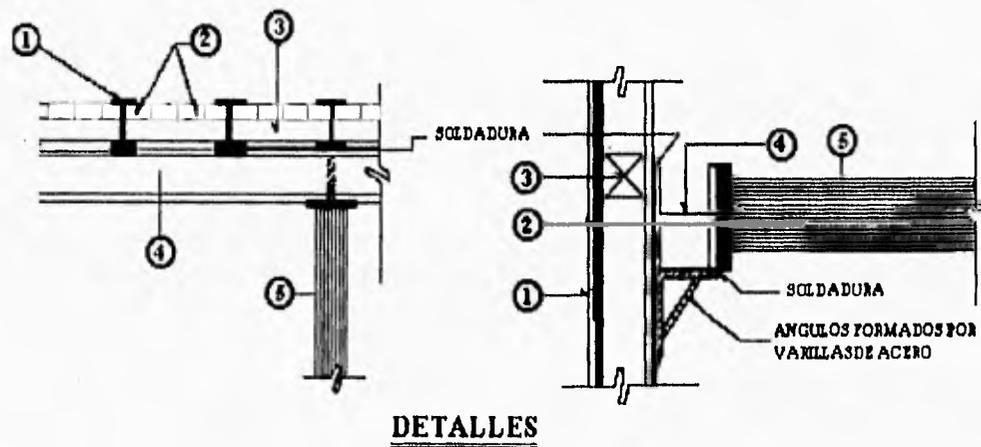


Figura IV.3

Para poder instalar las vigas madrina en la forma antes descrita, estas se sostienen provisionalmente con ménsulas formadas por varillas de acero de 1" de diámetro soldadas a las viguetas hincadas. Las ménsulas se colocan en las viguetas donde se instalaron los puntales, ver la figura IV.4.

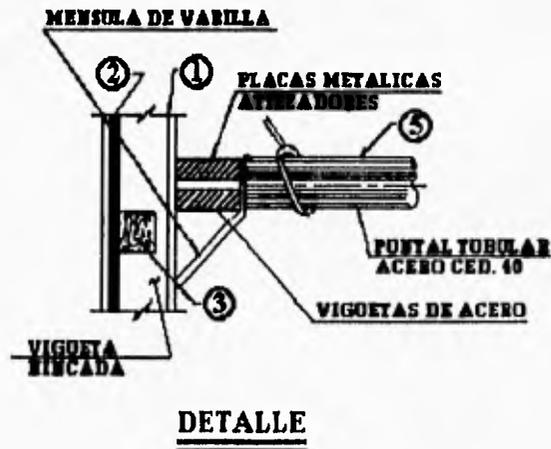


Figura IV.4

Las vigas madrinas se colocan en todo el perímetro de la excavación de manera que se forman marcos de contención.

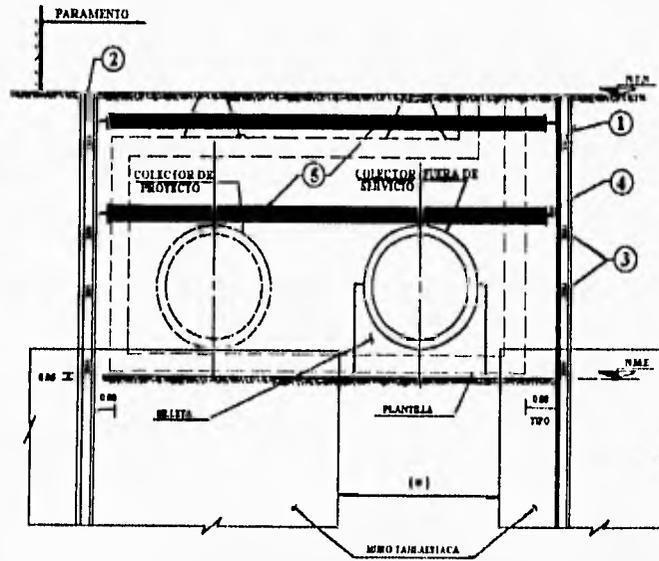
Los puntales se apoyan en las vigas madrinas tal como se indica en las figuras anteriores, donde se puede observar el sitio de contacto entre puntal y viga madrina, ésta última cuenta con placas metálicas que funcionan como atiesadores, o en su defecto, cuentan con polines de madera que realizan la misma función.

Las viga madrinas y los puntales se colocan tan pronto como la excavación descubra sus puntos de aplicación, no debiendo continuar con este proceso si dichos elementos, no son colocados en sus elevaciones correspondientes.

La distribución de las vigas madrinas y de los puntales se muestra en la figura IV.5, la cual representa los cortes A-A y B-B, realizados a partir de la figura IV.2.

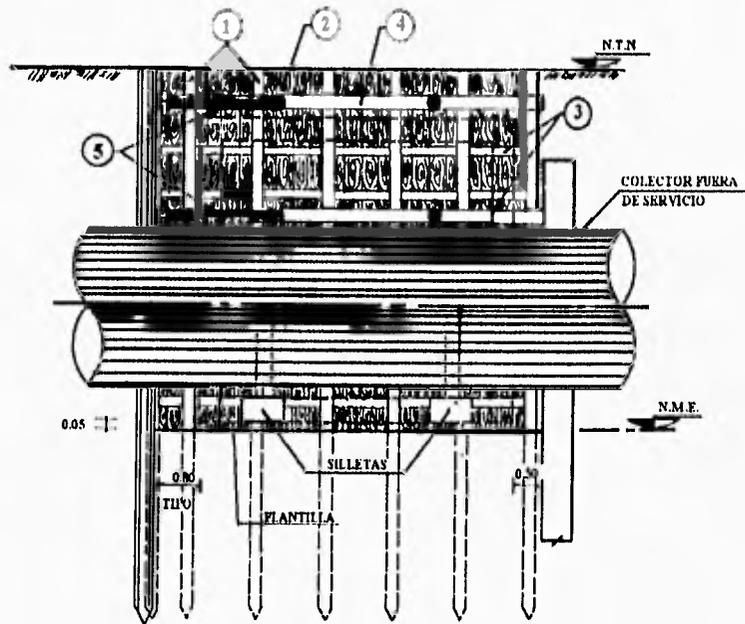
3a Etapa

Habiendo colocado todos los niveles de vigas madrinas y de puntales, se prosigue con el proceso de excavación, hasta descubrir las tres cuartas partes del diámetro exterior del colector existente, para efectuar a partir de este nivel, la excavación de las zanjas donde se colocan las silletas con la finalidad de construir las mismas para soporte de dicho colector.



CORTE A - A

1) EL MIMO TAMBALASTACA EN LA ZONA DEL COLECTOR EXISTENTE DE CULO DE ANA CUANDO ESTE QUEDA PIERA DE SERVICIO.



CORTE B - B

Figura IV.5

Una vez terminada la zanja, se procede a colar dentro de ella una plantilla de concreto simple de 5 cm de espesor, tres horas después de colada la plantilla se efectúa el armado y colado del tramo de 0.45 m de ancho de la losa de piso a cada lado del eje de la silleta, enseguida se arma y cuele una silleta que sirve de apoyo a la tubería.

Durante la construcción de la losa de piso en la zanja, se deja preparado el armado correspondiente, con el objeto de que exista una liga estructural entre el tramo de la losa ya colada y el resto de la misma que se coloca posteriormente.

Setenta y dos horas después de haber construido la primer silleta, se procede a hacer otra zanja con las mismas características de la anterior. Igualmente se construye otra silleta, siguiendo el mismo procedimiento que se indicó para la primera.

En caso de que el colector existente resulte estar constituido por tramos de tubo, las silletas se construirían abajo de cada junta de unión.

En los tramos de losa que son construidos junto con las silletas, se preparan juntas frías que garantizan la continuidad estructural de toda la losa.

Transcurridas setenta y dos horas de haber construido la última silleta, se continúa la excavación en toda el área limitada por las viguetas hincadas hasta alcanzar la máxima profundidad de proyecto, inmediatamente después de esto, se procede a colar el resto de la plantilla; tres horas después de haber colado la plantilla se arma y cuele la parte restante de la losa de piso.

4a Etapa

Esta etapa comprende la construcción de los muros de caja, y la colocación de material de relleno en la zona excavada; en lo subsiguiente se describen dos alternativas para efectuar la construcción de estos muros, así como el proceso de relleno que se efectúa en cada uno de ellos.

Primera alternativa

- a) En esta alternativa se contempla la construcción de los muros por tramos de acuerdo con lo siguiente:
 - a.1) Veinticuatro horas después de terminar el colado de la losa de piso se arma y cuele el primer tramo de muros hasta alcanzar una altura de 20 cm abajo del último nivel de puntales.
 - a.2) Una vez que el primer tramo de muros alcanza su resistencia especificada, se procede a colocar el relleno de concreto simple en el interior de la caja, según lo que indique el plano correspondiente elaborado por la dependencia encargada del proyecto, el cual se refiere a ir colocando un lastre de concreto hidráulico de tal forma que por su

moldeabilidad se construye lo que se conoce como media caña, que consiste en darle una forma redondeada que tiene por objeto encauzar el agua y reducir pérdidas; al mismo tiempo se inicia el relleno de los espacios comprendido entre los muros de la caja y las paredes de la excavación hasta alcanzar una altura de 30 cm abajo del último nivel de vigas madrinas y de puntales.

El material de relleno es arena limosa tipo tepetate, y se coloca de acuerdo con lo indicado en la especificación general para rellenos en zanjas. La cual se refiere a colocar alrededor de toda la caja, el material en espesores de 30 cm y compactarlo manualmente o por medio de un mecanismo de percusión (en este caso una bailarina), hasta llegar a tres cuartas partes de la altura, y después colocar material de volteo y por último este material se vuelve a compactar. Esta compactación se lleva a cabo de acuerdo a lo que señalan las pruebas de laboratorio para compactación de este material.

Los tablonés y los largueros se retiran a medida que el relleno avanza.

- a.3) Habiendo realizado lo anterior se procede a retirar los puntales y las vigas maderas correspondientes al último nivel. A continuación se prosigue con la construcción de los siguientes tramos de muros hasta alcanzar una altura de 20 cm abajo del nivel inmediato superior de vigas maderas y de puntales.
- a.4) Una vez que el segundo tramo de muros alcanza su resistencia especificada, se procede a colocar el material de relleno en los espacios libres comprendidos entre los muros de la caja y las paredes de la excavación, hasta alcanzar una altura de 30 cm abajo del siguiente nivel inmediato superior de vigas maderas y de puntales.

El material de relleno es arena-limosa tipo tepetate y se coloca de acuerdo con lo señalado anteriormente.

Los tablonés y los largueros se van retirando a medida que este relleno avanza. Procediendo también a retirar el nivel de vigas maderas y de puntales que interfieren con la construcción del siguiente tramo de muros.

Este proceso se repite con el mismo criterio el número de veces que sea necesario hasta que se construya la totalidad de los muros de la caja con su respectivo relleno.

Segunda alternativa

- b) Se contempla en esta alternativa la construcción total de los muros de acuerdo con lo siguiente:
 - b.1) Veinticuatro horas después de haber terminado el colado de la losa de piso, se arman y cuelan totalmente los muros de la caja, dejando los lugares donde exista alguna interferencia, con los puntales de secciones cuadradas de 40 cm por lado sin construir.

- b.2) Una vez que el concreto de los muros alcance su resistencia especificada, se coloca el relleno de concreto simple en el interior de la caja según lo que indique el plano correspondiente elaborado por la dependencia encargada del proyecto; (lo mismo que en la primera alternativa), al mismo tiempo se inicia el relleno de los espacios libres comprendidos entre los muros de las cajas y las paredes de la excavación con un material areno-limoso, (lo mismo que la primera alternativa para la compactación y relleno).

Los puntales y las vigas mdrinas se retiran cuando el relleno alcance sus puntos de aplicación. Los espacios que permiten el paso de los puntales a través de los muros se rellenan de concreto con aditivo estabilizador de volumen una vez que éstos se retiren.

El proceso de relleno se suspende en el momento que se alcance una altura de 30 cm abajo del nivel de remate de los muros.

5a Etapa

Una vez que el material de relleno se encuentra a 30 cm abajo del nivel de remate de los muros, se procede a efectuar el armado y colado de la losa superior. Esta losa se construya cuando se realice la demolición del colector existente en el interior de la caja.

Las viguetas que son hincadas en el terreno, se retirarán una vez terminada la construcción de la losa superior; en el caso de que la extracción de las viguetas se dificulte, se debe utilizar un motor con giro excéntrico que produzca vibraciones, el cual se coloca en la pluma de la grúa.

6a Etapa

Cuando la losa de techo alcance su resistencia especificada, se continúa el relleno de toda el área excavada en la zona indicada en la 5a etapa, hasta alcanzar el nivel de subrasante vial. Sobre la subrasante, se tenderá la sub-base la cual tendrá un espesor de 15 cm y se colocará en una sola capa, sobre la sub-base se colocará un material de base, cuyo espesor será también de 15 cm; este material se colocará en una sola capa.

La tolerancia en niveles tanto para la base para la sub-base será de más menos 1 cm, debiendo tener las pendientes transversales y longitudinales de proyecto.

En éste nivel se da inicio a la colocación de la carpeta asfáltica, para la cual previamente se tuvieron que aplicar un riego de impregnación y uno de liga. El espesor de la carpeta asfáltica será de 7.5 cm; el material que se emplee para esta carpeta se preparará con cemento asfáltico No 6, y material pétreo triturado.

El concreto asfáltico debe tenderse a una temperatura no menor de 110 °C con un espesor uniforme.

IV.3.2 Proceso para efectuar la construcción de la galería

A continuación se describe el proceso para efectuar la construcción de la galería e instalar en ella el colector de 2.13 m de diámetro en su cruce con la estación Guerrero de Metropolitano Línea B.

Observaciones generales.

1.- Es condición necesaria para iniciar la excavación, y construcción de la galería, que previamente se construyan los muros tablaestaca en la zona de cruce con la estación Guerrero de la Línea B, ver figura IV.1, estos muros se remataron hasta el nivel de desplante de la losa de piso de la galería, tomando en cuenta para ello, la demolición que se realiza para la eliminación del concreto contaminado.

2.- La galería funciona como estructura de punteo, es de concreto armado y está constituida por una losa de piso y por traveses a cada lado del eje longitudinal de la tubería.

3.- La galería está apoyada en los muros tablaestaca de la estación Guerrero del Metropolitano línea B.

Procedimiento constructivo de la galería.

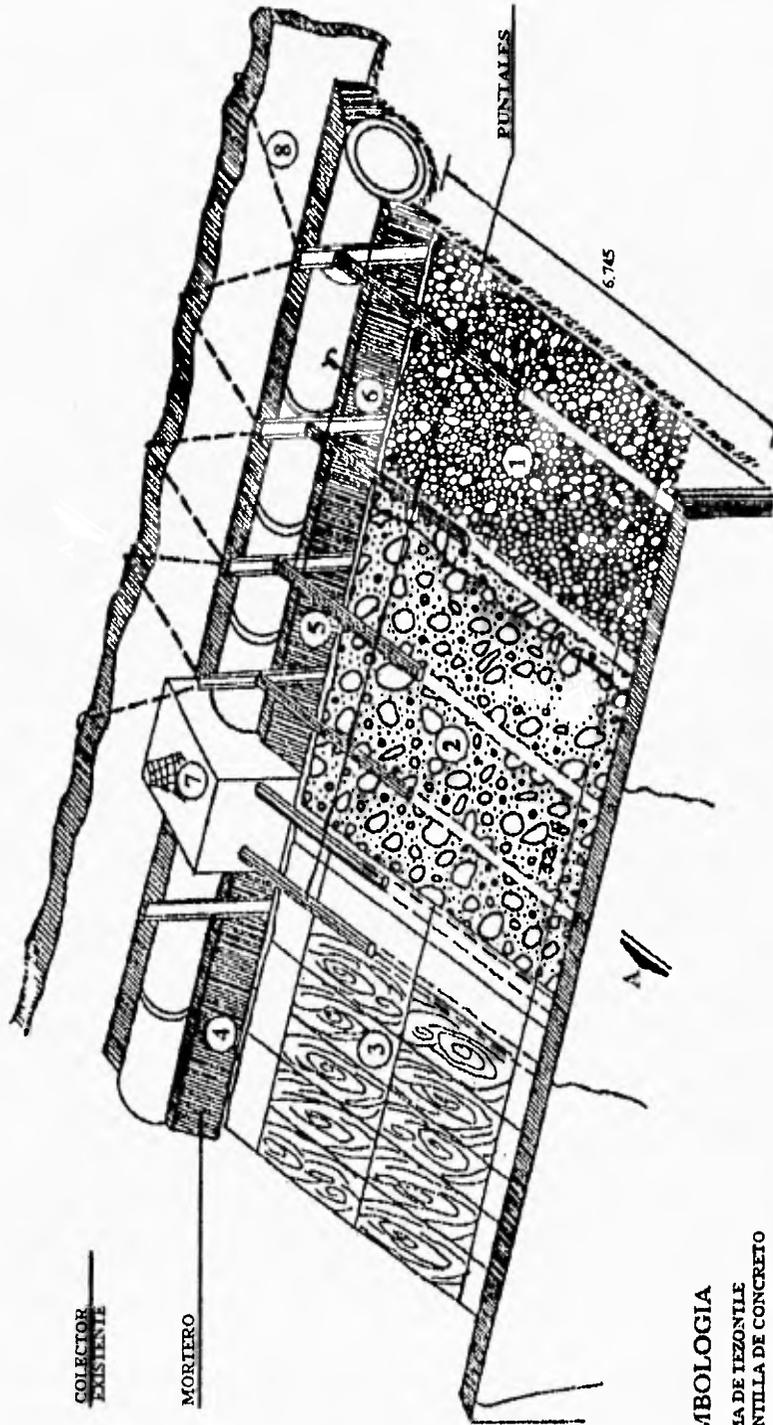
El procedimiento constructivo de la galería se efectúa tal como se indica a continuación:

a) Excavación de la galería

La excavación para la construcción de la galería se efectúa a partir del terreno natural entre taludes con inclinación 0.5:1 horizontal a vertical dentro del cajón formado por los muros tablaestaca de la línea B.

Una vez que se descubra la mitad del colector, y con el fin de evitar cualquier desplazamiento de los tubos, se procede a hincar viguetas de acero a lo largo del colector, separados entre sí una distancia tal que depende de la posición de las juntas del tubo, considerando que no se dejan tramos de tubo sin fijar y cuidando siempre de no dañar las paredes de éste durante el hincado, se lleva cuando menos 4 m abajo del nivel de desplante en forma vertical.

Una vez hincadas las vigas se procede a descubrir el armado de los muros tablaestaca en su cara superior (nivel de remate), y por medio de los cables de acero se sujetan las vigas contra el armado descubierto, esto restringe cualquier movimiento generado por la excavación, como se muestra en la figura IV.6.



**CONSTRUCCION DEL DESVIO DEL COLECTOR HEROES
DE 2.13 m Ø EN LA CELDA E
ESTACION GUERRERO LINEA B**

Figura IV.6

SIMBOLOGIA

- 1 CAMA DE IEZONTILE
- 2 PLANILLA DE CONCRETO
- 3 CAMA DE TRIFLAY 19^{mm}
- 4 PROTECCION DE TALUD
- 5 COLOCACION PUNTAL 8" Ø
- 6 HINCADO DE PERFIL CANAL 10" x 17"
- 7 DEMOLICION POZO DE VISITA
- 8 CABLE DE ACERO 12" Ø CON TENSOR

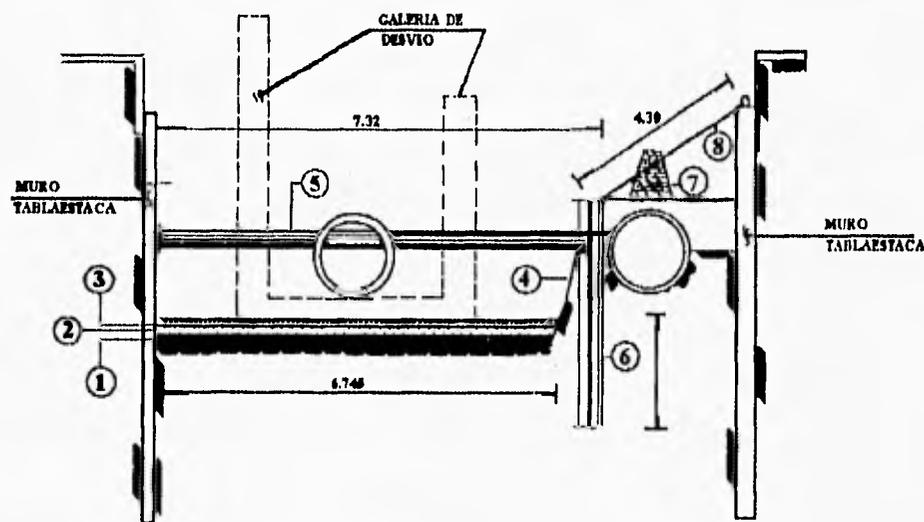
Posteriormente se continúa con la excavación hasta alcanzar el nivel de desplante de la tubería.

Se protege la pared del suelo de la cuña bajo el ducto, por medio de una capa de mortero de 3 cm de espesor armada de tela de gallinero.

En caso de que se presenten filtraciones en las paredes del suelo y/o fugas entre las juntas de los tubos que canalizaron agua hacia la excavación, se sellan las juntas de los tubos antes de continuar con la construcción de la galería; asimismo también se construyen pequeños cárcamos rellenos de grava limpia a lo largo de la excavación, desde los cuales se efectúa un bombeo para extraer el agua que se tenga en la excavación.

Se tiene un minucioso control de los movimientos que pueden generarse en los muros tablaestaca durante la excavación, cuando estos se presentan, se apuntalan los muros entre sí contra las vigas que sujetan el colector, también se requiere que a este último apuntalamiento, no se le aplique precarga ya que esto puede fracturar la tubería.

En la figura IV.7 se muestra el corte A-A de la figura IV.6, donde se puede apreciar el apuntalamiento.



- CORTE A - A**
- 1 CAMA DE TEZONTLE
 - 2 PLANTILLA DE CONCRETO
 - 3 CAMA DE TRIPLAY
 - 4 PROTECCIÓN DE TALUD (ZAMPEADO)
 - 5 COLOCACION DE PUNTAL 8" Ø
 - 6 MENCADO DE PERFIL CANAL 10" x 1/2"
 - 7 DEMOLICION DE POZO DE VISITA
 - 8 CABLE DE ACERO 1/2" Ø CON TENSOR

Figura IV.7

Colocación de la tubería.

Una vez alcanzado el nivel máximo de excavación se procede a construir la galería como a continuación se indica:

Se coloca una cama de tezontle cuyo espesor es de 5 cm y sobre ésta se desplanta una plantilla de concreto simple cuyo espesor se indica en el proyecto, adicionado con un acelerante de fraguado, 3 horas después de haber concluido éste colado se arma y cuela la losa de fondo y traveses hasta el nivel indicado en el proyecto.

Veinticuatro horas después de haber concluido este colado, se rellenan las áreas exteriores a la galería, retirando el sistema de apuntalamiento que impidió estos trabajos y reubicándolo al nivel de remate de las traveses, posteriormente se concluye el colado de éstas.

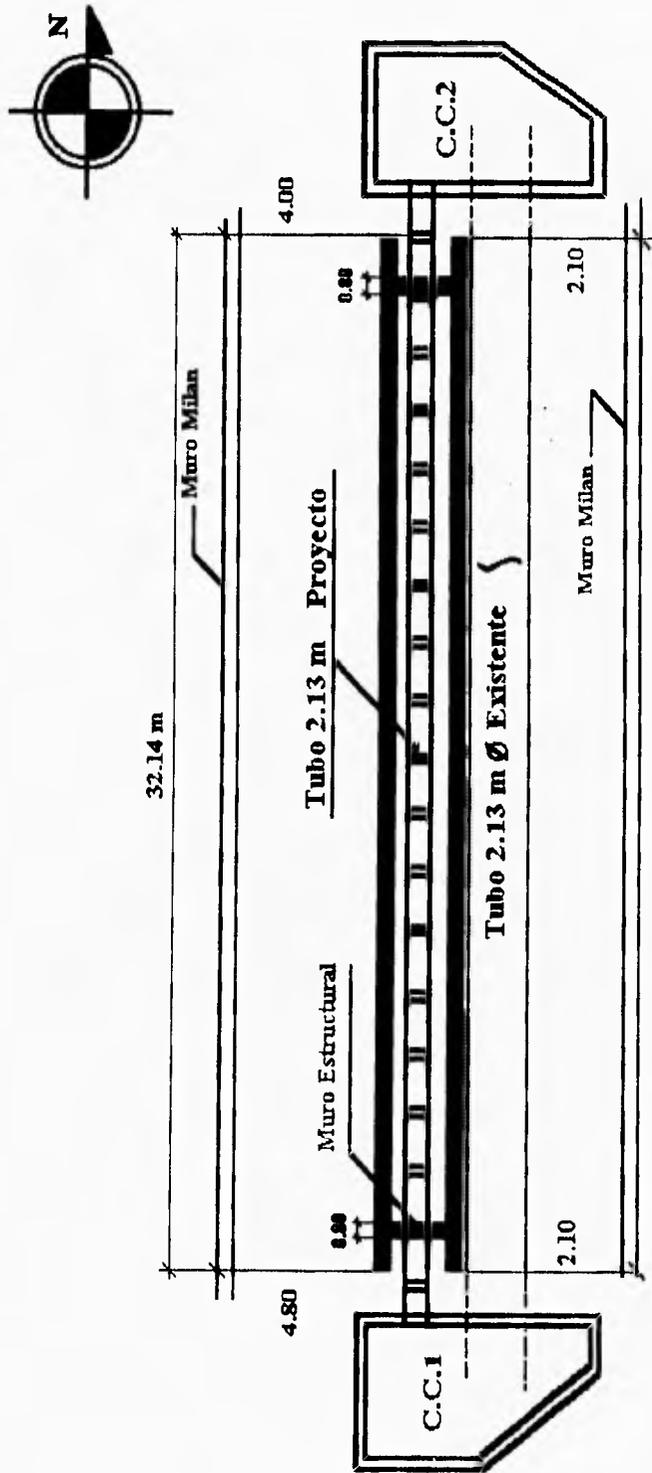
A continuación se impermeabilizan las paredes y losa de la galería, y se coloca la cama de tezontle que soportará la nueva tubería.

Se inicia la colocación de los tramos de tubería respetando la separación máxima permitida en las juntas según normas de DGCOH y manteniendo la pendiente hidráulica existente.

Una vez colocada la tubería, se continúa el relleno de la celda y consecuentemente de la galería hasta el nivel de terreno natural; dicho relleno consiste en material areno-limoso tipo tepetate; previamente se retiraron las vigas hincadas durante la excavación; en este proceso y en el de relleno se debe tomar en cuenta no dañar las tuberías existentes. Finalmente se lleva a cabo el "pegue" del desvío efectuado como lo muestra la figura IV.8.

Observaciones:

- Una vez alcanzado el nivel de excavación requerido se mantuvo seco el fondo durante el proceso de desvío.
- Se sigue detalladamente la posición de los muros tablaestaca descubiertos, y en caso necesario se apuntalan.
- El sistema de apuntalamiento no fué retirado en tanto no se colocó el relleno hasta el nivel inferior a éste.
- Se tuvo especial cuidado para no dañar los ductos de alta tensión y el colector existente.
- La demolición del colector existente se llevó a cabo durante la excavación para la estructuración de la celda.
- La restitución del pavimento en ésta zona se realiza una vez que la colocación definitiva del material de relleno alcance el nivel subrasante de la vialidad correspondiente.



PLANTA DEL PEGUE DE TUBOS

Figura IV.8

IV.3.3 Procedimiento para construir tapones definitivos en cajas de conexión para el colector que quedará fuera de servicio

La construcción de los tapones definitivos que se realizaron en el colector a través de las cajas de conexión, tuvieron el objeto de dirigir el agua hacia un nuevo cause e impedir el paso de la misma hacia el tramo del colector que quedará fuera de servicio.

Tomando en consideración que estos tapones se hacen en cajas de conexión ya construidas, a continuación se indica el procedimiento que se sigue para la construcción de dichos tapones:

- 1.- La tubería del colector en funcionamiento se perfora en dos arcos cuyas longitudes son las que permitan el tirante de agua existente, estas perforaciones se hacen con perforadoras neumáticas. La distancia entre los paños interiores de los muros de las cajas de conexión y las perforaciones que conforman los arcos fueron de 50 cm tal como se indica en las figuras IV.9 y IV.10.

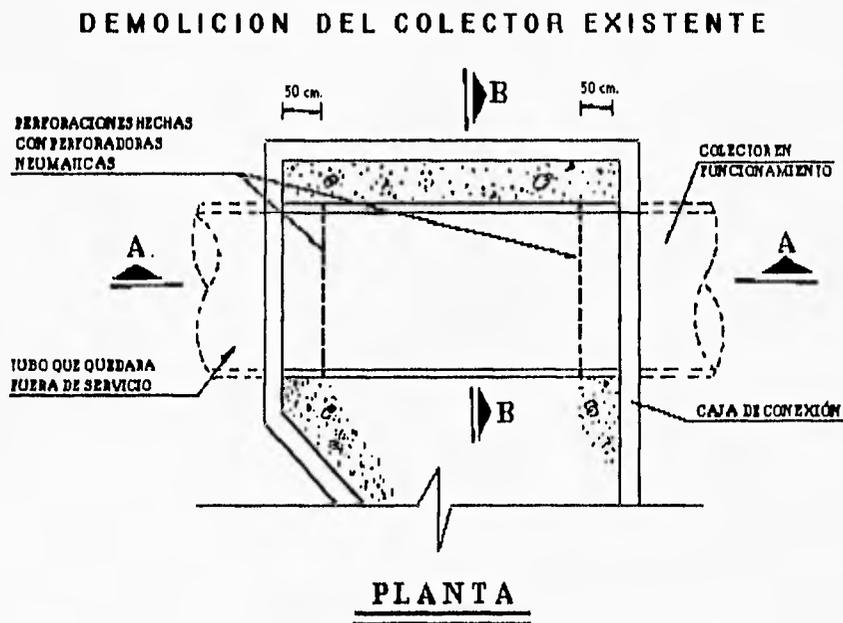
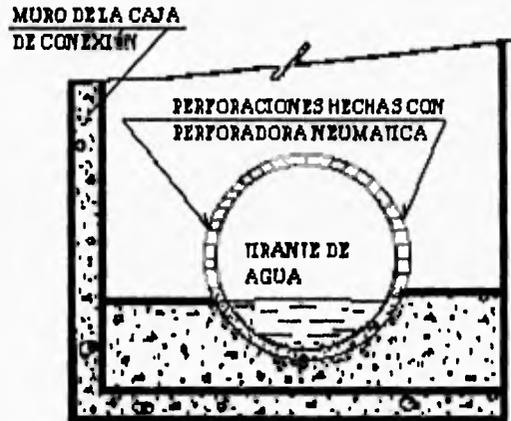


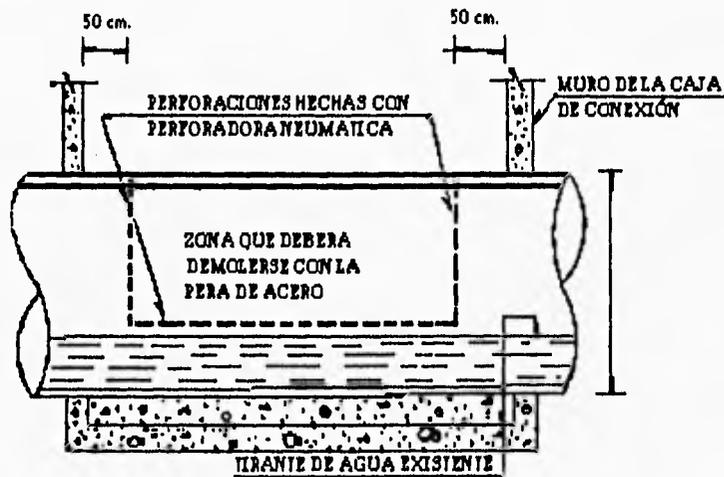
Figura IV.9



CORTE B-B

Figura IV.10

- 2.- Se continúa perforando pero ahora en el sentido longitudinal del colector. Esta perforación se hace hasta unir los dos extremos de los arcos tal como se indica en la figura IV.11.



CORTE A-A

Figura IV.11

- 3.- Habiendo realizado lo anterior se procede a demoler con una pera de acero la sección definida por las perforaciones, como lo indican las figuras IV.12 y IV.13.

