



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

LA TRASCENDENCIA DE LA OBRA METRO
DENTRO DE LA CIUDAD DE MEXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A N
AGUILAR MORAN CAYETANO
RODRIGUEZ GUERRERO JULIO
VERTIZ JOAQUINILLO LUIS A.



MEXICO, D. F.

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

	pag.
Introducción	1
Capitulo I	
Estudios Preliminares.....	6
1.1 Evolución del transporte, planeación de una línea del Metro.....	7
1.2 Características geológicas.....	51
1.3 Estudios de impacto ambiental.....	91
Capitulo II	
Especificaciones que rigen el procedimiento constructivo.....	99
2.1 Muro milán.....	100
2.2 Excavación de núcleo.....	112
2.3 Losas.....	121
Capitulo III	
Procedimiento constructivo.....	146
3.1 Programa de obra.....	147
3.2 Desarrollo de la obra.....	160
Capitulo IV	
Aspectos críticos de la obra.....	251
4.1 Cruce de dos líneas del Metro tipo cajón.....	253
4.2 Cruce de una línea del Metro con un ducto de drenaje por medio de un sifón.....	268
4.3 Cruce de dos líneas del Metro tipo superficial y cajón.....	286
Conclusiones.....	322

INTRODUCCION

El ser humano desde el inicio de su existencia ha experimentado diversos cambios. De nómada paso a ser sedentario, al ocurrir esto, sus necesidades fueron creciendo día a día; su vestimenta, sus alimentos, su trabajo, su transporte, etc.

En la actualidad una de sus necesidades principales es el transporte, principal porque con ella puede satisfacer otras necesidades fundamentales en su existir (alimentos, vestimenta, negocios, placer, etc.).

El transporte ha evolucionado al igual que el hombre en forma radical. Desde caminatas de gran duración (días, semanas), carruajes tirados por animales, barcas, hasta automoviles, aviones viajes espaciales, ferrocarriles, buques submarinos, etc.

Dentro de una ciudad como en el caso de la Ciudad de México (D.F.) la cual es una de las mas pobladas del mundo existen diversos tipos de transporte; automoviles, autobuses y quizá el de mayor envergadura el sistema de transporte colectivo "Metro".

Debido a la estructura y la forma en que esta distribuida la población de la Ciudad de México, el Metro se ha constituido como uno de los principales, si no es que el principal transporte de la Ciudad de México, esto porque es económico, abarca y/o trata de unir los principales puntos de concentración de gentes, es rápido en sus trayectos y no contamina.

Por lo anterior se requiere planear la expansión de la red, hasta que se logre un equilibrio aceptable entre la oferta y la demanda.

Como un indicador de los efectos que produce el crecimiento demográfico aunado al fenómeno de inmigración hacia las zonas urbanas se presento el caso de la zona Metropolitana de la Ciudad de México.

- Habita mas de la quinta parte de la población nacional.

- Se genera el 36% del producto interno bruto nacional y se consume el 17% de la energía producida.

- Del total de habitantes registrados en el último censo poblacional, el 55% vive en el Distrito Federal y el 45% en las zonas conurbadas del Estado de México.

Por otra parte, los taxis, combis, minibuses y camiones de carga generan en conjunto el 24% de las emisiones vehiculares, representando el grupo de transporte con mayor aportación contaminante por cada viaje realizado.

La capacidad de servicio de las vialidades principales se ha visto superada por el exceso de vehículos, de tal manera que en las horas de máxima demanda, sobre todo en la mañana, la velocidad se reduce drásticamente, llegando en promedio a 7 km/h para todos los medios de transporte con excepción del Metro que circula a 34 km/h.

Comparando y analizando la Ciudad de México con otras ciudades del mundo, existe un rezago en lo que se refiere a la construcción del Metro, actualmente se tiene una velocidad promedio de construcción de 9 a 10 km/año.

La meta para el año 2010 es contar con 315 km y 15 líneas del Metro en operación.

El cumplir con esta necesidad humana, no ha sido sencillo ni fácil. Más por las condiciones geológicas de la Ciudad de México, la cual se encuentra, como todos sabemos, asentada sobre diversos tipos de suelo como son : suelos blandos, semiblandos y duros.

La construcción de una línea del Metro implica una serie de acciones a realizar; antes, durante y después de ejecutada.

Una línea del Metro dadas las condiciones del subsuelo, la distribución de la población, vialidad de avenidas e instalaciones (luz, teléfono, agua potable, drenaje, etc.). Puede construirse de cuatro formas: aérea, superficial, subterránea (cajón) ó por túneles.

Superficial, consiste en una losa de fondo de concreto reforzado ($f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$), desplantada a 2.00 metros de profundidad aproximadamente, con muretes de contención este

tipo de solución se da toda vez que el ancho de calzada lo permita (40 metros generalmente).

Subterráneo, se construye un marco cerrado integrado por la losa de fondo de concreto reforzado, muros estructurales y losa de techo formada por tabletas prefabricadas, firme de compresión y rellenos. La excavación se realiza entre muros colados en sitio ó prefabricados y troquelamiento con precarga.

Elevado, construida por zapatas macizas de concreto reforzado (generalmente de 13*13 m), apoyadas en pilotes de fricción (el numero varia de 20 a 30 segun las propiedades del terreno). Bajo cada zapata hay una longitud promedio de 19.0 metros en dos tramos precolados: una hilera de columnas en el sentido transversal, y marcos en algunos casos, que reciben las vigas que pueden ser postensadas ó pretensadas.

Túnel, se construye en sección semicircular de 68 metros cuadrados cuando la excavación del frente se realiza por secciones, el soporte temporal es abase de concreto lanzado y mallas; el revestimiento definitivo es con concreto reforzado convencional. Asi mismo, se han empleado escudos de frente abierto para la excavación y dovelas de expansión o de precisión como revestimiento definitivo.

De lo anterior, nos damos cuenta que nuestro país va al día en este tipo de obras, lo cual nos demuestra que existe la capacidad para afrontar otro tipo de construcciones.

Dentro de la obra Metro en el aspecto de los materiales, se implementarán nuevas alternativas que cumplan con una mayor versatilidad en cuanto a su uso, mantenimiento, reposición, economía, durabilidad y actualidad en su aplicación.

En la realización de este trabajo se expone la construcción de una línea del Metro de forma subterránea, se escogió este tipo ya que es la mas común y la que existe más dentro del plan maestro del Metro.

De lo anteriormente expuesto deducimos que esta obra, es una obra de tipo pesada, a pesar de estar dentro de la ciudad, pesada por la gran magnitud de recursos "humanos, materiales, etc.), que se utilizan.

Nuestro trabajo esta compuesto por cuatro capitulos los cuales son y se refieren a lo siguiente:

Capitulo I (planeación).- Dentro de este capitulo, describimos las bases y análisis de la oferta y la demanda del sistema de transporte colectivo (Metro) con respecto a la población de la Ciudad de México. En base a la población se analiza el plan maestro del Metro, con una proyección a futuro.

Capitulo II (especificaciones que rigen el procedimiento constructivo).- Aquí describimos las normas y restricciones de los conceptos que intervienen en la construcción del cajón, como son : brocales, muros milan, fluido estabilizador, abatimiento del nivel de agua freatica, excavación de núcleo, tabletas, relleno y pavimentos.

La mayoría de estos conceptos son elaborados con concreto y acero (por refuerzo y presfuerzo). Los cuales son los elementos ó ingredientes fundamentales de cada uno de ellos, por lo cual generalmente estos elementos son los que mas se describen.

Capitulo III (procedimiento constructivo).- Quizás este capitulo sea el de mayor envergadura con respecto a los otros tres; dentro de el describimos, como primer aspecto, la programación de obra, como segundo aspecto, obras inducidas (desvio de instalaciones especiales y privadas; agua potable, atarjeas, luz, teléfono, cablevisión, etc.); como tercer aspecto (tal vez el más fundamental), obra principal (brocales, muro milan, fluido estabilizador, abatimiento del nivel de aguas freaticas, excavación de núcleo, muros de acompañamiento, tabletas, firme de compresión, rellenos, y pavimentos), le llamamos así por contener los conceptos fundamentales en lo referente al sistema subterráneo (cajón) y por ultimo (cuarto aspecto), obras complementarias las cuales, son todas aquellas que se refieren a las ejecutadas una vez colocada la carpeta de vialidad (pavimento), señalamientos, jardinería, puentes (peatonales y vehiculares), banquetas, guarniciones, etc.

Como el nombre del capitulo lo dice y haciendo referencia

a los aspectos dos y tres, describimos procesos constructivos de los conceptos mencionados en estos aspectos.

Capitulo IV (aspectos criticos de la obra).- En este capitulo hacemos mención a aquellos aspectos que de alguna manera no siguen un proceso igual o similar en cuanto a la excavación de núcleo con respecto al capitulo tres. Estos aspectos son: Cruce del sistema profundo (cajón) con el sistema superficial, excavación de núcleo de un sifón, y excavación de núcleo entre celdas.

Dentro de este capitulo describimos el proceso constructivo (excavación de núcleo), de los aspectos anteriormente señalados.

Todo lo anterior es lo que constituye nuestro trabajo. Tratando de que haya abarcado todo lo concerniente al Metro subterráneo (cajón), desde la planeación, programación, ejecución y obras complementarias.

Obras de esta envergadura son las que sitúan a México dentro de los países iberoamericanos y a nivel internacional, con tecnología de buena calidad.

Esperamos que este trabajo sea de utilidad para futuros ingenieros. Ya que esta profesión, al igual que otras profesiones, deben ir a la vanguardia con respecto al plan internacional.

**CAPITULO I
ESTUDIOS PRELIMINARES**

1.1.- EVOLUCION DEL TRANSPORTE

Históricamente los sistemas de transporte han representado un importante papel en la magnitud y las características del crecimiento de la Ciudad de México. En 1521 los españoles quedaron impresionados con el sistema de transportación en barcas y canoas que resolvieron los problemas de la Ciudad y de los poblados alejados asentados en terrenos formados por chinampas. En efecto la comunicación entre el núcleo integrado por Tenochtitlán y Tlatelolco con las poblaciones de Azcapotzalco, Tlacopan, Culhuacan, Chalco, Xochimilco y Coyoacan se efectuaba forzosamente por agua, sin embargo en tierra firme se encontraba con una traza definida de calles que orientaron el crecimiento de la ciudad. (plano P-1)

La conquista y la ganancia de tierras a las aguas produjo un cambio en los modos de transportación. Surgieron nuevas vías de comunicación terrestre para el uso de carrozas y carretelas de tracción animal. No obstante se conservaron las características principales del trazo original. En el siglo XVIII quedaron construidas las primeras calles empedradas y en el siglo XIX se inauguró el primer tramo de ferrocarril entre la Villa y el centro de la Ciudad, así mismo se construyeron las estaciones Colonia y Buenavista.

En los albores del presente siglo el transporte urbano adquirió una nueva imagen con la aparición de los tranvías, esta nueva modalidad vino a convertirse en el principal sistema de comunicación de los habitantes.

Entre 1916 y 1918 para suplir la deficiente transportación que era notoria aparecieron los autobuses, inicialmente el servicio se caracterizaba por la operación de automóviles adaptados con carrocerías para 10 personas. No existían horarios ni rutas, generalmente los primeros trayectos siguieron los mismos recorridos que los tranvías,

esta situación se prolongo hasta 1922, año en que fue agrupada el servicio en 23 líneas con un total de 1.457 autobuses, para 1945 el total llegó a 1.957 unidades, cinco años después se había incorporado 1.400 más y para 1979 el total de unidades ascendió a 7.807.

En 1955 el sistema es superado por el Departamento del Distrito Federal a través de la empresa Autotransporte Urbano de Pasajeros Ruta 100.

Otro modo de transporte que apareció en la segunda década del siglo en curso es el Taxi. A principio funcionó sin itinerario fijo y posteriormente quedó adaptada la modalidad de "Pesero", o sea de ruta fija. En la actualidad se estima que son 90,000 los taxis existentes.

Por otra parte, el primer automóvil particular apareció en 1898, el crecimiento de este medio de transporte fue explosivo, a tal grado que en 1925 ya circulaban 15,000 unidades, en 1945 llegaban a 45,000, en 1950 ascendieron a 55,000, en 1960 a 192,000, en 1970 a 600,000 y en la actualidad se estima que alcanza una cifra superior a los 2'000,000.

A dicho crecimiento obedeció en buena medida a la ampliación sistemática de la red vial, fundamentalmente el Anillo Periférico, el Circuito Interior, los Viaductos Miguel Alemán y Tlalpan, así como las radiales San Joaquín y Aquiles Serdan, entre otras arterias importantes de la ciudad. Cabe considerar que en 1978 se asignó una nueva función a dicha red con la construcción de los ejes viales, donde se dispone de carriles preferenciales, incluso en contrasentido para uso de los transportes colectivos de superficie, autobuses y trolebuses.

Ahora bien, el metro hizo su aparición como respuesta a la situación crítica del transporte en la década de los

sesenta. Los constantes congestionamientos que se presentaban en el Centro de la Ciudad, forzaron a la implantación de un transporte masivo capaz de absorber los fuertes volúmenes de viajes que había en algunos corredores. Al mismo tiempo serviría para implantar la columna vertebral del transporte colectivo, el cual tuvo una buena aceptación.