ENCOSTALAMIENTO Y DESVIO DEL FLUJO DE AGUA

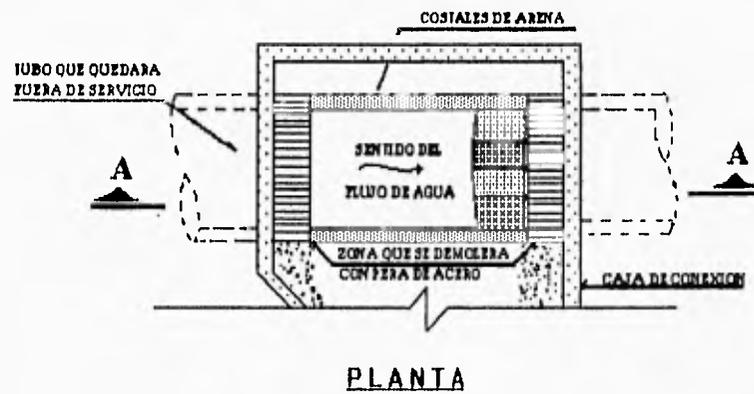


Figura IV.12

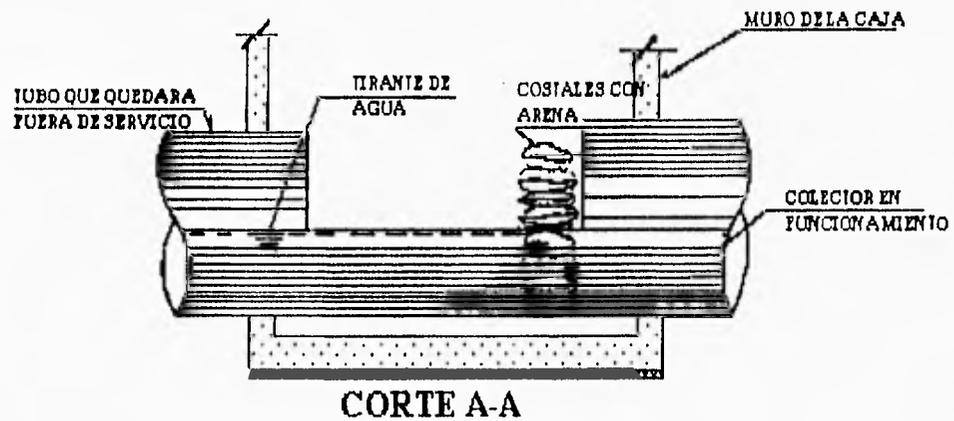


Figura IV.13

El armado que existe en la sección de demolición se cortará con segueta.

- 4.- Se procede a retirar el material producto de la demolición.
- 5.- Se continúa con la demolición del colector pero sólo en el área necesaria para que el agua tome su nuevo cauce, ver figura IV.14.

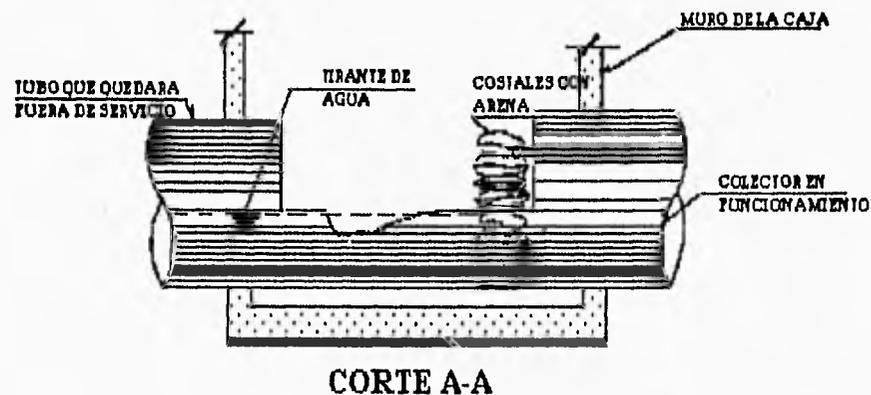


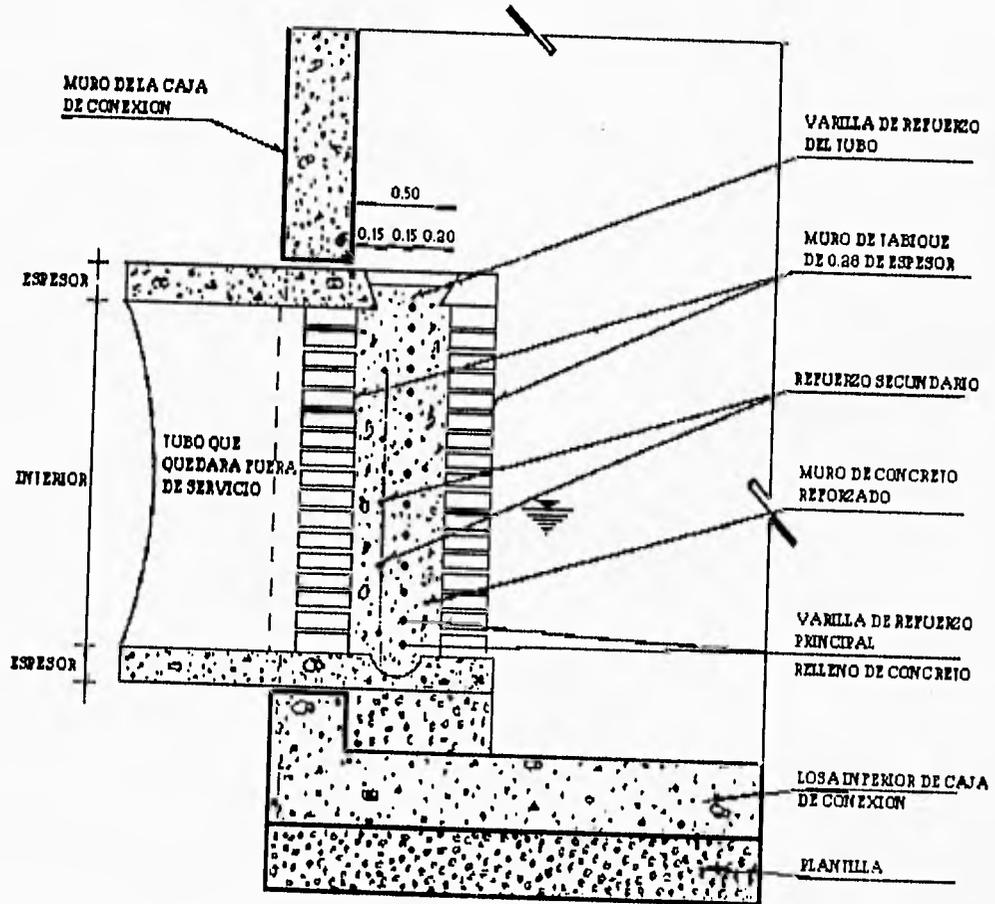
Figura IV.14

- 6.- Una vez que el agua se encuentre circulando parcialmente por su nuevo cauce, se colocan costales con arena en el interior del colector demolido con el fin de permitir que el personal trabaje en una área seca durante la construcción del tapón definitivo.

El tapón definitivo está constituido por dos muros de tabique de 28 cm de espesor y un muro de concreto reforzado, dispuestos en la forma que se indica en la figura IV.15.

- 7.- Una vez construido el tapón definitivo se retiran los costales de arena y el material producto de la excavación.

MURO TAPON



LAS CARACTERISTICAS DEL REFUERZO SE INDICAN EN EL PLANO CORRESPONDIENTE DE ESTRUCTURAS

ELEVACION

Figura IV.15

IV.3.4 Especificaciones para realizar la impermeabilización de la estructura requerida para el puenteo del colector

Puesto que algunas estructuras que alojan las tuberías para agua potable o colectores, forman parte integral del cajón del Metropolitano Línea B, es necesario impermeabilizarlas para evitar filtraciones hacia el interior del mismo. La impermeabilización de dichas estructuras se hace mediante la aplicación del producto denominado sellotex, tanto en la losa de piso como en la superficie interior de los muros, una vez concluida su construcción, como lo muestra la figura IV.16, si se trata de una estructura de desvío, o bien mediante la aplicación adicional de concreto de fraguado instantáneo tipo aquaplug o similar si se trata de una estructura de puenteo construida por tramos mediante silletas, como lo muestra la figura IV.17.

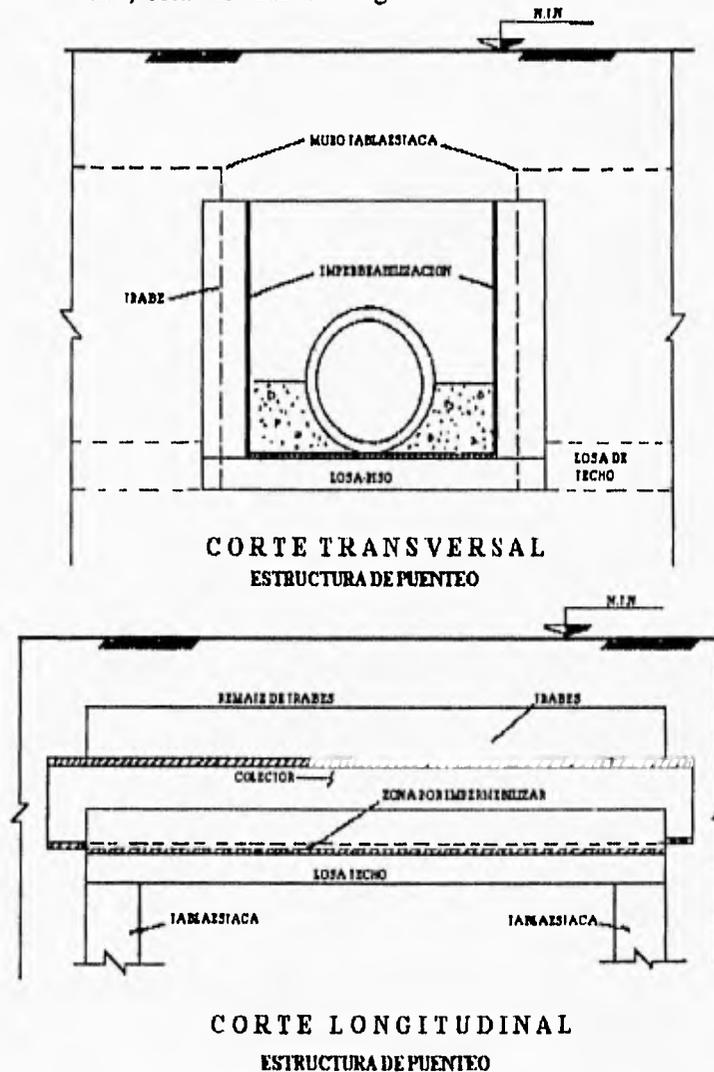


Figura IV.16

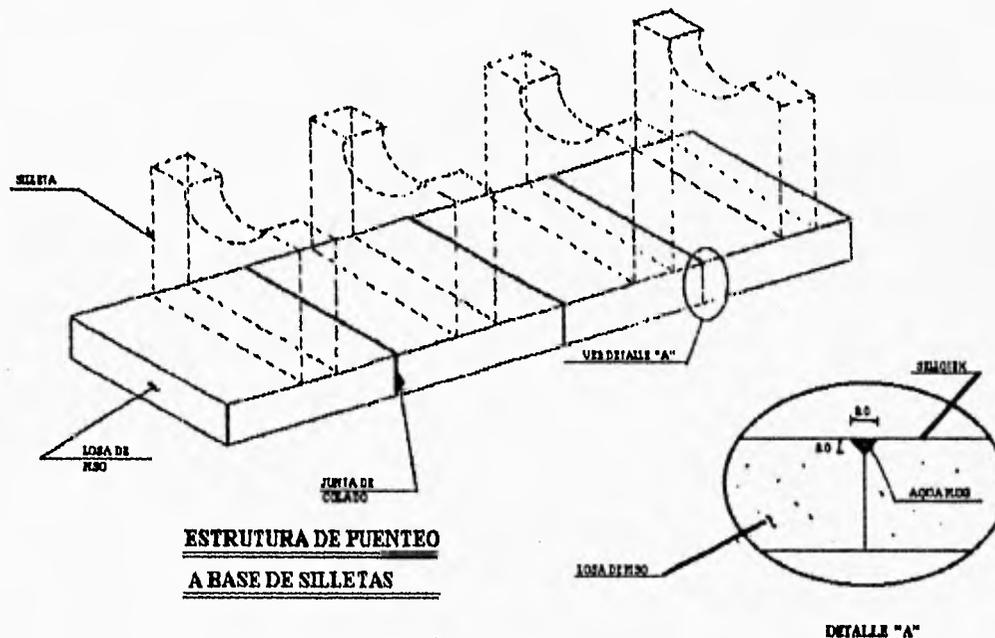


Figura IV.17

Observaciones generales

El tratamiento de impermeabilización definitivo con sellotex es el mismo para ambos casos y de acuerdo con lo indicado en los incisos II y VI de este escrito, con la diferencia de que cuando se trate de una estructura construida por tramos, inicialmente se realiza lo siguiente:

- En las juntas de colado en la losa de piso, generadas por la construcción en tramos de dicha losa, se debe realizar un "chaflan" o saque triangular de 2x2 cm a lo largo de toda la junta, ver detalle A de la figura IV.17.
- Esta ranuración se debe rellenar con concreto de fraguado instantáneo tipo aquaplug o similar.

El aquaplug se prepara en cantidades no mayores de 150 gr, humedeciéndose este material con agua limpia hasta obtener una mezcla pastosa y uniforme, procurando no "amasar" ni mover en exceso dicha mezcla.

En seguida se debe mantener en las manos durante uno a dos minutos hasta que se sienta un ligero calor, procediendo de inmediato a colocar el aquaplug en la endidura enrasando la superficie del centro hacia las orillas, presionándolo y sin moverlo durante un tiempo de tres minutos.

-- Concluida la colocación de este sellado, se procede a realizar el tratamiento final de acuerdo con lo indicado en los párrafos siguientes:

I. Preparación de la superficie a tratar

Con el fin de lograr una buena adherencia entre el producto impermeabilizante y la superficie a tratar, esta última debe estar limpia de astillas, pintura, arenas grasa o suciedad, se puede limpiar con una solución de ácido muriático al 10 % y nuevamente humedecer la superficie con agua limpia.

II. Proporcionamiento

El producto sellotex debe mezclarse perfectamente con agua limpia en relación de 3 kg del material por 1 litro de agua en un recipiente limpio. La mezcla se prepara de preferencia con equipo mecánico; en el caso de elaboración manual. La mezcla debe reagitarse una vez transcurridos 15 min después de haber sido preparada.

III. Aplicación

La mezcla impermeabilizante se aplica con brocha ancha de fibra de ixtle, cubriendo totalmente la superficie de la losa y de los muros, en el interior de la estructura de desvío. En el caso de que la superficie a tratar sea lisa, se usa el producto acriltext combinado con agua en relación de 2 litros del producto con seis litros de agua, por cada bolsa de sellotex.

IV. Número de capas por aplicar

Se recomienda como mínimo aplicar dos manos de sellotex, la primera en una proporción equivalente a 1 kg/m^2 , debiendo aplicar ésta última, una vez transcurridas 24 horas de haber aplicado la primera.

V. Acabado

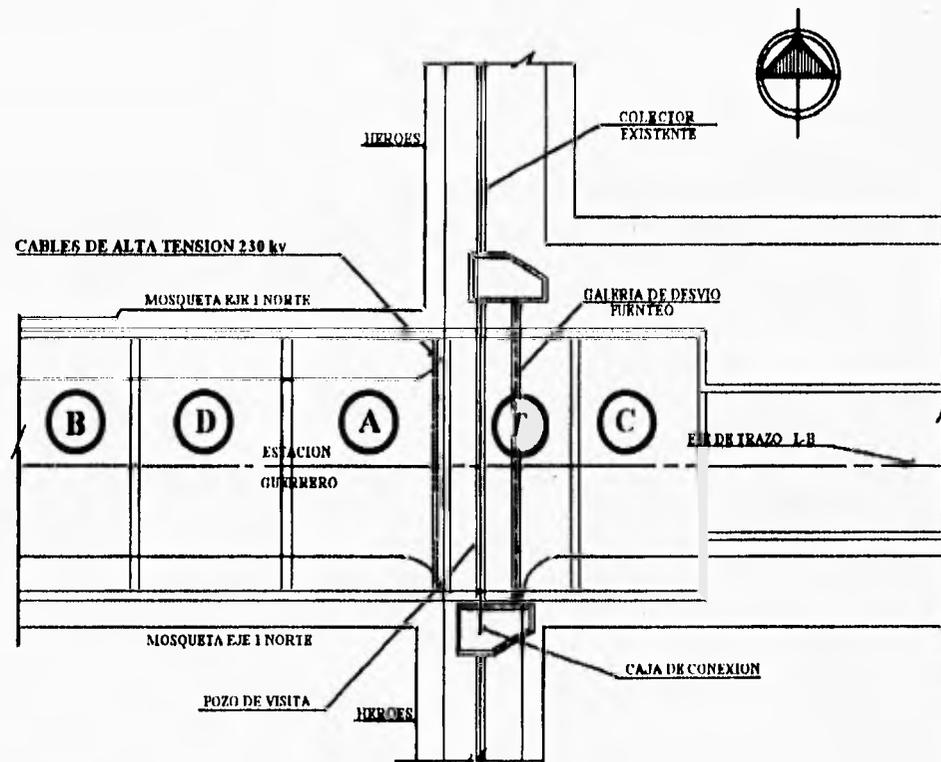
Habiendo terminado de aplicar las dos capas (manos) de sellotex, la superficie tratada debe ser rociada con agua.

IV.4 Procedimiento constructivo para resolver la obra inducida que corresponde al cable de 230 kv, ubicado en la celda A

Dentro de las obras inducidas que se encontraron en el cajón de la estación Guerrero se localiza un ducto de alta tensión de 230 kv, para el cual se efectuó un procedimiento para su protección y solución de dicho ducto.

Ubicación y trazo

La ubicación del cable de alta tensión se encuentra en la calle Héroes, la cual intersecta la estación y pasa por la celda A, como lo muestra la figura IV.18



CROQUIS DE LOCALIZACION

CABLES DE ALTA TENSION 230 kv

Figura IV.18

En el terreno se efectúan calas con el objeto de definir la posición exacta de los cables de alta tensión.

Solución

El peso máximo de los cables se estimó de 650 kg/m para un claro de 35 m, los cables de alta tensión son puenteados mediante una estructura metálica cuyos apoyos fueron formados en un área cuadrada que estuvo constituida por polines de madera de 10x10 cm a cada extremo, además se colocaron puntales de tubo de acero apoyados sobre los muros tablaestaca.

La estructura de puenteo está constituida a base de ángulos de acero tipo A-36 con esfuerzo de fluencia $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$, y las uniones se realizan con soldadura en arco.

El proceso para efectuar el puenteo de los cables de alta tensión se describe a continuación:

Durante la realización de estos trabajos debe estar presente personal de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro para supervisar dichas actividades.

Proceso constructivo

1a Etapa

Una vez localizado el trazo correcto se procede a realizar una excavación en la zona del puenteo a partir del nivel del terreno natural y hasta descubrir el desplante de los tubos en la forma que se muestra en la figura IV.19.

El ancho de la excavación debe ser tal que permita realizar las maniobras necesarias.

2a Etapa

Una vez descubierta la arena térmica que rodea los ductos se procede a retirarlos, no sin antes protegerlos con una cinta de asbesto-cemento con el fin de evitar que sufran algún daño por intemperismo.

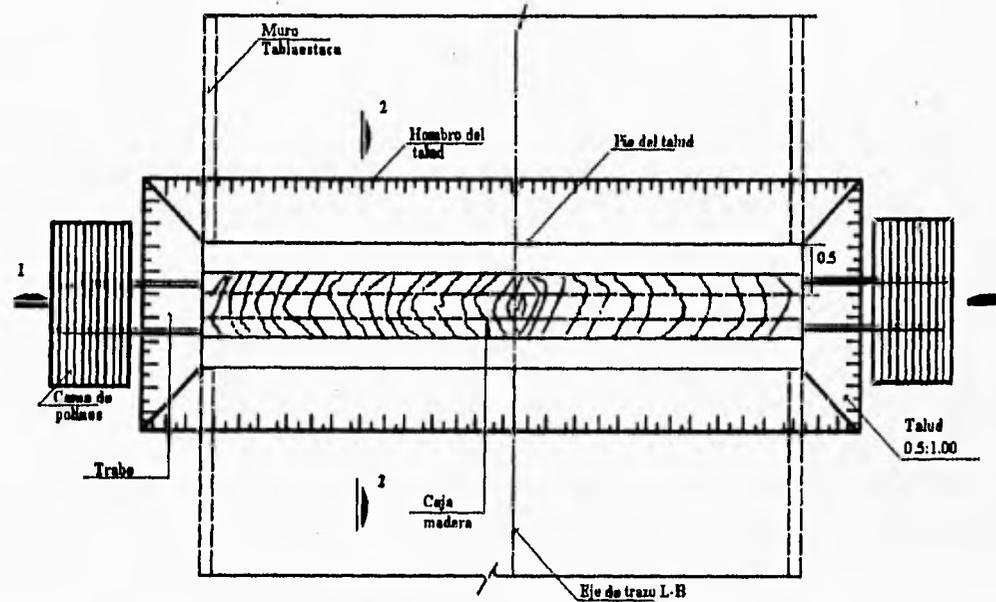


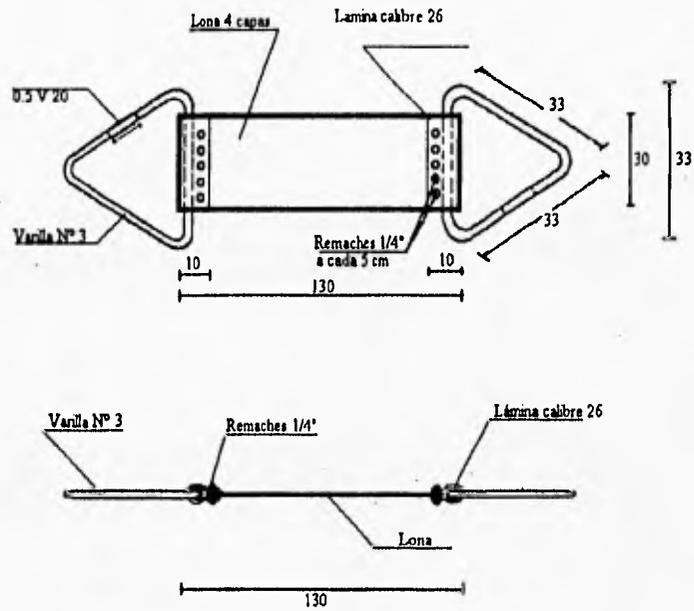
Figura IV.19

3a Etapa

Una vez que se alcanza la profundidad requerida para descubrir el cableado, se procede a colgarlo desde la trabe de celosía, por medio de cinchos de lona con las características indicadas en la figura IV.20.

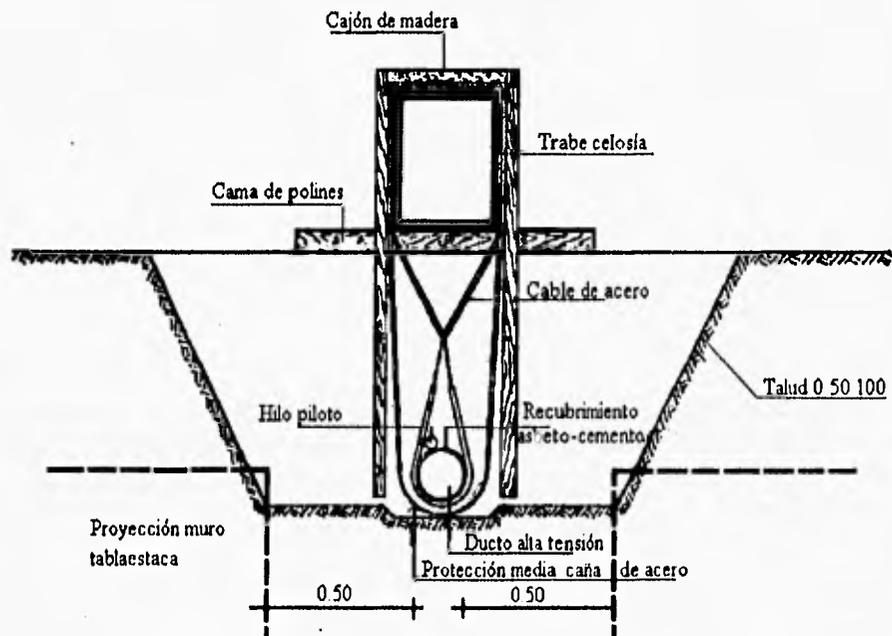
Una vez colganteados los ductos se procede a colocar una protección por la parte de abajo, la cual está constituida por una media caña de acero unida por sus extremos y colgada de la estructura de celosía.

Con la finalidad de protegerlos de la lluvia y sol se coloca un cajón de madera por su parte superior abarcando la estructura de puenteo como se ve en la figura IV.21, que corresponde al corte 2-2 de la figura IV.19.



CINCHOS PARA COLGAR DUCTOS DE ALTA TENSION

Figura IV.20



CORTE 2-2

Figura IV.21

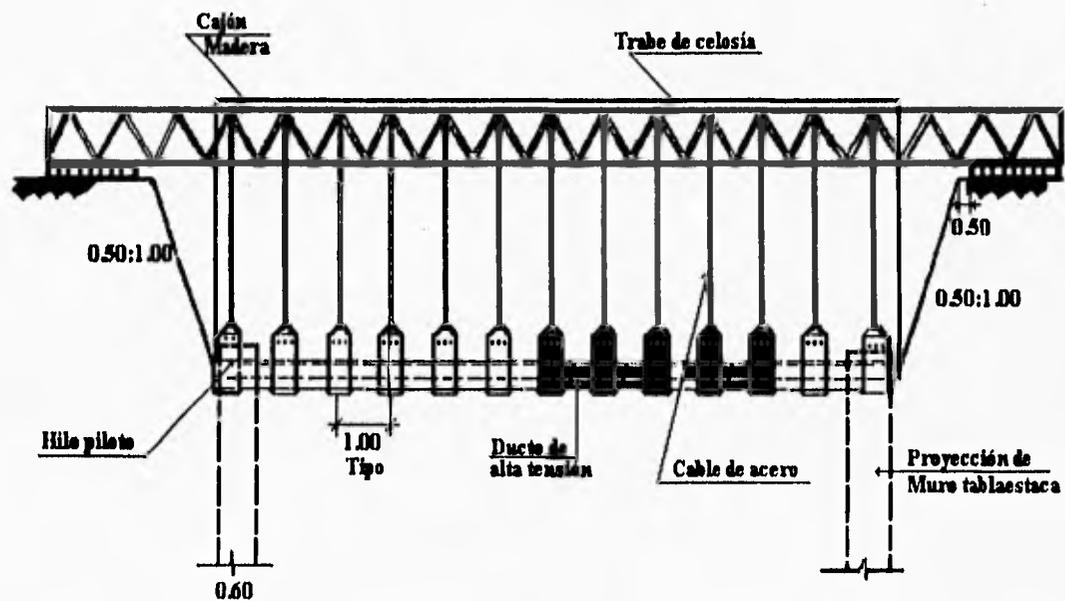
**CORTE I-I**

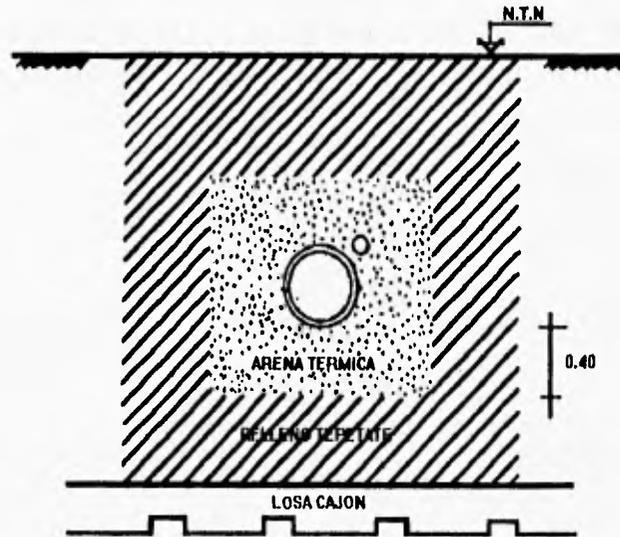
Figura IV.22

4a Etapa

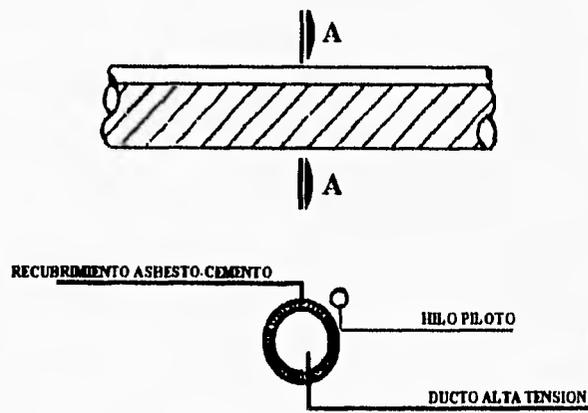
Una vez punteados y protegidos los ductos con el cajón de madera como lo muestra la figura IV.22 que es un corte de la figura IV.19, así como por las cintas de asbesto-cemento y la media caña de acero, se inicia la construcción del cajón del Metro y la colocación de las instalaciones respectivas.

Después de construido el cajón se coloca el relleno sobre éste hasta alcanzar 40 cm abajo de la elevación correspondiente para instalar el ducto. Este espacio se rellena con arena térmica hasta alcanzar el nivel de desplante del ducto.

Una vez instalado el ducto se recubre con arena térmica como se muestra en la figura IV.23. Los ductos de alta tensión se instalaron a la elevación correspondiente indicado por el personal de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro.



INSTALACION DE DUCTO ALTA TENSION



CORTE A-A
PROTECCION DE DUCTO ALTA TENSION

Figura IV.23

IV.5 Proceso para efectuar la excavación y colocación de las tuberías de agua potable que conformarán los desvíos originados por la construcción del cajón de la estación Guerrero

Los procedimientos que a continuación se indican son los que se siguieron para efectuar la excavación e instalación de las tuberías que conforman la red de agua potable de proyecto.

Excavación y colocación

La excavación para la colocación de tramos de tubería que conforman la red general de agua potable se efectúa a cielo abierto de acuerdo a los siguientes procedimientos:

- I. Excavación entre paredes verticales sin ademe.
- II. Excavación por medio de taludes cuya inclinación es 0.25:1 horizontal a vertical.
- III. Excavación por medio de taludes cuya inclinación es 0.5:1 horizontal a vertical.

I.- Excavación a cielo abierto entre paredes verticales sin ademe.

Este proceso de excavación se realiza únicamente en los tramos donde la profundidad máxima no exceda 1.50 m

1. La excavación en el sentido longitudinal al eje de la tubería se realiza en forma continua sin exceder una longitud de avance de 15 m.
2. El ancho de la excavación es función del diámetro de la tubería por instalar.
3. El talud de avance en el frente de la excavación es de 0.25:1 horizontal a vertical.

1a Etapa

Definida el área de excavación del tramo por atacar, es necesario excavar a mano hasta 1.50 m de profundidad con el fin de descubrir las instalaciones municipales, para proporcionar una protección adecuada y no dañarlas.

2a Etapa

Habiendo realizado lo anterior, se continúa con la excavación hasta alcanzar la profundidad de proyecto, inmediatamente después, se coloca una plantilla de grava o tezontle de 10 cm de espesor, la cual se compacta manualmente con pisón metálico.

3a Etapa

Se procede a colocar y unir las secciones de tubería correspondientes al tramo excavado.

4a Etapa

Una vez colocada la tubería en la posición definitiva, se rellena la excavación con material areno-limoso tipo tepetate.

5a Etapa

El proceso de relleno se continúa hasta que se alcance el nivel de subrasante vial, en ésta elevación se inician los trabajos para restituir el pavimento.

Se excavan en forma consecutiva dos tramos de 15 m de longitud, para ello es condición necesaria que al iniciar la excavación en el segundo tramo, el material de relleno en el primero se encuentre a una altura igual a la mitad de la profundidad máxima de proyecto.

La excavación de un tercer tramo sólo puede iniciarse si se cumple que en el primer tramo el material de relleno haya alcanzado el nivel de sub-rasante, y que en el segundo dicho relleno se haya colocado hasta una altura igual a la mitad de la profundidad máxima de excavación de proyecto.