La primera etapa de construcción realizada entre 1967 y 1970 constó de las líneas 1, 2 y un tramo de la 3 con 42 km de longitud total. En 1978, se inició la segunda etapa, esta incrementó la red a 88.4 km merced a la ampliación de la línea 3 en su parte norte, desde Tlatelolco a Indios Verdes y desde Hospital General a estación Zapata en el sur, así como la construcción de las líneas 4, 5 y 6.

En 1980 una nueva revisión modificó los alcances del plan. La cobertura de la red se amplió hasta Ciudad Universitarias con la extensión de la línea 3, se prolongó la línea 2 hasta Cuatro Caminos, la línea 1 se extendió hasta la estación Pantitlan. La línea 7 se prolongó al sur hacia Barranca del Muerto al norte hasta el Rosario, así mismo se construyó la ampliación de la línea 6 a Martín Carrera y la línea 9 de Pantitlan a Observatorio, actualmente se construye la línea 8 en su primer etapa de Garibaldi a Iztapalapa. (figura No. 1)

1.1.1 METODOLOGÍA

La metodología empleada se basa en un proceso de trabajo que considera la retroalimentación como fundamental en la planeación.

Estas actividades se establecen a partir de la definición del área de estudio y objetivos generales que el sistema del Metro deberá cumplir en el futuro.

a) RECOPIACION DE INFORMACION

Esta etapa se dedicó a la investigación, recopilación y procesamiento de datos sobre los diferentes instrumentos de planeación a nivel local, regional y nacional, que toman en

cuenta a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y, particularmente, los relacionados con la transportación de personas.

b) AREA DE ESTUDIOS Y ZONA DE COBERTURA

Se determinó el ámbito espacial de las actividades económicas y sociales que sirve de marco de referencia al Programa Maestro del Metro, tanto para explicar la problemática actual, como para visualizar el impacto futuro de las líneas de acción definidas.

c) ANALISIS DE PREFACTIBILIDAD FISICA

Se desarrollan las siguientes actividades:

- Revisión de la infraestructura vial, con el objeto de seleccionar los derechos de vía, calles y proyectos viales vigentes, que debido a su continuidad y sección transversal permitan alojar líneas de Metro.

- Definición de una red preliminar de acuerdo con los antecedentes obtenidos en estudios anteriores, tomando en cuenta las nuevas condiciones de movilidad. Esta misma red sirvió de guía para el análisis físico y al mismo tiempo para alimentar al modelo de asignación.

d) ANALISIS DE LA OFERTA Y LA DEMANDA

Se identificó la magnitud y las características de oferta y demanda del transporte en general y se investigaron sus causas, efectos y tendencias, basándose en la encuesta origen-destino 1983. Específicamente la correspondiente al sistema Metro.

e) CONSTRUCCION DE ESCENARIOS FUTUROS

Con los resultados del diagnóstico, se extrapolaron las tendencias actuales, a fin de visualizar las condiciones que presentaría la Ciudad de México en caso de persistir dichas tendencias a mediano y largo plazos en lo relativo al transporte urbano de pasajeros.

f) RED DE METRO AL AÑO 2010

Se determinó la Red de Metro, congruente con las necesidades de la demanda, con la estructura urbana de la Ciudad de México y la imagen-objetivo que se desee obtener de la ciudad a largo plazo.

g) FACTIBILIDAD TECNICA

Esta actividad comprende los siguientes cuatro aspectos:

- Interferencias con redes urbanas. Detección de interferencias de las líneas de Metro analizadas con: las redes de drenaje, agua potable, teléfonos, energía eléctrica, ductos de Pemex, vías de ferrocarril, transporte eléctrico y obras viales.
- Condicionantes de planeación urbana. Incorporación de las condicionantes de planeación urbana definidas por las dependencias oficiales y, en especial por el Programa de Desarrollo Urbano del Distrito Federal.
- Investigación de campo en el área de influencia. Obtener información en detalle sobre las características urbanas actuales y predominantes en las áreas de influencia de las líneas para transformar dichos datos en parámetros de evaluación, tales como: secciones de transversales, probables afectaciones, zonas histórico-monumentales y áreas verdes entre otros.

- Red de transporte de superficie: autobuses urbanos, suburbanos y trolebuses. Obtener el inventario y las características de los servicios de transporte de superficie en el área de influencia de las líneas de Metro.

h) TIPOLOGIA DE LINEAS

Fue precisado el tipo o tipos de estructura para cada una de las líneas de la red, en función de las condicionantes que impongan las diferentes zonas urbanas por las que cruzan.

1.1.2 MARCC GENERAL DE DESARROLLO URBANO

El proceso de urbanización que el país ha experimentado en las últimas décadas se manifiesta, físicamente, en el crecimiento extensivo del Distrito Federal, y de los municipios vecinos del Estado de México, que conforman en la actualidad un continuo urbano de 1200 km² denominado Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

El Departamento del Distrito Federal elaboró "El Programa de Desarrollo Urbano del Distrito Federal", a fin de cumplir sus compromisos de acuerdo con el sistema nacional de planeación.

El programa persigue, de manera general, asegurar el desenvolvimiento armónico y continuo del DF, elevando la calidad de vida de sus habitantes a través de la reordenación de su crecimiento y la recuperación del equilibrio ecológico. Para ello, promueve optimizar el uso del suelo; la vialidad; el equipamiento; los servicios públicos, así como mejorar el transporte y proteger el medio ambiente.

De la misma forma, define los límites de la zona urbana, y especifica que la urbanización no deberá exceder el 40% de la superficie total.

El reordenamiento se apoya en la autosuficiencia de las distintas zonas de la Ciudad. Para tal efecto, se promueve su estructuración en función de 8 centros urbanos, intercomunicados mediante corredores de alta intensidad de actividad y uso del suelo, además del Centro Histórico para desconcentrar las actividades económicas de este último y tender a su diversificación. (plano P-2)

"A medida que se vaya promoviendo la autosuficiencia creciente de cada uno de los 8 sectores de la ciudad dentro del sistema urbano, se reducirá la necesidad de que sus habitantes realicen largos desplazamientos para atender sus actividades básicas. El Distrito Federal tendrá menos problemas de vialidad y un transporte más eficiente y económico, al complementar las acciones de mejoramiento y superación del sistema de comunicación intra-urbana con un descenso efectivo de las horas-hombre-viaje, una mejor necesidad de empleo de vehículos particulares y un uso más racional del transporte colectivo".

"Al frenarse la expansión de la zona urbana, se reducirá la enorme presión que ejercía la necesidad de cubrir una superficie cada vez mayor, sobre los sistemas colectivos de transporte público y la construcción de infraestructura vial. Se podrá avanzar así en su superación cualitativa y la integración de un sistema de transporte colectivo basado en la complementariedad del Metro y los transportes de superficie".

De los lineamientos emanados del programa de desarrollo urbano del Distrito Federal, particularmente en cuanto al uso del suelo y densidad demográfica, se establecen hipótesis de urbanización a mediano y largo plazos, mismas que en la presente revisión se han contemplado para definir las ampliaciones a la red del Metro.

Así mismo se consideró la presencia de los centros y

corredores urbanos propiciando un mejor acceso y comunicación, atendiendo a la demanda actual y previendo la satisfacción gradual de la demanda de viajes que se generaran en los plazos futuros.

1.1.3 AREA DE ESTUDIO Y ZONA DE COBERTURA

Tradicionalmente se ha considerado la Zona Metropolitana de Ciudad de México ZMCM, como marco de referencia para los estudios relativos al Distrito Federal. Sin embargo los límites de dicha zona se han modificado de manera sistemática por varias dependencias oficiales.

En tales circunstancias fue indispensable definir el área de influencia en la cual resultará necesario introducir un sistema de transporte masivo, donde lo demande el crecimiento y las necesidades de movilidad de la población.

1.1.4.- ANTECEDENTES DE ZONIFICACION

A partir de la conurbación de una parte de la población del Estado de México con la del Distrito Federal, se ha venido considerando como área de influencia al continuo urbano confirmado en el valle denominado Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

En 1979, el Plan Director de Desarrollo Urbano del Distrito Federal consideró la Zona Metropolitana con las 16 delegaciones del Distrito Federal, más 12 municipios del Estado de México. 4 años después la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano del DF, COVITUR, al elaborar el estudio de Origen-Destino en ese año, incluyó las mismas 16 delegaciones más 27 municipios del Estado de México; finalmente la Secretaría de Programación y Presupuesto, derivó del Plan Nacional de Desarrollo 1983-1988,

las dimensiones de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, con la incorporación de 53 municipios del Estado de México y uno del Estado de Hidalgo, para hacer un total de 16 delegaciones y 54 municipios.

Ahora bien, para esta revisión del Programa Maestro del Metro se consideró conveniente determinar el área de estudio, mediante un análisis de evolución del incremento demográfico y del proceso de urbanización así como de algunas variables de cohesión en la ZMCM y sus proyecciones al año 2010 lo anterior, con el propósito de pronosticar la amplitud de un área de actividad integrada o en franco proceso de integración.

Los parametros considerados fueron:

El crecimiento demográfico, la expansión del área urbana y las tendencias de cobertura de los servicios de transporte. Estos factores resultaron ser los más indicados para estimar el curso probable que seguiría la Ciudad y el ámbito en el cual se desarrollarán las principales actividades económicas y de transportación.

ANALISIS DEL INCREMENTO DEMOGRAFICO Y SU UBICACION ESPACIAL EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO

De acuerdo con las cifras del X Censo General de Población y Vivienda, el Distrito Federal llegó a 8 millones 331 mil habitantes en 1980; se calcula que en 1983 alcanzó los 9 millones 456 mil. Por su parte, la población de los municipios conurbados se estimó en 5 millones 54 mil, y 6 millones 562 mil habitantes para los mismos años. A nivel de Zona Metropolitana las cifras son 13.9 y 16.1 millones respectivamente.

Las tendencias demográficas en programas de desarrollo urbano para el DF señalan que al arribar el año 2000 esta entidad

albergará a 12.5, 14.3 o 17.3 millones de personas, según las hipótesis baja media y alta; la Zona Metropolitana podría tener 20.0, 23.4 o 40.3 millones de habitantes para entonces, según las mismas hipótesis mencionadas. (graficas G-1)

Naturalmente, los datos anteriores y los correspondientes a los años 1950, 1960 y 1970 sirvieron de apoyo a la elaboración del pronóstico demográfico para los horizontes de proyecto: 1988, 1994 y 2010. De esta manera, se estima que en una hipótesis media marcada por las políticas demográficas del Distrito Federal y del Estado de México, la ZMCM podría llegar a tener en el año 2010, 34.30 millones de habitantes: 15.74 en el Distrito Federal y 18.54 en los municipios conurbados. (grafica G-2)

Para 1995, se alcanzará un equilibrio entre las poblaciones del DF y de estos municipios. A partir de ahí, se inclinara más hacia el Estado de México, lo cual habrá que considerar en los estudios de transporte.

Hasta el momento se han analizado las tendencias demográficas en función de los programas de desarrollo urbano del DF y del Estado de México. No obstante, habría que revisar las expectativas en el supuesto de que no se cumplieran total y parcialmente las metas previstas. Para tal efecto, se realizó una regresión lineal que muestra los resultados que se obtendrían al considerar únicamente la tendencia entre 1950 y 1980; la población de la ZMCM podría alcanzar una cifra del orden de 37 millones de habitantes al finalizar el siglo y de 60 millones en el año 2010. (grafica G-4)

Tal posibilidad se presentaría únicamente en el caso de un crecimiento anárquico: situación que deberá evitarse en razón de las políticas y estrategias que viene instrumentando el Gobierno Federal para reducir la migración a la región central del país.

ANÁLISIS DE LA EXPANSIÓN URBANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Otro indicador importante para definir el área de influencia 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 mediano y largo plazos. A través de él se visualizará un panorama del área urbana que sirva de contexto a las acciones de transporte masivo.

Las características de expansión del continuo urbano indican que, a partir de 1950, el crecimiento rebasó los límites del Distrito Federal. El proceso de conurbación se inició con algunos municipios del Estado de México y dio cabida al nacimiento de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. En dicho año la superficie urbanizada era de 242 km².

Para 1960 la urbanización llegó a 390 km² y en 1970 alcanzó los 650 km² de superficie edificada. Es decir, casi se triplicó la de 1950, merced a un crecimiento no controlado que consumió terrenos de alto valor agrológico y pecuario al Norte y Oriente de recarga acuifera al Sur; de barrancas y suelos no aptos para usos urbanos en la zona poniente del Distrito Federal.