II y III. Excavación a cielo abierto por medio de taludes.

Este procedimiento de excavación se efectúa en los tramos donde la profundidad máxima de proyecto no exceda de 2.0 m y 3.0 m, en los cuales se utilizaron taludes 0.25:1 y 0.5:1 horizontal a vertical, respectivamente.

Observaciones generales

- a) En el procedimiento de excavación donde se utilizaron taludes 0.25:1 horizontal a vertical, la excavación en el sentido longitudinal al eje de la tubería, se realiza en forma continua sin exceder una longitud de avance de 15 m; en la excavación que se efectúa por medio de taludes 0.5:1 horizontal a vertical, ésta longitud no es mayor a 10 m.
- b) El talud de avance en el frente de excavación, para profundidad hasta de 2.0 m es de 0.25:1 y para profundidades de 3.0 m, es de 0.5:1, horizontal a vertical.
- c) El ancho máximo en el fondo de la excavación es función del diámetro de la tubería por instalar.

- d) El espesor de la plantilla que recibe a la tubería por instalar, varía de acuerdo con el diámetro de ésta.

Excavación e instalación de la tubería

1a Etapa

Definida el área de excavación del tramo por atacar es necesario excavar a mano hasta 1.50 m de profundidad con el fin de descubrir las instalaciones municipales y darles la protección adecuada para no dañarlas.

2a Etapa

Habiendo realizado lo anterior, se continúa con la excavación por medio de taludes 0.25:1 y 0.5:1 horizontal a vertical, según es el caso, hasta alcanzar la máxima profundidad de proyecto, procediéndose de inmediato a colocar una plantilla de grava o tezontle de un espesor 15 cm el cual se compacta manualmente con pisón metálico.

3a Etapa

Se procede a unir las secciones de tubería correspondientes al tramo excavado.

4a Etapa

Una vez colocada la tubería en la posición definitiva, se rellena la excavación con material areno-limoso tipo tepetate.

5a Etapa

El proceso de relleno continúa hasta que se alcance el nivel de subrasante vial. En esta elevación se inicia la restitución del pavimento.

Durante este proceso de excavación e instalación de la tubería se excava en forma consecutiva dos tramos de 10 m a 15 m de longitud, según sea el caso; para ello es condición necesaria que al iniciar la excavación en el segundo tramo, el material de relleno en el primero se encuentre a una altura igual a la mitad de la profundidad máxima de excavación de proyecto.

La excavación de un tercer tramo, sólo se puede iniciar si se cumple que en el primer tramo, el material de relleno haya alcanzado el nivel de subrasante vial, y que en el segundo dicho relleno se haya colocado hasta una altura igual a la mitad de la profundidad máxima de la excavación de proyecto.

***V. PROCESO CONSTRUCTIVO DE
LA ESTACION GUERRERO***

V. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA ESTACION GUERRERO

Este tema contempla los pasos que se siguen para realizar la obra civil de la estación Guerrero del Metropolitano Línea B. Primero se inicia la excavación perimetral de la estación con equipo guiado para su estructuración y confinamiento a través de la colocación de muros milán de concreto, armados y colados en el sitio, definiéndose por sus dimensiones dos grandes zonas, la denominada zona central y las cabeceras poniente y oriente (ver figura III.4); la excavación del núcleo de la estación se lleva a cabo a cielo abierto mediante el uso de dragas.

Es conveniente resaltar la importancia que tienen los sistemas de bombeo previos a la excavación, por lo que se dedica un subcapítulo para su explicación. Lo anteriormente supone el control del nivel freático, aunque en algunas ocasiones a pesar de llevar una buena supervisión de éste, se presentan problemas de filtraciones a través de los muros milán. Lo anterior implica tomar medidas correctivas, las cuales se basan en la aplicación de sustancias químicas en las zonas dañadas, varios de la cuales se describen en el subcapítulo sobre la construcción del muro milán.

Las características del elemento estructural anteriormente señalado, se describen más adelante, ya que también se detallan en un subcapítulo aparte.

La excavación de la zona central corresponde al área con mayor gálibo horizontal, por lo cual se decidió construirla mediante cinco celdas definidas por muros milán auxiliares, los cuales son colocados de manera transversal al eje de trazo de la estación.

Para el caso de las cabeceras, su excavación se conforma a base de taludes en el frente de avance cuya geometría se describe más adelante. Las cabeceras estarán confinadas por muros milán de acompañamiento, y en sus colindancias con la zona central, por muros milán auxiliares, así como por muros tapón hacia el tramo y en la zona vestibular compartida con la estación Guerrero de la línea 3 existente.

El orden de ejecución de las etapas de excavación y construcción se pueden observar en la figura III.4.

En relación a la distribución del troquelamiento de la estación, éste se podrá observar en los cortes que se muestran en la figura citada anteriormente, los cuales se presentan en los subcapítulos correspondientes a la zona central, las cabeceras de la estación y a las zonas de acceso.

V.1 Abatimiento del nivel freático

Considerando los aspectos geotécnicos que se presentaron en los estudios previos, podemos deducir las características mecánicas generales que presentará el subsuelo, en el momento de la excavación a cielo abierto para la construcción de la estación Guerrero.

Indudablemente se necesita planear la forma de abatir el nivel de aguas freáticas (N.A.F.) en ésta zona, que se presenta a una profundidad de entre 1.20 a 1.50 m con respecto al nivel del terreno natural.

El método más convencional y cuyos resultados han sido satisfactorios para llevar a cabo lo anterior, es la construcción de pozos de bombeo y la extracción del agua mediante bombas autocebantes.

Debido a lo anterior y considerando un alto grado de saturación del subsuelo de esta zona, se hace necesario señalar como una prioridad el abatimiento del N.A.F. antes de iniciar cualquier etapa de excavación; tomando también en cuenta la disponibilidad de la maquinaria, se contempla iniciar la extracción del agua 24 horas antes de iniciar dicha actividad.

Después de transcurrido este período de tiempo, se mantuvo el nivel dinámico del agua a 16 m, permitiendo con ello comenzar de inmediato la etapa de excavación correspondiente.

A continuación indicaremos los pasos para la instalación del sistema de bombeo para abatir el N.A.F.; los cuales en orden de ejecución son los siguientes .

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

a) Localización de los pozos de bombeo

La distribución de los pozos de bombeo dentro de la estación Guerrero puede observarse en la figura III.4.

b) Perforación de los pozos de bombeo

Los pozos tienen un diámetro de 30 cm, debiéndose tener en cuenta que durante la perforación de éstos se utilice exclusivamente agua a presión. Por ningún motivo se debe utilizar algún tipo de lodo estabilizador para rellenar la perforación de los pozos. Para la perforación de los pozos se utiliza broca de aletas o escalonada.

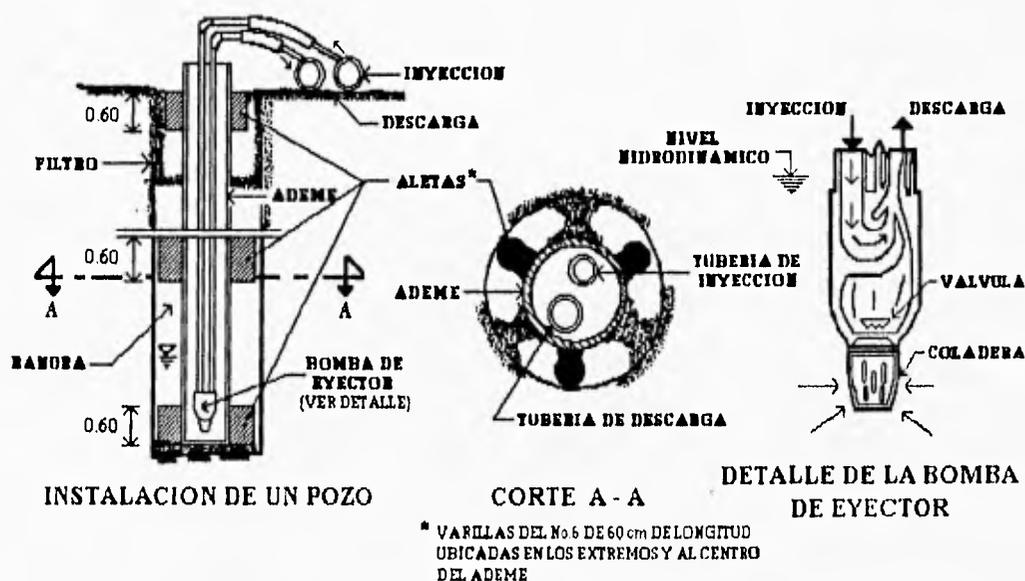
c) Limpieza de las perforaciones

Para tener las perforaciones en condiciones necesarias para instalar el equipo de bombeo dentro de ellas, se tendrán limpias y libres de azolve, para su limpieza se emplean cucharas de percusión con objeto de extraer el azolve grueso y, después de terminar esta operación, se lava la perforación con agua a presión. Se considera limpia ésta, en el momento en que el agua retorna libre de partículas. No es recomendable instalar el ademe y el filtro dentro de aquellas perforaciones que no se encuentren limpias.

d) Ademe de los pozos de bombeo

Antes de ademar la perforación como se explica posteriormente, es necesario mantenerla llena de agua hasta rebosar, para evitar que sus paredes se cierren. El diámetro de los ademes de los pozos de bombeo es el adecuado, considerando el equipo de que se dispone, garantizando con ello la extracción del gasto indicado para la zona correspondiente.

Los ademes están provistos de tres aletas formadas por varilla de 19 mm (3/4"), cuyo diámetro circunscrito se ajusta a las paredes de la excavación, éstas aletas se localizan en puntos equidistantes a lo largo del ademe, tal como se indica en la figura V.1.



CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION DE UN POZO DE BOMBEO

Figura V.1

e) Ranurado de los ademes

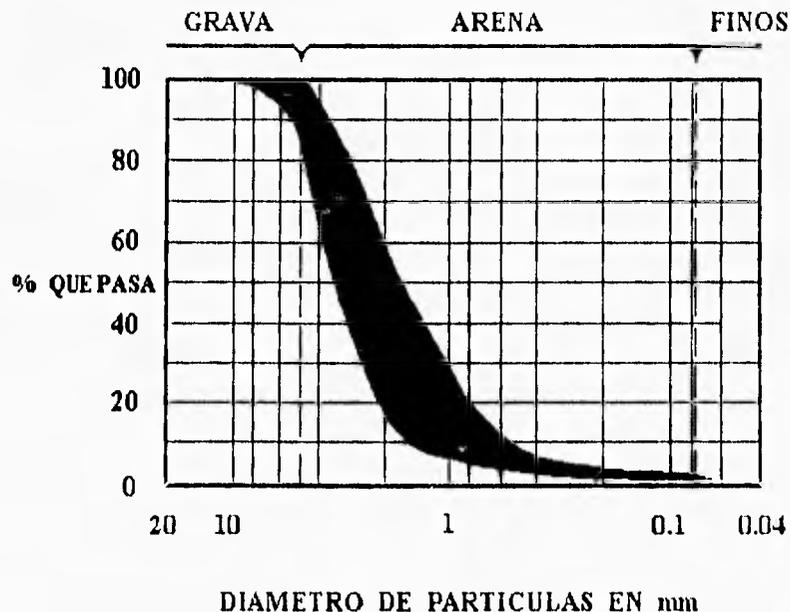
Los ademes están ranurados con el objeto de que el agua por bombear penetre libremente a su interior. Las ranuras son de 30 cm de longitud y 3mm de ancho (1/8"). El porcentaje de área de filtración del tubo no es menor del 3% ni mayor de 5% del área perimetral del tubo.

f) Malla alrededor del ademe

Para evitar que el filtro de arena pase al interior del ademe, se coloca una malla del No. 8 alrededor del mismo espacio. La malla A.S.T.M. queda sujeta firmemente al ademe con objeto de que no se desprenda durante las maniobras de instalación y de esta forma cubra perfectamente las ranuras.

g) Filtro

Entre las paredes del pozo y las del ademe, se coloca un filtro de arena gruesa y grava fina limpia, cuya curva granulométrica queda comprendida dentro de la zona que se localiza en la figura V.2, y adopta una forma similar a las curvas que limitan dichas zonas. El material empleado debe cribarse y lavarse previamente a su colocación para eliminar todos los materiales finos que contenga y que pueden obstruir el filtro durante su funcionamiento



GRANULOMETRIA PARA EL FILTRO DE LOS POZOS

Figura V.2

h) Desarrollo del flujo hidráulico

Con el fin de establecer el flujo hidráulico en el pozo y hacer con ello más eficaz el bombeo, después de colocado el ademe y el filtro, se agita el interior del ademe con una cuchara de percusión. Si esta operación no resulta suficiente para activar el flujo hidráulico, se arroja hielo seco para que el monóxido de carbono liberado destape los espacios entre partículas que hayan sido bloqueados.

i) Bombas

Las bombas que se empleen deben ser capaces de extraer el gasto de 10 lt/min/pozo, previa instalación de sistemas de aforamiento que verifiquen los volúmenes que se vayan extrayendo.

j) Control

Para el control del abatimiento del nivel freático, se lleva a cabo un registro cada 12 horas del gasto de extracción y el nivel dinámico de cada pozo en funcionamiento, más los tres subsecuentes por bombear, y con los datos registrados se elaboran de manera individual y para la batimetría de los pozos en cuestión, gráficas tiempo contra gasto y nivel dinámico. Estas gráficas incluyen en un croquis la nomenclatura y ubicación de todos y cada uno de los pozos de bombeo. Asimismo, instalados los piezómetros en el tramo en cuestión, comienza el registro del abatimiento del nivel freático; se toma una lectura diaria, y con los datos obtenidos se elaboran gráficas tiempo contra nivel piezométrico para cada profundidad con presión medida por los instrumentos, para correlacionar los resultados obtenidos con los eventos de la obra.

Las gráficas individuales y de grupo que muestren los resultados del funcionamiento del sistema de bombeo, así como los controles piezométricos, son analizados en gabinete para su interpretación correspondiente.

Adicionalmente la información anterior se complementa con la indicación del sitio del que se trate: profundidades de desplante; fecha de instalación; fecha de inicio del bombeo; del inicio de cada pozo; observaciones sobre el funcionamiento del sistema de bombeo; fecha de su cancelación; y la ubicación en fechas de los diferentes eventos constructivos de la zona adyacente.

k) Tiempo de bombeo

El bombeo se inicia 24 horas antes de empezar la excavación y se suspende en cada pozo después de que se ha colado la plantilla en la etapa correspondiente. Una vez suspendido el bombeo en cualquier etapa de excavación, el pozo se corta al nivel de desplante de la losa de piso y se rellena con un mortero cemento-arena, con una relación 1:3 en peso del cemento.

l) Longitud de bombeo

La longitud de bombeo es de 10 m, medida a partir del hombro del talud de la etapa que se este excavando, siempre y cuando estén colados los muros milán en una longitud no menor a 30 m a partir del hombro de dicho talud.

m) Piezómetros

Se instalan piezómetros dentro del núcleo de la excavación, para verificar el abatimiento del N.A.F., los cuales se ubican como lo muestra la figura III.1.

Si durante la excavación o construcción de cualquier etapa se presentan filtraciones o escurrimientos pluviales, se controlarán con la construcción de zanjas de 0.30 X 0.30 m, rellenas de grava limpia, ubicadas en las orillas de la excavación, las cuales reconocerán hacia cárcamos de bombeo construidos en las esquinas opuestas de la etapa de excavación desde donde se extraerá el agua de manera que el fondo de la excavación permanezca siempre lo más estanco posible.

V.1.1 Abatimiento del N.A.F. durante la construcción de los trasandenes

En el presente escrito se describe el procedimiento para abatir el N.A.F. en las zonas donde se construyen los trasandenes pertenecientes a la estación Guerrero de la línea 3 del Metro.

Antes y durante las excavaciones para la construcción de la estructura del cajón del Metro, es necesario abatir el nivel de aguas freáticas, con el fin de controlar las fuerzas de filtración, reduciendo las expansiones en el fondo de la excavación.

I) Localización de los pozos de bombeo

La localización de los pozos de bombeo del trasanden, se indican en la figura V.3. La profundidad de desplante de cada pozo es la correspondiente a 1.50 m por abajo del nivel máximo de excavación en el sitio donde quede instalado.

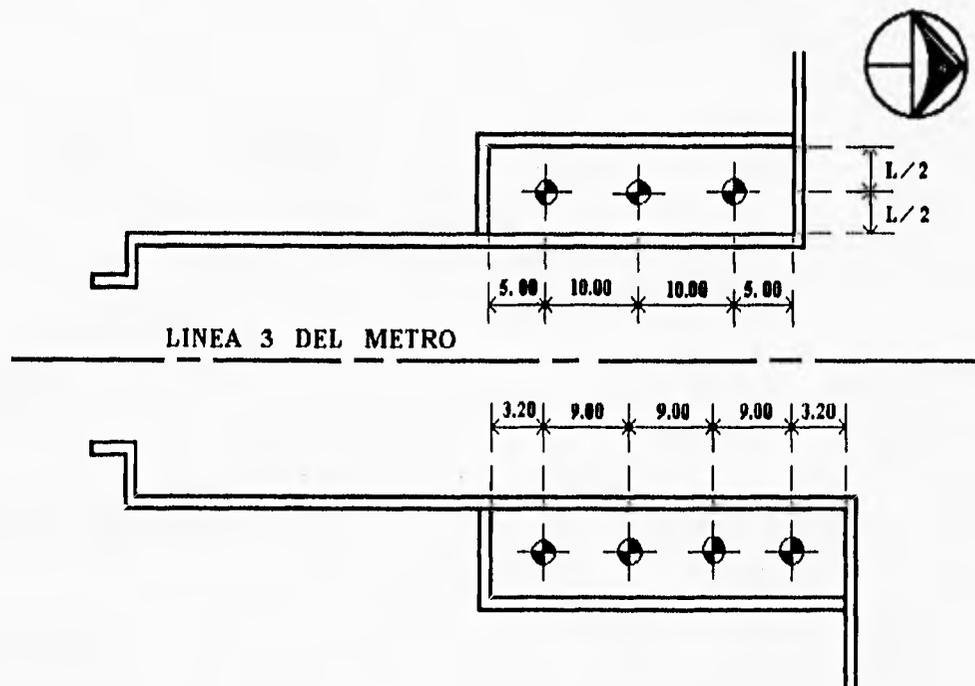
II) Perforación y ademe de los pozos de bombeo

El procedimiento para la perforación, colocación del ademe, del filtro y de las bombas, se realiza conforme a lo descrito en las especificaciones anteriormente señaladas para los pozos de la estación Guerrero.

III) Gasto de agua por bombear

El gasto de agua a extraer en cada pozo se ajusta a lo que a continuación se indica :

- a) Se debe extraer un gasto del orden de 5.5 litros/minuto/pozo.
- b) El tipo de bomba a utilizar esta constituida a base de puntas eyectoras de diámetro y presiones de operación que garantizan la extracción del volumen indicado.
- c) El nivel de succión y el dinámico de las bombas, se ubica a 0.50 m arriba del nivel de desplante de cada pozo.



LOCALIZACION DE POZOS DE BOMBEO EN TRASANDENES

Figura V.3

IV) Tiempo, longitud y suspensión de las zonas de bombeo

Para iniciar la excavación de una determinada etapa, es condición necesaria que exista un tiempo previo de bombeo de 24 horas, en cada pozo contenido en ella, más los pozos localizados en el cuerpo del talud mismo y en todos aquellos localizados a una distancia de 10 m, contados a partir del hombro del talud de avance de dicha etapa, entendiéndose como hombro del talud a la intersección del talud con el terreno natural.

El bombeo se suspende en cada pozo una vez colada la plantilla correspondiente, retirando el ademe de todos y cada uno de los pozos durante este colado.

Los ademes de los pozos de bombeo que queden alojados en la plantilla después de suspender el bombeo, se deben rellenar desde su nivel de desplante hasta el tope de colado de la plantilla, con un mortero cuya relación arena-cemento es 3:1 en peso del cemento, provisto con aditivo estabilizador de volumen.

Existen las siguientes anotaciones importantes, derivadas de los estudios previos:

- 1) No se recomienda iniciar el bombeo de algún pozo hasta que no se tengan construidos todos los muros milán del trasanden.
- 2) Cuando el inicio de la excavación se retrase, el bombeo debe suspenderse hasta que se conozca la fecha de excavación, debiendo cumplir con el tiempo previo de bombeo indicado.
- 3) Se recomienda suspender el bombeo una vez colada la plantilla de concreto correspondiente a alguna de las etapas de excavación, retirando el ademe de los pozos durante este colado.
- 4) La ubicación de los pozos de bombeo no debe interferir con las instalaciones municipales localizadas en la zona, y cuando ésto llegara a suceder, el pozo se ubicaría a 0.50 m del paño de dicha instalación.
- 5) El bombeo sólo podrá iniciarse cuando se encuentran construidos los muros milán correspondientes a la zona por bombear en un radio mínimo de 30 m, medido en el sentido de avance de la excavación, o bien cuando se haya cerrado la celda respectiva.
- 6) Para independizar las zonas de transición de la estación hacia el tramo y de la cabecera oriente a la zona vestibular de la línea 3, así como para delimitar sus influencias, se construirán muros tapón de manera transversal al eje del trazo.
- 7) Las elevaciones de los pozos de bombeo están referidas a la elevación de la subrasante de proyecto en la estación, cuyo valor es 2215.85 m.

V.2 Construcción del muro milán

Antes de comenzar con el desarrollo del procedimiento constructivo de los muro milán, describiremos las características de un elemento auxiliar indispensable para la colocación de éstos; dicho elemento se le conoce con el nombre de brocal.

Los brocales son piezas en forma de ángulo recto o "delantales" de concreto, colados en el lugar; los brocales tienen la finalidad de retener el material de relleno suelto localizado superficialmente y de servir de guía a las herramientas de excavación de los muros milán. Para cumplir adecuadamente con esta última función es necesario que exista un espacio libre entre brocales de 0.65 m para los muros de 0.60 m de espesor.

V.2.1 Construcción de brocales

Para construir éstos brocales se excava primero la parte superior de las zanjas donde se van a colar los muros, hasta una profundidad variable de acuerdo con el espesor de los rellenos, pero no menor de 1.50 m. La profundidad del faldón del brocal para cada tramo es variable, y depende de la altura del muro milán en cuestión.

En virtud de que dentro de los dos primeros metros bajo la superficie, se encuentran la mayoría de los tubos y ductos de los servicios públicos municipales, la excavación de las zanjas guías se realiza con precaución ya sea a mano o con maquinaria, para no dañarlos. Para colar las ramas verticales o faldones del brocal, se tiene que cimbrar. La cimbra de un lado se apoya contra la del otro por medio de puntales, de manera que se eviten las irregularidades o los abolsamientos. Los puntales son polines de madera de sección cuadrada de 0.10 X 0.10 m y se colocan a cada 2.00 m de separación horizontal. En el sentido vertical se colocan en dos niveles cuando la altura del brocal es de 1.50 m y en tres niveles cuando sea mayor.

Las ramas horizontales de los brocales, son pequeñas losas sobre las cuales pueden rodar las máquinas de excavación. El ancho mínimo de estas ramas horizontales son de 0.50 m, pero puede modificarse de acuerdo con las condiciones que presente el terreno de apoyo, de tal manera que se garantice que el brocal quede bien apoyado sin peligro de voltearse durante la excavación.

Una vez que se han colado los brocales y las zanjas han quedado libres de obstáculos, se deben colocar compuertas de madera o de acero para aislar tramos de zanja guía correspondientes a la longitud del tablero del muro que se va a construir. La longitud de la zanja aislada es igual a la del muro por construir.

Cada tramo aislado por las compuertas se llena enseguida con lodo bentonítico hasta quedar a una profundidad de 1.00 m como máximo con respecto al nivel del terreno natural. Este mínimo nivel del fluido se mantiene durante todo el proceso de excavación y colado posteriores.

En caso de que se presenten filtraciones de agua durante el proceso de excavación de los brocales, éstas se controlarán por medio de pequeños cárcamos de bombeo, rellenos con grava

para evitar el arrastre de finos, contruidos a lo largo del eje longitudinal de la excavación, desde los cuales se extraerá el agua mediante bombeo de achique.

V.2.2 Proceso constructivo de los muros milán

A continuación se transcriben las indicaciones previas a la construcción de los muros milán perimetrales o de acompañamiento de la estación Guerrero del Metropolitano Línea B.

- Los muros milán tienen la función de formar una estructura para contener los empujes de la masa de suelo al realizar la excavación; se apoyan transversalmente mediante troqueles.

En los muros donde los troqueles sean colocados diagonalmente (de esquina), se deja una preparación constituida por una placa metálica anclada a los muros milán durante su construcción, con el propósito de formar el plano de apoyo de éste.

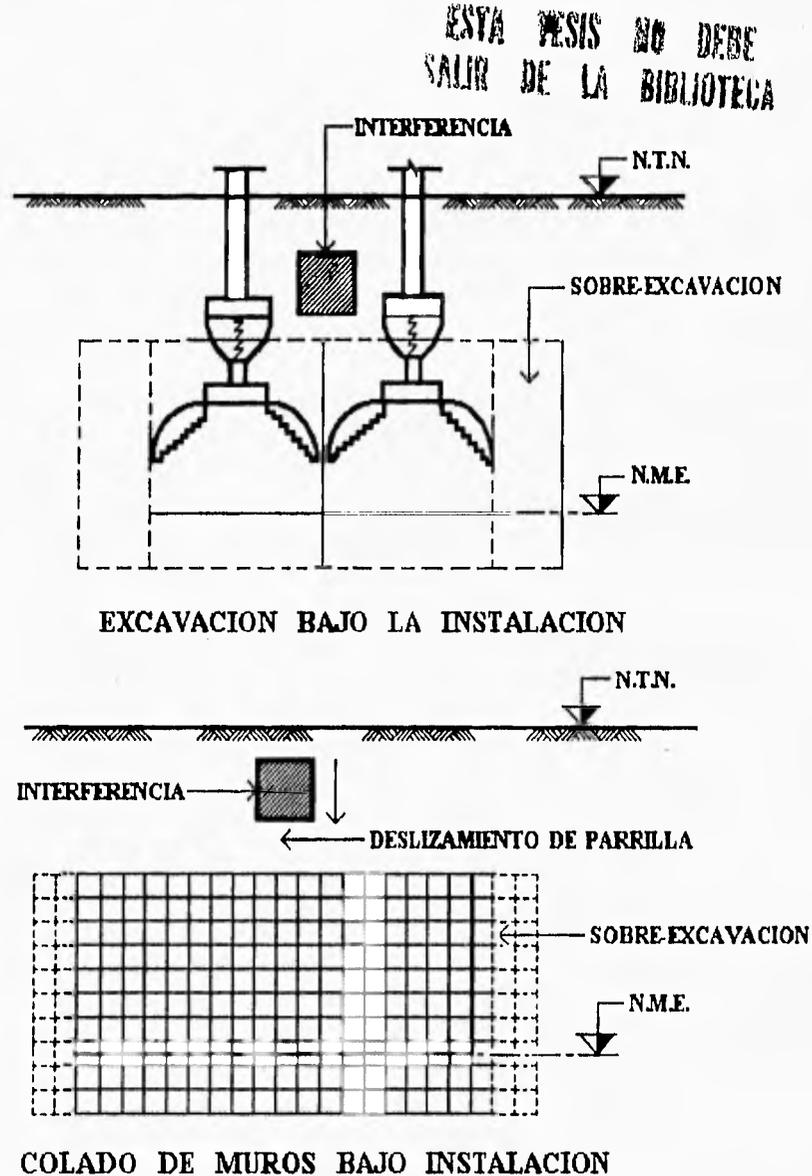
- En el caso de la excavación de la zona central de la estación, algunos muros milán quedan apoyados mediante un elemento a tensión, el cual hace la función de un troquel. Los tensores se utilizan para sustituir el primer nivel de troquelamiento de las celdas primarias (las cuales se describirán más adelante), que se excavan de manera inicial. Para su colocación es necesario dejar también preparaciones constituidas a base de placas metálicas ancladas en los muros milán.

A lo largo de la estación se tienen que realizar algunos desvíos de instalaciones municipales como es el caso del colector de 2.13 m de diámetro, ubicado en la celda E, el puenteo del cable de alta tensión en la celda A, así como de la tubería de agua potable en la zona sur de la estación, entre las más importantes.

Debido a lo anterior, se debe de tomar en cuenta lo siguiente:

- I) Antes del inicio de la construcción de los muros deben realizarse los desvíos de los servicios municipales anteriormente señalados.
- II) Una vez realizado el desvío de la instalación correspondiente, se taponan y retiran quedando fuera de servicio antes de llevar a cabo la excavación de la zanja del muro milán faltante, no debiendo por ningún motivo dejar la zona sin construir con las estructuras de contención; es decir no se dejarán "ventanas".
- III) En caso de que durante la construcción de los muros milán se encuentren restos de cimentaciones o cualquier estructura u obstáculos que interfieran e impida seguir adelante con esta actividad, se debe realizar un levantamiento de éstos y proponerse una solución adecuada, considerando las restricciones en cuanto a los tiempos para la ejecución del mismo.
- IV) Con el fin de no dejar "ventanas" durante la excavación para alojar los muros milán en las zonas de cruce con instalaciones municipales, donde no se haya previsto el desvío de las mismas, dicha excavación deberá efectuarse por sus costados, introduciendo la almeja

en la zanja lo más cercana al ducto y en posición cerrada, abriéndola por debajo de la interferencia de tal manera de ampliar la excavación, como se muestra en la figura V.4.



COLOCACION DE LA PARRILLA PARA EL ARMADO DE MUROS MILAN BAJO ZONAS DE INTERFERENCIAS

Figura V.4

Concluido lo anterior se procede a introducir la parrilla de refuerzo en la zanja deslizándose bajo la interferencia, hasta colocarla en su posición definitiva, para proceder al colado del tablero.

Ductos de alta tensión de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro (C.L.F.C.)

En el sitio donde los muros milán cruzan bajo los ductos de alta tensión de C.L.F.C. se realiza el tratamiento de protección siguiente, aclarando que durante todo momento y a partir del inicio de los trabajos en esta zona, es necesaria la presencia del personal de ésta compañía, para la supervisión de los mismos :

- Durante la excavación a mano para la construcción de los brocales, se deben retirar las capas de material que protegen los ductos de alta tensión.
- Realizando lo anterior, se cubren los tubos mediante la colocación de una cinta de asbesto para evitar su oxidación, además se coloca material aislante alrededor de los mismos, con el fin de evitar algún tipo de inducción eléctrica.
- Se continúa con la excavación de los muros milán, de acuerdo con lo indicado en el punto IV anteriormente señalado.

Colector de 2.13 m de diámetro

La construcción de muros milán en la zona de cruce con el colector de 2.13 m de diámetro ubicado en la celda E, se debe realizar de acuerdo a lo siguiente :

- Previamente a la construcción de la galería de desvío del colector, se construyen los muros milán que se ubican debajo de ésta, y cuyo nivel de remate es menor al de los muros milán del resto de la estación.
- Una vez contruidos los muros milán, se inician los trabajos de desvío del colector de acuerdo con el proceso constructivo correspondiente.
- Una vez efectuado el desvío, se procede a la extracción del colector existente para posteriormente iniciar la construcción de los muros milán que se ubican en ésta zona.

En lo concerniente a las tuberías de agua potable y a los ductos de alta tensión de la C.L.F.C., cabe aclarar que de manera previa se deben realizar calas a fin de precisar su ubicación para no dañarlas durante la construcción de los muros milán cercanos a éstas.

Se debe estar pendiente cuando se provoque algún cambio en la modulación de los muros milán y/o troquelamiento.

Ejecución

A continuación se describe el procedimiento para la excavación de las zanjas, la introducción de las parrillas de armado y el colado de los muros milán para la estación Guerrero del Metropolitano Línea B.

Una vez definido el trazo para la construcción de los muros milán, se inicia la excavación de las zanjas que los alojarán. Dicha excavación se lleva a cabo con equipo o maquinaria cuya herramienta de corte sea guiada, con objeto de ofrecer una amplia garantía en la verticalidad, alineamiento e integridad de las paredes de la zanja, asimismo el equipo debe ser capaz de alcanzar sin problemas, la profundidad de desplante de los muros.

Para poder cumplir con las características antes descritas, la herramienta de excavación debe cumplir con las siguientes recomendaciones :

- Se debe deslizar con suavidad sin chicoteos ni golpes.
- Se debe hincar procurando que no choque ni caiga libremente contra el lodo o contra las paredes de la zanja para evitar desprendimientos o caídos.
- Se debe meter y sacar sin brusquedad para evitar efectos de émbolo en el lodo.
- Debe cortar firmemente el material mediante el hincado a presión.