Al Oriente el área urbana se extendió hacia Ciudad Nezahualcoyotl, Texcoco y Chimalhuacan, donde la irregularidad en la tenencia de la tierra y los bajos precios de venta aceleraron la expansión. Al Norte el factor que propició el crecimiento fue la ampliación de la planta industrial establecida a la salida de las carreteras de Querétaro y Pachuca que consumió terrenos en Ecatepec, Santa Clara, Tlalnepantla y Cuautitlán. El crecimiento al Poniente se dio por irregularidad en la ocupación y los bajos precios de la tierra en los cerros y barrancas del municipio de Naucalpan, Atizapán de Zaragoza y Tlalnepantla. Al igual que la promoción de fraccionamientos residenciales como: Ciudad

Satelita. La Herradura, Tecamachalco y otros. Al Sur la urbanización se extendió en las Delegaciones de Iztapalapa, Tlalpan y Xochimilco principalmente.

Para 1980 el continuo urbano se estimó en 998 km², la cobertura se había ampliado hasta Chimalhuacán, Ecatepec, Villa de las Flores, Tultepec, Cuautitlán, Melchor Ocampo, Atizapán de Zaragoza, Los Remedios, San Rafael Chamapa y El Molinito, entre otras zonas del Estado de México.

Por otra parte, ante la saturación urbana de las delegaciones ubicadas al norte del Distrito Federal, salvo la de Gustavo A. Madero, en el crecimiento se dio principalmente al Sur, en Iztapalapa, Tlalpan, Alvaro Obregón, Coyacacán, Contreras, Xochimilco y Tláhuac, y al Poniente en Cuajimalpa (Esquema E-1).

Con la idea de racionalizar la ocupación del suelo y el explosivo crecimiento de la Zona Metropolitana, tanto el Distrito Federal, como el Estado de México, han puesto en marcha programas de desarrollo urbano. Así se ha estimado que el Distrito Federal alcanzará una superficie de suelo urbano de alrededor de los 709 km² en el año 2000. De acuerdo con ese dato y con la historia del crecimiento urbano, se hizo una extrapolación al año 2010 del orden de 783 km², que sumados a la expansión de los municipios conurbados para entonces darán una cifra de 1869 km² de superficie en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. (gráfica G-3)

Dicha perspectiva supone un aumento de la densidad de población, de tal forma, que al año 2010 se tendrán densidades de 171 habitantes por hectárea en los municipios conurbados, 201 dentro del Distrito Federal y 184 en toda la Zona Metropolitana. (plano P-2)

Como resultado de las estrategias de regulación y control de

la ocupación del suelo se deducen las siguientes premisas: el área urbana se extenderá en mayor medida hacia el norte, consumiendo los poblados de Teotihuacán, Tecamac, Xaltengo, Zumpango, Tizayuca, Coyotepec y Huehuetoca, principalmente; hacia el Poniente, la Ciudad absorberá en su crecimiento a Tepozotlán, Nicolás Romero, Atizapan de Zaragoza, La Colmena y un sinnúmero de poblados de Naucalpan, Tlalnepantla y Huixquilucan; por el Sur, la urbanización llegara hasta San Mateo Xalpa, Contreras, San Gregorio Atlapulco, Tulyehualco, Tláhuac, Milpa Alta, Mixquit y Tenango del Aire; finalmente la conurbación alcanzará a Chalco, Iztapaluca, Chicoloapan de Juárez, Texcoco, Tezcuyuca y Tepexpan, en su expansión al Oriente. (esquema E-2)

ANÁLISIS DE LAS TENDENCIAS DE COBERTURA DE LOS SERVICIOS DE TRANSPORTE SUB-URBANO

Otra variable significativa que interviene en la determinación del área de influencia, se manifiesta por el grado de intercomunicación e interdependencia del Distrito Federal con respecto a las poblaciones del Estado de México que la circundan.

El grado de intercomunicación se determinó mediante la información de la secuencia de servicio y la procedencia de pasajeros que viajan regularmente al Distrito Federal en autobuses suburbanos. Se constató que cada día se presenta un movimiento pendular significativo de transporte entre la Ciudad de México y las siguientes poblaciones: Chalco, Iztapaluca, Los Reyes, Xochaca, Chimalhuacán, Texcoco, San Martín de las Pirámides, Santa María Chiconautla, Ojo de Agua, Melchor Ocampo, Tultepec, Coyotepec, Tepozotlán, Nicolás Romero, Atizapán, San Mateo Nopala, Zomeyucan, Chamapa y Huixquilucan.

Con menor intensidad, pero regularmente hay un movimiento diario de pasajeros desde poblaciones más alejadas como Iztlahuaca, Jilotzingo, Apazco, Huehuetoca, Tepeji del Río.

Jilotepec y Villa del Carbón.

En relación al Sistema Alimentador de la Red Ortogonal SARO que opera dentro del territorio del Distrito Federal en su conexión con la Estación Tasqueña, se observó que el área de influencia hacia el Sur, llega a puntos distantes como Tláhuac, Milpa Alta, Mixquic, San Andrés Totoltepec, Colegio Militar, Ajusco y una serie de poblados que se apoyan en el servicio del Metro. (esquema E-3)

El área de influencia es de considerable magnitud y su incidencia con el Metro destaca al recordar que la investigación se efectuó en los puntos de intercambio modal Autobús Suburbano-metro, precisamente en la estaciones Tacuba, Observatorio, El Rosario, Indios Verdes, Basílica, La Raza, Martín Carrera, Pantitlán, Zaragoza, Tlatelolco, Balbuena, Moctezuma, San Lázaro y Tasqueña.

Otro servicio de transporte suburbano que se apoya en el Metro, procedente del Estado de México es el de los taxis colectivos, no obstante que el elevado tiempo de l pasaje reduce las distancias de transportación y el área de influencia. Por lo mismo se estimó que en cierta forma, dicho servicio queas dentro del sistema de autobuses suburbanos, en lo que al ámbito de influencia se refiere.

1.1.6.- AREA DE ESTUDIO.

Con fundamento tanto en los pronósticos de incremento demográfico y expectativas de crecimiento del área urbana, como en el área de transporte suburbano y el impacto que las acciones contempladas para la región central tendrían en la operación del Metro, se concluye que el área de estudio coincidió con los límites fijados por la Secretaría de Programación y Presupuesto para la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Dicha zona

como se menciona con anterioridad está conformada por 16 delegaciones, 53 municipios del Estado de México y el municipio de Tizayuca del Estado de Hidalgo. (plano P-3) (esquema E-4)

"En esta área de 786 mil hectáreas, el 15% ya está ocupado por urbanización continua, 27% se mantiene como zona agrícola, 20% es forestal, 37% semiárida y el resto está constituido por eriales y cuerpos de agua. En conjunto abarca las subcuencas de la Ciudad de México, Cuautitlán, Chalco, Churubusco, Teotihuacán, Texcoco, Xochimilco, y parcialmente la de Pachuca".

DEFINICION DE LA ZONA DE COBERTURA DEL METRO.

En 1983, con motivo de la definición de la 4a. Etapa del Metro se hicieron ajustes a la versión 1982 del Plan Maestro del Metro que contaba con 444 km de longitud; a esta red se conectaban alimentaciones del Ferrocarril Suburbano procedentes de Los Reyes, Tizayuca y Tepeji del Río.

En 1983 se suprimió una parte de la red en el Estado de México y se incorporaron otros tramos dentro del Distrito Federal con lo cual la longitud total se estableció en : 416 km. (esquemas E-5 y E-6)

Ahora bien, debido a la necesidad de dar servicio con transporte masivo a las zonas de mayor densidad de movimiento, se estimó conveniente definir, independientemente de la división política, un área en la cual se justifique la cobertura con líneas de transporte masivo. Para ello, se consideraron tanto los programas de transporte urbano del Distrito Federal y del Estado de México, como la estratificación de la densidad de población y las características de la movilidad urbana, en las zonas en las cuales se prevén corredores importantes de viajes.

Otro factor que interviene en la determinación del área de cobertura, es el transporte masivo que debe dar servicio a las zonas de alta densidad demográfica. En el Esquema E-7 y plano P-4 se presentan estratos de densidad a nivel municipal y de delegaciones. Ahí resaltan densidades importantes en los municipios de Naucalpan, Tlalnepantla, Coacalco, Ecatepec, Nezahualcoyotl, Chirilobapan y Chalco, y en las delegaciones centrales del DF.

Tan importante como lo anterior para la definición del área de cobertura, resulta el grado de movilidad. Una vez analizados los movimientos de los habitantes, obtenidos en el Estudio de Origen y Destino elaborado por COVITUR en 1983-1984, se concluye que: los volúmenes más importantes de viajes se generan en el área circunscrita por el Anillo Periférico. Se aprecian también corredores significativos hacia Ecatepec, Tlalnepantla, Cuautitlán, Nicolás Romero, Naucalpan y Nezahualcoyotl en el Estado de México y hacia Cuajimalpa, Contreras, Tlalpan, Xochimilco, Tláhuac, e Iztapalapa, dentro del Distrito Federal. (plano P-4)

Abundando en la movilidad urbana, se observan corrientes significativas de viajes en taxis colectivos, del centro de la ciudad a Milpa Alta, Tláhuac, Tulyehualco, Tlalpan y Xochimilco, dentro del Distrito Federal. En el Estado de México, las corrientes más importantes se canalizan hacia Naucalpan, Tlalnepantla, Ecatepec y Nezahualcoyotl.

Con mayores volúmenes se tiene el análisis del servicio de transporte urbano en autobuses R-100.

En cambio, los autobuses suburbanos acentúan la demanda de transporte en Nezahualcoyotl, Ecatepec, Coacalco, Naucalpan, Tlalnepantla, Cuautitlán e inclusive Tepetzotlán, que es el poblado más alejado del Distrito Federal desde este punto de vista.

Ahora bien, del análisis de los factores que inciden en la definición del área de cobertura, se desprende que los límites que le dan mayor amplitud, están determinados por el movimiento de personas. El mapa de viajes/persona/día en todos los medios derivados del Estudio de Origen y Destino de 1983 señala que debe incluirse en el área a las poblaciones de Naucalpan, Atizapan, Tlalnepantla, Cuautitlán-Izcalli, Tultitlán, Coacalco, Ecatepec, Nezahualcoyotl y Chimalhuacán del Estado de México. Los límites en el Distrito Federal deben contenerlas Delegaciones del Norte; al Sur estarán definidos por los poblados de Tulyehualco, Tláhuac, Xochimilco, Contreras y Cuajimalpa. (esquema E-8)

Así mismo, se observó que el área de mayor densidad demográfica y de intenso movimiento, donde se justifica la operación del sistema de transporte colectivo de pasajeros, ha rebasado los límites de la división política del Distrito Federal.

1.1.7 PREFACTIBILIDAD FISICA

Esta etapa, inició el proceso de análisis para conocer las características físicas de aquellas arterias que se estimaron susceptibles de alojar una línea de Metro.

El resultado obtenido permitió ratificar y, eventualmente, generar alternativas de trazo para las líneas que conformaron la primera red. Esta red a su vez, fue utilizada para alimentar el modelo de asignación, conjuntamente con la matriz Origen-Destino.

El estudio comprendió la revisión de los siguientes aspectos fundamentales:

- secciones transversales y continuidad.
- condiciones del anteproyecto geométrico.

- interferencias con redes de servicio.
- contexto urbano-arquitectónico.
- programa de obras viales, y
- sistema de transporte.

La información recopilada de los documentos oficiales y las obtenidas por medio de visitas de campo las cuales son de 3 tipos:

- a) trazo e interferencias.
- b) análisis urbano.
- c) vialidad y transporte.

a) Trazos e interferencias. Estos planos contienen: alternativas de trazo preliminares: distancias de interestaciones; interferencias con las redes primarias de agua potable, drenaje, energía eléctrica, gas y cruce con otras líneas de Metro. Adicionalmente, se expresa la localización de predios con posibilidad de alojar instalaciones fijas del Metro, como talleres, depósitos y terminales con espacio para intercambio de medios.

b) Análisis urbano. Se refiere específicamente a los límites político-administrativos, centros, sub-centros y corredores; se localizan también zonas de reserva ecológica, espacios abiertos, sitios de interés y zonas histórico-monumentales.

c) Vialidad y transporte. Como son vías de acceso controlado, ejes viales y arterias importantes -, indicando en cada caso el sentido de circulación y tomando en cuenta tanto las obras existentes, como aquellas que están en proyecto dentro del Programa Integral de Transporte y Vialidad. Además, localizan el sistema de transporte de superficie que incluye al servicio de Autobuses Urbanos de Pasajeros R-100, así como al de suburbanos y al Servicio de Transporte Eléctrico de trolebuses y tranvías, que

a la fecha se encontraban operando.

A partir de este conjunto de datos, se revisó la red planteada en la última versión 1982 del Plan Maestro del Metro, a fin de seguir con los estudios físicos y operativos del sistema para conformar la primera RED.

Por otra parte, la información recopilada permitió hacer un análisis de tipo físico, para evaluar las potencialidades y restricciones existentes en cada tramo de línea, en cuanto a: condiciones topográficas; secciones transversales de calles; continuidad; puntos conflictivos; posibilidad de predios para terminales y talleres; posición preliminar de estaciones y corrientes tradicionales de tránsito masivo.

1.1.8 ANALISIS DE LA OFERTA Y LA DEMANDA

De acuerdo con el estudio de Origen-Destino 1983 diariamente se generaron 22.4 millones de viajes/persona/día VPD en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. De los viajes registrados en ese año, el 29.08% se realizaron en el Metro; el 25.97% en autobuses urbanos; el 19.04% en automóviles particulares; el 14.04% en autobuses suburbanos; el 8.21% en taxis colectivos y el resto en taxis libres, trolebuses, tranvías y otros modos de transportación.