Por ningún motivo debe emplearse para la excavación de las zanjas, maquinaria que utilice cucharón de almeja libre o cualquier herramienta no guiada, ya que dicho equipo además de no cumplir con las características antes mencionadas (verticalidad, alineamiento, etc.), podría provocar derrumbes durante la excavación.

El cumplimiento de estas indicaciones conjugado con el uso de lodo bentonítico de buena calidad, evita caídos y deslaves que pudieran azolvar la zanja y provocar socavaciones de las paredes, asimismo evita movimientos de las propias paredes y del fondo que se pudieran difundir hacia el exterior causando desplazamientos de las zonas vecinas.

Las excavaciones de las zanjas se realizan en forma alternada, es decir no deben excavar tableros contiguos simultáneamente, de igual manera, no se excavará la zanja para un tablero hasta que el concreto del contiguo haya alcanzado su fraguado inicial.

La longitud de las zanjas excavadas que alojen a los muros del cajón es variable, las más comunes tienen una longitud de 7.20 m, pero algunas como las ubicadas en las cabeceras de la estación y en las esquinas son de 2.50 m.

La profundidad de excavación de las zanjas es en la mayoría de los casos de 16.20 m, a excepción de los ubicados en la celda E, la cual es de 12.50 m, debido a que ahí se alojará el colector de 2.13 m de diámetro.

Durante la excavación, se lleva a cabo un control de las propiedades del lodo bentonítico a través de los resultados que se reciben de un laboratorio, que analiza los requerimientos mínimos que debe poseer éste, a través de dos pruebas que se le envían de cada tablero ademado, la primera se toma al vaciar el lodo en la zanja y la segunda inmediatamente antes de introducir la parrilla de refuerzo.

El nivel del fluido dentro de la zanja debe quedar a 1.00 m por debajo de ella como máximo, a partir del nivel de terreno, evitando variaciones con respecto al mismo.

Por ningún motivo se debe permitir que se abata el nivel arriba indicado del lodo bentonítico, ya que se podrían causar succiones y gradientes en el manto freático que favorecerían la desintegración y el derrumbe de las paredes.

Cuando se perciba cualquier fuga de lodo bentonítico durante las operaciones de excavación, debe anotarse todas sus características y señalarse de inmediato en la bitácora de obra para que posteriormente se genere la solución correspondiente; por ningún motivo se debe admitir colar un tramo que presente fugas del lodo o que no se hayan tratado adecuadamente, hasta que éstas desaparezcan.

No puede dejarse una zanja totalmente excavada y ademada con el lodo bentonítico por mucho tiempo, por lo que no debe pasar más de 24 horas entre el inicio de la excavación de un tablero y el inicio de su colado, asimismo, no deben transcurrir más de 6 horas entre el momento que se alcance la máxima profundidad de excavación y el inicio del colado.

En vista de que la herramienta de excavación de la zanja es curva, la profundidad de excavación debe llevarse a la que se indique para cada caso más 20 cm.

Terminada la excavación, debe procederse a la limpieza del azolve del fondo, utilizando un tubo eyector que debe pasar por todo el piso de la zanja. Otra alternativa consiste en la recolección del azolve con la almeja.

Cuando se concluya la excavación y se haya verificado la profundidad de la zanja y las propiedades del lodo bentonítico, se procede entonces a introducir las juntas metálicas en la parrilla de refuerzo.

Las juntas deben ser tubos metálicos huecos de forma semicircular o rectangular. A la cara del tubo-junta que quede en contacto con el concreto se le debe aplicar una película de grasa o un desencofrante constituido por una resina epóxica (primer de compound), o poliéster de un milímetro de espesor para facilitar su extracción posterior.

En el interior del tubo-junta no se debe introducir concreto, por lo que sus extremos permanecerán cerrados, su parte inferior debe contar con una caja metálica que se hinca y asienta firmemente en el fondo de la zanja para evitar que se mueva o deforme durante el colado. Dicha junta debe lastrarse para evitar su flotación.

Una vez instalados los tubos-junta se procede de inmediato a introducir la parrilla de armado dentro de la zanja con el lodo estabilizador, la cual cuenta con una banda de poliestireno sujeta a la misma. Las parrillas están contraventeadas con rigidizadores, que permiten hacerlas descender por su propio peso por medio de una grúa, tomando las debidas precauciones con respecto a su verticalidad y alineamiento.

No se debe permitir que la parrilla flote, debiéndose garantizar que permanezca en su lugar al momento de ser introducida en la zanja, y una vez colocada en su posición definitiva se debe fijar contra el brocal para impedir su movimiento durante el colado.

Es muy importante verificar cuidadosamente que la parrilla, a pesar de la tendencia a la flotación, haya quedado en su lugar, no permitiendo por ningún motivo el colado del muro milán con la parrilla flotando o fuera de su lugar.

En caso que durante la introducción de la parrilla, y debido a la densidad del lodo bentonítico se dificulte el desplazamiento vertical, se debe recurrir a los mecanismos necesarios para garantizar la presión necesaria para su colocación evitando movimientos violentos que afecten la estabilidad de la zanja.

El tiempo máximo que transcurre entre el momento de la introducción de la parrilla en la zanja y el colado de la misma es de 4 horas, períodos mayores favorecen la formación de "cake" y reducen la adherencia concreto-acero, por esta razón el colado del muro milán debe iniciarse inmediatamente después de introducida la parrilla de armado, ya que no es conveniente sacar y meter nuevamente la parrilla de la zanja debido a que en cada operación se pueden producir caídos indeseables que afecten la estabilidad de la zanja.

Las parrillas de armado deben habilitarse con elementos que garanticen el recubrimiento de los muros milán, pudiéndose utilizar para tal fin roles de concreto de 127 mm (5") de diámetro que van fijados al acero principal por medio de varillas de 19 mm (3/4"), localizados en ambas caras de la parrilla en tres niveles equidistantes en el sentido vertical. Cada una de las varillas llevan cuatro roles ubicados también equidistantes en el sentido horizontal. Asimismo es necesario dejar dentro de la parrilla espacios libres para el paso de las bocas de descarga del colado.

Después de colocada, centrada y nivelada la parrilla, se introducen las bocas de descarga del colado por tramos. Los coples de unión de cada tramo de las bocas de descarga deben ser perfectamente herméticos para impedir que la succión de la columna de concreto, al bajar, introduzca aire o lodo del exterior. Cada tramo es de 2.00 m de largo y de 30 cm de diámetro. Al tramo que sobresalga en la superficie se le conecta un embudo o una tolva.

La boca de esta tolva debe quedar a una altura conveniente para que se pueda descargar directamente el concreto desde las ollas revolvedoras; todo el conjunto tiende a subir o bajar durante el colado, por lo tanto, debe contarse con el equipo necesario para efectuar esos movimientos. Los tramos de tubo deben ser lo suficientemente resistentes y pesados para soportar el manejo.

El extremo inferior de la boca de descarga del colado, debe quedar apoyada en el fondo de la zanja antes de iniciar el colado. Una vez introducidas las bocas de descarga del colado, se colocan entre la tolva y el tubo, un tapón constituido por un balón de látex, el cual descende obligado por el peso del concreto vaciado, evitando en esta forma la segregación y contaminación del concreto. En esta forma se evita la descarga del concreto con mucha energía, lo que pudiera dar lugar a la mezcla del concreto con el lodo. Para iniciar el flujo de concreto, la boca de descarga debe levantarse a una distancia de 30 cm a partir del fondo de la zanja.

El concreto debe ser lo suficientemente fluido para que sin necesidad de vibrarlo penetre y se distribuya uniformemente por todo el tablero. La boca de descarga no debe quedar nunca ahogada menos de 1.50 m en el concreto que se esté colando.

Para ayudar al concreto a fluir al principio, puede desplazarse la boca de descarga verticalmente hacia arriba y hacia abajo, vigilando que permanezca siempre suficientemente ahogada en el concreto para que no exista contaminación del lodo bentonítico con el concreto. A medida que el concreto fluya se debe agregar más concreto a la tolva, manteniendo la columna a una altura conveniente para regular la rapidez del flujo, de esta forma, el lodo bentonítico de la zanja es desplazado hacia la superficie por la diferencia de densidades prácticamente sin necesidad de mover la tubería. El impulso que lleve la primera mezcla al salir por la boca de descarga produce un efecto de arranque en el fondo del tablero y lo deja limpio del lodo estabilizador.

Con un buen procedimiento de colado el lodo bentonítico no se mezcla con el concreto, sino que éste siempre lo lleva por delante hasta rebosar a un recipiente colector. También puede irse succionando con una bomba de lodos.

El concreto no debe ser vaciado de golpe dentro de la tolva con la finalidad de lograr un flujo suave continuo, por lo que no es recomendable tener recesos o suspensiones mayores de 15 minutos.

Es necesario llevar un riguroso control del colado, midiendo en forma permanente la variación del nivel de la superficie del concreto y anotándolo en un registro, con objeto de poder decidir el retiro oportuno de los tramos de las bocas de descarga de colado y programar adecuadamente el suministro de concreto para evitar recesos.

Se deben utilizar dos bocas de descarga para el colado de tableros cuyas longitudes sean mayores a 3.50 m, debido a las pendientes que desarrolla el concreto dentro del lodo estabilizador; y una vez iniciado el mismo, dichas bocas no tienen que ser desplazadas lateralmente dentro del tablero.

Para llevar a cabo un buen procedimiento de colado de muros milán, se recomienda considerar los siguientes puntos:

- a) Tener un lodo estabilizador bajo control que cumpla con todas las características especificadas.

- b) Tener un concreto fluido (revenimiento según las especificaciones de concreto).
- c) Tener la boca de descarga siempre ahogada en el concreto; no menos de 1.50 m durante el colado, y asegurarse de que los coples de unión sean herméticos, es decir, que impidan la entada del lodo estabilizador hacia el interior.
- d) Hacer un colado continuo que por ningún motivo sea interrumpido más de 15 minutos.
- e) Evitar todo movimiento brusco de la boca de descarga del colado, y todo vibrado y picado, ya que ello favorece la mezcla del lodo bentonítico con el concreto, dando por resultado oquedades y zonas contaminadas de muy baja resistencia en el muro milán.
- f) Verificar durante el colado el volumen de concreto que entra en un tablero y el volumen del lodo estabilizador que se desplaza, y compararlo con los volúmenes calculados de acuerdo con la geometría del tablero. Si hay diferencias notables puede significar que se esté teniendo fugas, o que exista una mezcla del lodo con el concreto.

El concreto de los muros milán debe llegar únicamente hasta el nivel proyectado. Se recomienda agregar al concreto aditivo retardante.

Debido a que la excavación entre muros milán se lleva a cabo aprovechando la rigidez de éstos y su capacidad de trabajo como tablaestacas en el sentido vertical y como losa en el sentido longitudinal, dicha excavación no puede iniciarse hasta que haya transcurrido por lo menos 28 días de colados los muros milán (para concreto elaborado con cemento tipo I), o 14 días (para concreto elaborado con cemento tipo II).

Una vez que el concreto del muro milán alcance su fraguado inicial se procede a retirar el tubo-junta, el cual se debe mover mediante el empleo de un equipo guiado que garantice la extracción en forma vertical con el fin de evitar daños en la junta.

V.2.3 Eliminación y control de filtraciones

A continuación se indica el procedimiento que debe seguirse para llevar a cabo el sellado de humedades y filtraciones que pudieran presentarse en la estación Guerrero del Metropolitano Línea B, a través de los muros milán. Se mencionan los sitios más probables de los muros milán donde se pueden detectar filtraciones o humedades de acuerdo a lo observado en obra :

Juntas : Este tipo de filtración se presenta generalmente a causa de una contaminación parcial en la junta o por azolves en el fondo de la zanja durante el colado del muro.

Cuerpo del muro milán : La causa de este tipo de humedad o filtración obedece a la contaminación del concreto durante el colado, dejando un elemento con fisuras o porosidades por donde se filtra el agua.

Soluciones para cada caso

Previo al inicio de cualquier tratamiento, se debe limpiar la zona por tratar, de tal forma que no exista material contaminado con lodo estabilizador, previo a la aplicación del tratamiento.

El tipo de tratamiento a utilizar depende del sitio donde quede ubicada la filtración, así como de la magnitud que presente ésta.

Con el objeto de poder clasificar la filtración en cuanto a su magnitud se utiliza la siguiente nomenclatura :

- H-F Humedades fuertes : Tienen apariencia brillante en el área afectada y además una ligera capa de agua perceptible al tacto.
- H-M Humedades medias : Son aquellas que se perciben visualmente y presentan una apariencia brillante en el área afectada.
- H-L Humedades ligeras : Son humedades sólo perceptibles al tacto.
- F-F Filtraciones fuertes : Tienen apariencia brillante en la superficie y un escurrimiento intenso en la zona.
- F-M Filtraciones medias : La superficie presenta una apariencia brillante y escurrimiento ligero.
- F-L Filtraciones ligeras : Tienen apariencia brillante en la superficie y un escurrimiento apenas perceptible.

Una vez ubicado el sitio de la filtración y clasificada ésta de acuerdo con su magnitud, se debe aplicar el tratamiento correspondiente de acuerdo con lo que a continuación se indica

Caso "A"

Para los casos donde la filtración quede ubicada en el cuerpo de los muros milán, con una magnitud correspondiente al F-L ó H-F.

- 1) Una vez localizada la zona por donde se introduce el agua al cajón del Metro, se procede a realizar cortes en el concreto, ya sea sesgados o cuadrados, como se indica en la figura V.5.
- 2) Para llenar el espacio de los cortes realizados en el concreto se debe utilizar un mortero hidráulico de fraguado instantáneo y expansivo al contacto con el agua, llamado en lo sucesivo "mortero". El mortero que se utilice debe garantizar una resistencia igual o mayor que la del concreto constituyente del muro. Sus requerimientos mínimos de resistencia debe ser :

	20 Minutos	1 Día	3 Días	7 Días	28 Días
TENSION *	155	249	265	291	351
COMPRESION *	1250	2919	3700	4053	6225

* Ensayes de Laboratorio A.S.T.M. C-109

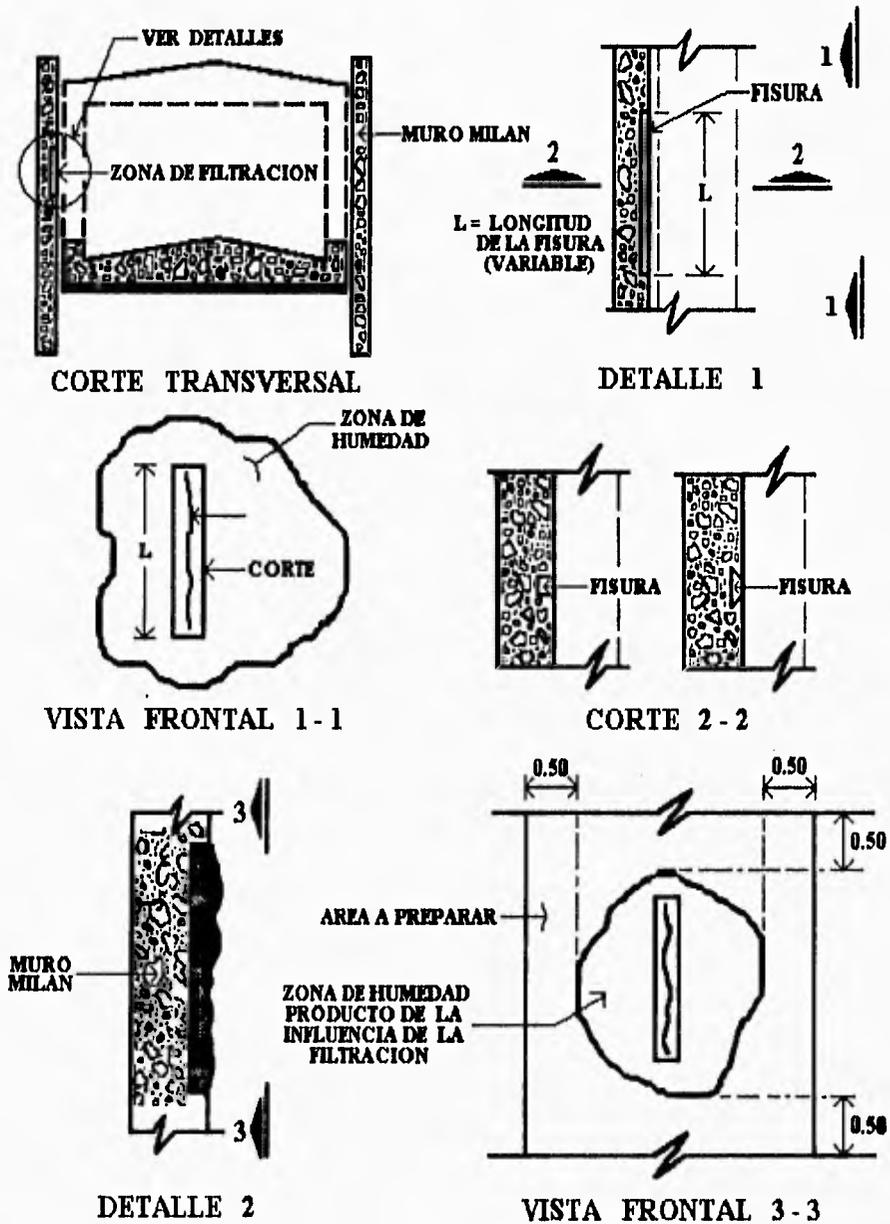
Además, a 1 día.....100 kg/cm²
 A 28 días300 kg/cm²

Este mortero se debe preparar en un recipiente semiesférico de superficie lisa en cantidades no mayores de 150 g, se tiene que humedecer con agua limpia hasta obtener una mezcla pastosa y uniforme, procurando no amasar ni mover en exceso dicha mezcla para que el producto no pierda sus propiedades. Hecha la mezcla se debe mantener en las manos durante uno o dos minutos hasta que se sienta un ligero calor; procediendo de inmediato a colocar el mortero en las zonas por rellenar, ejerciendo presión y sin moverla por espacio de tres minutos, repitiendo la operación hasta llenar por completo los cortes realizados en el concreto.

- 3) Diez minutos después de aplicado el mortero, se proce a enrazar la superficie desde el centro y hacia las orillas de la misma en el sentido longitudinal.
- 4) Concluido lo anterior, se prepara la superficie para recibir un recubrimiento cementoso impermeable definitivo, limpiándola con un cepillo de alambre hasta dejar una superficie áspera. El área por limpiar cubre 0.50 m a cada lado de la humedad producto del efecto de la filtración. Una vez lista la superficie, se humedece con agua limpia antes de la aplicación del recubrimiento mencionado.
- 5) El recubrimiento impermeable cumple con las siguientes especificaciones de laboratorio:

PRUEBA	METODO	RESULTADO
Compresión	A.S.T.M.-109	6,000 P.S.I. (28 días)
Absorción	A.S.T.M. C-67	2% (24 horas)
Flexión	A.S.T.M. C-398-617	850 P.S.I. (28 días)
Adherencia	-----	300 P.S.I. (28 días)
Resistencia a la Abrasión	Sandblast 3,000 lts. Arena	Sin Pérdida.
Weatherómetro	500 horas	No presentar agrietamiento, ni erosiones.

- 6) 45 minutos después de la aplicación del recubrimiento, se humedece nuevamente la superficie tratada.
- 7) Después de 6 horas, se aplica una capa de refuerzo, integrada por un recubrimiento complementario, sólo que en éste caso la aplicación se hace con llana; para lo cual, se humedece la superficie y se prepara el material de acuerdo a lo especificado por el fabricante.



TRATAMIENTO DE FILTRACIONES PARA MUROS MILAN

Figura V.5

- 8) Finalmente, 45 minutos después de la aplicación de la capa de refuerzo, se humedece nuevamente la superficie.
- 9) El agua que es utilizada para la elaboración de ambas mezclas, no debe contener materia orgánica o sedimentos que resulten nocivos o perjudiciales a la mezcla.

Caso "B"

Este caso se aplica cuando la filtración quede localizada en el cuerpo del muro milán, para una magnitud de filtración del tipo H-M ó H-L.

- 1) Este tipo de sellado consiste únicamente en la aplicación de las indicaciones descritas a partir del inciso 4 del caso "A", aplicando el recubrimiento y su refuerzo en toda el área por impermeabilizar.

Caso "C"

Este procedimiento se aplica a las filtraciones que se localizan en la junta entre muros milán o en el cuerpo de los mismos, cuya magnitud sea F-F y F-M.

El procedimiento consiste en calafatear la zona de filtraciones o bien inyectar en la parte posterior del muro; en este último caso se realiza de manera posterior a la construcción del muro estructural.

A continuación se describen los trabajos que se llevan a cabo para la ejecución de este tratamiento.

1) Calafateo

- a) Una vez detectada la zona de filtraciones, se procede a calafatear esta área, para lo cual se realiza una limpieza de la misma hasta dejarla libre de lodo y restos de suelo pegado al concreto.
- b) Concluido lo anterior se rellenan los huecos que se detecten en la junta entre muros, mediante un colado de concreto con aditivo estabilizador de volúmen, el cual se aplica en etapas de 1.00 m de abajo hacia arriba hasta alcanzar el nivel intrados del cajón.
- c) Para las zonas donde la filtración se localice en el cuerpo del muro milán, se efectúa una demolición de la parte contaminada del muro y se vuelve a colar de acuerdo con lo indicado en el inciso anterior.

- d) Una vez que el concreto adquiriera su fraguado inicial se procede a aplicar un tratamiento en la superficie a base del recubrimiento cementoso impermeable de acuerdo con lo indicado en el caso "B".

2) Perforación

Si el tratamiento de calafateo no logra sellar totalmente las filtraciones, se aplica un tratamiento de inyección en la parte posterior del muro.

Cabe aclarar que la perforación del muro milán y el proceso de inyección puede realizarse de manera posterior a la construcción del muro estructural, con objeto de interferir lo menos posible con el avance de construcción de éste último muro. Asimismo y con la finalidad de no tener que barrenar el muro estructural, previo a su construcción, se deben dejar preparaciones a base de segmentos de tubo de pvc o tubos galvanizados de 50 mm (2") de diámetro, los cuales se ubican de acuerdo con la distribución que se señala para cada solución.

Posteriormente, se realizan en el muro milán perforaciones (barrenos) con un diámetro comprendido entre 1" y 2"; dichas perforaciones deben penetrar en el terreno 0.50 m contados a partir del paño exterior del citado muro, como lo muestra la figura V.6. Posteriormente se inyecta la mezcla cuyo proporcionamiento se indica más adelante.

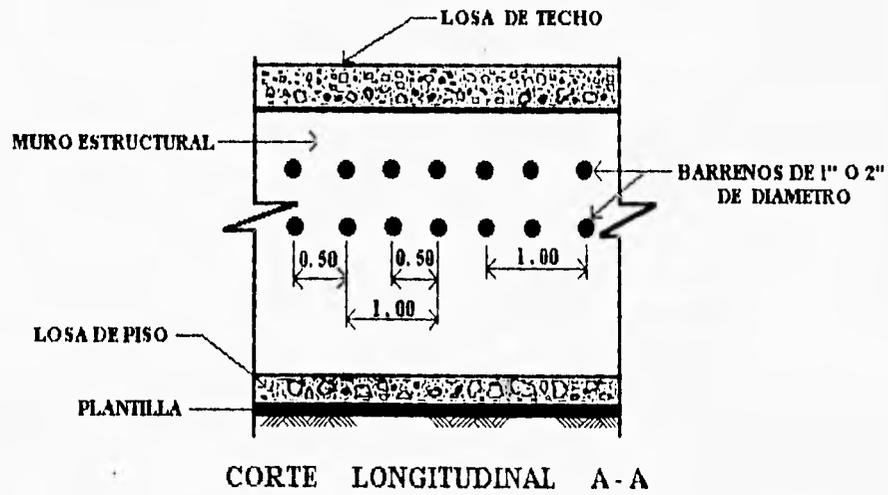
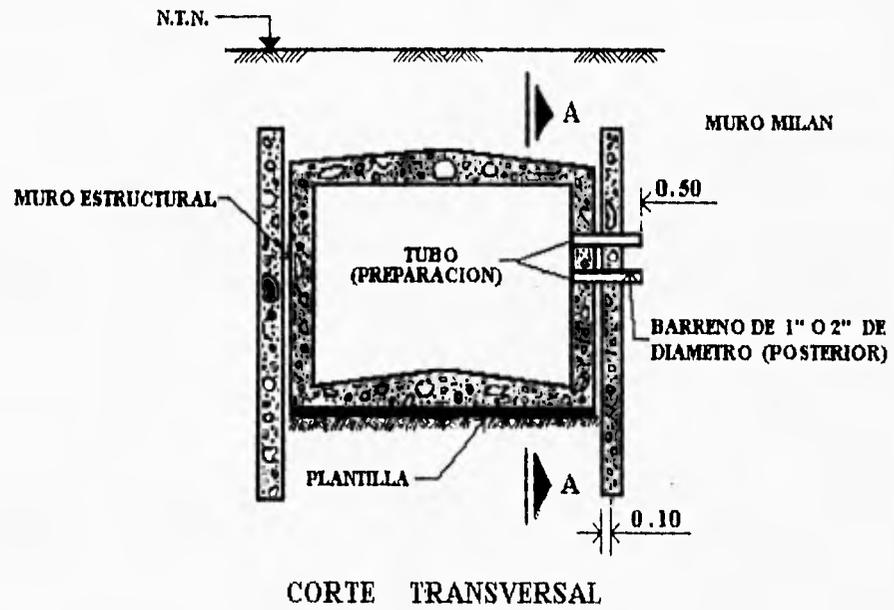
3) Mezcla de Inyección

- a) La mezcla a utilizar se prepara con los materiales y proporciones siguientes :

- * Agua-cemento (en peso)3:1
- * Bentonita.....3% (máximo en peso del cemento)
- * Sika Sigunit 77.....2 a 4% (en peso del cemento)

estos materiales deben cumplir con los requisitos que se indican a continuación :

- b) El agua no debe contener materia orgánica o sedimentos que resulten nocivos o perjudiciales a la mezcla.
- c) La bentonita debe usarse con una relación bentonita-agua que no exceda del 3% en peso del agua, considerando una relación entre agua y cemento de 3:1 con un tiempo mínimo de hidratación de 8 horas. El cemento que se utiliza es tipo I.



INYECCIONES PARA TRATAR FILTRACIONES EN MUROS MILAN

Figura V.6

4) Volúmen y presión de inyección

De esta forma se inicia la inyección de la mezcla especificada, la cual se suspende una vez que se haya inyectado un volúmen máximo de 1.00 m³ en cada barreno, o bien cuando se alcance una presión de 0.50 kg/cm² como máximo en los mismos.

Después de haber efectuado este proceso de inyección en una determinada zona de filtraciones, y si éstas aún continúan apareciendo, se tiene que inyectar un volúmen adicional a la mezcla de 0.25 m³ por barreno, provista de algún material obturante como mica o similar, cuya proporción está en función de la magnitud de la filtración.

5) Secuencia de inyección

El proceso de inyección en los barrenos se inicia en aquellos que se localizan en la periferia del área de influencia de dichas filtraciones, terminando la inyección en los barrenos del centro de la misma.

Cuando las filtraciones se localicen sobre los muros milán, las perforaciones se realizan sobre éstos, de manera que se conforme una cuadrícula al tresbolillo en toda el área donde se generen dichas filtraciones; la separación entre barrenos centro a centro es de 1.00 m en ambos ejes de la cuadrícula.

Cuando las filtraciones se localicen en las juntas de colado de los muros, se aplica el proceso de inyección, tomando en consideración que la separación vertical entre barrenos de un mismo muro es máximo de 1.00 m.

Algunas notas importantes a éste respecto son:

- En las juntas entre muros milán y una vez realizado el tratamiento de la filtración en ese sitio, se procede al colado de la preparación geométrica dejada en éstos elementos, procediendo en seguida, al colado de la misma mediante un concreto provisto con un aditivo estabilizador de volúmen.
- Para una determinada zona de filtraciones, el proceso de inyección en los barrenos se inicia en los localizados en la periferia del área de influencia de dichas filtraciones, terminando la inyección en los barrenos del centro de la misma.
- Un barreno se considera sellado cuando se ha inyectado en él, el volúmen total especificado, o bien, cuando se alcance la presión máxima especificada.
- Los barrenos se deben realizar de preferencia en forma perpendicular al área afectada, y sólo en aquellos casos en que ésto no sea posible, se deberán hacer con la inclinación necesaria para facilitar su ejecución.

V.3 Zona central

El proceso constructivo de ésta zona contempla dos fases, la primera correspondiente a la ejecución de los trabajos de excavación y construcción de las celdas A, B y C, que en lo sucesivo se denominan celdas primarias, y una segunda correspondiente a las celdas D y E o celdas secundarias.

Es necesario mencionar que antes de realizar cualquier tipo de excavación en alguna de las celdas de la zona central, debe haberse concluido la construcción de la estructura de desvío del colector de 2.13 m de diámetro de la calle Héroes, ubicado sobre la celda E.

V.3.1 Celdas primarias A, B y C

Debido al proceso posterior de estructuración de la estación, en particular con las obras de colocación de las tabletas prefabricadas que van a constituir las losas de techo del nivel andén y vestíbulo, en las celdas iniciales se prescinde del uso del primer nivel de troqueles para la contención de los muros milán auxiliares que las constituyen (troqueles paralelos al eje de trazo de la estación), colocando en lugar de ellos en el respaldo de los citados muros y sobre la celda D, "tensores" metálicos en diferentes niveles.

La colocación de éstos tensores se realiza mediante la excavación de zanjas con paredes verticales ademadas mediante una estructura de madera. El ancho de la excavación anteriormente señalada es de 1.50 m, instalándose todos los tensores a esa misma distancia de las juntas entre muros milán auxiliares; posteriormente a la instalación, la zanja se rellena con material producto de excavación apisonado manualmente.

Cabe señalar que el troquelamiento de las celdas primarias se desarrolla de manera uniforme en relación a su distribución, elevaciones y el tipo de troquel a usar, por lo que la figura V.7 (corte A-A), muestra la forma en la cual se lleva a cabo lo anterior.

A continuación describiremos el desarrollo del troquelamiento:

- 1) De manera inicial y manualmente, se excavan las zanjas que alojan a los tensores en la celda D, procediendo a su colocación y ajuste a tope solamente, utilizando para ello las preparaciones estructurales dejadas en los muros milán auxiliares durante su construcción, constituidas por placas metálicas ancladas.
- 2) La excavación y apuntalamiento de las celdas de la zona central se realiza uniformemente en toda su área, requiriendo los equipos de excavación y personal necesarios para cumplir lo indicado en el programa de obra respectivo, en caso de no poderse llevar a cabo lo anterior, se hará en dos subetapas mediante "banqueos" de material de excavación, es decir, se excava primero la mitad de la celda a lo largo hasta alcanzar 30 cm por abajo del primer nivel de los troqueles de esquina, procediendo entonces a su colocación; durante ésta actividad se debe realizar la excavación de la otra mitad de la celda, también hasta colocar el primer nivel de troqueles, éste último se esquematiza en la figura V.8.

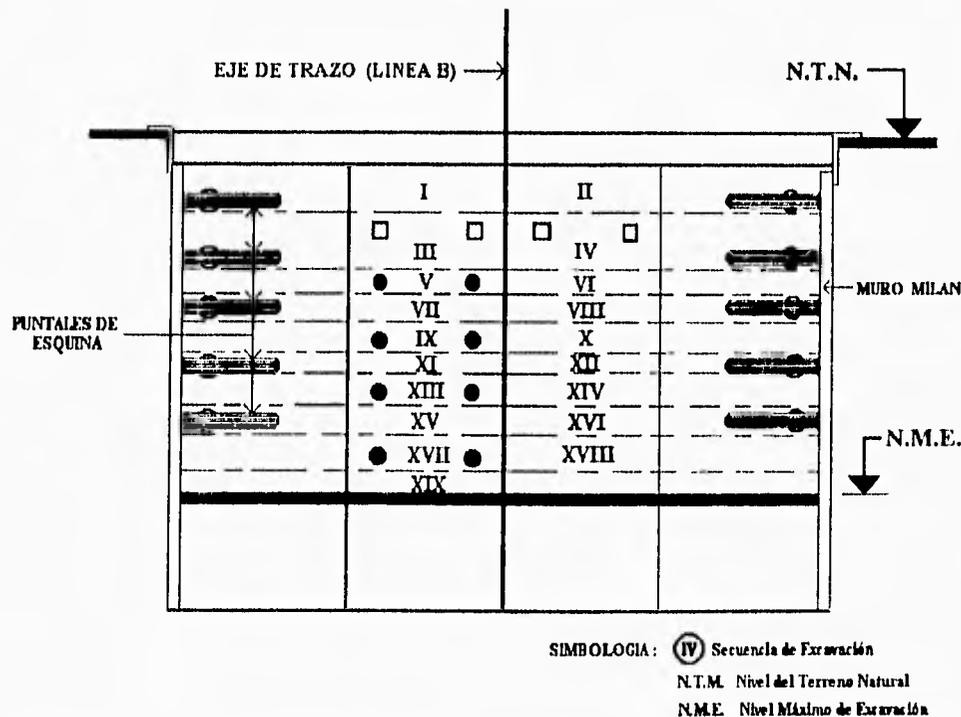
Para la colocación de los troqueles diagonales, se utilizan las preparaciones dejadas en los muros milán durante su construcción, consistentes en placas metálicas ancladas, a las cuales se soldan los troqueles, de manera similar a lo realizado con los tensores.