La mayor parte de dichos viajes, o sea el 84.4% se originan o tienen como destino al Distrito Federal, no obstante que su superficie urbana representa sólo el 50% del área totalmente urbanizada.

De acuerdo con los datos anteriores el peso de la transportación sigue gravitando en el Metro y en los autobuses. A pesar de ello, todavía los automóviles particulares representan la quinta parte del total de VPD, una preferencia que se explica

por la aún insuficiente cobertura del transporte colectivo.

Las Delegaciones Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero, Iztapalapa, Coyoacán, Benito Juárez y Miguel Hidalgo son las que generan más viajes en el Distrito Federal, y los municipios de Naucalpan, Nezahualcoyotl, Tlalnepantla y Ecatepec en el Estado de México.

Por lo que respecta a la generación de viajes, a nivel de "distrito", la Zona Rosa, la Basílica, el Zócalo, Naucalpan y Ecatepec son los de mayor intensidad. Los movimientos entre distritos se dan principalmente de Nezahualcoyotl Sur al Aeropuerto, de la Basílica a Ecatepec y de la Zona Rosa al Zócalo.

El centro de la ciudad sigue siendo el sector de mayor movilidad. Le sigue en importancia el Norte con las penetraciones de Tlalnepantla, Ecatepec y la movilidad en la Delegación Gustavo A. Madero, particularmente en las inmediaciones de la Basílica. Continúa la movilidad registrada al Oriente en Nezahualcoyotl e Iztapalapa. Sigue a ésta la zona Poniente de la ciudad y, finalmente, la zona Sur del Distrito Federal.

Para atender la movilidad del Distrito Federal, en 1983 se dispuso de: 4500 autobuses urbanos en operación pertenecientes a la empresa oficial "Autotransportes Urbanos de Pasajeros R-100"; 400 trolebuses y 35 tranvías del "Servicio de Transportes Eléctricos, STE"; 5000 autobuses suburbanos, 9000 autobuses particulares; 60 000 taxis aproximadamente y 1755 vagones de Metro, o sea, 195 trenes del "Sistema de Transporte Colectivo, STC".

Agrupados, los transportes colectivos son alrededor de 81 mil unidades. Aunque esa cantidad representa escasamente el 3.2% del total de vehículos, estos realizan más del 80% de los viajes.

Tal relación explica en gran parte el problema de transportación urbana. Para mejorar las condiciones del tránsito sería deseable el incremento de los viajes en vehículos de transporte público y el desaliento al uso de automóviles particulares. Sin embargo, no ha sido posible aumentar significativamente el parque vehicular de transporte de superficie y, en algunos casos ha disminuido como ocurre con el de autobuses urbanos.

En síntesis, el problema de la relación oferta-demanda en el Distrito Federal, se aprecia mejor al considerar que en 1985 la población había crecido 6 veces más de la que se tenía en 1940, mientras que los autobuses urbanos sólo aumentaron 2.8 veces en el mismo período. Los taxis lo hicieron casi 20 veces y, sorprendentemente, los automóviles particulares aumentaron 61 veces sobre la cantidad que había en 1940.

De acuerdo con lo expuesto, es necesario equilibrar la oferta con la demanda de transporte en los autobuses, en los Servicios de Transportes Eléctricos y en el Metro. En este último caso, la saturación en algunas líneas en operación durante 1985, motivó que el sistema alcanzara el 150% de su capacidad normal.

1.1.9 CONSTRUCCION DE ESCENARIOS FUTUROS

La construcción de escenarios futuros de movilidad, tiene como objetivo principal analizar la situación del transporte y el curso que probablemente seguirán a mediano y largo plazos, bajo ciertos supuestos y ciertas condiciones particulares del crecimiento urbano. Ello, con el fin de identificar las acciones del Metro que más convengan al desarrollo futuro de la ciudad.

Al construir los escenarios de movilidad, se tomaron en cuenta los aspectos normativos de los programas demográficos y de desarrollo urbano, tanto regionales, como del Estado de México y

del propio Distrito Federal. También se construyeron escenarios tendenciales o catastróficos factibles en el supuesto de que no se adaptaran las medidas correctivas.

- Tendencias demográficas.

Como se detalla en el reporte de Pronóstico Demográfico de la Ciudad de México, la Zona Metropolitana pasará de 16.12 millones de habitantes registrados en 1983, a 34.30 millones en el año 2010. El Distrito Federal incrementará su población de 9.46 hasta 15.74 millones y los municipios conurbados del Estado de México pasarán de 6.66 a 18.56 millones de personas en el mismo periodo. (gráfica G-2)

En la medida en que la población de los municipios conurbados adquiere progresivamente mayor peso que la del Distrito Federal y, al mismo tiempo vaya disponiendo del equipamiento y de los servicios demandados, el porcentaje del total de dicha población, que viaja regularmente a esta última entidad será cada vez menor, aunque la cantidad de personas pudiera resultar mayor en razón del incremento demográfico general.

En base con esa consideración se estima en una hipótesis media, que la población incidente en la movilidad del Distrito Federal, de 11.56 millones de personas en 1985, pasará a 16.57 y 17.85 en los años 2000 y 2010 respectivamente. En la hipótesis alta de población podría llegar a 18.49 y 21.26 millones de personas en los mismos años.

De acuerdo con dicha aseveración, los índices de movilidad para el Distrito Federal, o sea la relación entre los viajes-población, han venido aumentando de 1.45 viajes por persona en 1970, a 1.84 en 1985. Se espera que para el 2010 se llegue a una relación de 2.30 viajes por persona diariamente, índice de

movilidad que estará ligeramente abajo de los esperados en ciudades como, Chicago y Nueva York en el mismo año.

La determinación de los viajes/persona/día producidos en el Distrito Federal para los horizontes de proyecto, será el resultado de la población incidente en el transporte de dicha entidad, por el índice de movilidad correspondiente a cada horizonte. En esta forma se estima que los 19.23 millones de VPD producidos en 1980, subirán a 35.29 en el año 2000 y 41.06 millones para el 2010, de acuerdo con la hipótesis media de incremento demográfico. Si se toma en cuenta la hipótesis alta, las cantidades cambiarían a 39.93 y 49.74 millones de VPD para los años 2000 y 2010 respectivamente.

- Tendencias de urbanización.

La magnitud y las características de la expansión urbana tienen mucho que ver con los servicios de transporte. Desde este punto de vista, dichos servicios necesariamente tendrán que ser congruentes con las expectativas del crecimiento urbano.

Las perspectivas de la expansión urbana consideran que el crecimiento del Distrito Federal llegará a 709 km² en el año 2000 y 783 en el 2010. Por su parte, los municipios conurbados del Estado de México alcanzarán los 875 y 1085 km² en los mismos años. En conjunto, la Zona Metropolitana llegará a 1585 y 1869 km² respectivamente.

Dentro del Distrito Federal la expansión urbana será absorbida por las Delegaciones: Coyoacán, Magdalena Contreras, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco principalmente. En consecuencia habrá que habilitar servicios de transporte en la medida que se vaya dando el crecimiento, tanto de cobertura urbana, como de atención con transporte masivo a los corredores de viajes más importantes.

- Uso predominante del suelo.

Es conocida la correlación existente entre la producción de viajes y los usos del suelo. Las ciudades desarrollan el máximo de movilidad en el sector que concentra las actividades comerciales, administrativas y de negocios: es ahí donde diariamente concurren vehículos y personas en mayor número.

Se puede decir con cierta aproximación, que conociendo los usos del suelo es factible determinar la producción de viajes.

La consideración anterior motivó la elaboración del "Análisis de los Usos del Suelo en el Distrito Federal". El estudio se apoyó en la identificación de los usos predominantes del suelo por zonas homogéneas, que llevó a cabo la ex-Dirección General de Planificación del Departamento del Distrito Federal en 1982 y en los planes parciales de desarrollo urbano correspondiente a cada delegación, así como en los estudios demográficos del DF de 1975 y de Origen-Destino de 1983.

Las investigaciones de correlación entre la movilidad y los 10 géneros de usos predominantes del suelo que se manejan en las zonas homogéneas, dió como resultado la agregación de usos en cuatro grandes grupos: habitacional, de servicios, industrial y otros, que fue lo más recomendable para la construcción de los modelos de generación y de atracción de viajes.

La estrategia define los cambios deseados al horizonte 2000 en cuanto a usos del suelo, con lo que fue posible interpolar las modificaciones probables en los horizontes intermedios y extrapolar al año 2010.

Procede señalar que la asociación del uso del suelo a la movilidad de la ciudad, permitió vincular las políticas de desarrollo urbano con los programas específicos de vialidad y

transporte.

- Tendencias de incremento vehicular.

El incremento vehicular más preocupante es el correspondiente a los automóviles particulares, debido al congestionamiento de tránsito que provocan.

En 1981 se estimaba que en función de las tasas anuales que se habían venido presentando para el año 2000, tan solo en el Distrito Federal se llegaría a 11 millones de unidades. Afortunadamente desde el punto de vista del tránsito, a partir de 1981 las ventas bajaron sensiblemente; por lo que ahora se estima en un hipótesis media que el aumento llegará a ser del orden de 4.4 millones de automóviles particulares en el año 2000 y de 6.3 en el 2010.

- Escenarios de movilidad

Los pronósticos de movilidad deberán llegar con detalles hasta en nivel de subárea, que es la sectorización mínima del estudio de Origen-Destino de 1983. Ello será posible con el auxilio de los modelos de transporte. No obstante, en la primera etapa de pronóstico se dió el marco de referencia a nivel general que sirvió para alimentar dichos modelos.

ESCENARIO 1994

Bajo los mismos supuestos anteriores, el escenario esperado para el año 1994 estará compuesto por: una población de 24.08 millones de habitantes viviendo en la Zona Metropolitana, en una superficie urbanizada de 1414 km² con una densidad de 170 habitantes por hectárea. El parque vehicular será de 5.10 millones de unidades y la producción de viajes diarios superará los 41.00 millones.

En el Distrito Federal la población llegará a 12.33 millones de habitantes; la superficie urbana se irá ampliando hasta 670 km²; la densidad demográfica será de 184 habitantes por hectárea; habrá 4.10 millones de vehículos y se generaran diariamente 29.07 millones de viajes.

ESCENARIO 2010

Finalmente se espera llegar al año 2010 con una población de 34.30 millones de personas en la Zona Metropolitana; la superficie urbanizada se extenderá hasta los 1869 km²; la densidad demográfica llegará a 184 habitantes por hectárea; habrá un parque vehicular de 6.50 millones de unidades y se producirán diariamente 79.00 millones de viajes.

En el Distrito Federal la población alcanzará los 15.70 millones de personas; al área urbanizada será de 783 km² con una densidad demográfica de 201 habitantes por hectárea; habrá 6.50 millones de vehículos y se generará 41.06 millones de VPD.

Los escenarios mostrados que probablemente se presentarán a mediano y largo plazos de acuerdo a las alternativas medias de los programas de desarrollo urbano, constituyen en efecto un marco para el análisis detallado de movilidad en la Ciudad de México y con ello, se encontrarán soluciones de transportación acordes a la demanda esperada, pero también con las políticas de desarrollo y con las posibilidades económicas de la ciudad.

Particularmente en la revisión del Programa Maestro del Metro 1985, la construcción de dichos escenarios resulta un instrumento eficaz para determinar los alcances, tanto en amplitud de la red como para ayudar a definir el número y trazado de las líneas, y cuantificar los requerimientos de equipo rodante e instalaciones.

Así mismo conviene no perder de vista que, aunque los escenarios son válidos para definir los objetivos y las estrategias de tipo general, los pronósticos pueden cambiar en relación directa al grado de cumplimiento de las metas de desarrollo urbano.

1.1.10 TIPOLOGIA DE LINEAS.

Actualmente la Ciudad de México cuenta con 115.18 km de líneas de metro en operación. Esta red ha significado una importante experiencia tecnológica la cual se ha capitalizado a través del tiempo en reducción de costos de inversión, sirviendo a la vez para definir el tipo de línea en relación a las características del subsuelo y a las condiciones urbanas.

Las condiciones físicas y operativas de la urbe han permitido definir básicamente 4 tipos de línea: elevada, superficial, subterránea y túnel. Cada una de ellas representa la mejor alternativa según las particularidades de la zona en donde se ubiquen, dándose frecuentemente el caso de que una línea presente dos o más opciones constructivas.

El análisis específico de las líneas que conforman la red al año 2010 se describe de acuerdo a los siguientes puntos:

- 1.-ANÁLISIS DE SECCIONES TRANSVERSALES Y DIVISION DE LAS LINEAS EN TRAMOS HOMOGENEOS.
- 2.-ANÁLISIS DE PENDIENTES.
- 3.-INTERFERENCIAS CON OBRAS VIALES ACTUALES Y FUTURAS.
- 4.-ANÁLISIS ESTRATIGRAFICO.
- 5.-INTERFERENCIAS CON INSTALACIONES MUNICIPALES.

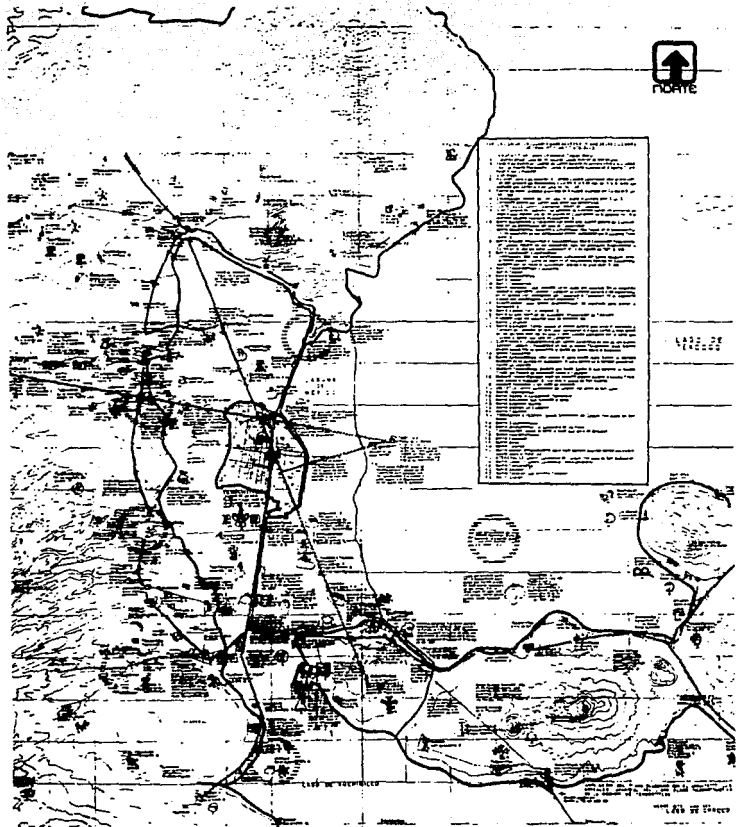
6.-INTERFERENCIAS CON LINEAS DE METRO.

7.-ESTIMACION DE VOLUMENES DE TRANSITO Y DESVIOS PROBABLES.

8.-ANALISIS DE CONTEXTO.

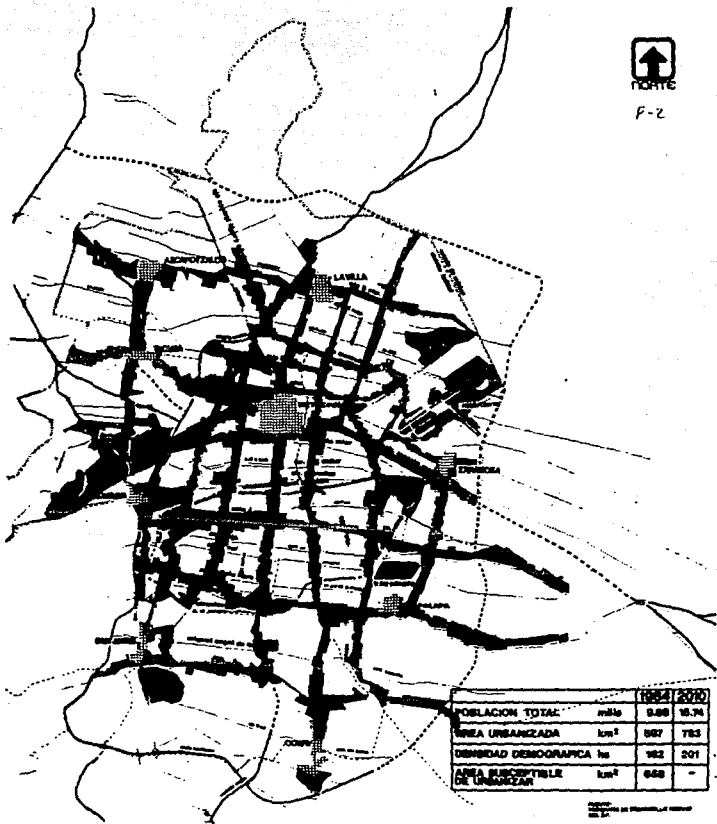
9.-DEFINICION DE ESTRUCTURAS FACTIBLES POR TRAMO.

Ahora bien, para este tipo de planeacion se tiene la definicion del tipo de linea para las quince que conforman la red al año 2010. (figura 1)



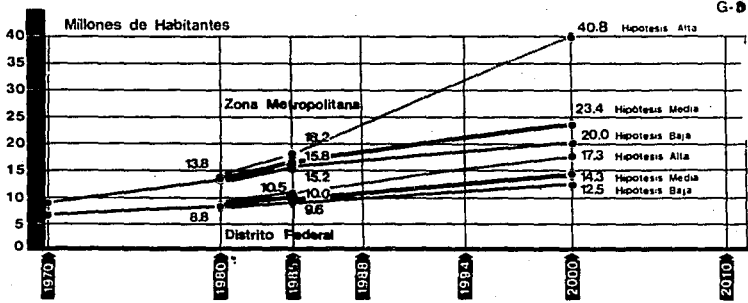


P-2



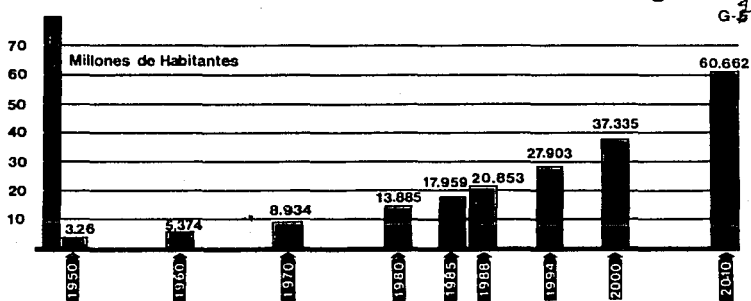
Proyecciones de Población ZMCM-Distrito Federal

G-9



FUENTE: PLAN DE DESARROLLO URBANO DEL D.F. 1979

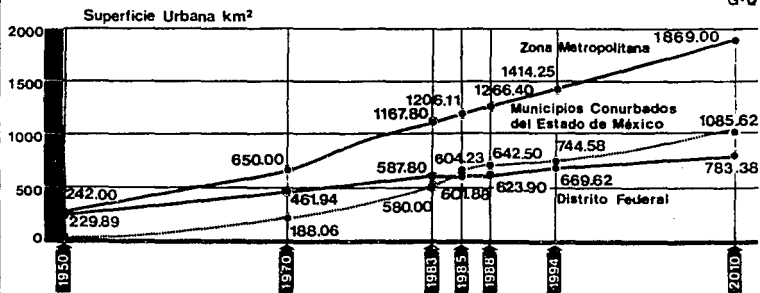
Zona Metropolitana de la Ciudad de México Tendencia Catastrófica de Incremento Demográfico



FUENTE: DATOS ESTIMADOS CON BASE EN LOS PLANES DE DESARROLLO URBANO DE LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Incremento del Area Urbana de la Ciudad de México

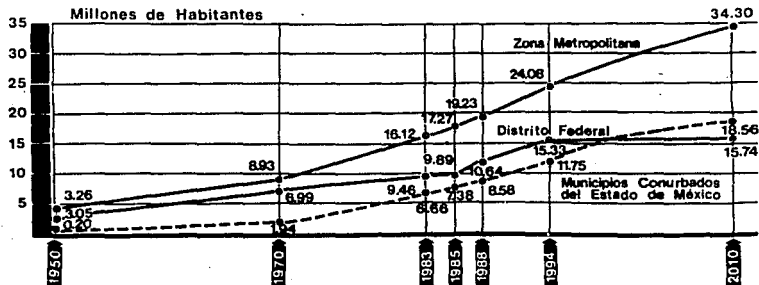
G-5



FUENTE: ESTADÍSTICO DEMOGRÁFICO DEL D.F. 1975 Y DATOS ESTIMADOS CON BASE EN LOS PLANES DEL D.F. Y EDO. DE MÉXICO

Incremento Demográfico de la Ciudad de México

G-4



FUENTE: DATOS ESTIMADOS CON BASE EN LOS PLANES DE DESARROLLO URBANO DEL D.F. Y EDO. DE MÉXICO

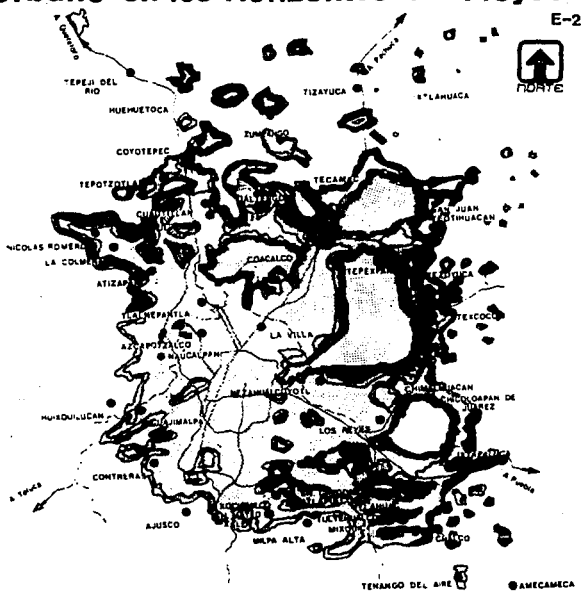
Crecimiento Histórico de la Urbanización de la Ciudad de México

E-1



Simbología	Mancha Urbana			
		1950		1960
		1970		1980

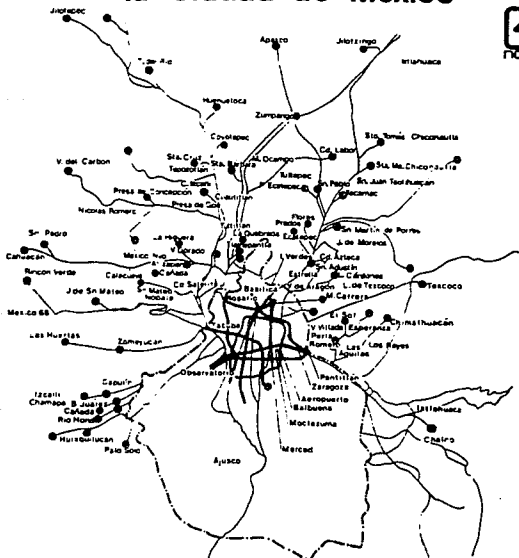
Orientación y Magnitud del Crecimiento Urbano en los Horizontes de Proyecto



Simbología	Mancha Urbana	
		1988
		1994
	2000	

Area de Influencia del Transporte Suburbano con respecto al Metro de la Ciudad de México

E-3



Simbología		Ruta de Autobuses Suburbanos con paraderos en las Estaciones del Metro
		Red de Metro hasta la Cuarta Etapa
		Circuito Interior

HIDALGO



P-3

TOLUCA

TLAXCALA

MORELOS

PUEBLA

QUERQUERO

Conformación de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

(Área de Estudio)

E-4



ESTADO DE MEXICO

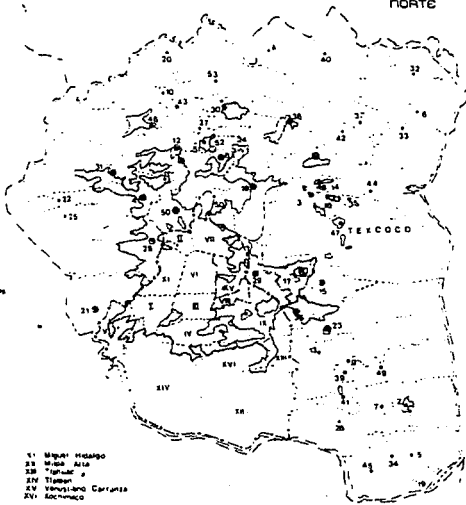
- 1 Aguascalientes
- 2 Amacameca
- 3 Atlixco
- 4 Atlixco de Zaragoza
- 5 Atlixco
- 6 Atlixco
- 7 Atlixco
- 8 Atlixco
- 9 Atlixco
- 10 Atlixco
- 11 Cuautlém Itzac
- 12 Cuautlém de R. Rubio
- 13 Chaco
- 14 Chautla
- 15 Chichiquian
- 16 Chiconauac
- 17 Chimalhuacán
- 18 Ecatepec
- 19 Ecatepec
- 20 Ecatepec
- 21 Ecatepec
- 22 Ecatepec
- 23 Ecatepec
- 24 Ecatepec
- 25 Ecatepec
- 26 Ecatepec
- 27 Ecatepec
- 28 Ecatepec
- 29 Ecatepec
- 30 Ecatepec
- 31 Ecatepec
- 32 Ecatepec
- 33 Ecatepec
- 34 Ecatepec
- 35 Ecatepec
- 36 Ecatepec
- 37 Ecatepec
- 38 Ecatepec
- 39 Ecatepec
- 40 Ecatepec
- 41 Ecatepec
- 42 Ecatepec
- 43 Ecatepec
- 44 Ecatepec
- 45 Ecatepec
- 46 Ecatepec
- 47 Ecatepec
- 48 Ecatepec
- 49 Ecatepec
- 50 Ecatepec
- 51 Ecatepec
- 52 Ecatepec
- 53 Ecatepec