Todos los troqueles se colocan inmediatamente después de que la excavación descubra sus puntos de aplicación, no permitiendo que la excavación continúe si los troqueles no han sido colocados en sus elevaciones correspondientes.

Inmediatamente después de colocar cada troquel, se sujeta por sus extremos por medio de cables de acero, los cuales se cuelgan de las varillas de los muros milán.

Los troqueles se deben apoyar sobre concreto sano, si en los niveles de colocación del apuntalamiento el concreto se encuentra contaminado, se debe reconstruir dicha zona de tal manera que se garantice la continuidad estructural.

Todos los troqueles se colocan con una precarga de 80 toneladas, (a excepción de los troqueles diagonales, a los cuales se les aplica una precarga de 15 ton.), debiendo llevar un riguroso control en la aplicación y control de la misma, realizando durante este proceso, lecturas de verificación de manera aleatoria pero sistemática por lo menos cada 48 horas, anotando la fecha, hora y precarga leída en un lugar visible en la obra.



SECUENCIA PARA LA EXCAVACION DE LAS CELDAS MEDIANTE BANQUEOS

Figura V.8

- 3) Del mismo modo se realiza la excavación y colocación alternada de los niveles restantes del apuntalamiento, tanto de los troqueles de esquina como de los troqueles paralelos al eje de trazo.
- 4) Una vez alcanzada la máxima profundidad de excavación, se procede a la colocación en el fondo de la misma de una plantilla de concreto simple provisto con un aditivo acelerante de fraguado de 30 cm de espesor, este colado se debe realizar en un tiempo no mayor a 12 horas contadas a partir del momento en que se alcance el fondo de la excavación, evitando con ello alguna falla del suelo.
- 5) Concluido el colado anterior, se inicia el armado, cimbrado y colado de la losa de fondo hasta el tope con los muros milán auxiliares, dejando en ella las preparaciones necesarias para su liga posterior con las contratraves laterales, los muretes del andén y con la losa de la celda adyacente.
- 6) Después de haber colado la losa de fondo se pueden retirar el cuarto y quinto nivel de los troqueles paralelos al eje de trazo.
- 7) A continuación se cimbran y cuelan las contratraves laterales, dejando en ellas las preparaciones estructurales para su liga posterior con las columnas de la sección, con la losa de piso del nivel andén y con las contratraves de la celda adyacente, de manera simultánea se construyen los muretes de concreto que recibirán la losa de andén; una vez concluidos, se coloca una plantilla o lastre de concreto simple, posteriormente se estructura la losa de andén.
- 8) Se concluye con la colocación del espesor restante de la plantilla de concreto simple de la zona del nivel andén (detrás de las contratraves); después de ello, se pueden retirar el cuarto y quinto nivel de los troqueles de esquina, e iniciar el armado y colado de la losa de piso del nivel andén y los muñones del muro estructural hasta 1.00 m por arriba del nivel tope de colado de la primera.
- 9) Posteriormente se procede al armado, cimbrado y colado de los muros estructurales hasta 1.00 m antes de los muros milán auxiliares y hasta el nivel de desplante de la losa de techo del nivel andén (nivel intrados), dejando en ellos las preparaciones necesarias para su liga posterior con la losa de techo y con los muros de la celda adyacente, de manera simultánea con esta actividad se estructuran y construyen las columnas hasta el nivel de desplante de las traves de concreto que posteriormente recibirán la losa de techo, las cuales se construirán después de coladas las citadas columnas.
- 10) Después de coladas las traves de concreto, las cuales se descimbran hasta que se garantice su resistencia de proyecto, se colocan las tabletas prefabricadas y se arma y cuele su firme de compresión constituyendo así la losa de techo del nivel andén; ésta losa se construye dejando las preparaciones necesarias para su liga posterior con los muros del nivel vestíbulo y con la losa de las celdas contiguas.

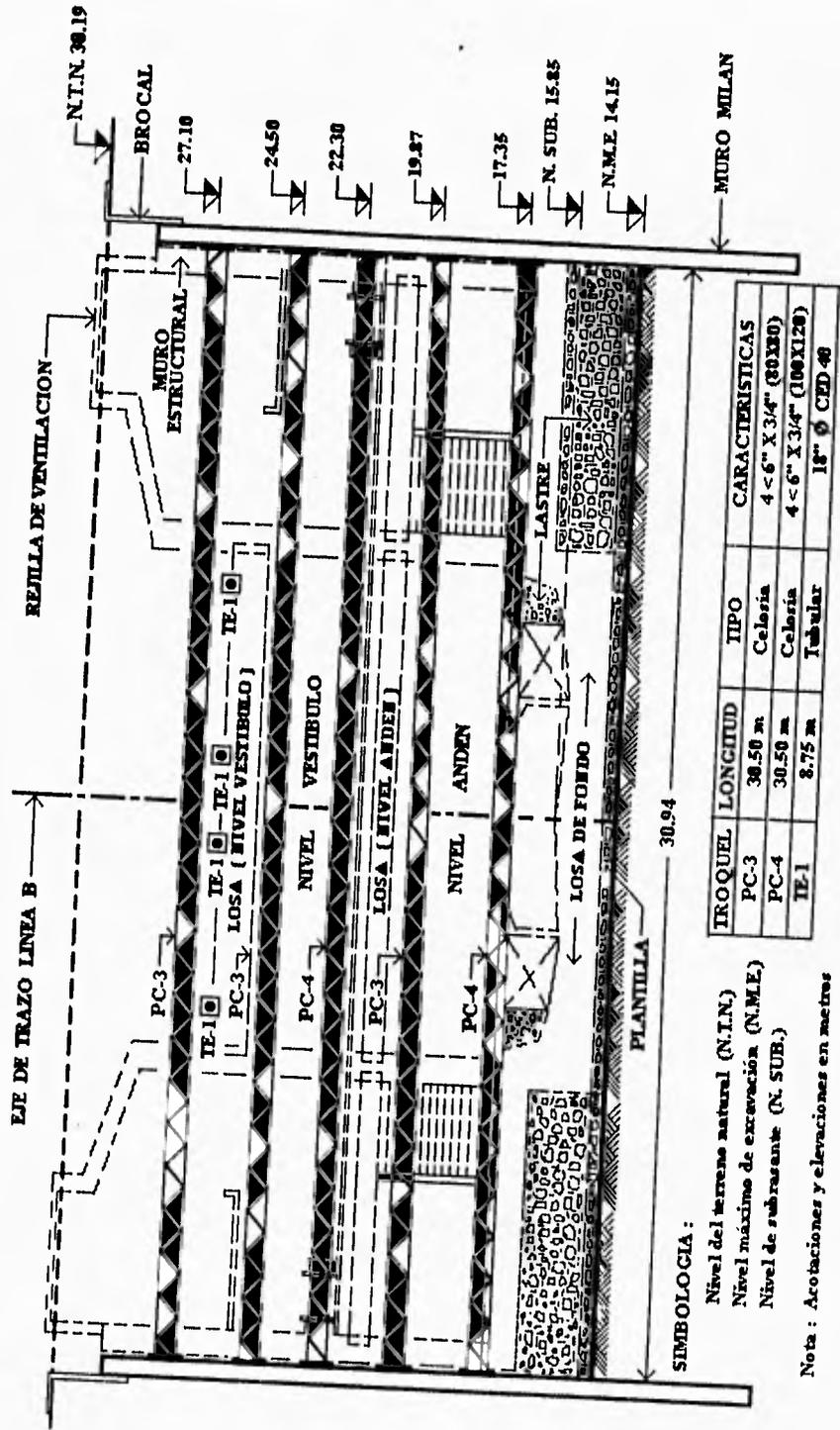
- 11) Una vez colado el firme de compresión, se colocan troqueles cortos o trozos de madera a manera de cuña entre ésta losa y los muros milán auxiliares, una vez hecho esto, se retiran el tercero y segundo nivel de los troqueles paralelos al eje de trazo, y sólo el tercero de los troqueles de esquina.
- 12) Después de lo anterior se arman, cimbran y cuelan los muros del nivel vestibulo hasta 0.50 m antes del segundo nivel de los troqueles de esquina, procediendo a la colocación de un troquel de sustitución paralelo al eje de trazo al mismo nivel que el original y a 0.80 m del primero en dirección de la junta del muro milán auxiliar; durante ésta actividad se puede realizar la construcción de manera simultánea de las columnas del nivel vestibulo hasta el nivel de desplante de las trabes de concreto que recibirán la losa de azotea.
- 13) Concluido el retiro anterior se procede a la conclusión de la construcción de los muros estructurales de la sección, dejando en ellos las preparaciones necesarias para su liga posterior con la charola y guarnición de la rejilla de ventilación, realizando otra sustitución de troqueles para el retiro del primer nivel de los de esquina, (ver lo indicado en el punto anterior); hacia el centro de la celda se construye la losa de azotea con tabletas prefabricadas y su firme de compresión, después de coladas las trabes de concreto, las cuales se deben descimbrar sólo hasta que se garantice su resistencia de proyecto.
- 14) Sobre las trabes de concreto se construyen los muros-trabe, muros y guarniciones de la galería de ventilación.
- 15) Por último, y sólo hasta después de que el concreto del firme de compresión de la losa de azotea haya alcanzado su resistencia de proyecto, se procede a la colocación del material de relleno compactado tipo tepetate hasta el nivel subrasante de la vialidad.

V.3.2 Celdas secundarias D y E

Estas celdas se pueden excavar sólo hasta el momento en que se haya concluido hasta el nivel subrasante de la vialidad, la estructuración de las tres celdas primarias, es decir, hasta la colocación del material de relleno compactado, ya que sobre ellas debe trabajar el equipo de excavación.

Pueden excavar de manera simultánea entre sí, siempre y cuando en la obra se garantice el equipo y materiales necesarios para cumplir con los tiempos y restricciones de estructuración indicados en los párrafos siguientes.

La figura V.9 (corte B-B), sobre la celda D, muestra los niveles en los que se coloca el troquelamiento respectivo. Cabe señalar que el apuntalamiento mostrado en la figura anterior, es el mismo que presenta la celda E.



ESTRUCTURACION Y TROQUELAMIENTO SOBRE LAS CELDAS SECUNDARIA
(CORTE B-B)

Figura Y9

En general, los procesos de excavación y apuntalamiento de estas celdas se realiza de acuerdo con lo indicado para las celdas primarias, pero teniendo en cuenta lo siguiente:

- 1) Durante el proceso de excavación, cuando ésta alcance 30 cm por abajo del nivel de colocación de los troqueles de sustitución, aún en posición en las celdas primarias, se debe detener la misma para poder retirarlos y continuar con ella.

Cabe mencionar que también durante ésta actividad se recomienda demoler y retirar los muros milán auxiliares, aunque, en caso de no convenir a los programas de ejecución de la obra, se pueden quedar momentáneamente, por lo cual, deben fijarse a las losas de piso y techo ya construidas de las celdas primarias, mediante el soldado de varillas, previa demolición parcial de los muros en los sitios de sujeción; por ningún motivo se deben dejar sueltos.

- 2) Los tensores metálicos colocados de manera previa a la excavación y construcción de las celdas primarias, se retiran en el instante previo a la colocación del segundo nivel de troqueles de éstas celdas.
- 3) Después de colocar el quinto nivel de troqueles se puede retirar el cuarto nivel de los mismos.
- 4) El quinto nivel de troqueles se debe retirar después de colado el lastre de concreto simple ubicado bajo la losa de nivel andén (plantilla).
- 5) La construcción de los elementos estructurales de la celda A, a excepción de las losas, contratrabes, trabes y muros, deben ejecutarse sólo hasta 1.00 m como máximo antes de los muros milán auxiliares, para realizar posteriormente la liga estructural de dicha celda con las celdas secundarias, actividad que se realiza una vez que se haya demolido y retirado por completo, hasta el nivel de la plantilla de los citados muros milán auxiliares.
- 6) El tercero y segundo nivel de troqueles puede retirarse después de colado el firme de compresión de la losa de techo del nivel andén.
- 7) Para retirar el primer nivel de troqueles se debe colocar inicialmente un troquel de sustitución que apoye a los muros estructurales de la sección contra la losa de techo del nivel vestíbulo ya construida.

Ubicación y colocación de lastres

Además de las plantillas de concreto ya mencionadas, de manera complementaria al proyecto de la estación y con el fin de controlar su comportamiento con el paso del tiempo, es necesaria la colocación de "lastres" de concreto simple o relleno compactado (tepetate), en algunas zonas específicas donde el proyecto generó algunos huecos; estos lastres son los siguientes:

- Se debe colocar un lastre de concreto simple (plantilla), desde el nivel de máxima excavación y hasta el nivel de desplante de la losa de piso de nivel andén.
- En las zonas donde se construyan las subestaciones y el local técnico, para alcanzar el nivel del piso terminado se coloca también concreto simple, dejando en él ahogados los ductos y tuberías necesarios para las instalaciones eléctricas de los mismos.
- En los huecos ubicados bajo las rampas de las escaleras inferiores y superiores que comunican el nivel vestíbulo con el nivel andén se coloca un material de relleno compactado en capas.
- En el hueco ubicado bajo la losa del andén se coloca concreto simple.

V.4 Cabeceras

Las etapas de excavación de éstas zonas tienen una longitud de 3.00 m, están limitadas lateralmente por muros milán de acompañamiento colados in situ, en el sentido de avance de la excavación se configura un talud con inclinación 1:1 y una berma con profundidad de 5.00 m y con una longitud de 10.0 m, respectivamente. En ésta zona la máquina de excavación trabaja lateralmente por el exterior de los muros milán.

A excepción de los casos acotados en el plano de colocación de troqueles correspondiente, los troqueles se colocan por pares separados entre sí 3.00 m de distancia de centro a centro, de manera que queden simétricamente colocados con respecto a las juntas de construcción de los muros milán.

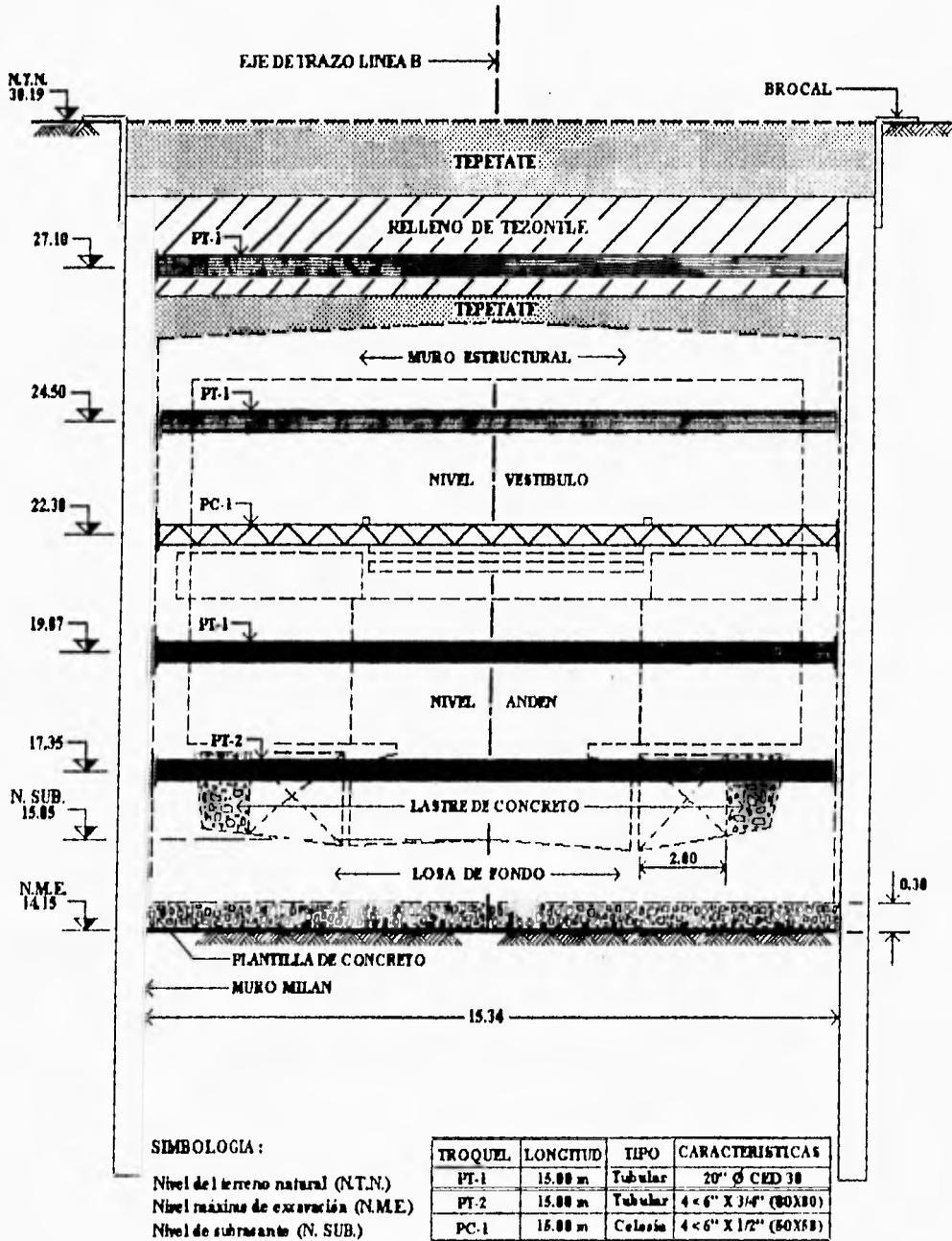
V.4.1 Excavación, apuntalamiento y construcción de la cabecera poniente

Las etapas de excavación pueden observarse en la fig. III.4; con respecto a la distribución del troquelamiento de ésta cabecera, se desarrolla de manera uniforme desde la etapa 1 a la 19, debido a ello, la figura IV.10 (corte C-C), esquematiza la forma en la que se lleva a cabo ésta actividad.

Las etapas de excavación de la cabecera poniente no incluye la construcción del cárcamo de bombeo, ya que dicha actividad se tratará por separado más adelante.

Etapas 1 a 12

- 1) Se inicia la excavación a partir del nivel del terreno natural hasta descubrir 30 cm por abajo del primer nivel de troqueles, donde se suspende para colocar éstos elementos. La elevación correspondiente de dichos troqueles puede verse en la figura anterior.
- 2) Una vez colocado el primer nivel de troqueles se continúa con la excavación hasta alcanzar 30 cm por abajo del segundo nivel de los mismos, colocando en seguida dichos elementos en su elevación correspondiente.



ESTRUCTURACION Y TROQUELAMIENTO SOBRE LA CABECERA PONIENTE
(CORTE C - C)

Figura V.10

- 3) De manera similar a lo antes descrito se continúa con la excavación y colocación del tercero, cuarto y quinto nivel de troqueles.
- 4) Efectuado lo anterior, se prosigue con la excavación hasta alcanzar la máxima profundidad de proyecto.
- 5) Alcanzada la máxima profundidad de excavación, se procede de inmediato al colado de una plantilla de concreto simple provisto con un aditivo acelerante de fraguado de 30 cm de espesor.
- 6) Después se puede iniciar el armado y colado de la losa de piso y muñones del muro estructural hasta 0.85 m por arriba del nivel de subrasante, dejando en ellos las preparaciones necesarias para su liga posterior con los muros estructurales, muretes de andén y la losa de piso de la etapa siguiente.
- 7) Concluido el colado anterior se puede retirar el quinto y cuarto niveles de troqueles.

Nota : Para iniciar la excavación de la siguiente etapa, es condición necesaria tener colada la losa de piso de la etapa en cuestión.

- 8) Inmediatamente después se procede al armado, cimbrado y colado de los muros estructurales hasta el nivel de desplante de la trabe de concreto, que posteriormente va a recibir a la losa de techo del nivel andén, dejando en ellos las preparaciones necesarias para su liga posterior con los muros de la etapa adyacente, así como con los muros del nivel vestíbulo. Simultáneamente se construyen los muretes del andén, para poder colocar el lastre de concreto simple en la zona que ocupa el denominado "bajo andén".(ver fig. V.10). Concluido lo anterior se arma, cimbra y cuela la losa de andén correspondiente.
- 9) Después de colados los muros estructurales del nivel andén, se arma, cimbra y cuela la trabe de concreto, después de éste colado, se procede a la colocación de las pérgolas metálicas de manera transversal al eje de trazo, y a partir de las cuales se estructura la losa de techo del nivel andén a base de tabletas prefabricadas cortas.
- 10) Una vez colada la losa de techo antes mencionada se puede retirar el tercero y segundo niveles de troqueles.
- 11) Una vez hecho lo anterior se realiza el armado, cimbrado y colado de los muros estructurales del nivel vestíbulo hasta el nivel de desplante de la losa de techo de éste mismo nivel, dejando en él las preparaciones necesarias para su liga posterior con la losa de techo y con los muros de la etapa siguiente.
- 12) Posteriormente al colado de los muros estructurales, se fijan las tabletas prefabricadas que constituyen la losa de techo; entonces se arma y cuela el firme de compresión.

- 13) Una vez que el firme de compresión alcanza su resistencia de proyecto, se inicia la colocación del material de relleno sobre la losa de techo hasta alcanzar 30 cm por abajo del primer nivel de troqueles, momento en el que se detiene momentáneamente, para proceder a retirarlo. Una vez hecho lo anterior se concluye esta colocación hasta el nivel subrasante de la vialidad respectiva. Este relleno está constituido a base de un material limo-arenoso compactado tipo tepetate. respecto a las distancias acotadas, se esquematizan en la figura V.13.
- 14) Por último se realiza la restitución del pavimento.

Etapas 13 a 19

La excavación, troquelamiento y construcción de estas etapas se realiza de acuerdo con lo indicado en el inciso anterior, pero teniendo en cuenta lo siguiente:

- 1) No se coloca el lastre de concreto en el denominado "bajo anden".
- 2) La losa de techo del nivel anden está constituida por tabletas prefabricadas y firme de compresión, no existiendo en ésta zona los huecos para la ventilación de la sección anterior.
- 3) Una vez que el firme de compresión alcance su resistencia de proyecto, se inicia la colocación del material de relleno sobre la losa de techo, de acuerdo con lo siguiente:

Inicialmente se coloca una capa de transición de 50 cm a partir del nivel extrados, a base de un material limo-arenoso tipo tepetate. Posteriormente se coloca una capa de tezontle de 2.00 m de espesor.

Por último, se realiza la colocación nuevamente de un relleno a base de material compactado tipo tepetate, hasta alcanzar el nivel subrasante de la vialidad respectiva.

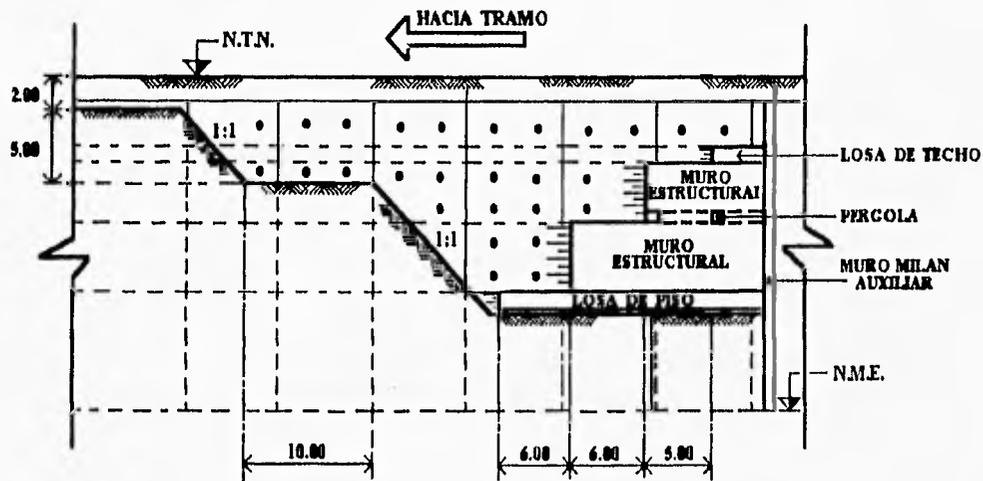
Restricciones de estructuración.

Durante los trabajos de excavación, apuntalamiento y construcción de ésta zona (cabecera poniente), se deberá tener en cuenta las siguientes restricciones de avance o estructuración con la finalidad de garantizar en todo momento la estabilidad de las estructuras que se estén construyendo, considerando también el procedimiento constructivo que se está implementando. Las restricciones son las siguientes:

- a) No debe de existir una distancia mayor de 6.00 m entre el frente de construcción de los muros estructurales del nivel anden y el frente de construcción de la losa de piso.

- b) No debe existir una distancia mayor de 6.00 m entre el frente de colocación de las pérgolas de la losa de techo del nivel anden junto con los muros estructurales del nivel vestíbulo y el correspondiente a los muros del nivel anden.
- c) No debe existir una distancia mayor a 5.00 m entre el frente de la construcción de los muros del nivel vestíbulo y su losa de techo correspondiente.
- d) Por último el frente de colocación del relleno sobre la losa de techo no debe separarse más de 9.00 m del frente de construcción de la losa de techo de la estación.

El talud durante la excavación de la cabecera poniente se mantendrá constante, y con una relación 1:1, y la berma, tendrá una longitud de 10 m. En relación a las restricciones anteriores, y considerando que sólo hacen referencia a distancias entre los elementos estructurales más importantes, se esquematiza lo anterior en la figura V.11.



RESTRICCIONES DE AVANCE EN LA CABECERA PONIENTE
ESTACION GUERRERO LINEA B

Figura V.11

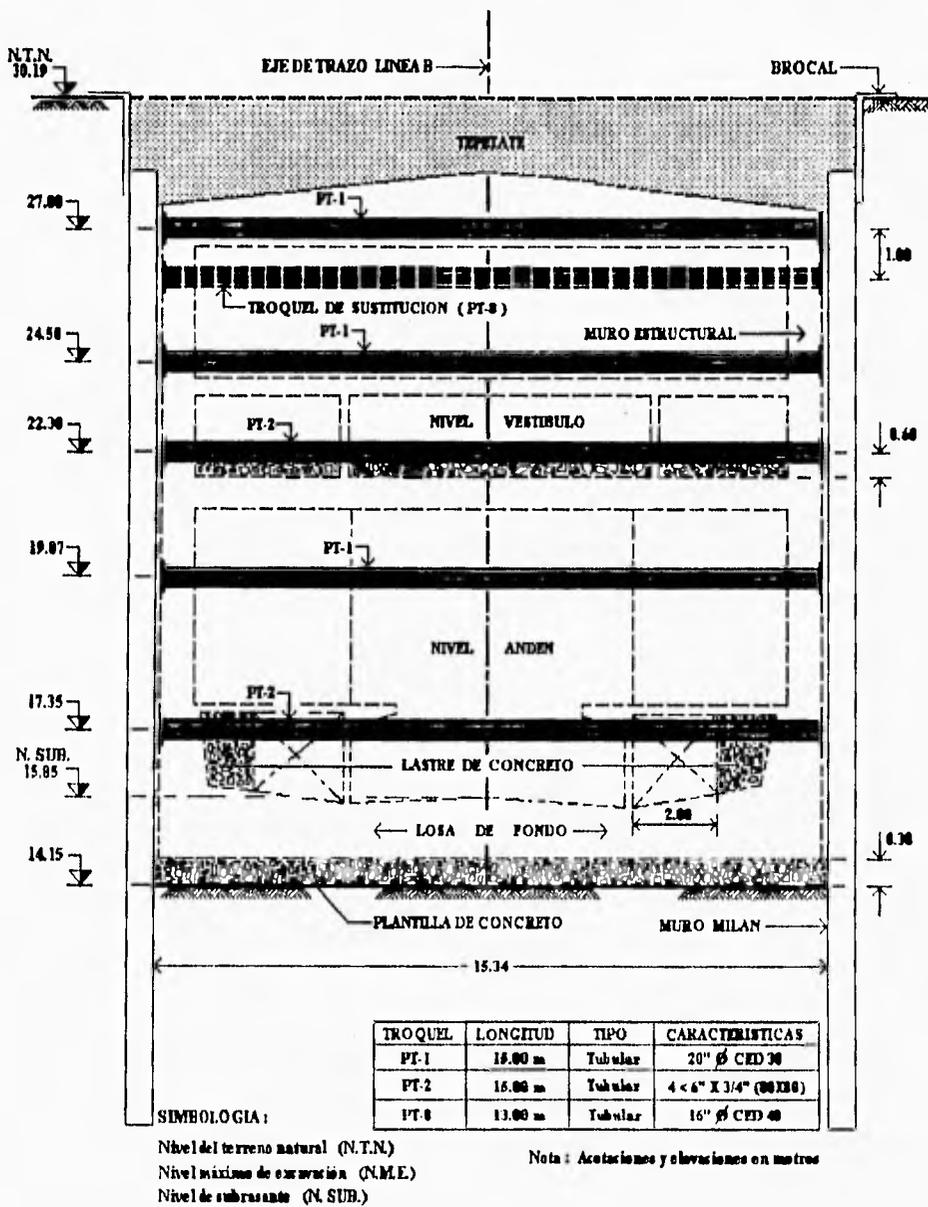
V.4.2 Excavación, apuntalamiento y construcción de la cabecera oriente

En relación a las etapas de excavación y estructuración de ésta cabecera, puede observarse en la figura III.4; en relación al apuntalamiento, se llevará a cabo de manera uniforme de la etapa 1' a la 9' como a continuación se indica.

Etapas 1' a 9'

La excavación y construcción de estas zonas se realiza de manera similar a lo indicado en las celdas A,B y C de este escrito, pero teniendo en cuenta lo siguiente:

- 1) Después de colados los muros estructurales del nivel andén, se colocan las tabletas prefabricadas colocando posteriormente su firme de compresión, constituyendo así la losa de techo la cual cuenta con las preparaciones necesarias para su liga posterior con la losa de la etapa siguiente, así como con los muretes que deben soportar la losa de piso del nivel de pasarela para la correspondencia con la línea 3 del Metro.
- 2) Una vez colado el firme de compresión se retira el tercero y segundo nivel de troqueles. La distribución del troquelamiento de ésta cabecera, puede verse en la figura V.12 (corte D-D).
- 3) Se procede entonces al armado, cimbrado y colado de los muros del nivel vestíbulo o pasarela de correspondencia, colándolos sólo hasta alcanzar el nivel de remate de los mismos (nivel intrados). De manera simultánea se realiza la construcción de los muretes en donde se apoyarán la losa de piso de la pasarela de correspondencia, para alojar entre ellos y sobre la losa de techo del nivel andén ya construida, un lastre de concreto simple de 0.60 m en todo el ancho de la sección.
- 4) Posterior al colado de los muros estructurales del nivel vestíbulo, se coloca un troquel de sustitución a 0.50 m por abajo del nivel del colado, el cual sirve de apoyo a ambos muros, (ver fig. V.12); al troquel antes señalado, se le coloca una precarga de 15 toneladas.
- 5) Hecho lo anterior se retira el primer nivel de troqueles, para concluir con la construcción de los muros estructurales del nivel vestíbulo hasta el nivel de desplante de la losa de techo correspondiente.
- 6) Después de colados los muros estructurales, se colocan las tabletas prefabricadas y se cuele su firme de compresión constituyendo así la losa de techo, dejando previamente en ella las preparaciones necesarias para su liga posterior con la losa de la etapa siguiente.
- 7) Por último, y una vez que el firme de compresión alcance su resistencia de proyecto, se realiza su colocación hasta el nivel subrasante de la vialidad por medio de material de relleno compactado tipo tepetate, sobre la losa de techo.