DISTRITO FEDERAL

- | | |
|-------------------|------------------------|
| I Álvaro Obregón | XI Miguel Hidalgo |
| II Azcapotzalco | XII Milpa Alta |
| III Benito Juárez | XIII Iztacalapa |
| IV Coyoacán | XIV Tlalpam |
| V Cuauhtémoc | XV Venustiano Carranza |
| VI Cuajimalpa | XVI Xochimilco |
| VII Cuernavaca | |
| VIII Cuernavaca | |
| IX Cuernavaca | |

ESTADO DE HIDALGO

X Zapala

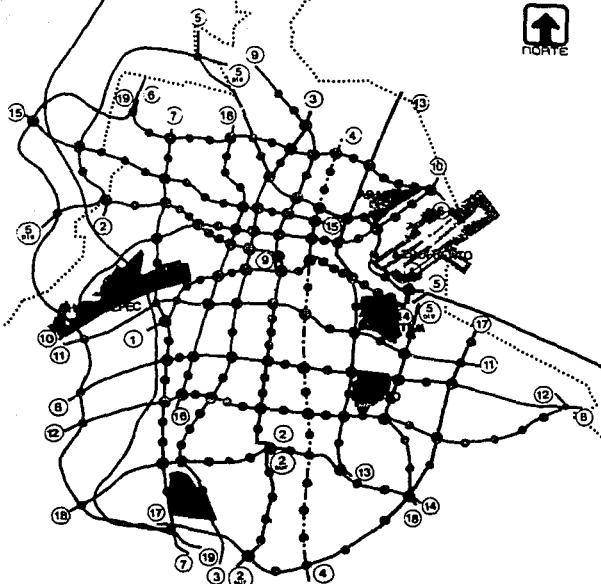


Simbología	Limite Distrito Federal	Limite Municipal y Delegacional
	Limite Estatal	Limite ZMCM
	Capital de Estado	Municipio Conurbado
	Mancha Urbana	

FUENTE: SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO

Plan Maestro del Metro 1982 Red 444km

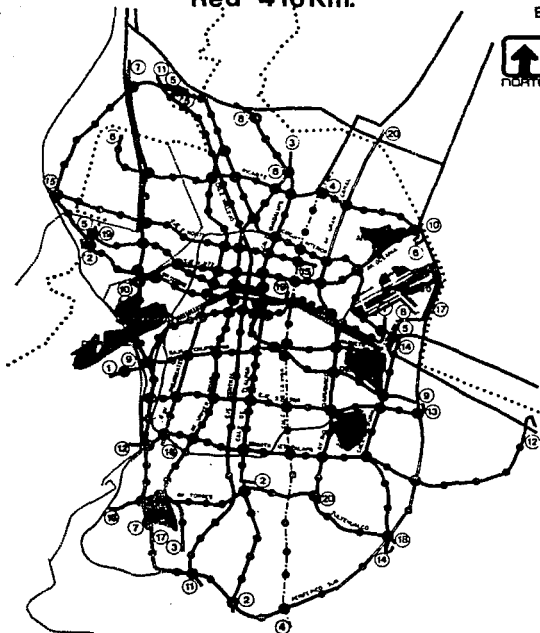
E-5



Simbología	Línea Subterránea	F.C.	Estación de paso
	Línea Superficial	F.C. Suburbano	Estación de correspond.
	Línea Elevada	Límite del D.F.	

Plan Maestro del Metro 1983 Red 416Km.

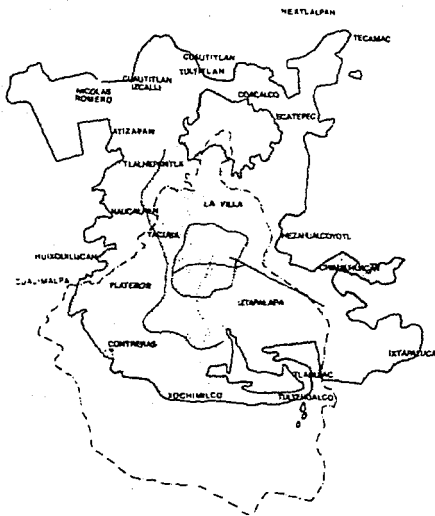
E-6






Simbología		
	Linea Subterránea	
	Linea Superficial	
	Linea Elevada	
	F. C.	
	F. C. Suburbano	
	Límite del D. F.	
	Linea Expresa	
	Estación de paso	
	Estación de correspondencia	

Definición del Area de Cobertura del Transporte Masivo a Nivel Metropolitano

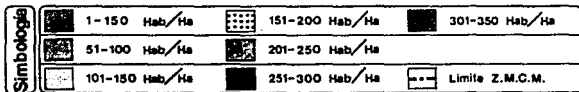
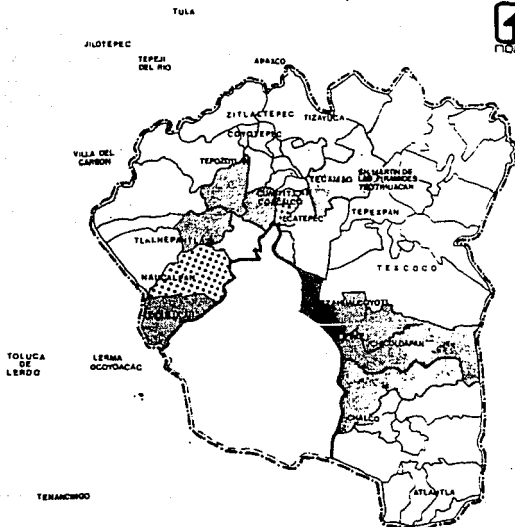
E-8



Simbología	 Vialidad principal	 Area de cobertura
	 Limite del Edo. Mex.	

Densidades de Población Municipios Conurbados

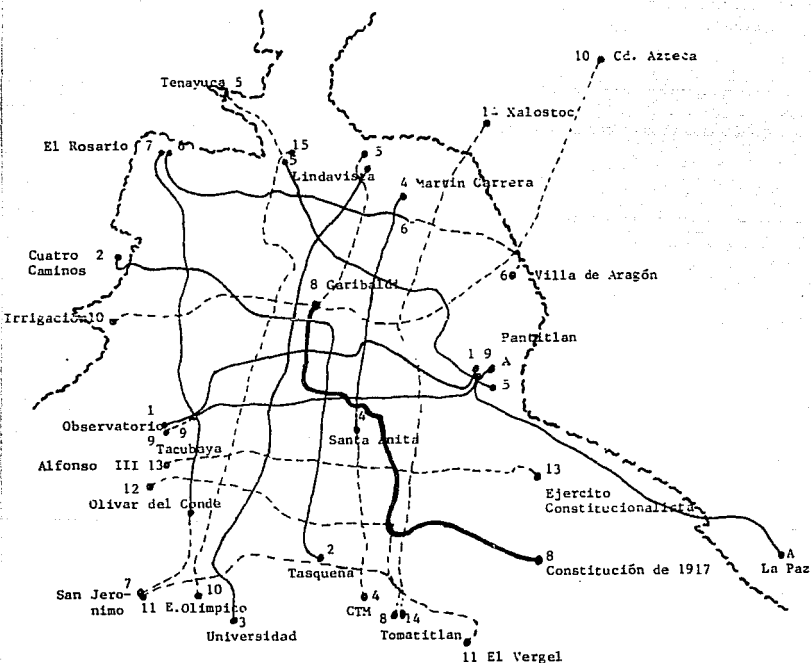
E-7



FUENTE. PLAN DEL EDO DE MEXICO 1992

PROGRAMA MAESTRO DEL METRO

- AVANCE 1993 -



SIMBOLOGIA

- Líneas en Operación ———
- Línea en Construcción ———
- Líneas a Futuro - - - - -

1.2.- CARACTERISTICAS GEOLOGICAS

La información estratigráfica del subsuelo de la ciudad de México que aquí se presenta está fundamentada en todas las publicaciones disponibles sobre ese tema y en la derivada de los estudios geotécnicos que se han realizado para las distintas líneas del Metro.

En la zonificación del subsuelo se observa como se ha podido precisar la compleja estratigrafía de la zona poniente de la Ciudad gracias a los sondeos y experiencia de construcción del Metro. En cuanto a las zonas del lago y de transición, la exploración del subsuelo con el cono eléctrico ha permitido la definición de perfiles estratigráficos más precisos, demostrando con ello que esta herramienta de exploración es una técnica muy eficiente y económica para los estudios del subsuelo de esas zonas.

En relación con las propiedades mecánicas de los suelos, particularmente en las zonas del lago y de transición, ocurre una constante evolución, observándose una disminución de la compresibilidad y un aumento de la resistencia al esfuerzo cortante, fenómenos que ocurren en pocos años, y aun en meses, a consecuencia de: a) el bombeo profundo para el abastecimiento de agua potable, b) el efecto de sobrecarga de antiguos rellenos superficiales, c) el peso de las estructuras, y d) el abastecimiento del nivel freático por bombeo superficial para la construcción de cimentaciones y mantenimiento de sótanos. Todo esto hace que la información previa sobre las propiedades

mecánicas de los suelos únicamente deba tomarse como una guía, y que siempre será necesario actualizar el conocimiento del subsuelo mediante estudios geotécnicos confiables.

El conocimiento del subsuelo de la Ciudad de México evolucionará sólo si se mejoran las técnicas de campo, de laboratorio y de instrumentación: por tanto, los aspectos que por su importancia deben desarrollarse a corto plazo son: a) definir la estratigrafía y propiedades mecánicas de la costra superficial. b) mejorar las técnicas del cono eléctrico. c) reducir el remoldeo y fisuración de las muestras inalteradas de los suelos blandos. d) muestrear en seco los suelos de bajo contenido de agua, y e) disminuir el costo de la instrumentación de campo.

1.2.1.- GENERALIDADES

Cualquiera que intente comprender la naturaleza geológica de los depósitos sobre los que se edifica la Ciudad de México, deberá partir de tres marcos de referencia: el geológico general, el paleoclimático y el vulcanológico.

1.2.3.- MARCO GEOLOGICO GENERAL

La cuenca del Valle de México asemeja una enorme presa azolvada: la cortina, situada en el sur, está representada por los basaltos de la sierra de Chichinautzin, mientras que los rellenos del vaso están constituidos en su parte superior por arcillas lacustres y en su parte inferior por clásticos derivados

de la acción de ríos, arroyos, glaciares y volcanes. (figura 1).

El conjunto de rellenos contiene además capas de ceniza y estratos de pómez producto de las erupciones volcánicas menores y mayores durante el último medio millón de años o sea en el Pleistoceno Superior, que es aproximadamente el lapso transcurrido a partir del inicio del cierre de la cuenca. También se reconocen en el citado relleno numerosos suelos, producto de la meteorización de los depósitos volcánicos, fluviales, aluviales y glaciares; estos suelos, hoy transformados en paleosuelos, llevan el sello del clima en el que fueron formados, siendo a veces amarillos, productos de ambientes fríos, y otras veces cafés y hasta rojizos, producto de ambientes moderados a subtropicales.

Sobre este complejo relleno ha crecido la Ciudad de México. Desde la fundación de Tenochtitlan, hará 600 años, los pobladores del lugar han tenido que enfrentarse a las características difíciles del relleno. hacia la mitad de este siglo, sus edificios y obras se fueron desplazando sobre los rellenos correspondientes al borde de la planicie, compuestos por sedimento transicionales (figuras 2 y 3), y lo que va de la segunda mitad de la centuria, la Urbe se ha extendido aún más, rebasando los límites de la planicie y subiendo a los extensos flancos occidentales de la cuenca, espacio cubierto por los abanicos volcánicos de la sierra de las cruces, conocido como las lomas. Sus depósitos clásticos difieren en mucho de los depósitos arcillosos superficiales del centro de la cuenca.

1.2.4.- DEPOSITOS DEL LAGO

PROCESO DE FORMACION DE LOS SUELOS

Los suelos arcillosos blandos son la consecuencia del proceso de depositos y de alteracion fisicoquimica de los materiales aluviales y de las cenizas volcanicas en el ambiente lacustre, donde existian abundantes colonias de microorganismos y vegetación acuática: el proceso sufrió largas interrupciones durante los periodos de intensa sequia, en los que el nivel del lago bajo y se formaron costras endurecidas por deshidratación o por secado solar. Otras breves interrupciones fueron provocadas por violentas etapas de actividad volcánica, que cubrieron toda la cuenca con mantos de arenas basálticas o pumíticas; eventualmente, en los periodos de sequia ocurría también una erupción volcánica, formandose costras duras cubiertas por arenas volcánicas.

El proceso descrito formó una secuencia ordenada de estratos de arcilla blanda separados por lentes duros de limos arcillo-arenosos, por las costras secas y por arenas basálticas o pumíticas producto de las emisiones volcanicas. Los espesores de las costras duras por deshidratacion solar tienen cambios graduales debido a las condiciones topograficas del fondo del lago: alcanzan su mayor espesor hacia las orillas del vaso y pierden importancia y, aun llegan a desaparecer, al centro del mismo. Esto último se observa en el vaso del antiguo lago de

Texcoco. demostrando que esta región del lago tuvo escasos y breves periodos de sequía.

1.2.5.- EVOLUCIONES DE LAS PROPIEDADES MECANICAS

a) Consolidación natural. El proceso de formación de los suelos implicó que se consolidaran bajo su propio peso, excepto en las costras duras, que se preconsolidaron fuertemente por deshidratación o secado solar y que en su parte inferior formaran una zona ligeramente preconsolidada. Considerando que la masa de suelo predominante era muy blanda y normalmente consolidada, la variación de su resistencia al corte con la profundidad debió ser lineal y seguramente muy similar en cualquier punto del lago. Es factible que en el lago Texcoco, que prácticamente no sufrió etapas de sequía, y donde el contenido salino de sus aguas era más alto, las arcillas fueran algo más blandas y compresibles que en el resto de la cuenca.

b) Consolidación inducida. El desarrollo urbano en la zona lacustre de la cuenca del Valle de México ha ocasionado un complejo proceso de consolidación, en el que se distinguen los siguientes factores de influencia:

- La colocación de rellenos desde la época precortesiana, necesarios para la construcción de viviendas y pirámides, así como para el desarrollo de zonas agrícolas.

- La apertura de tajos y túneles para el drenaje de aguas pluviales y negras, que provocó el abatimiento del nivel

freatico. lo que a su vez incrementó el espesor de la costra superficial y consolidó la parte superior de la masa de arcilla.

- La extracción de agua del subsuelo, que ha venido consolidando progresivamente a las arcillas, desde los estratos más profundos a los superficiales.

- La construcción de estructuras.

c) Resistencia al corte. Las etapas del proceso de consolidación implican la evolución de la resistencia al corte de los suelos. (figura 8)

1.2.6.-CARACTERISTICAS ESTRATIGRAFICAS

a) Costra superficial. Este estrato está integrado por tres substratos, que constituyen una secuencia de materiales naturales cubiertos con un relleno artificial heterogéneo, a saber :

Relleno artificial (RA). Se trata de restos de construcción y relleno arqueológico varía entre 1 y 7 metros.

Suelos blandos (SB). Se le puede describir como una serie de depositos aluviales blandos con lentes de material eólico intercalados.

Costra seca (SS). Se formó como consecuencia de una disminución del nivel del lago, quedando expuestas algunas zonas del fondo a los rayos solares.

b) Serie arcillosa lacustre superior. El perfil estratigrafico de los suelos del lago, entre la superficie y la llamada Capa Dura, es muy uniforme: se pueden identificar cuatro estratos especiales, acordes con su origen geológico y con los efectos de la consolidación inducida por sobrecargas

superficiales y bombeo profundo: estos estratos tienen intercalados lentes duros que se pueden considerar como estratos secundarios. A esta parte se le identificara como serie arcillosa lacustre superior y tiene un espesor que varia entre 25 y 50 m aproximadamente. La estratigrafia anterior se resume a continuación. (figura 9)

		Costra superficial
		Arcillas preconsolidadas
Estratos	principales	superficiales
		Arcillas normalmente consolidadas
		Arcillas preconsolidadas profundas
Estratigrafía	entre la superficie y la capa Dura	
		Capas de secado solar
Estratos	secundarios	Lentes de arena volcánica
		Lentes de vidrio volcánico

A continuación se describen brevemente las características de los estratos que integran esta serie arcillosa.

Arcilla preconsolidada superficial (PCS). En este estrato superficial, las sobrecargas y rellenos provocaron un proceso de consolidación que transformó a los suelos normalmente consolidados, localizados por debajo de la costra superficial (CS), en arcillas preconsolidadas.

Arcilla normalmente consolidada (NC). Se localiza por debajo de la profundidad hasta la que afectan las sobrecargas superficiales y por arriba de los suelos preconsolidados por el bombeo profundo, abajo indicados. Es importante aclarar que estos suelos se han identificado como normalmente consolidados para las sobrecargas actuales, porque aun en estas arcillas han sufrido un proceso de consolidación a partir de su condición inicial.

Arcilla preconsolidada profunda (PCP). El bombeo para abastecer a la ciudad de agua potable ha generado un fenómeno de consolidación, mas significativo en las arcillas profundas que en las superficiales.

Lentes duros (LD). Los estratos de arcilla están interrumpidos por lentes duros que pueden ser costras de secado solar, arena o vidrio (pómez) volcánicos; estos lentes se utilizan como marcadores de la estratigrafía.

c) Capa Dura. La Capa Dura es un depósito de limo arenoso con algo de arcilla y ocasionales gravas, con una cementación muy heterogénea; su espesor es variable, desde casi imperceptible en la zona central del lago que no llegó a secarse, hasta alcanzar unos cinco metros en lo que fueron orillas del lago. Desde el punto de vista geológico, este estrato se desarrolló en el período interglacial Sangamon.

d) Serie arcillosa lacustre inferior. Es una secuencia de estratos de arcilla separados por lentes duros, en un arreglo semejante al de la serie arcillosa superior; el espesor de este estrato es de unos quince metros al centro del lago y prácticamente desaparece en sus orillas. La información disponible de este estrato es muy reducida, como para intentar

una descripción más completa.

e) Depósitos profundos. Es una serie de arenas y gravas aluviales limosas, cementadas por arcillas duras y carbonatos de calcio; la parte superior de estos depósitos, de unos cinco metros, está más endurecida, abajo de la cual se encuentran estratos menos cementados y hasta arcillas preconsolidadas.

1.2.7.- DEPOSITOS DE TRANSICION

CARACTERISTICAS GENERALES

Los depósitos de transición forman una franja que divide los suelos lacustres de las sierras que rodean al valle, de los aparatos volcánicos que sobresalen en la zona del lago. Estos materiales de origen aluvial se clasifican de acuerdo al volumen de clásticos que fueron arrastrados por las corrientes hacia el lago y a la frecuencia de los depósitos; así, se generaron dos tipos de transiciones: interestratificada y abrupta; ambas condiciones se describen a continuación.

CONDICION INTERESTRATIFICADA DEL PONIENTE

Esta condición se presenta en los suelos que se originaron al pie de barrancas, donde se acumularon los acarrees fluviales que descendieron de las lomas a la planicie; estos depósitos tienen semejanza con deltas, solamente que se extendieron hasta la arcilla del antiguo lago de Texcoco, formandose intercalaciones de arcillas lacustres con arenas y gravas de río. (figuras 2 y 3)

En el proceso de formación de los suelos, el ancho de la

franja de estos depositos transicionales interestratificados vario según el clima prevaeciente en cada epoca geológica: así, cuando los glaciares en las barrancas de las lomas se derritieron, a finales de la tercera Glaciación, los depositos fluviales correspondientes(formados al pie de los abanicos volcánicos) resultaron mucho más potentes y extensos que los originados a finales de la cuarta Glaciación, con mucho menor espesor de la cubierta de hielo.

Consecuentemente, y generalizado, puede hablarse de una zona de transición interestratificada cambiante y ancha al pie de las lomas: esta area contiene en sus partes mas profundas, debajo de la llamada Capa Dura, depositos caoticos glaciales, laháricos y fluvioglaciales caracterizados por enormes bloques depositados en la boca de las barrancas de San Angel, del Muerto, Mixcoac, Tacubaya, Tarango y rio Hondo.(figura 10)

Por otra parte, los depositos aluviales pueden ser recientes, y entonces sobreyacen a los depositos lacustres, en el caso de la cubierta de suelos negros, organicos, arenosos y limoarcillosos del Holoceno, que se extienden desde el pie de las lomas sobre dos o tres km al oriente formando las riberas del lago histórico de los toltecas y mexicas. Otra zona de transición interestratificada ancha se extiende del valle de Cuauhtepc hacia el sur.(figura 11)

CONDICION ABRUPTA CERCANA A LOS CERROS

Esta condicion se identifica en el contacto entre los rellenos de la cuenca y los cerros que sobresalen de dicho

relleno, a manera de islotes: en este caso, los depósitos fluviales al pie de los cerros son prácticamente nulos, lo cual origina que las arcillas lacustres estén en contacto con la roca (figura 12). Esta transición abrupta se presenta en el peñón de los Baños, el Peñon del Marqués, el cerro de la Estrella y el cerro del Tepeyac: la estratigrafía típica de esta zona está integrada por la serie arcillosa lacustre interrumpida por numerosos lentes duros, de los materiales erosionados de los cerros vecinos.

Es interesante mencionar que en la cercanía del Peñón de los Baños se encuentran intercalaciones de lentes delgados de travertino silicificado, producto de las emanaciones de aguas termales: lo anterior se ilustra con el sondeo de cono eléctrico. (figura 13)

1.2.8.- DEPOSITOS DE LOMAS

CARACTERISTICAS GENERALES

La zona de las Lomas está formada por las cercanías que limitan a la cuenca al poniente y al norte, además de los derrames del Xitle al SSW: en las sierras predominan tobas compactas de cementación variable, depósitos de origen glacial y aluviones. Por su parte, en el Pedregal del Xitle, los basaltos sobreyacen a las tobas y depósitos fluviglaciales más antiguos.

ZONA PONIENTE

a) Sierra de las Cruces. Está constituida por abanicos volcánicos, caracterizándose superficialmente por la acumulación de materiales piroclásticos durante su actividad explosiva

(principalmente en el Plioceno Inferior) y que fueron retransportados por agua y hielo en épocas posteriores.

En la formación de las Lomas se observan los siguientes elementos litológicos, producto de erupciones de grandes volcanes andesíticos estratificados.

Horizontes de cenizas volcánicas. De granulometría variable, producidos por erupciones violentas que formaron tobas cementadas depositadas a decenas de kilómetros de distancia del cráter.

Capas de erupciones pumíticas. Correspondientes a la actividad volcánica de mayor violencia y que se depositaron como lluvia, en capas de gran uniformidad hasta lugares muy distantes del cráter.

Lahares. Definidos como acumulaciones caóticas de materiales piroclásticos arrastrado lentamente en corrientes lubricadas por agua, generadas por lluvia torrencial inmediatas a la erupción.

Lahares calientes. Correspondientes a corrientes impulsadas y lubricadas por gases calientes; son las menos frecuentes ya que están asociadas a erupciones paroxísmicas de extraordinaria violencia; las arenas y gravas azules son las más representativas de estos depósitos.

Depósitos glaciales. Caracterizados por grandes bloques angulosos en una matriz más fina, dispuestos en forma caótica; estos depósitos generalmente presentan un color rosa.

Depósitos fluvioglaciales. Producto del arrastre del agua que se derrite y sale del glacial; se distinguen por su ligera estratificación.

Depósitos fluviales. Correlacionables con la formación clástica aluvial del relleno de la cuenca del valle de México.

Suelos. Productos de la alteración de lahares y cenizas, de color rojo y gris asociados a climas húmedos y áridos, respectivamente.

Por otra parte, los depósitos más antiguos presentan fracturamiento y fallamiento tectónico dirigidos principalmente al NE. dirección que mantienen la mayoría de las barrancas de la zona.

b) Pedregal del Xitle. Del cerro del Xitle descendió, hace unos dos mil años, una extensa colada de lavas basálticas; sus numerosos flujos cubrieron las lomas al pie del volcán Ajusco y avanzaron en sus frentes hasta la planicie lacustre entre Tlalpan y San Ángel. Las lavas descendieron sepultando dos importantes valles antiguos: uno en el sur, que se dirigía anteriormente a las Fuentes Brotantes de Tlalpan; otro en el norte, el mayor, que se extendía entre el cerro Zacaltépetl y las lomas de Tarango. Este último valle contaba con dos cabeceras; una en los flancos orientales del cerro de la Palma y la otra en la barranca de Magdalena Contreras (figura 14). A la zona cubierta por lavas, se le identifica como los pedregales de: San Ángel, San Francisco, Santa Ursula, Carrasco y Padierna.

Por otra parte, debe haber existido otro importante valle aún más al sur, entre las Fuentes Brotantes de Tlalpan y la sierra de Xochitepec: este valle tuvo su cabecera en Monte Alegre. Este afluente debe haber sido sepultado durante la erupción del Ajusco, en el Cuaternario Superior.

Muy anteriormente a la erupción del Xitle, en el Illinois (hace 200 000 años) avanzaron grandes cuerpos de hielo; estos glaciares fluyeron de la barranca de la Magdalena Contreras hasta

las partes bajas de la antigua planicie lacustre, acercandose a lo que hoy es San Angel.

Indicios de morrenas con multitud de bloques grandes se han encontrado en San Angel asi como en las Fuentes Brotantes; por consiguiente, debajo de las lavas del Pedregal de San Angel deben existir importantes acumulaciones de morrenas y secuencias fluvio-glaciales derivadas de su erosión. Por otra parte, también puede asegurarse que antes de que las lavas del Xitie cubrieran el sitio, este valle fue inundado por otras coladas lávicas. (figura 15)

ZONA NORTE

Esta región corresponde a la sierra de Guadalupe; se integra principalmente por rocas volcánicas dacíticas, en forma de un conjunto de elevaciones dómicas que se extienden desde el Tepeyac, en el SE de la sierra, hasta la zona de Barrientos, en el NW. En su parte central, esta sierra está afectada por un graben que se extiende al NNE, formando el valle de Cuauhtepac; en el extremo septentrional de dicho graben y genéticamente ligado a él, se eleva un volcán, cuyas cumbres erosionadas constituyen las porciones más altas de la sierra de Guadalupe y se denomina el cerro Tres Padres.