ESTRUCTURACION Y TROQUELAMIENTO SOBRE LA CABECERA ORIENTE
(CORTE D - D)

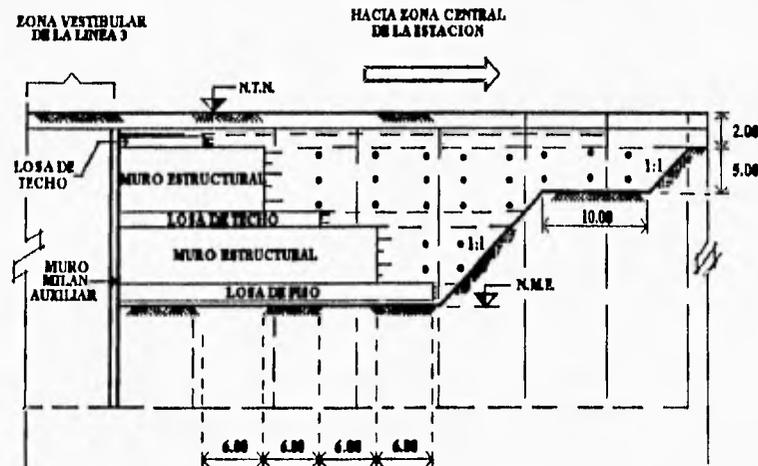
Figura V.12

Restricciones de estructuración

Durante la ejecución de los trabajos de excavación, troquelamiento y construcción de ésta zona (cabecera oriente), se deberá tener en cuenta las siguientes restricciones de avance o estructuración, las cuales se basan en las mismas razones que se dieron para el caso de la cabecera poniente.

- a) No tiene que existir una distancia mayor de 6.00 m entre el frente de construcción de los muros estructurales del nivel anden, y el frente de construcción de la losa de piso.
- b) No tiene que existir una distancia mayor a 6.00 m entre el frente de construcción de la losa de techo del nivel anden y los muros del nivel anden.
- c) No debe existir una distancia mayor de 6.00 m entre el frente de construcción de los muros del nivel vestíbulo y la losa de techo del nivel anden.
- d) No deberá existir una distancia mayor a 6.00 m entre el frente de construcción de la losa de techo del nivel vestíbulo y los muros del mismo nivel.
- e) Por último, el frente de colocación del relleno sobre la losa de techo no debe separarse más de 9.00 m del frente de construcción de la losa de techo de la estación.

En relación a las restricciones antes señaladas y con respecto a las distancias acotadas, se esquematizan en la figura V.13.



RESTRICCIONES DE AVANCE EN LA CABECERA ORIENTE
ESTACION GUERRERO LINEA B

Figura V.13

V.5 Cárcamo de bombeo

La construcción del cárcamo de bombeo, queda comprendido en la etapa 8", la cual se encuentra ubicada en la cabecera poniente. Debido a su ubicación dentro de los límites de la estación, implica un proceso constructivo por separado, ya que el nivel de la losa de piso, no corresponde con la de estación. La ubicación precisa de la etapa 8" puede observar en la figura III.4.

A continuación se describe el proceso constructivo, el apuntalamiento y la estructuración del cárcamo de bombeo.

La excavación y apuntalamiento de esta zona se lleva a cabo de acuerdo a los lineamientos indicados en el referente a las celdas primarias de este escrito, pero teniendo en cuenta lo siguiente :

- 1) La excavación de la zona que aloja al cárcamo de la cabecera poniente se realiza sólo después de colada la losa de piso de la etapa 2.
- 2) La excavación se lleva a cabo entre taludes con inclinación 0.25:1 (horizontal a vertical), en tres de sus caras, y contra el muro milán de acompañamiento en la cuarta. Esto último puede observarse en la figura V.14 (corte E-E).
- 3) Una vez que la excavación alcance 0.30 m por abajo del nivel del sexto troquel en ésta zona, se detiene este proceso, procediendo a su colocación, y apoyándolo en el otro extremo contra la losa de piso de la zona adyacente (a la mitad del peralte de la losa).
- 4) Una vez hecho lo anterior, se concluye la excavación de la etapa, colocando en el fondo de la misma, una plantilla de concreto simple provisto con aditivo acelerante de fraguado de 10 cm de espesor.
- 5) Después del colado anterior, se arma y cuele la losa de piso y muñones de los muros de cárcamo hasta 0.50 m por arriba del nivel de tope de colado de dicha losa, debiendo colar ambos elementos contra el terreno configurado por el talud durante su excavación.
- 6) Una vez hecho lo anterior se proce al término de la construcción de los muros del cárcamo, debiendo dejar franjas sin colar en los sitios en que interfieran los troqueles, los cuales se retiran posteriormente, debido a ello se debe preever no dejarlos ahogados. En los muros se dejan las preparaciones necesarias para su liga posterior con la losa de techo del cárcamo y losas de piso de las etapas adyacentes.
- 7) Concluido el colado de los muros, se procede a armar, cimbrar y colar la losa de techo del cárcamo, ligándola con los muros del cárcamo y losas de piso contiguas.

V.6 Accesos

La zona de accesos se ubican en la cabecera poniente de la estación, y comprenden la etapa 20, esto se puede observar en la figura III.4.

La ejecución de esta etapa se realiza a manera de celdas, es decir, se excava conformando un mismo nivel de excavación en el fondo, a partir del cual se realiza la estructuración correspondiente de la misma manera que en las celdas primarias, pero teniendo en cuenta lo siguiente :

- 1) Durante el proceso de excavación se deben demoler y retirar los muros milán de acompañamiento de la cabecera en la zona colindante donde se ubica precisamente el corredor o puerta de acceso a la estación.

Para el caso del acceso sur, se demuele además el muro milán correspondiente, adyacente a la zona del cárcamo de bombeo.
- 2) Después de colocar el tercer nivel de troqueles se pueden retirar el segundo nivel de éstos.
- 3) Una vez alcanzado el nivel de máxima excavación, se cuela una plantilla de concreto simple provisto con aditivo acelerante de fraguado de 20 cm de espesor.
- 4) Después se puede retirar el tercer nivel de troqueles, procediendo a construir la losa de fondo y muñones de los muros estructurales hasta 1.00 m por arriba del tope de colado de la losa, ligándola a la losa del nivel vestibulo de la cabecera. Asimismo se construyen las contratraves, cimbrándolas y armándolas de la manera convencional, dejando en ellas las preparaciones necesarias para su futura liga con las losas de los descansos de las escaleras de acceso. Estas contratraves se ligan estructuralmente a los muros de la cabecera de la estación, previa demolición de los muros milán de acompañamiento.
- 5) Se prosigue con la construcción de los muros estructurales, dejando en ellos las preparaciones necesarias para su liga posterior con las rampas de las escaleras y losa de techo del primer descanso, cuya construcción se realiza después de haber colocado en los huecos generados bajo ellas, un relleno de tezontle previamente humedecido y acomodado en capas de 30 cm de espesor manualmente o con equipo ligero. Una vez construidos los elementos antes citados, debe detenerse el proceso de estructuración.
- 6) Cuando se haya alcanzado la resistencia de proyecto en la losa de techo del acceso y primera rampa, se procede a la colocación del material de relleno compactado hasta alcanzar 0.50 m por abajo del primer nivel de troqueles para proceder a su retiro.
- 7) Se concluye entonces con la estructuración de ésta zona, debiendo demoler parcialmente los muros milán laterales (muros tapón), que la separa de la zona de rampa restante por construir mediante una excavación a cielo abierto.

V.7 Instalaciones especiales y acabados

En los subcapítulos anteriores se detalló el procedimiento constructivo de los diferentes sectores que conforman la estación Guerrero, durante estas descripciones se mencionan las ubicaciones que corresponden a los ductos de las instalaciones especiales, por lo que a continuación damos características generales de éstas.

La estación Guerrero como parte integral del Metropolitano Línea B cuenta con energía eléctrica proveniente de dos subestaciones de la Compañía de Luz y Fuerza (Peralvillo y la Merced) de 230,000 volts y es transformada a 23,000 volts por una subestación de alta tensión (SEAT), de la cual se alimentan las subestaciones de alumbrado y fuerza, que se encargan de suministrar la energía que requiere la estación; tanto en alumbrado como para equipos eléctricos, asimismo se habilitan dos subestaciones, para aumentar la seguridad de la alimentación.

La estación cuenta con sistemas de comunicación de voz, tanto local como para los convoys que transiten, para el público usuario, lo anterior se logra con el apoyo de sistemas tales como: la radiotelefonía de trenes, la telefonía directa y automática, conmutador telefónico digital, sonorización y voice, intercomunicación y voice de talleres, equipo de grabación, relojes de andén, etc.

Alarmas de estación

Integradas al mando centralizado, supervisan el funcionamiento de los diferentes equipos de la estación como son:

- Escaleras mecánicas
- Red contra incendio
- Ventilación
- Alumbrado
- Puertas de los locales técnicos
- Baterías de: señalización, telefonía, sonorización y conmutador
- Contra robo en las taquillas

Sistema de peaje

Controla el acceso de los usuarios, comprueba el pago de derechos por servicio por medio de los torniquetes de entrada y de salida, cuenta con gabinetes neutros y una terminal de operación con probador de boletos.

Ventilación mayor y menor

La ventilación mayor se logra mediante rejillas, a su vez se ventila mecánicamente mediante un sistema de ventiladores y ductos localizados a lo largo de los andenes.

Los ventiladores electromecánicos pueden convertirse en extractores para control de humos en caso de incendio.

La ventilación menor corresponde a las condiciones ambientales de confort y las requeridas para algunos equipos electrónicos a instalarse en locales tales como: taquilla, jefe de estación y locales técnicos; se ventilan mecánicamente mediante inyección de aire filtrado.

Alumbrado

Se da a base de lámparas fluorescentes en andenes, vestíbulo y accesos; lámparas de alta descarga para zonas de doble y triple altura.

El alumbrado de emergencia opera únicamente cuando falle el alumbrado normal y preferencial a través de lámparas fluorescentes equipadas con fuente autónoma de emergencia.

Instalaciones hidráulicas y sanitarias

Se proporciona agua (fría o caliente) y en casos específicos vapor a los muebles sanitarios, hidrantes y equipos especiales. La alimentación de agua se efectúa conectándose a las instalaciones municipales.

Por medio de las instalaciones sanitarias se desalojan las aguas negras, pluviales, freáticas y de aseo de las instalaciones, pudiendo ser con el auxilio de equipo de bombeo y conectarse a las instalaciones municipales.

Acabados

La estación tiene una longitud de 150 m para recibir trenes de nueve carros. Se optimizan los espacios de las estaciones que consideran áreas propias para la distribución de usuarios tales como: escaleras, accesos, vestíbulos interiores y exteriores; andenes y pasarelas de cambio de andén y correspondencia.

Los vestíbulos exteriores de las estaciones ofrecen a los usuarios áreas de venta de boletos, casetas telefónicas e información. Los vestíbulos interiores tienen como función básica encausar y distribuir adecuadamente a los usuarios hacia el interior de la estación.

Los materiales de acabados que se utilizan en pisos son de alta resistencia al desgaste y fácil mantenimiento, los muros de la estación se cubren con mamparas de fácil manejo y mantenimiento, asimismo se emplean materiales resistentes al fuego y vandalismo. Se cuenta con señalamiento informativo y de orientación del usuario tales como: ubicación de calles y avenidas, correspondientes y diagramas de la red, entre otros.

V.8 Especificaciones

En la descripción del proceso constructivo de la estación y de obras inducidas se hace referencia de normas y especificaciones que deben cumplir algunos materiales y mezclas, para llevar a cabo trabajos de: ademe, calafateo, impermeabilización, etc. Sin embargo en este subcapítulo mencionaremos lo referente a las especificaciones de concreto y acero de refuerzo ya que forman parte integral de los elementos estructurales, el equipo de bombas hidráulicas, y el de instalaciones electromecánicas. Cabe aclarar que las normas y especificaciones a las que se hace referencia se explican en el subcapítulo de control de calidad.

V.8.1 Concreto

Como sabemos el concreto es una mezcla de cuatro componentes: los agregados pétreos (grava y arena), cemento, y agua. La dosificación de estos componentes depende principalmente de la resistencia para la cual es diseñada la mezcla.

La resistencia de diseño es el esfuerzo máximo que soporta el concreto a los treinta días de edad, o sea una vez que ha fraguado, la resistencia se ve afectada cuando los elementos que componen dicha mezcla no cumplen con las propiedades adecuadas, por tal razón es preciso hablar de estos materiales.

Cemento

El cemento que se emplea es Portland tipo II o Portland tipo I ambos conforme a la clasificación establecida en la NOM C-1, la resistencia del concreto y su clase se indican en cada plano en particular. El cemento que debe emplearse en los diferentes elementos estructurales se indica en la tabla V.1, siguiente:

Estructura	Tipo de cemento
Brocales	Portland I
Tablaestaca de acompañamiento	Portland II
Tablaestaca estructural	Portland II
Zapatas y contratraves	Portland II
Muros colados en sitio	Portland II
Columnas	Portland II
Traves y losas	Portland II
Pretiles	Portland II
Elementos prefabricados	Portland II
Datas y castillos	Portland II
Plantillas y lastres	Portland I

Tabla V.1

Todo el cemento debe almacenarse en estructuras protegidas contra la intemperie, apropiadamente ventiladas, para impedir la absorción de la humedad.

Agua

El agua que se utilice en la fabricación del concreto debe estar limpia y liberada de cantidades perjudiciales de ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y demás sustancias que puedan ser nocivas.

Agregados

En el caso de la arena, el porcentaje de finos que pasa la malla No. 200 debe cumplir con los parámetros mostrados en la siguiente tabla V.2 para los diferentes elementos estructurales indicados.

Elemento estructural	Máximo en porcentaje del peso total de la muestra
Losas, muros, trabes, contratraves, columnas, zapatas (se incluyen cajones de tramo, estaciones, galerías de acometida, cajas y pozos hidrosanitarios, edificios).	10
Elementos pretensados	7
Dalas y castillos	12
Lastres y plantillas	15

Tabla V.2

El origen de los agregados a utilizarse se determinará dependiendo del elemento estructural y de acuerdo a la tabla V.3

Elemento estructural	Tipo de agregado
Losas, muros, trabes, contratraves, columnas, zapatas (se incluyen cajones de tramo, estaciones, galerías de acometida, cajas y pozos hidrosanitarios, edificios), elementos pretensados.	El necesario para producir un concreto clase 1, ya sea basáltico o calizo.
Muro tablestaca de acompañamiento, broenl, lastres y plantillas.	Andesítico, basáltico o calizo.

Tabla V.3

Antes de aprobar un banco para suministrar agregado, fino o grueso, se deben hacer las pruebas señaladas anteriormente, quedando a juicio de la dirección de obra, la aceptación o rechazo de cada banco.

Elaboración del concreto

El concreto que se utilice en las diversas obras de la construcción del tramo subterráneo se elabora de acuerdo con las especificaciones de diseño, debiendo cumplir con los requisitos de calidad establecidos para cada uno de los elementos integrantes y con las siguientes especificaciones:

- La calidad y proporciones de los materiales componentes del concreto son tales que se logre la resistencia, deformabilidad y durabilidad necesarias.
- La calidad de los materiales componentes deben verificarse al inicio de la obra, y también cuando exista sospecha de cambio de las características de los mismos, o haya cambio en las fuentes de suministro.

Los concretos clase 1 tienen una resistencia, $f'c$ igual o mayor que 250 kg/cm^2 . La resistencia especificada de los concretos clase 2 es inferior a 250 kg/cm^2 . En ambos casos debe comprobarse que el nivel de resistencia del concreto estructural de toda construcción cumpla con la resistencia especificada.

Las características del concreto varían según su aplicación, y se emplea de acuerdo a la tabla V.4, siguiente:

Aplicación	Clase
Brocales	2
Muro tablaestaca de acompañamiento	2
Muro tablaestaca estructural	1
Losas, muros, trabes, contratrabes, y columnas de cajones de tramo.	1
Galería de acometida, cajas electromecánicas, cajas y pozos.	1
Elementos prefabricados	1
Dalas castillos	2
Plantillas y lastres	2

Tabla V.4

Colocación del concreto

En la tabla V.5 se indican los revenimientos que deben tener las mezclas de concreto, de acuerdo a los diferentes elementos estructurales.

Elemento estructural	Revenimiento
Muro tablaestaca de acompañamiento y estructural	16
Muros de espesor mayor de 20 cm, trabes y contratrabes	10
Zapatas y losas	7.5
Lastres y plantillas	8

Tabla V.5

Condiciones generales:

- 1.- Ninguna porción de concreto debe ser colada hasta que todo el trabajo de cimbras, instalaciones de partes que van ahogadas y preparación de la superficies de colado, hayan sido aprobadas.
- 2.- En caso de estar lloviendo, se puede colocar siempre y cuando la zona de trabajo se proteja de la lluvia. Si durante el colado se presenta una lluvia que pueda provocar deslaves y/o defectos en el acabado, deben protegerse convenientemente las superficies de concreto fresco.
- 3.- Todas las superficies de cimbra y materiales ahogados que hayan quedado descubiertas con pegaduras de mortero seco o lechada de concreto, se deben limpiar antes de colocar el concreto circundante o adyacente.

Vibrado

- 1.- En ningún caso se debe demorar el colado tanto tiempo que la unidad vibradora no penetre fácilmente por su propio peso en el concreto, previamente depositado al reanudar el colado; el vibrador debe penetrar en la capa anterior revibrando el concreto depositado antes de la demora.
- 2.- La superficie de contacto entre ambos concretos, debe estar libre de materiales extraños al concreto, cuando se reanude el colado.
- 3.- El concreto se consolida hasta la densidad máxima que sea posible alcanzar, de manera que expulse el aire atrapado y que cierre adecuadamente contra todas las superficies de los moldes y materiales ahogados. La consolidación del concreto en diferentes estructuras, se hace con vibradores de inmersión de acción eléctrica o neumática.

Curado

El curado se mantiene el tiempo que requiera el concreto para alcanzar su resistencia de proyecto, y no debe ser menor de siete días, cuando se haya utilizado cemento Portland I o Portland II; debiéndose conservar la humedad superficial mediante algunos de los procedimientos siguientes:

- a) Manteniendo húmedas las superficies expuestas al aire, en los moldes, mediante riegos adecuados de agua que se apliquen sobre la superficie del concreto, sin que estos marquen huella en dicha superficies.
- b) Aplicando a las superficies expuestas una membrana impermeable que impida la evaporación del agua del concreto.
- c) Cubriendo las superficies expuestas con arena, costales o mantas, que se mantendrán húmedas mediante riegos.

V.8.2 Acero de refuerzo

Sumistro y almacenamiento

- El contratista debe contar con los planos de armado de las estructuras basándose en éstos, debe preparar con anticipación la lista de acero que se requiera y formular un programa de sumistro.
- El contratista debe informar oportunamente y por escrito al laboratorio autorizado por la dirección de la obra, cada vez que reciba un lote de refuerzo, que vaya hacer utilizado en la obra, especificando fecha procedencia, cantidad, características generales, sitio preciso de almacenaje, así como fecha y lugar donde se emplee.
- Las varillas y mallas que se almacenen en la obra deben estar separadas por lotes, diámetros y por tamaños, de tal forma que sean altamente identificables.

Colocación

- Las superficies de las varillas deben estar libres de polvo, cemento, escamas de óxido pesadas, escamas de laminación, tierra, grasa o cualquier material objetable.
- Los dobleces se hacen en frío alrededor de un perno con diámetro no menor a ocho veces el de la varilla.
- La posición del traslape, el tamaño y forma de las varillas deben ser las que se consignen en los planos o las que ordene la dirección de la obra, y deben de ajustarse a las tolerancias mostradas en las tabla V.6.

Tolerancias	Recubrimiento	Tolerancia
Variación de recubrimiento de protección	Hasta 50 mm Hasta 75 mm	6 mm 13 mm
Variación de espaciamiento		25 mm

Tabla V.6

- El recubrimiento mínimo del refuerzo principal está acorde con las dimensiones mostradas en los planos, en los que se indica de distancia libre entre la superficie de acero y el concreto. El recubrimiento de estribos, barras espaciadoras y refuerzos secundarios o similares, deben ser cuando menos igual a un diámetro de dichas barras.
- Las varillas del refuerzo deben sujetarse firmemente, para impedir su movimiento durante la colocación del concreto.
- Se debe tener el cuidado necesario para aprovechar de la mejor manera la longitud de las varillas de refuerzo para obtener el menor desperdicio posible.
- Todo el acero longitudinal corrido, que en los planos estructurales se presenta sin gancho, debe anclarse de acuerdo con las notas de dichos planos.
- Soldadura de refuerzo.- Salvo indicación expresa de la dirección de la obra, deben soldarse las varillas del número 8 ó de diámetro superior, tomándose las debidas precauciones para evitar sobrecalentamientos de la varilla. Sólo se permite soldadura a tope, biselándose previamente la punta de la varilla de acuerdo a detalles de los planos estructurales.

Procedencia y dimensiones

Se admiten varillas de acero de refuerzo obtenidas a partir de:

- 1.- Laminación de lingotes
- 2.- Relaminación de rieles
- 3.- Laminación de materiales de ejes

Se utilizan en donde los planos así lo señalen, acero de grado duro (4200 kg/cm²) y malla (5000 kg/cm²). El acero de refuerzo, dependiendo de su procedencia, debe cumplir con los requisitos especificados en las normas siguientes mostrados en la tabla V.6.

Procedencia	Norma
Laminación de lingotes	DGN-B-6
Laminación de lingotes torcidos en frío	DGN-B-294
Relaminación de rieles	DGN-B-18
Laminación de materiales de ejes	DGN-B-32

Tabla V.7

El alambre de acero en frío se emplea como tal, o en forma de malla para refuerzo de concreto, en diámetros no menores de 2 mm, ni mayores de 16 mm, debe cumplir con los requisitos de la norma DGN-B-253.

Los grados de refuerzo se explican en los planos estructurales y notas generales; fy se refiere al límite de fluencia o límite elástico aparente, todo el acero para que se especifica fy igual a 2300 kg/cm² tiene que satisfacer las normas de la Dirección General de Normas para acero de grado estructural, y aquel para el que se especifica fy mayor a este valor debe satisfacer las normas que corresponden al acero de grado duro. Los límites de los esfuerzos de fluencia de la varillas se especifican en los planos estructurales.

La malla soldada de alambre, formada por los alambres de acero estirados en frío, galvanizados o no, unidos en forma de malla mediante soldadura eléctrica, debe reunir los requisitos especificados en la norma DGN-B-290.

Para determinar las propiedades y características del acero de refuerzo, se emplean los siguientes métodos:

- a) Para varillas corrugadas se muestra la tabla V.8

Prueba	DGN	ASTM
Determinación del peso unitario y área transversal	B-434	-
Determinación de requisitos a la tensión	B-172	A-370
Resistencia mínima a la tensión, en kg/mm ²	-	A-617
Límite de fluencia mínimo, en kg/mm ²	-	A-616
Alargamiento mínimo, en porcentaje	-	E-8
Determinación de requisitos de doblado	B-172	A-370
Determinación de las características de las corrugaciones	B-291	A-305

Tabla V.8

b) Para malla soldada de alambre de acero como refuerzo para el concreto, se muestra en la tabla V.9.

Prueba	DGN	ASTM
Determinación del peso unitario y área transversal	B-434	-
Determinación de requisitos a la tensión	B-172	A-370
Resistencia mínima a la tensión, en kg/mm ²	-	A-82T
Límite de fluencia mínimo, en kg/mm ²	-	-
Alargamiento mínimo, en porcentaje	-	-
Determinación de requisitos de doblado	B-172	A-82T
Determinación de las características de las corrugaciones	B-291	A-185

Tabla V.9

Soldadura

Requisitos.- Debe efectuarse un mínimo de tres pruebas de tensión en varillas de diferentes diámetros a cada soldador antes de aceptarlo. Las resistencias de las conexiones soldadas de las pruebas y el refuerzo no debe ser menor que la resistencia nominal a la rotura de las varillas de que se trata. Las soldaduras deben protegerse de la lluvia hasta que hayan enfriado totalmente.

Alambre

El alambre debe cumplir con los requisitos indicados en las tablas V.10 y V.11.

Requisitos de la tensión		
Diámetro en mm	Límite de fluencia mínima en kg/mm ²	Resistencia a la tensión
2.00	176	220
5.00	140	175
7.00	132	160

Tabla V.10

Requisitos de alargamiento		
Diámetro en mm	Alargamiento mínimo después de la ruptura en %	Longitud calibrada del espécimen para esta prueba en mm
2.00	4 00	20
5.00	3 50	175
7.00	3 50	250

Tabla V.11

V.8.3 Bombas hidráulicas

Las bombas hidráulicas que se usan durante la construcción son: bombas centrífugas, motobombas, y bombas centrífugas inatascables. La descripción general de las bombas es igual para los tres tipos de bombas, por lo que describiremos a continuación sólo una.

Bombas centrífugas.- Con carcasa de fierro fundido e impulsor de material adecuado tipo abierto o cerrado de acuerdo al líquido a manejar. El motor y la bomba se acoplan a través de sus flechas con un cople flexible de capacidad requerida. La bomba y el motor son montados por medio de tornillos a una base de acero estructural, debiendo quedar el conjunto perfectamente alineado.

El motor y la bomba deben estar debidamente protegidos, considerando que operan en un medio altamente húmedo por lo que deben emplearse las mejores prácticas comerciales para los terminados de pintura de éstos equipos.

Motor eléctrico

Todos los motores monofásicos o trifásicos son del tipo inducción jaula de ardilla, de 127 volts, una fase ó 220 volts. tres fases, con aislamiento clase NEMA B, totalmente cerrados con rodamientos de bolas o tipo manguito y caja de conexiones a prueba de polvo. La selección del motor se da acuerdo a las necesidades de la bomba.

V.8.4 Instalaciones electromecánicas

Las presentes especificaciones se hicieron en base a las instalaciones que se usan para los Metros de los países desarrollados y están contenidas en el tomo 2, sección 2.02 de las especificaciones generales que usa COVITUR para supervisar las instalaciones electromecánicas.

Local técnico

La estación Guerrero cuenta con un local técnico donde se alojan todos los equipos de alimentación y lógica de los diferentes sistemas de control, como son señalización, pilotaje automático, mando centralizado, telefonía automática, telefonía directa, telefonía de trenes, peaje, alarma, relojes, sonorización y voceo.

El local técnico está ubicado a nivel del andén, con la finalidad de tener fácil acceso a los equipos. Las dimensiones del local técnico están en función del número de armarios, gabinetes y bastidores que se alojen, determinándose básicamente por su función en la operación de la estación.

La altura del local técnico debe ser tal que permita colocar charolas en la parte superior de los gabinetes y no tener interferencias con las luminarias y ductos de ventilación. La construcción del local preferentemente debe ser de concreto con una capacidad de carga mínima de 600 kg/m². En caso de contar con falso plafón, éste debe soportar una carga de 250 kg/m².

Las puertas de acceso deben tener una dimensión estándar, unificada con las puertas de las subestaciones de alumbrado y fuerza, debiendo contar con filtros de aire en la parte inferior que permita la retención de partículas hasta de 15 micras.

Con la finalidad de combatir conatos de incendio se debe instalar un extintor tipo ABC, de polvo químico seco dentro del local y cerca de la puerta de acceso. Queda estrictamente prohibido instalar tuberías o registros hidráulicos dentro del local técnico. Con respecto a la canalizaciones dentro del local, estas pueden ser de dos tipos: con trincheras y con sótano.

El alumbrado dentro del local técnico es preferencial teniendo un nivel luminoso de 500 luxes. Existe también el alumbrado de emergencia en caso de falla del alumbrado nominal. Existen dos tomas de corriente 15 A y 127 V, CA.

La alimentación eléctrica de todos los equipos debe ser preferencial (consultar para mayor información la especificación 2.02.01.009 de sistemas eléctricos de COVITUR).

Señalización

Todo el equipo de alimentación, lógica y control del sistema de señalización, se instala en chasis o en bastidores metálicos. Todos los bornes y el cableado están identificados conforme a los esquemas de ejecución, a fin de facilitar su identificación durante su mantenimiento.

Todos los bastidores son fijados al piso uno junto al otro hasta sumar siete como máximo, proviéndose un espacio libre al frente y detrás de ellos de 80 cm para su mantenimiento. Ya que la señalización utiliza el mayor número de cables, se ubica preferentemente cerca de los ductos de salida/entrada del local técnico.

Junto al área de los bastidores de señalización, se instala una gabeta para guardar la información técnica y planos requeridos para el mantenimiento.

Alarmas

Básicamente el sistema de alarmas está estructurado funcionalmente en: acciones de control, a través de los cuales se puede verificar el estado que guarda el equipo de interés; y en acciones de mando las que permiten cambiar el estado operacional de algunos equipos.

En el caso particular de este sistema de alarmas el control permite verificar la disponibilidad de los equipos, indicando cuando éstos no se encuentran en condiciones normales de operación, de tal manera que pueda tenerse un control de falla. Así pues existe un botón por cada mando y un indicador luminoso por cada control que se lleve a cabo.

Con la finalidad de lograr la rápida localización de los equipos dentro de la estación existe en el mismo local del jefe de estación un tablero de localización de alarmas, donde deben apreciarse claramente los diferentes niveles que conforman la estación. Las dimensiones del tablero de control de alarmas deben permitir la colocación de una señal luminosa en todos aquellos lugares donde exista uno o varios equipos bajo control de jefe de estación. Estas señales luminosas de color rojo deben ser visibles a una distancia de tres metros desde cualquier ángulo, y se encienden en forma intermitente cada vez que ocurre una alarma en alguno de los equipos que se encuentran dentro del local.

En virtud de la necesidad de conocer al momento las anomalías en el funcionamiento de los equipos de servicio básico de la estación, se concentran los siguientes controles:

- Alarmas de subestaciones
- Alarmas de cabina
- Alarmas de bancos de baterías
- Alarmas de puertas de locales
- Alarmas del cárcamo
- Alarmas de escaleras mecánicas
- Alarmas de ruptores de andén
- Alarmas de teléfono de andén
- Alarmas de teléfono en taquillas

Telefonía directa

Toda la telefonía directa de la estación se concentra en el local técnico donde se encuentra el distribuidor telefónico y el sistema de distribución de energía para la alimentación de los aparatos telefónicos.

Sonido

Un sólo gabinete aloja todos los equipos necesarios para el sistema de sonorización y voceo de cada estación, esto es, el selector de entradas, amplificadores de distribución, ecualización, monitores de audio y repartidor de los cables que vengan de los altavoces distribuidos dentro de la estación. Para el mantenimiento y ajustes necesarios, el armario tiene accesos por ambos frentes, por lo que se requiere una distancia mínima de 80 cm en ambos casos. Su fijación es al piso.

Peaje

Cada torniquete aloja su propia lógica electrónica, por lo que cuenta con una terminal de operación en el local del jefe de estación, por lo que en el local técnico sólo se deja el área destinada al gabinete de control estadístico. Este armario requiere un mantenimiento por sus cuatro costados, por lo que se necesita un espacio de 60 cm lateralmente y 80 cm por ambos frentes. Su fijación es al piso.

Relojes

Estos equipos así como su alimentación, están integrados en un gabinete que se fija a una de las paredes del local técnico, donde tiene un espacio reservado de 50 cm de ancho por 35 cm de fondo por 2 m de alto.

Telecomunicaciones

Telefonía en cabeceras de anden.- En todas y cada una de las cabeceras de los andenes de salida existe un teléfono automático colocado dentro de una caja protectora empotrada en el muro, o bien detrás de la mampara. Se necesita dejar en el muro un hueco de dimensiones adecuadas para la instalación de la caja protectora y el paso de cables.

Telefonía en taquillas y jefe de estación.- En ambos casos, la telefonía de estos locales está integrada a un módulo de telecomunicaciones y alarmas por lo que las únicas consideraciones de importancia son las de hacer coincidir el hueco existente en la base del módulo para el paso de cables, con la acometida de tuberías provenientes del vestíbulo.

Teléfonos directos de emergencia. Estos teléfonos están integrados a los gabinetes de emergencia ubicados a la mitad del andén. Sus preparaciones de acometida proveen una tubería desde parte interior del gabinete hasta el ducto bajo andén.

Teléfonos públicos.- Cada vestíbulo cuenta con un núcleo de teléfonos públicos, los que requieren ser alimentados desde el exterior de la estación. Las tuberías registros modulación o altura están adecuadas a las normas establecidas por Teléfonos de México.

Teléfonos automáticos en locales de servicio.- Cada uno de los locales técnicos, subestaciones de rectificación, alumbrado y fuerza, así como todos aquellos locales de servicio, permanencias, casetas de vigilancia, oficinas, etc., están equipados con un teléfono automático de la red interna.

En aquellos lugares donde estos teléfonos se colocan sobre escritorios o mesas de trabajo, las preparaciones de salida se dejan a 40 cm sobre el nivel del piso terminado.

En todos los demás locales los teléfonos se fijan al muro, requiriéndose las preparaciones de salida a 1.10 m de altura sobre el nivel del piso.

Torniquetes

En cada vestíbulo de acceso existen o varias líneas de torniquetes, los cuales requieren de una serie de preparaciones para su alimentación eléctrica, para su control y desbloqueo y además una puerta de cortesía.

Cada torniquete tendrá su acometida por la parte inferior por lo que las tuberías y registros quedarán ahogados en el piso modulados a todo lo largo del vestíbulo, independientemente del número de torniquetes a instalar.

Las características de alimentación y consumo para los torniquetes de entrada y salida y terminal de operación son las siguientes:

- 200 V, CA (+/-) 10 %, 60 Hz, para torniquetes de entrada y salida
- 220/110 V, CA (+/-) 10%, 60Hz, para la terminal de operación
- Carga máxima por equipo, 350 watts
- Alimentación eléctrica: 117 V, CA
- Potencia: 120 watts

El cable para uso rudo utilizado para la alimentación eléctrica cumple lo establecido en la norma COV-SÑ-TQ-ET-05/86-21 y es de 3x14 AWG tipo "SO" y el de tierra física para los torniquetes cumple lo establecido en la norma COV-TQ-ET-05/86-22 y es 10x7 hilos AWG.

La alimentación eléctrica se realizará en forma alternada con circuitos independientes, identificando en el tablero correspondiente los conductores que alimentan a los torniquetes.

V.9 Maquinaria y equipo utilizado

En este subcapítulo mencionaremos lo referente a la maquinaria y equipo que se utiliza para llevar a cabo los diferentes trabajos que se presenten en la construcción de la estación Guerrero. Hacemos una descripción física de éstos, también hablamos de las funciones que desempeñaron en las tareas para las cuales fueron asignados.

Como sabemos en la actualidad, en la industria de la construcción es indispensable que las obras sean realizadas con calidad, economía en un tiempo determinado. Siendo el costo la variable que más se ve afectada, la cual depende de la buena administración de los recursos disponibles, es necesario que se tomen las medidas adecuadas en aquellos rubros donde se invierte más capital.

La maquinaria y el equipo utilizados juegan un papel importante en el costo de la obra, para abatir dichos costos se debe utilizar la que más se adapte a las necesidades que surjan durante la realización de ésta.

V.9.1 Maquinaria pesada

Dentro de este rubro consideramos a todas las máquinas que realizaron actividades, referentes a los trabajos donde se movieron grandes volúmenes de obra.

Excavadora convertible.- Es una máquina diseñada para la ejecución de los trabajos en los que se requiere el empleo de diferentes herramientas, las que se pueden intercambiar en la misma máquina.

Está formada por tres elementos principales: una plataforma giratoria en la cual va montado el motor y la cabina de mando; orugas, pluma que está formada con los diversos accesorios de trabajo, como son cucharones, brazos, plataformas, aparejos, etc.

El tipo de excavadora convertible utilizada para los diversos trabajos de excavación en la estación, corresponde a un mecanismo propulsor sobre orugas, a continuación mencionaremos sus diferentes características.

Construida de acero angular en celosía para manejar capacidades máximas. Puede tener una longitud de hasta 30.48 m en el modelo la pluma angular de las máquinas Link-Belt está diseñada para diversos tipos de aplicación tales como : grúa de montaje, draga con cucharón de arrastre, cucharón de almeja, equipo de almeja guiada, y aplicaciones especiales.

La pluma básica estándar está integrada por tres secciones : base, sección intermedia o extensión y sección superior. Habiendo disponibles en forma opcional extensiones de 3.05 m y 6.10 m para obtener la longitud de pluma requerida en cada aplicación particular. La pluma y las extensiones opcionales se unen por medio de pernos o bien con tornillos especiales.

La pluma está equipada con rodillos deflectores de líneas montados en la parte superior de la misma para prevenir el roce del cable con la estructura. La longitud de la pluma determina el número de rodillos necesarios. Se tiene disponible un aguilón de estructura de acero angular como una de las opciones para combinaciones particulares de longitudes de pluma.

El cabezal en las plumas de Link-Belt están equipado con poleas montadas en rodamientos antifricción. Se puede tener donde la aplicación lo requiera cabezales con diferentes arreglos de poleas desde una hasta cuatro.

El indicador de ángulo de inclinación de la pluma sirve como una útil guía para el operador en el manejo de la máquina. Esta montado a un costado de la pluma, justo frente a la cabina del operador para una mayor facilidad en la lectura del mismo.

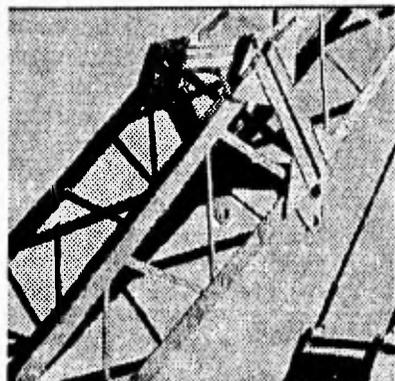
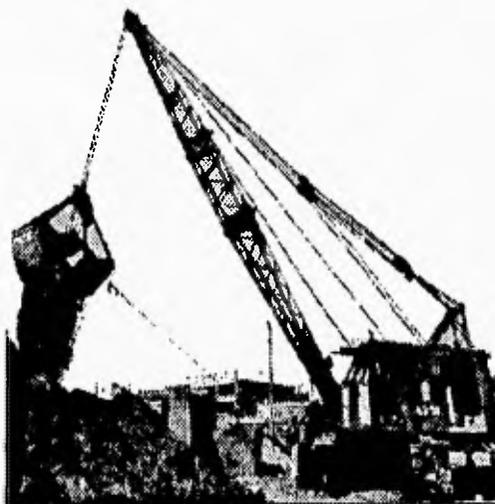
El cucharón, la guía de arrastre y el contrapeso requerido son equipo estándar en todas estas máquinas equipadas como dragas.

A su vez el gancho apropiado y el contrapeso necesario es equipo de norma en las grúas.

Es preciso mencionar que ésta máquina es utilizada para realizar diferentes actividades entre las que se encuentran las siguientes :

- * Excavación de zanjas.- En cuyo interior se alojan los muros milán, utilizando para esto, un aditamento conocido como barra guía, compuesta por una barra de acero con una longitud de 6 m y una almeja de $1 \frac{1}{4}$ yd³ la cual sigue un movimiento vertical conducido únicamente por la pluma.
- * Excavación a cielo abierto.- Tanto de las cabeceras oriente y poniente, así como de las cajas de conexión y deflexión para el colector de 2.13 m de diámetro. Para ello se usa un aditamento consistente en un cucharón de almeja con capacidad de $1 \frac{1}{4}$ yd³.
- * Colocación de troqueles.- Para llevar a cabo el apuntalamiento de toda la estación, ésta máquina utiliza un aditamento que consiste en un gancho de acero, cables metálicos y grilletes.
- * Colocación de tabletas prefabricadas.- Las cuales se colocaron a lo largo de la estación, ya que forman la losa de vestíbulo y techo de la misma. Para su colocación, la máquina utiliza un gancho de acero, estobos y grilletes.
- * Colocación y tendido de tubería prefabricada para colector de proyecto.- Se utiliza para la unión de los tramos de tubería para el colector de 2.13 m de diámetro. Para ello la máquina se auxilia de los aditamentos señalados en el inciso anterior.

De la misma forma, se utiliza ésta máquina para otras actividades propias de la construcción de la estación Guerrero como son : carga y descarga de equipo de soldadura, maquinaria (perforadoras neumáticas, tractores, compresores, etc.), así como de material de construcción (varillas, cimbras metálicas, ductos de pvc, etc.). Para dichas actividades se usa sólo el gancho y una canastilla metálica.



Bomba de concreto.- Las bombas de concreto tienen como función trasladar el concreto a sitios donde la longitud de colocación es grande y de acceso difícil para el equipo común, el sistema de colocación consta de una bomba de concreto, vehículo para su traslado, tolva de alimentación y tubería para trasladar al concreto.

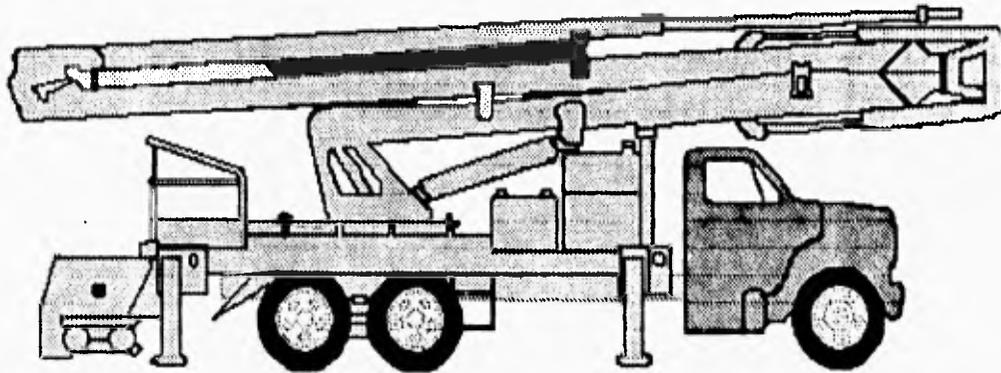
Bombas sobre camión.- Comúnmente llamadas "autobombas", se tiene a la bomba montada sobre un camión, cuenta con un sistema de pluma articulada de gran longitud para guiar las tuberías flexibles. Funciona, tomando el concreto por la bomba, amasándola en la tolva que es regulada por dos válvulas y un pistón, el concreto circula por la tubería a presión siendo succionado por el cilindro de la bomba. Cuando la válvula de admisión se abre y toma el concreto, la válvula de salida está cerrada, cuando la válvula de admisión está cerrada, la válvula de salida abre para dar paso al concreto. El concreto realiza un recorrido continuo desde la bomba hasta la boquilla de salida en el sistema de conducción.

Las características de la bomba sobre camión que se utilizan en los colados de la estación Guerrero, tienen las siguientes características particulares :

- * Tiene un alcance de 24 metros con la pluma totalmente extendida. Su motor tiene una potencia con la cual puede bombear el concreto verticalmente tan alto como 76 metros y horizontalmente como 365 metros.

- * La capacidad máxima de la bomba es de 95 m³/hr.

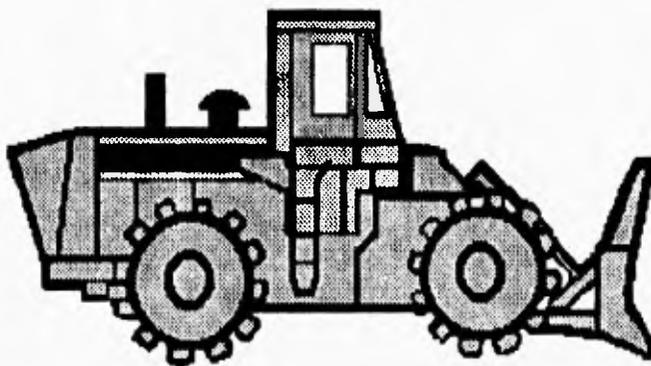
La tolva está equipada con un remezclador y puede soportar 1/2 m³ de concreto.



AUTOBOMBA

Tractor sobre neumáticos.- Este equipo generalmente es utilizado para llevar a cabo con rapidez los acarrees de material en sitios donde las pendiente de trabajo no son fuertes, ya que su potencia y fuerza tractiva es menor en comparación con los tractores sobre orugas. El tractor sobre neumáticos cuenta generalmente con un aditamento frontal llamado hoja la cual tiene diferentes geometrías; de éstas la más común es la hoja recta, la cual es ocupada para la mayoría de los trabajos de acarreo. Dicha hoja está acoplada al tractor, y su funcionamiento es a base de un sistema hidráulico.

Para el caso particular de los tractores utilizados en la estación Guerrero, su función consiste en el acarreo del suelo del cajón, en aquellos lugares en donde la almeja del la excavadora convertible no llega. También se utiliza para concentrar material producto del retiro de la carpeta asfáltica.



TRACTOR SOBRE NEUMATICOS

Martillos perforadores ligeros.- Se componen de un cilindro que en un extremo lleva un mango, para sostener y manejar la herramienta, en el extremo contrario consta de una barrena de acero. En el interior del cilindro trabaja un pistón; que movido por aire comprimido, golpea sobre la barrena apoyada contra el punto a perforar transmitiendo el golpe. Este golpe se presenta con una velocidad de 1500 a 3000 rpm.

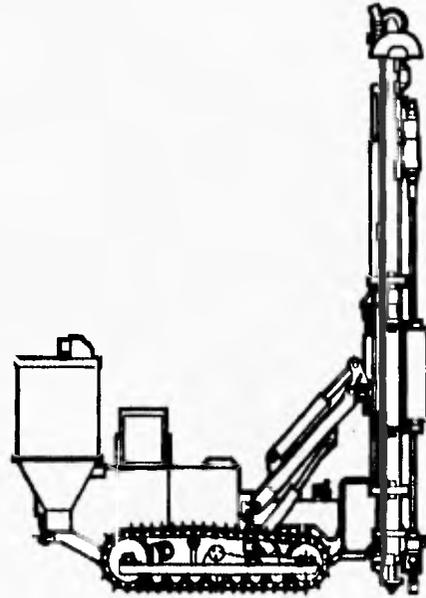
En su versión ligera, éstos martillos pesan entre 12 y 20 kg, se utilizan para trabajar en obras de demolición pequeña. La barrena de acero generalmente es hueca, va acoplada al cuerpo de la perforadora y en su extremo opuesto termina en forma de punta, la broca que se adapta al extremo de la barrena, puede ser de acero, carburo de tungsteno o diamante.

Esta herramienta usada en la construcción de la estación Guerrero, sirve para realizar diversas actividades, entre las cuales están : la perforación para el retiro de algunas partes del pavimento cercanas a las guarniciones y a los pozos de visita del alcantarillado, la demolición de los muros milán auxiliares en las celdas iniciales que interferían con la unión de las contratraves entre las celdas, y entre éstas y las cabeceras.

Perforadora torre.- Esta máquina esta formada por una torre o pluma apoyada sobre la parte posterior de un camión, éstas características la agrupan dentro de las máquinas de autopropulsión.

La maniobra de perforación se desarrolla a través de la torre, ya que la posición vertical es la utilizada para este trabajo.

Básicamente está máquina es requerida para la realización de pozos de bombeo para abatir el nivel de aguas freáticas.



PERFORADORA SOBRE ORUGAS

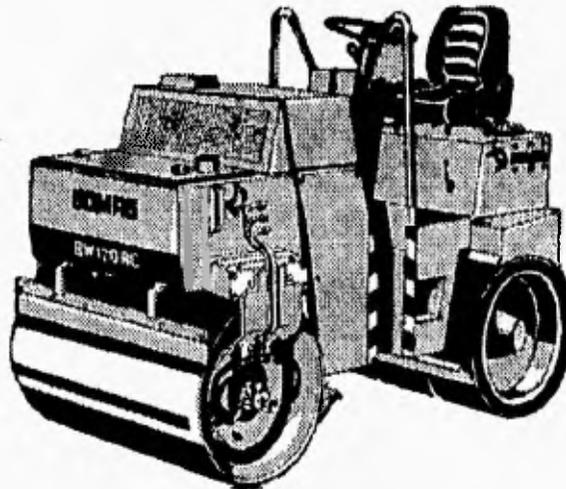
Compactador de impacto.- Lo forma una placa base con una sección de 41 X 28 cm, conectado a un sistema de muelles y articulaciones, un motor y empuñaduras para controlar su posición.

Funciona por medio del impacto de la placa metálica, martilleando y vibrando el terreno, las vibraciones proporcionan una compactación rápida y eficaz, a pesar de ser equipo pequeño y de poco peso. Opera con un motor de gasolina, algunos también, son accionados por aire comprimido.

Este equipo es utilizado para la compactación del material (tepetate), que sirve como base de la tubería que forma parte del colector de 2.13 m de diámetro de la celda E, así como de las cajas de conexión y deflexión norte y sur del mismo.

Compactador de rodillo vibratorio.- Está construido en placa de acero estructural, el tambor está aislado de la estructura de la máquina por un sistema amortiguador que impide la transmisión de vibraciones a la estructura. El mecanismo de vibración se encuentra dentro del tambor y está accionado por una banda trapezoidal y poleas a través de una caja de engranes de alta velocidad con embrague, directamente acoplado a su unidad motriz.

Esta máquina se requiere en la última fase de trabajos de la estación, para la compactación de los terraplenes (base y sub-base), así como para la restitución de la carpeta asfáltica.



COMPACTADOR RODILLO VIBRATORIO

Revolvedoras giratorias.- El tambor sólo tiene movimiento de giro alrededor de su eje inclinado (mezcla y amasado). En su estructura lleva un equipo complementario formado por una tolva para recibir los materiales, delante del tambor está el depósito del agua, una bomba centrífuga, un contador de agua y un depósito de riego, para la limpieza y el lavado del tambor, este equipo se monta sobre un camión.

El accionamiento puede obtenerse por el motor del camión o bien de uno independiente, la transmisión puede ser por cadena y corona, el vaciado se efectúa mediante la inversión del movimiento del tambor. Permite transportar a largas distancias el concreto premezclado, de las plantas al lugar de colocación, sin que se altere su calidad. Su capacidad es de 11 m³.

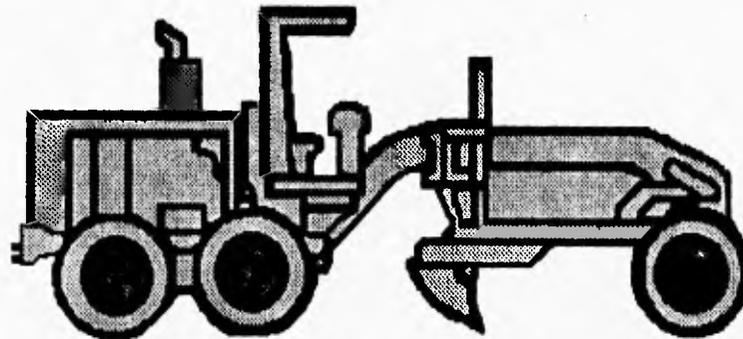
Motoconformadora.- Está formada de un bastidor con cuatro ruedas y un largo brazo, el cual termina en un tren delantero de dos ruedas que son las de dirección. El brazo del tren articula a la hoja niveladora. La hoja niveladora va colocada entre los ejes trasero y delantero, pero delante del motor, los movimientos se obtienen por medio de la corona, un dispositivo de giro circular. La corona se articula por medio de dos rótulas a la barra de tiro.

El elemento principal de trabajo de las motoconformadoras lo constituye la cuchilla, la cual puede regular su altura en relación al plano horizontal hasta lograr que la cuchilla pueda colocarse vertical fuera del chasis de la máquina.

Adicionalmente cuentan con un escarificador, que es un juego de dientes que se utiliza para triturar las superficies demasiado duras.

Otro accesorio es el desgarrador que tritura los caminos de acarreo compactado, y facilita el trabajo cerca de bordes, cimbras y postes.

Esta máquina se utiliza para la formación de terraplenes siendo su función la de nivelar, moldear y dar pendientes requeridas al material que forma el pavimento.



MOTOCONFORMADORA

Vehículo de acarreo.- Estos vehlculos tienen las siguientes características :

- 1) Estan diseñados para transitar a velocidades regidas por la reglamentación vial como un vehículo común.
- 2) Cuenta con un sistema de transmisión, el cual está limitado a cambios en número, generalmente ocho hacia adelante y dos en reversa.
- 3) La construcción del chasis y carrocería son ligeros.

4) Están equipados con muelles, resortes y demás dispositivos de amortiguación lo que limita su capacidad de carga.

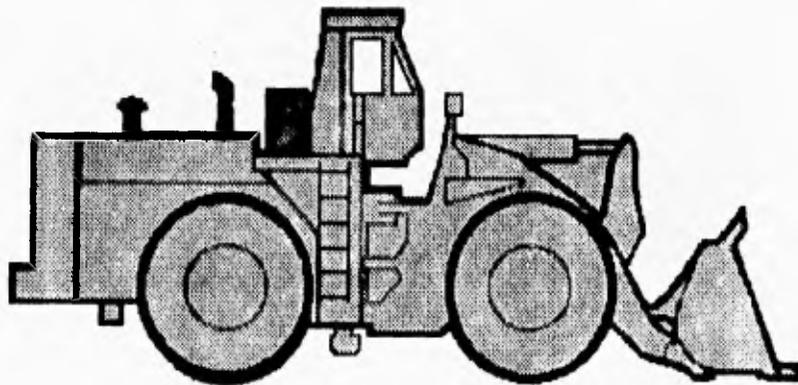
5) Cuentan con una caja que es accionada mediante mecanismos hidráulicos, sobre un chasis soportado por llantas neumáticas y una cabina de control, con un motor que generalmente es de diesel.

El uso de este camión dentro de la obra, es el de transportar material para suministro de arena, grava, varilla, materiales de relleno, así como del retiro de escombros y tierra producto de la excavación.

Cargador frontal sobre neumáticos.- Generalmente utilizan llantas grandes, que sirven para proporcionar una excelente flotación sobre superficies de rodamiento poco accidentadas.

Estas máquinas debido a su mecanismo pueden desplazarse con mayor rapidez y su cucharón tiene un movimiento independiente por medio de un sistema hidráulico, además de contar con una gran capacidad (4 yd³).

Este tipo de máquina es utilizada para retirar el escombros generados por la demolición del pavimento que comprendía el área de la estación.



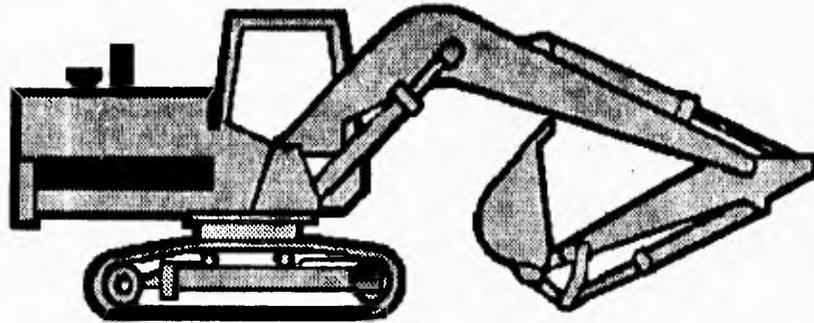
CARGADOR FRONTAL

Retroexcavadora sobre orugas.- Esta máquina mueve su cucharón de abajo hacia arriba, acercándose a la cabina de operación para lograr su carga, la cual se obtiene bajo el nivel de apoyo de ésta.

Es usada en superficies de material poco resistentes debido al esfuerzo directo ejercido sobre el cucharón, puede proporcionar mayores presiones con los dientes.

Los cucharones se pliegan de 164° a 177° para óptima retención de la carga y fácil excavación. Se utiliza acero de gran resistencia, tratado al carbón en las zonas de mayor desgaste.

Esta máquina generalmente es utilizada para levantar la carpeta asfáltica, retiro del material producto de la demolición, así como el inicio de las excavaciones para alojar a los muros milán.



RETROEXCAVADORA

Grúa telescópica.- Esta máquina esta destinada a la transportación y elevación de materiales, que por la gran versatilidad y su fácil acceso a diferentes puntos de la obra se consideraron muchas actividades que lleva a cabo como: carga y descarga de material para introducir dentro del cajón, colocación de troqueles, etc.

Se compone de un chasis en el que van montadas el motor con la debida autopropulsión, gatos hidráulicos, cabina o cabinas de mando y las secciones desplegadas que propiamente forman la grúa.

Las secciones giran sobre el chasis para tomar la posición necesaria, mediante un gato hidráulico, toma el ángulo de elevación deseado. Las tres o cuatro secciones se extienden para tener la longitud requerida de elevación o transportación, contando además con un sistema de compensación de cable que al extenderse o retirarse mantienen la carga al mismo nivel del piso y a la misma distancia de la grúa.

V.9.2 Equipo utilizado

En este rubro describimos el equipo ligero más utilizado en los trabajos de la estación.

Cortadora de concreto.- Se encuentra equipada con un sistema de control de velocidad, sistema de encendido, disco con limitador de profundidad de corte, motor accionador del disco; cuentan con un soporte de acero montado a un eje con ruedas, brazo tubular para su control, el enfriamiento del disco se realiza por medio del rociado y su guía permite un corte perfecto, el ajuste de la velocidad se lleva a cabo por medio de manivela.

Accionado por motor de gasolina. El disco puede ser abrasivo o de diamante con capacidad de corte entre 6 y 10 cm.

Se utiliza para el corte de guarniciones, banquetas y pavimentos así como para juntas constructivas.

Equipo de soldadura.- Compuesta por: motor, tablero de control con enchufes de ajuste, palanca de arranque, seleccionador de corriente (graduable en función del diámetro de electrodo) y perilla de ajuste fino.

Estas plantas se utilizan para llevar a cabo lo que se denomina en el trabajo como soldadura en arco y se realiza de la siguiente manera: la planta tiene como finalidad graduar la corriente que pasa por ella para que por medio de dos cables (uno que contiene el electrodo y otro que le hace tierra al elemento), formen un circuito que al cerrarse cree un corto circuito, que es el que maneja el soldador llevando al electrodo a fundirse con los elementos que se van a unir; cabe aclarar que la unión depende de la experiencia del soldador ya que este debe de sostener el electrodo sin pegarlo a los elementos y siempre formando un arco.

En la construcción se utiliza para unir estructuras metálicas de perfiles, "I", "L", "C", etc., y básicamente en la unión de varillas para conformar elementos estructurales como: parrillas y las uniones de tabletas prefabricadas con los muros estructurales.

Bomba para agua autocebante.- Se denomina autocebante porque después del primer cebado, se mantiene llena la carcaza con el agua que se va bombear, cuando la bomba se pone en servicio por primera vez los canales de la bomba están llenos de aire. El cebado se realiza desfogando el aire atrapado dentro de la bomba.

Consta de un elemento rotatorio semi-abierto llamado impulsor, montado en un eje, así como por un elemento estacionario formado por una carcaza; la tapa donde se aloja el sello mecánico sirve para unir la bomba con el motor.

Esta bomba no requiere de una válvula de pie para mantener la columna de agua en la succión, ya que tiene una válvula check en la brida de succión de la bomba.

Se utiliza para bombear agua lodosa con arena producto de los pozos que se utilizaron para abatir el nivel de aguas freáticas, así como en cárcamos donde se concentra agua producto de filtraciones como en las cajas de conexión y galería.

Compresores.- Es una máquina diseñada para producir y almacenar aire comprimido. Lo compone un motor de gasolina o diesel, este acciona un compresor que aspira, comprime y entrega aire a un tanque almacenador que regula la descarga, son de tipo portátil y van montados sobre un chasis que se apoya sobre dos o cuatro ruedas neumáticas.

Estas máquinas absorben el aire de la atmósfera, para comprimirlo y enviarlo por mangueras para las diversas herramientas de perforación, como lo son las pistolas neumáticas.

Petrolizadora.- La petrolizadora es un tanque montado sobre un chasis con propulsión propia, cuenta con una bomba que succiona o riega a presión, ésta bomba opera mediante un motor que permite además recircular en el tanque el producto asfáltico succionado por un lado y descargado por el otro.

El riego se hace mediante unas barras de distribución con espreas especializadas que deben permitir un regado uniforme.

Los riegos deben realizarse controlando la temperatura de asfalto, para darle a éste la fluidez necesaria; para lograrlo se calienta el producto asfáltico, mediante quemadores accionados por el mismo motor de la petrolizadora, procurando que el asfalto recircule para lograr un calentamiento uniforme.

Este vehículo se utiliza para ligar la base con el concreto asfáltico.

Pipa.- Este vehículo es útil en el acarreo de agua para satisfacer necesidades diversas en la construcción, tales como:

- En la fabricación de concreto
- En la compactación de terracería en terraplén.
- Para servicios auxiliares.

Consta principalmente de un camión en cuya parte trasera se encuentra el chasis, va provista de un tanque de almacenamiento, que normalmente lleva acoplada a una bomba de succión para efectuar la carga y descarga del agua, lleva adaptada en su parte interior una barra o tubo con perforaciones a todo lo largo, que esparce el agua a presión constante.

***VI. PROGRAMA DE OBRA Y
PRESUPUESTO***

VI. PROGRAMA DE OBRA Y PRESUPUESTO

En los países en vías de desarrollo como el nuestro, en el cual las condiciones de la economía son del todo cambiantes, se realizan obras de ingeniería a las que previamente se les asigna un presupuesto, el cual se obtiene de llevar a cabo estudios de factibilidad.

El presupuesto es un mecanismo de control que comprende un programa financiero estimado para las operaciones de un período futuro. Esta coordinación anticipada tiene por objeto la máxima eficiencia y utilidad de la inversión, así como el control de las operaciones; lo anterior se logra en base a una suposición del valor de la obra para condiciones definidas a un tiempo inmediato.

VI.1 Presupuestos

Los presupuestos los podemos dividir en antepresupuestos y presupuestos definitivos. El antepresupuesto es la valuación aproximada de una obra cuando se desconocen alguno o algunos datos relevantes, tales como: el proyecto, condiciones de la obra, las normas y especificaciones de la misma, etc.

El presupuesto definitivo es la valuación aproximada de una obra, cuando se conocen todos los datos relevantes de la misma. Al proponer un presupuesto definitivo es necesario considerar los factores que intervienen en el proceso de realización de la obra, por ejemplo, la cantidad de material, rendimientos del equipo y de la mano de obra, la cual es variable según las condiciones propias de cada sitio.

Para efecto de obra pública se define:

Presupuesto base.- Es el presupuesto de un posible contrato, elaborado por la dependencia o entidad correspondiente debidamente autorizado, que sirve como referencia de comparación para seleccionar al contratista ganador de un concurso.

Presupuesto base contratado.- Es el presupuesto ganador de un concurso que ha sido elaborado por el contratista. Este forma parte integrante del contrato.

VI.1.1 Formas de presupuestar una obra

Por precio alzado.- Este presupuesto es el más simple de expresar, sólo se dice un precio, el total. Es lógico suponer que antes de dar un presupuesto en esta forma se hace un análisis; el análisis indicado puede ser por precios unitarios. El inconveniente de este sistema es la duda adicional de los volúmenes de obra a ejecutar, ya que también se tiene que suponer para obtener el precio total de cada concepto, que integrado al precio total de los demás conceptos, nos da el precio total o global de la obra.

Por precio unitario.- Se divide la obra en varios conceptos, y se obtiene el costo de cada uno de esos conceptos al multiplicar el volumen de obra que integra ese concepto por el precio unitario correspondiente. Lo anterior se hace extensivo a todos los conceptos que integran la obra.

Por administración.- Propiamente no es una forma de presupuestar una obra, ya que el costo de ésta se va conociendo conforme se va ejecutando, aquí también es lógico suponer que el costo aproximado de la obra se conoce a priori en alguna forma, esto con un margen de error mayor, en virtud de que este presupuesto inicial sirve sólo como control interno de la obra, o para dar un valor aproximado del costo total de la misma al propietario.

VI.1.2 Presupuesto para la estación Guerrero del Metropolitano Línea B

Después de dar una breve descripción de los tipos de presupuestos y de las distintas formas de integrarlo, podemos señalar que el tipo de presupuesto asignado para la construcción de la estación Guerrero es el definitivo, y se conforma realizando los análisis a través de precios unitarios de todas las actividades involucradas en su proceso constructivo. Lo anterior se considera así, ya que de esta forma, se calcula con la mayor exactitud el costo de cada uno de los conceptos integrantes de la obra, a fin de tener ya no una aproximación del costo, sino conformar una base apegada a la realidad que permite vislumbrar las condiciones económicas generales de ésta.

Considerando que dentro del proceso constructivo general de la estación, se conocían de alguna forma las normas, especificaciones, tiempos de ejecución, disponibilidad de recursos tanto humanos como de maquinaria y de materiales, entonces se tuvieron las bases para el cálculo de los precios unitarios. En la figura VI.1 se muestran los componentes que integran a un precio unitario.

La estructura de los precios unitarios es invariable para un contrato ya asignado. Los precios unitarios manifestados en la proposición contratada son rígidos ya que, en su estructuración, el grado de participación de los insumos es constante y estático.

Para justificar el costo de la obra, es necesario asentar en el presupuesto, una serie de conceptos a realizar, mismos que tienen asociado un precio y un volumen para que multiplicado el volumen de cada concepto, y por su precio unitario se obtenga el importe del concepto, y de la suma de éstos, se define la cantidad total del presupuesto.

Como se muestra en la figura VI.2, con base en los archivos de las actividades y volúmenes de obra, se estudia cuales actividades integran cada presupuesto, así como los volúmenes de obra asociados a éstos.

Al obtener el listado de todos los conceptos del presupuesto, se integra un catálogo de conceptos de la obra, para su próxima utilización al integrar el presupuesto.

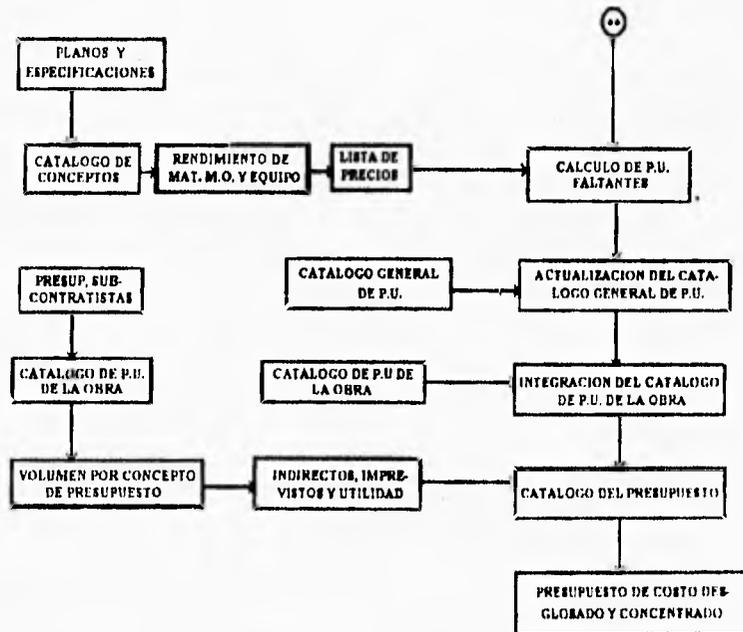
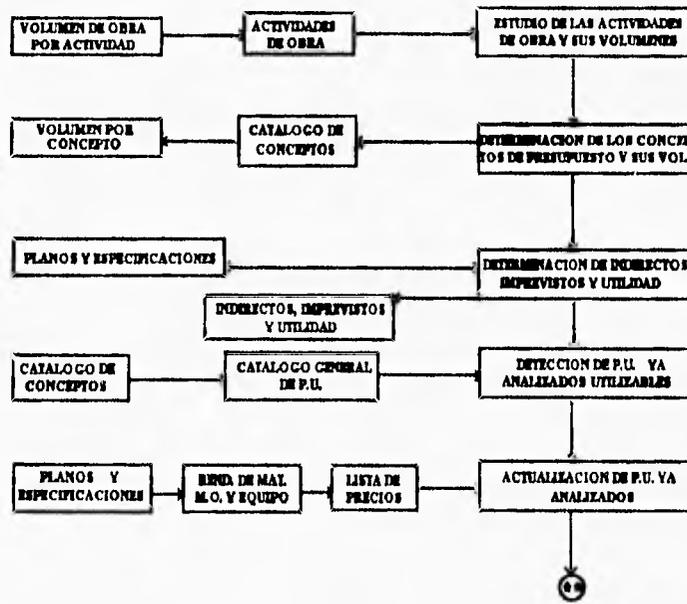


COMPONENTES DE UN PRECIO UNITARIO

Figura VI.1

Contando con los datos proporcionados por los planos y especificaciones completos de la obra, se estudian las condiciones generales para proponer los gastos imprevistos, la utilidad esperada por la participación en la construcción, y los gastos indirectos que son integrados por los elementos de costo de producción. Estos gastos, normalmente se consideran como un porcentaje del costo de la obra.

Por lo anterior se hace necesario formar un catálogo de precios unitarios de la obra, correspondiendo un precio a cada concepto del presupuesto. Con el catálogo general de precios unitarios de la constructora, que en éste caso es Obras y Proyectos S.A. (O.P.S.A.), considerando el producto de sus anteriores obras, se definieron los precios unitarios de los conceptos de obra a presupuestar para la estación Guerrero, los cuales se actualizan para absorber las posibles variaciones que vayan sufriendo los materiales, la mano de obra, el equipo, etc, tanto en sus volúmenes, como en sus precios de adquisición.



INTEGRACION DEL PRESUPUESTO

Figura VI.2

En los casos en los cuales algunos conceptos de la obra no estaban bien definidos, se tuvo que cuantificarlos de acuerdo a la experiencias, los rendimientos y sus respectivos precios vigentes en el mercado, auxiliándose del archivo de rendimientos históricos de la estructura y su lista de precios, éstos últimos son actualizados de acuerdo a las fluctuaciones del mercado, por los departamentos de compras, personal y maquinaria cada uno en su área de competencia, reportando al gabinete dichos cambios.

Dentro de los precios unitarios a calcular, existen algunos que reciben el nombre de básicos, ya que se utilizan como uno de los elementos que integran otro precio, como es el caso del concreto para los muros milán, estructurales, losa de fondo, etc, en donde es necesario contar con anticipación con el costo del concreto, para integrarlo al precio antes dicho; así es necesario contar con los precios unitarios básicos para terminar de calcular los demás precios faltantes.

Añadiendo los precios unitarios de los conceptos que realizan las subcontratistas a los ya definidos, se integra el catálogo de precios unitarios de la obra, actualizando el catálogo general, para una futura utilización en otras propuestas.

Conjuntando así, los catálogos de precios unitarios y los conceptos de obra, así como sus volúmenes, se obtuvo el presupuesto para la estación Guerrero.

La forma en la que se presenta el presupuesto es el concentrado, ya que sólo contiene el listado de conceptos y sus unidades, cantidades y precios unitarios (afectados por los indirectos, imprevistos y la utilidad), para reportar un importe.

Existe además de la anterior forma de presentar el presupuesto, es del costo desglosado, en que cada concepto se encuentra integrado por un listado de todos los elementos que lo componen con sus cantidades, costos e importes, tanto por unidad de concepto como por el total del volumen necesario a construir en la obra. En esta forma de presentación del presupuesto, no se toma en cuenta los imprevistos, indirectos, ni la utilidad, siendo utilizado en la obra por el superintendente, el jefe de obra, el departamento de control de obra, estimaciones y el jefe administrativo, que se presenten en los costos directos.

IV.1.3 Matrices de costos

Existen una gran variedad de actividades dentro de un proceso constructivo como lo es el de la obra del Metro, muchas de las cuales son requeridas simultáneamente conforme se va avanzando; esto trae consigo una aparente dificultad en cuanto a la forma de llevar un control y una evaluación de las mismas por parte de la empresa contratante, así como por la contratista. Debido a lo anterior se hace necesario crear grupos o partidas constituidas por aquellas tareas primordiales que por su desarrollo constructivo concentrarían varias actividades para llevarlas a cabo.

Considerando lo anterior, la integración del presupuesto total de la obra, así como de las partidas, se conforman de acuerdo a la suma total del importe de cada de ellas; en esta forma se lleva a cabo en la estación Guerrero del Metropolitano Línea B.

La presentación del presupuesto puede verse en la figura VI.3, en la cual se encuentra integrado junto con el programa de obra.

Una vez realizado el análisis de los precios unitarios, los volúmenes de obra, y el desglose de todos los conceptos y actividades de la misma, se procede al cálculo del costo de cada una de ellas.

A continuación se esquematiza una parte de la matriz de costos correspondiente a la partida muro milán, así como algunas actividades que la conforman.

Obra : Metropolitano Línea B
Tramo : Estación Guerrero
Rubro : Obra contratada
Partida : Preliminares
Fecha : 1/Ene/1996

CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	UNIDAD
A-01	Trazo y nivelación topográfica del terreno, para estructuras, estableciendo ejes y referencias	m ²

MATERIALES

CLAVE	COMPONENTES	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
Mat-1491	Madera de pino de 3a. de 1" x 4" x 8.25'	Pt.	0.275	50.50	13.89
Mat-1492	Madera de pino de 3a. de 2" x 4" x 8.25'	Pt.	0.400	60.50	24.20
Mat-1493	Madera de pino de 3a. de 4" x 4" x 8.25'	Pt.	0.560	70.50	39.48
Mat-0018	Clavo de 2"	Kg	0.190	8.00	1.52
Mat-0167	Cal hidratada	Ton	0.650	600.00	390.00
Mat-1228	Carrete de hilo plást.	Pza.	0.350	15.00	5.25

MANO DE OBRA

CLAVE	COMPONENTES	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
Mo-0010	Cuadrilla A	Tur.	0.330	120.00	39.60

COSTOS HORARIOS

Maq-0053	Nivel National eqpo. p/medición	Hr.	0.470	65.50	30.78
Maq-0054	Tránsito Nat. eqpo. p/medición	Hr.	0.560	76.00	42.56

Costo Directo	587.28
0.18 Indirecto	105.71
Sub-total	692.99
0.10 Utilidad	69.29
TOTAL	699.28

VI.2 Control de obra (Programa)

El programa de obra es un instrumento de control administrativo. Entre uno de sus objetivos primordiales, está el de controlar adecuadamente el tiempo de ejecución de la obra asociado a su costo.

El establecimiento de los estándares de tiempo, provienen del análisis tan detallado como sea posible de cada una de las actividades que componen un procedimiento constructivo, su interrelación y el rendimiento de los recursos: obra de mano y equipo, asignados para llevarlas a cabo.

El procesamiento de ésta información, da como resultado el programa de obra, el cual muestra gráficamente la duración de todas y cada una de las actividades en las que convencionalmente se ha dividido la obra para su análisis. El medio más utilizado para hacer ésto, es por medio de un diagrama de barras o de Gantt (ver figura VI.3).

En el caso particular de cada una de las actividades, su duración se calcula en función del volumen de obra por ejecutar de acuerdo al proyecto, y del rendimiento, entendido como la cantidad de obra ejecutada entre la unidad de tiempo seleccionado, que el personal o equipo es capaz de ejecutar.

Obra : Metropolitano Linea B
 Tramo: Estación Guerrero
 Rubro: Obra contratada

PROGRAMA DE OBRA

PARTIDA	CONCEPTO	AVANCE	1994			1995									1996					IMPORTE						
			OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	ABR	MAY	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR		MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	
I	PRELIMINARES	PROGRAMADO	██████████	██████████	██████████																					\$ 929,296.61
		REAL	██████████	██████████	██████████																					
II	OBRA INDUCIDA	PROGRAMADO						██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	\$ 1,300,445.41
		REAL						██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	
III	MURO MILAN	PROGRAMADO		██████████	██████████																					\$ 6,244,286.18
		REAL		██████████	██████████																					
IV	EXCAVACION	PROGRAMADO																								\$ 3,828,578.20
		REAL																								
V	LOSA DE FONDO	PROGRAMADO																								\$ 4,066,199.55
		REAL																								
VI	MURO ESTRUCTURAL	PROGRAMADO																								\$ 3,332,899.1
		REAL																								
VII	LOSA SUPERIOR	PROGRAMADO																								\$ 6,434,411.6
		REAL																								
VIII	ALBAÑILERIA, INSTALACIONES, ACCESOS Y LOCALES	PROGRAMADO																								\$ 1,181,584.9
		REAL																								
IX	RELLENOS CON IMPERMEABILIZACION	PROGRAMADO																								\$ 3
		REAL																								
X	INSTALACIONES HIDROSANITARIAS Y ELECTRICAS	PROGRAMADO																								\$ 998,569.15
		REAL																								
XI	OBRAS VIALES	PROGRAMADO																								\$ 734,629.82
		REAL																								
XII	ACABADOS	PROGRAMADO																								\$ 830,300.00
		REAL																								

Figura VI.3

TOTAL \$30059,933

A partir del programa de obra, pueden seleccionarse los estándares de comparación, pudiendo ser el propio programa general de obra un estándar contra el cual comparar el avance real registrado en campo.

Otros estándares lo son los rendimientos esperados en cada una de las actividades, ya sea que se ejecuten manual o mecánicamente.

Una vez establecidos los estándares, de acuerdo a la periodicidad requerida por los diferentes niveles jerárquicos de una organización, se pueden generar reportes conteniendo los rendimientos reales obtenidos en la obra, señalando las causas del retraso en las actividades que lo tengan.

La acción correctiva está encaminada al adecuado manejo de las variables controlables como pueden ser : incrementar el número de personal en uno o varios frentes de trabajo, asignar personal calificado, cambiar el tipo de maquinaria que se esté empleando, modificar el procedimiento constructivo, etc.

El mejoramiento de los estándares de comparación en éstos casos, se logra en base a considerar las condiciones reales que se puedan presentar en el campo, el clima, el grado de dificultad de la obra, así como un análisis metódico del proyecto por construir, entre otras medidas.

VI.3 Control de calidad

Una de las funciones que tienen mayor importancia en la construcción del Metro es sin duda llevar a cabo un control adecuado de cada uno de los frentes que se determinan en la obra, para lo cual se ha puesto especial énfasis en que la supervisión sea preventiva, señalando los problemas a medida que el trabajo avanza cuando todavía hay manera de corregirlo. Asimismo, dado que es prácticamente imposible que el proyecto quede plasmado hasta su menor detalle en los planos y especificaciones, la supervisión ha tenido especial interés en colaborar con el constructor para interpretarlos, ayudándolo a captar los posibles faltantes con oportunidad. Cabe mencionar que se tiene un representante del proyectista en la obra, que por conducto de su oficina central, entrega la información complementaria.

Durante la construcción se verifica el cumplimiento de los requisitos físicos del proyecto: trazo, nivel, dimensiones, cantidad de materiales, preparaciones, resistencias, tolerancias, etc. Por otra parte se proporciona a la dirección general de obras del Metro (COVITUR) la información necesaria para llevar a cabo el control de los programas y sub-programas de obra.

De común acuerdo con la gerencia de obra civil de COVITUR se definen los controles de calidad para los materiales, mano de obra y procedimientos que utiliza la constructora.

VI.3.1 Funciones de la dirección de obra y de la supervisión

Dirección de la obra.- goza de plena autoridad para verificar que se cumpla con la especificaciones, de juzgarlo conveniente, puede ordenar la realización de ensayos adicionales, rechazo o aceptación, limpieza reconstrucción y verificación de colocación del acero, que no cumpla con las especificaciones, puede asimismo, delegar sus funciones en la persona u organización que designe para ello.

Contratista.- es la encargada de la construcción de la obra, la cual debe cumplir con las especificaciones y procedimientos señalados en los planos correspondientes.

Supervisión.- corresponde a la supervisión vigilar que se cumplan las especificaciones, y ordenar las medidas preventivas y correctivas, que juzgue necesarias para realizar su función.

Para este fin, tiene las siguientes, responsabilidades y facultades:

- 1.- Representar a COVITUR en todo lo relacionado a la calidad de la obra que supervisa, en el lugar donde se ejecuta, realizando la inspección de las construcciones que se estén ejecutando y aquellas que estén terminadas de acuerdo a las especificaciones particulares y generales visuales.
- 2.- Realizar inspecciones, para verificar el almacenamiento y cuidado de los materiales de construcción de acuerdo a normas y exigir a la contratista que garanticen los lineamientos expresados en éstas.
- 3.- Verificar y controlar la calidad de los materiales y de los trabajos, cada vez que lo juzgue necesario o lo ordene la dirección de obra.
- 4.- Rechazar o decidir la forma en que se debe disponer del material que no cumple con las normas de calidad.
- 5.- Ordenar, demoler y reponer o reforzar el concreto defectuoso.
- 6.- Ordenar la suspensión que no cumplan con las especificaciones.
- 7.- Ordenar la ejecución de pruebas de control adicionales, cuando lo juzgue necesario.

De acuerdo a lo que se mencionó en el subcapítulo de especificaciones, señalaremos que la supervisión tiene la responsabilidad de evaluar los resultados de los diversos ensayos, comparándolos con las especificaciones del proyecto, o con normas oficiales (NOM, ASTM, SCT, ACI, AWS, AASHTO, etc.). De todas las pruebas efectuadas se entregan informes

semanales y mensuales a la oficina de control de calidad de COVITUR, indicando la anomalías que ocurrieron, así como las medidas que se tomaron para corregirlas.

A continuación se presenta una descripción de los ensayos que se efectúan de manera sistemática:

Concreto

La elaboración y colocación del concreto que se utilice para el tramo subterráneo, debe cumplir con todo lo referente a las normas de calidad de los materiales componentes, de elaboración, transporte, colocación, acabado y curado que se describen a continuación, además de cumplir con las tolerancias que contempla el proyecto estructural.

Las normas de calidad que se describen, están comprendidas en las normas técnicas complementarias del reglamento de construcciones para el Distrito Federal, y consideran los métodos de ensaye aprobados por las Normas Oficiales Mexicanas (NOM).

Con el objeto de llevar a cabo un adecuado control de calidad de los materiales para la construcción de la obra, es indispensable contar con un laboratorio de campo, durante el periodo de ejecuciones y en el sitio donde se llevan a cabo; este laboratorio debe contar con el personal, equipo y demás elementos necesarios para que pueda controlar adecuadamente la calidad de los materiales que intervienen en la elaboración del concreto.

El laboratorio que efectúe el control del concreto endurecido, debe estar capacitado para efectuar las pruebas de control que se mencionan en los siguientes capítulos y obligatoriamente debe estar acreditado por el Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas (SINALP).

El propósito de la inspección y ensaye de los materiales, es verificar que se satisfacen las especificaciones señaladas para la calidad de los componentes del concreto y del producto final.

Acero de refuerzo

Las especificaciones que se estipulan, están comprendidas en el reglamento de construcciones para el Distrito Federal, y consideran los métodos de ensaye aprobados por la Dirección General de Normas (DGN), la American Society for Testing and Materials (ASTM) y la American Welding Society (AWS).

Con objeto de llevar a cabo un adecuado control de la calidad del acero de refuerzo y preesfuerzo, es necesario que un laboratorio, autorizado por la dirección de la obra, efectúe las pruebas de control.

La fabricación de las estructuras que rigen la especificaciones de acero estructural y por el capítulo 12 de las Norma Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructura Metálicas del Reglamento de Construcción del Distrito Federal.

Todo el acero estructural se ajusta a la especificación ASTM A-36 excepto en donde se indique otra cosa.

Todos los miembros son fabricados en el taller con las dimensiones anotadas en los planos, de manera que no haya empalmes en campo excepto en los lugares específicamente indicados en los planos, salvo autorización escrita de la dirección de obra.

Todas las soldaduras de penetración se inspeccionan por medio de rayos X , o de algún otro procedimiento no destructivo que permita tener la seguridad de que están correctamente aplicadas.

***VII. COMENTARIOS Y
CONCLUSIONES***

VII. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Hoy en día en la ciudad de México, se están incrementando muchos de los problemas que son generados por el excesivo crecimiento de la población, por tal motivo es necesario que se tomen medidas rigurosas al respecto, con la finalidad de satisfacer las necesidades de la población.

En el caso concreto del trabajo que desarrollamos referente a la construcción de la estación Guerrero del Metropolitano Línea B, que forma parte integral del Programa Maestro del Metro y del Plan de Desarrollo de Vialidad y Transporte en la ciudad de México, mencionamos que uno de los principales problemas que enfrenta la ciudad es el relativo al transporte público, por lo cual se han diseñado planes de crecimiento (a corto y mediano plazo), en la infraestructura del mismo.

En cuanto a la vialidad a lo largo del trazo de la Línea B, podemos decir, que se está mejorando en forma importante el flujo de vehículos, ya que se reestructuró y amplió el sentido de la misma, llegando también a coordinar más eficientemente los tiempos de los semáforos, en los lugares específicos en donde anteriormente se presentaban problemas de congestionamiento en las horas pico, ejemplo de la anterior, lo constatamos en el cruce del Eje 1 Norte con la avenida Guerrero.

De igual manera se esperan resultados similares a través del tramo elevado y en el tramo superficial, en cuanto se termine la construcción de los mismos.

En lo que respecta al crecimiento y desarrollo del Metro podemos decir que, en base a la experiencia y análisis detallados, con procedimientos analíticos confiables, se pueden determinar las condiciones necesarias para: planear, proyectar y ejecutar una obra civil de esta magnitud.

Es preciso enfatizar que para llevar a cabo una obra de esta magnitud, es necesario que empresas privadas y organismos gubernamentales trabajen conjuntamente para proyectar, ejecutar y supervisar la obra civil del Metro; en base a esta organización se contempla la necesidad de unificar un sólo criterio para solucionar imprevistos que se presenten durante la construcción.

Como se mencionó anteriormente, debido a que imperan en la obra modificaciones de algunos procesos constructivos, en muchas ocasiones se tienen que tomar decisiones rápidas y eficientes para su solución, evitándose al máximo retrasos en cuanto al tiempo de ejecución. Un ejemplo de lo anterior sería el siguiente: inicialmente el proyecto contempla, que para el control de las filtraciones producto de la excavación para el retiro de tubería de agua potable y alcantarillado, éstas se controlan a través de zanjas rellenas de grava, las cuales se conducirán hasta pequeños cárcamos para su bombeo; sin embargo se tomó la decisión de excavar un tramo de cierta distancia, y durante el retiro de la tubería, se coloca un tanque con perforaciones en su perímetro, permitiendo el almacenamiento de las filtraciones para su posterior bombeo.

El conjunto de obras inducidas involucran, para su realización diversos análisis cuyo propósito es detectarlas para cuantificar la magnitud y el costo de las mismas, ya que esto representa un problema considerable para llevar a cabo la construcción de la obra.

La diversidad de obras inducidas que se presentaron en la estación provocaron altos costos para su realización, ya que en muchas ocasiones su solución se vuelve muy complicada por la importancia que tienen en los servicios que prestan en la zona, tales fueron los casos de:

El desvío del colector de 2.13 m de diámetro.- ubicado sobre la calle Héroes; para su ejecución se buscaron mecanismos que no alteraran su funcionamiento y se determinó realizar el desvío del cauce en las horas de menor demanda.

El colganteo de los cables de alta tensión de 230 kv.- ubicados sobre la celda A, para realizar ésta actividad se tuvo que diseñar y armar una estructura especial en celosía de acero que soportaría el peso de los mismos. Esta estructura se colocó en forma transversal al eje de trazo de la estación.

El desvío de tubería de agua potable y alcantarillado.- ubicados a lo largo de la estación y en donde se tuvo que colocar tubería nueva para restablecer la que se retiró.

Debido a lo anteriormente expuesto, y a la particularidad en la solución de cada una de ellas, se generaron costos considerables, cuyo importe específico se puede consultar en la partida que aparece en el programa de obra. Por consiguiente, nos damos cuenta que las obras inducidas representan un porcentaje considerable del presupuesto asignado inicialmente, el cual muchas veces se incrementa de tal forma que rebasa el importe inicial que les fué asignado, esto último esta en función de las condiciones que se vayan presentando en su reubicación.

Otro caso es el concerniente al ademe, tanto de los muros milán, como de los pozos de bombeo. Para el primer caso, se llevó a cabo a través de lodo bentonítico, cuidando que posterior a la introducción de la parrilla del armado, no se mezcle con el concreto; para el segundo caso, sólo se utilizó agua limpia, ya que había un intercambio de las propiedades químicas de ésta con la arcilla en sus proximidades, logrando una consistencia que impida que la excavación falle; ésto último se cuenta también como un proceso innovador.

Acerca del procedimiento que se llevo a cabo en la excavación del cajón que alojará la estación describimos algunas notas importantes:

- 1.- Debe respetarse el orden de las etapas de excavación indicadas en el plano de la figura III.4, y las restricciones indicadas en este trabajo.
- 2.- El proceso constructivo mostrado en éste escrito para las cabeceras de la estación, considera la realización de manera previa a la excavación y construcción de la denominada "zona central".
- 3.- Iniciada la excavación de cualquier etapa no es conveniente interrumpirla hasta alcanzar la profundidad de proyecto; en caso de que sea necesario interrumpirla por un

fin de semana, por un día festivo o por cualquier otra causa, la profundidad en la que se suspenderá la excavación no deberá ser mayor del 40% de la máxima profundidad de proyecto.

4.- Durante la excavación de las etapas 1 y 1' de las cabeceras poniente y oriente respectivamente, deben demolerse los muros milán auxiliares de la zona central adyacentes a la misma.

5.- Todos los troqueles deben colocarse con una precarga de 80 toneladas, debiendo llevarse un riguroso control en la aplicación y conservación de la misma, para lo cual se recomienda que se realicen lecturas aleatorias por lo menos cada 48 horas, las cuales tendrán anotadas con fecha, hora y precarga leída.

6.- Los troqueles se colocan en el momento en que la excavación descubra sus puntos de aplicación, no debiendo continuar con esta si los troqueles no han sido colocados en su posición.

7.- Para la colocación de los troqueles de esquina, se dejan las preparaciones necesarias en los muros tablaestaca, consistentes en placas metálicas ancladas, a las cuales se soldan los troqueles.

8.- Los "troqueles cortos" mencionados en este trabajo no son menores de 16 pulgadas, pudiendo estar sin canastilla pues solo se usan de cuña.

9.- En las cabeceras, la maquinaria de excavación debe trabajar de manera lateral por el exterior de los muros milán, por ningún motivo deben ubicarse sobre el hombro del talud.

En cuanto a las filtraciones a través de los muros milán, éstas se presentan en un gran número, por lo que se aplican varios procedimientos para su control, desde lo más simples como lo son el de reconstruir la zona afectada, hasta las más elaboradas, en las cuales se tienen que realizar inyecciones de productos químicos a través de los muros.

El control de éstas filtraciones se hace necesario, ya que de no llevarlas a cabo, produciría asentamientos en los predios colindantes con la estación.

En cuanto al troquelamiento que se efectúa, se pone especial cuidado en que sean colocados los troqueles en la forma en la que se programó y con la precarga especificada, ya que de no ser así, provocaría deformaciones considerables en los muros milán, produciendo posibles deslizamientos del suelo, dañando las estructuras colindantes.

El diseño estructural y los procedimientos constructivos que se aplican en la estación Guerrero, fueron enfocados a extremar precauciones, reduciendo las etapas de construcción en zonas muy profundas y utilizando celdas confinadas a base de muros milán auxiliares. Se decidió que el muro milán fuera muro de acompañamiento, para construir adicionalmente el muro estructural y poder lastrar de una forma segura y eficiente.

Los ciclos de bombeo se analizan con la tendencia a disminuir su duración, pero sin sacrificar el factor de seguridad; considerando también las características del suelo donde aparecen con frecuencia lentes de arena, que generalmente llevan carga hidráulica de aguas freáticas, se hace necesario su control para evitar deformaciones en los suelos colindantes.

Durante las etapas de excavación de las cabeceras oriente y poniente, éstas se llevan a cabo a través de taludes cuya inclinación era 1:1; indudablemente que su estabilidad es un punto importante que se tiene que considerar, por tal motivo, se recurre al lanzamiento de concreto ligero para asegurar un mayor rango de seguridad; evidentemente éste procedimiento no es contemplado en el proyecto constructivo inicial. Conforme se va avanzando en la excavación, en ninguna ocasión hasta el momento se han presentado problemas con la estabilidad de los taludes, creemos por tal razón que mencionar ésta innovación al respecto, es de gran importancia.

Nos damos cuenta que, por la magnitud de la obra, es difícil detallar con precisión todos los aspectos que se presentan, es importante por tal razón que tanto en los planos como en las especificaciones de los procesos constructivos se de pautas, para que las personas encargadas de ejecutar la obra apliquen su criterio y experiencia; tales son los casos que se siguen para: la excavación, el abatimiento del nivel freático, las obras inducidas y la estructuración del cajón que aloja la estación, comprendiendo los acabados.

En cuanto al control de calidad de materiales, herramientas, mano de obra y maquinaria que se utiliza en la obra, ésta se encuentra apegada a especificaciones rigurosas que permiten controlar los aspectos más relevantes que se presentan en los elementos estructurales, así como las instalaciones electromecánicas y eléctricas de la estación, que están comprendidas en las especificaciones que maneja COVITUR para la realización de éstas obras, y que éstas son adaptaciones de normas y especificaciones de los países más desarrollados.

A la estación Guerrero en conjunto con la Línea B, le anteceden 177.6 km de otras líneas ya construidas en el valle de México, es por ello que la tecnología que se ha empleado, ha permitido ir superando y aprovechando experiencias anteriores, especialmente en la construcción del cajón subterráneo.

En cuanto al control de los tiempos de ejecución de la obra y su costo asociado, pensamos que se considera para todas las modificaciones constructivas que se llevaban a cabo en el campo, una reprogramación que indudablemente propicia una notable reducción en los tiempos.

Por tal motivo se actualiza regularmente el programa de obra, en la medida en la que se presentan cambios importantes en algún proceso constructivo, por ésta razón, presentamos en dicho programa, y para cada partida, un tiempo de ejecución programado y otro real, con lo cual se puede apreciar que en algunas actividades se redujo de manera importante los tiempos de ejecución de la obra.

Lo anterior, nos hace pensar, que las medidas adoptadas durante el proceso constructivo, fueron las adecuadas, ya que solucionaron los problemas de manera efectiva, considerando los mismos factores de seguridad que requería la obra.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- * Romo, M.P., Ruelas, S., Magaña, R; "Comportamiento de la excavación para el cruce de las Líneas 8 y 9 del Metro"; XVI Reunión Nacional de Mecánica de Suelos; Zacatecas, Zac.; Vol. I, México 1992.
 - * Rico Rodriguez, A. y Del Castillo, H; "La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres"; Ed. Limusa, S.A. , México 1989.
 - * Rodriguez, R.; "Análisis de los Movimientos en el Terreno por Excavaciones Profundas de la ciudad de México"; Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México 1995.
 - * Memoria de la Reunión Conmemorativa, "Cuarenta Años de la Investigación Práctica de la Geotécnica, los Retos Geotécnicos del Futuro"; Tomo I; Instituto de Ingeniería de la UNAM., ICA, SOLUM, México 1996.
 - * Revistas de Ingeniera, Facultad de Ingeniería; Núm 1-1982, Vol. LII; Núm 1-1989, Vol. LIX, México 1995.
 - * Revista del Colegio de Ingenieros Civiles de México A.C., Núm. 292, México, agosto de 1993.
 - * Manual de Exploración Geotécnica; Secretaría General de Obras del DDF, México 1988.
 - * Rafael Cal y Mayor M., James Cárdenas G., "Ingeniería de Tránsito"; Universidad del Valle, Edit. Alfaomega, México 1994.
 - * Ernesto Mendoza Sánchez; "Introducción al Proceso Constructivo"; Fundación para la Enseñanza de la Construcción", (FUNDEC A.C.), México 1989.
 - * Jorge H. De Alba Castañeda, Ernesto Mendoza; "Factores de Consistencia de Costos y Precios Unitarios", (FUNDEC A.C.), México 1988.
 - * Jesús H. Ponce Armenta, Victor H. Martínez Flores; "Breve Descripción del Equipo Usual de Construcción", Tesis Profesional, Facultad de Ingeniería UNAM; México 1992.
 - * Carlos M. Chavarri Maldonado, "Movimiento de Tierras", Tomo I. (FUNDEC A.C.), México 1993.
 - * Especificaciones Generales para la Construcción del Metro en la ciudad de México; COVITUR, Vol. I, II y III; México 1995.
 - * Mooser F. (1987). Características Geológicas y Geotécnicas, en el Valle de México; E. Tamez et al, Manual de Diseño Geotécnico, COVITUR-DDF, México Vol I.
-

-
- * Marsal R. y Mazari M.; "El Subsuelo de la ciudad de México"; Vol. de figuras, México 1969.
 - * T. William Lambe y Robert V. Whitman; "Mecánica de Suelos", Edit. Limusa, México 1979.
 - * Eulalio Juárez Badillo, Alfonso Rico Rodríguez, "Mecánica de Suelos", Teoría y Aplicación de la Mecánica de Suelos; Tomo II; Edit. Limusa, México 1979.
 - * George B. Sowers, George F. Sowers, Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones"; Edit. Limusa, México 1986.
 - * Li X. L., Romo M P; "Test 92: Un Programa de Elemento Finito para Simular Procesos Constructivos en Suelos Elasto-Plásticos"; Informe Interno, Instituto de Ingeniería UNAM, México 1992.
 - * Archivo Interno de ICA Ingeniería S.A., "Especificaciones de Mecánica de Suelos para la Construcción del Metropolitano Línea B y Proceso Constructivo del Tramo Buenavista-Guerrero", México 1994.
-