El tectonismo que ha regido el vulcanismo de la sierra de Guadalupe remonta al Mioceno Medio; consiste de fracturas y fallas dirigidas al ESE. El graben de Cuauhtepac, como se dijo, obedece a un tectonismo dirigido al NNE ocurrido en el Mioceno Superior. Finalmente, un tectonismo orientado hacia el ENE, y coincidiendo en dirección con el alineamiento de la sierra de Santa Catarina, afecta a la totalidad de la sierra en el Plioceno

Superior y Pleistoceno.

Una característica de la sierra de Guadalupe son los potentes depósitos de tobas amarillas que cubren los pies de sus numerosas elevaciones en forma de abanicos aluviales. Estas tobas consisten de estratos de vidrio pumítico fino a grueso; son los productos de las erupciones violentas que generaron la sierra de las Cruces durante el Mioceno y Pleistoceno Inferior.

Durante el pleistoceno Medio y Superior, las oscilaciones climáticas produjeron periodos glaciales e interglaciales, que sometieron a la sierra de Guadalupe a ciclos de erosión pluvial y eólica, formándose pequeños depósitos de aluviones y loess. Finalmente, al azolverse la cuenca de México a consecuencia de la formación de la sierra de Chichinautzin, la sierra de Guadalupe fue rodeada por depósitos aluviales y lacustres en el sur, este y norte: de estos depósitos emerge esta sierra hoy como isla.

1.2.9.- ZONIFICACION GEOTECNICA

En este capítulo se presenta la zonificación del área urbana basada en las propiedades de compresibilidad y resistencia de los depósitos característicos de la cuenca: lacustre, aluviales y volcánicos.

Durante el estudio de esta 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 permitiera desarrollar las

siguientes etapas iniciales del 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 factible 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.

ZONA DEL LAGO

Esta zona se caracteriza por los grandes espesores de arcillas blandas de alta compresibilidad (figura 17), que subyacen a una costra endurecida superficial de espesor variable en cada sitio, dependiendo de la localización e historia de cargas. Por ello, la zona del lago se ha dividido en tres subzonas atendiendo a la importancia relativa de dos factores independientes: a) el espesor y propiedades de la costra superficial, y b) la consolidación en cada sitio.

LAGO VIRGEN

Corresponde al sector oriente del lago, cuyos suelos prácticamente han mantenido sus propiedades mecánicas desde su formación; sin embargo, el reciente desarrollo de esta zona de la ciudad, está incrementando las sobrecargas en la superficie y el

bombeo profundo.

La estratigrafía típica de la subzona Lago Virgen arriba de la Capa Dura se ilustra en la figura 18; en la tabla 1 se presentan las propiedades medias de los estratos.

LAGO CENTRO I

Esta asociada al sector no colonial de la ciudad, que se desarrolló desde principios de este siglo y ha estado sujeto a las sobrecargas generadas por construcciones pequeñas y medianas; las propiedades mecánicas del subsuelo en esta subzona representan una condición intermedia entre Lago Virgen y lago Centro II.

Las características estratigráficas propias de esta subzona se presentan en la tabla 2, y en la figura 19 la resistencia del cono eléctrico de la serie arcillosa superior; es interesante comparar esta figura con la figura 18 anterior, para observar el incremento de resistencia originado por las sobrecargas.

LAGO CENTRO II

Esta subzona corresponde con la antigua traza de la Ciudad, donde la historia de cargas en la superficie ha sido muy variable; esta situación ha provocado que en esta subzona se encuentren las siguientes condiciones extremas: a) arcilla fuertemente consolidada por efecto de rellenos y grandes sobrecargas de construcciones aztecas y coloniales, b) arcillas blandas, asociadas a lugares que han alojado plazas y jardines durante largos periodos de tiempo, y c) arcilla muy blanda en los cruces de antiguos canales.

Asimismo, el intenso bombeo para surtir de agua a la ciudad se refleja en el aumento general de la resistencia de los estratos de arcillas por efecto de la consolidación inducida, como se observa en la figura 20, que conviene comparar con las anteriores (18 y 19): en la tabla tres se resume la estratigrafía característica de esta subzona.

ZONA DE TRANSICION

INTERESTRATIFICADA DEL PONIENTE

Es la franja comprendida entre las zonas del lago y de las Lomas: en esta zona se alternan estratos arcillosos depositados en un ambiente lacustre con suelos gruesos de origen aluvial, dependiendo sus espesores de las transgresiones y regresiones que experimentaba el antiguo lago.

La frontera entre las zonas de transición y del lago se definió donde desaparece la serie arcillosa inferior, que corresponde aproximadamente con la curva de nivel donde la Capa Dura está a 20 m de profundidad respecto al nivel medio de la planicie.

Conviene dividir esta transición en subzonas, en función de la cercanía a las Lomas y sobre todo del espesor de suelos relativamente blandos; se identifican así las transiciones alta y baja, que se describen a continuación.

a) Transición Alta. Es la subzona de transición mas próxima a las Lomas; presenta irregularidades estratigráficas producto de los depósitos aluviales cruzados: la frecuencia y disposición de estos depósitos depende de la cercanía a antiguas barrancas. Bajo

estos materiales se encuentran estratos arcillosos que sobreyacen a los depósitos propios de Las Lomas. (figura 21)

La estratigrafía comúnmente encontrada tiene las características anotadas en la tabla 4. (figura 22)

b) Transición Baja. Corresponde a la transición vecinal a la zona del lago; aquí se encuentra la serie arcillosa superior con intercalaciones de estratos limoarenosos de origen aluvial, que se depositaron durante las regresiones del antiguo lago. Este proceso dio origen a una estratificación compleja, donde los espesores y propiedades de los materiales pueden tener variaciones importantes en cortas distancias, dependiendo de la ubicación del sitio en estudio respecto a las corrientes de antiguos ríos y barrancas.

Por lo anterior, puede decirse que las características estratigráficas de la parte superior de la transición baja son similares a la subzona del Lago Centro I o Centro II, teniendo en cuenta que: a) la costra superficial está formada esencialmente por depósitos aluviales de capacidad de carga no uniforme, b) los materiales se extienden únicamente a profundidades máximas del orden de veinte metros, c) existe interestratificación de arcillas y suelos limoarenosos, y d) se presentan mantos colgados. (figura 23)

ABRUPTA CERCANA A LOS CERROS

Es la transición entre las zonas del lago y cerros aislados como el del Peñón de los Baños, en la que arcillas lacustres están intercaladas con numerosos lentes de materiales erosionados

de los cerros y hasta lentes delgados de travertino silicificado

ZONA DE LOMAS

En la formación de las Lomas se observan los siguientes elementos litológicos, producto de erupciones de los grandes volcanes andesíticos estratificados de la sierra de las Cruces:

- Horizontes de cenizas volcánicas.
- Capas de erupciones pumíticas.
- Lahares.
- Avalanchas ardientes.
- Depositos glaciales.
- Depositos fluviales.
- Depositos fluvio-glaciales.
- Suelos.

Eventualmente se encuentran rellenos no compactados, utilizados para nivelar terrenos cerca de las barrancas y tapar accesos y galerías de minas antiguas.

Todos estos materiales presentan condiciones irregulares de compacidad y cementación, que determinan la estabilidad de las excavaciones en esta zona: por ello, exceptuando a los cortes en lahares compactos, en los demás depósitos pueden desarrollarse mecanismos de falla.

Tobas y lahares fracturados. Estos materiales pueden presentar fracturas en direcciones concurrentes que generan bloques potencialmente inestables: estos bloques pueden activarse bajo la acción de un sismo o por efecto de la alteración de las superficies de fracturamiento, al estar sometidas a un humedecimiento producto de la infiltración de escurrimientos no

controlados. En algunos casos, las fallas locales en la superficie del corte podrían generar taludes invertidos de estabilidad precaria.

Un aspecto significativo de las tobas, es que algunas de ellas son muy resistentes al intemperismo y que incluso endurecen al exponerse al ambiente mientras que otras son fácilmente degradables y erosionables.

Depositos de arenas pumíticas y lahares de arenas azules. Estos suelos están en estado semicompacto y se mantienen en taludes verticales debido principalmente a la cohesión aparente generada por la tensión superficial asociada a su bajo contenido de agua; por tanto, el humedecimiento o secado de estos materiales puede provocar la falla de los cortes.

Lahares poco compactos y depósitos glaciales y fluvioglaciales. Estos depósitos presentan una compactación y cementación muy errática, por lo que la erosión progresiva de origen eólico y fluvial tiende a generar depósitos de talud creciente, que sólo detiene su avance cuando alcanzan el ángulo de reposo del suelo granular en estado suelto.

De la descripción anterior se concluye que los principales agentes de activación son el agua y el viento, por lo cual es necesario proteger estos materiales contra un intemperismo prolongado.

Basaltos. Son los pedregales generados por el Xitle, formados por coladas lávicas que presentan discontinuidades como fracturas y cavernas, eventualmente rellenas de escoria. La estabilidad de excavaciones debe analizarse en función de los planos principales de fracturamiento y no de la resistencia

intrínseca de la roca: en el caso de cavernas grandes debe estudiarse la estabilidad de los techos. En la exploración geotécnica de esta zona tiene mas valor el reconocimiento geológico detallado y la perforación controlada con martillos neumáticos en mayor número de puntos. que la obtención de muestras con barriles de diamante y maquinas rotatorias.

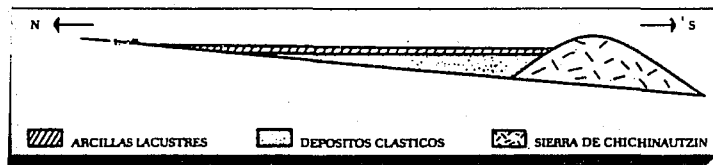


Fig. 1 Esquema geológico general del Valle de México

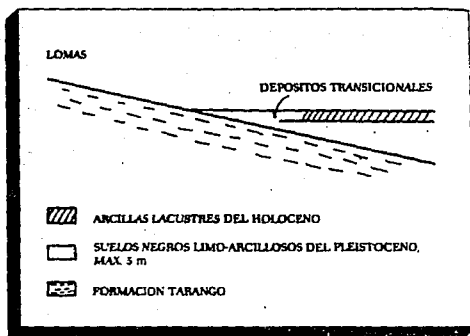


Fig. 2 Esquema geológico general de la transición Lomas - planicie de un delta aluvial

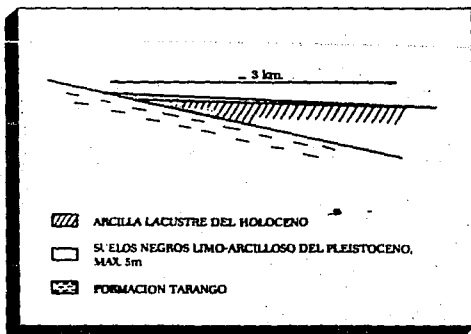


Fig. 3 Esquema geológico general de la transición Lomas - planicie fuera de un delta aluvial

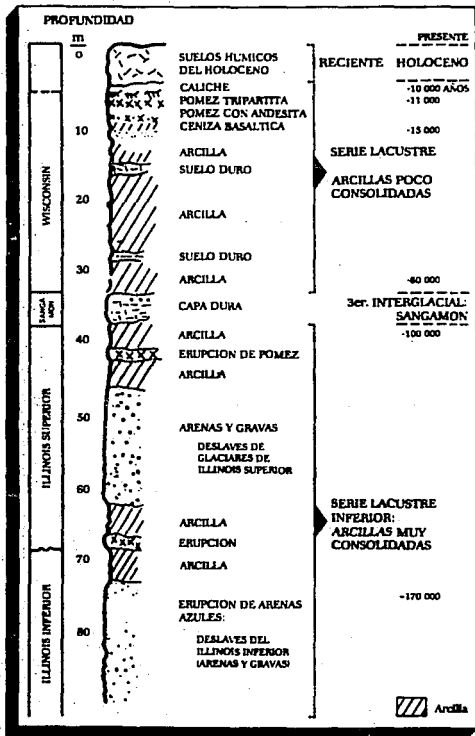


Fig. 5 Estratigrafía de la planicie lacustre, Ciudad de México

Años antes de hoy	
10 ⁴	Holoceno-Reciente
80-10x10 ³	4a Glaciación: Wisconsin 3 avances
100-80x10 ³	3er Interglacial Sangamon
300-100x10 ³	3a Glaciación: Illinois 2 avances
400-400x10 ³	Gran Interglacial Yarmouth
?	2a Glaciación: Kansas
?	1er Interglacial
~900x10 ³	1a Glaciación: Nebraska

Fig. 4 Periodos glaciales e interglaciales

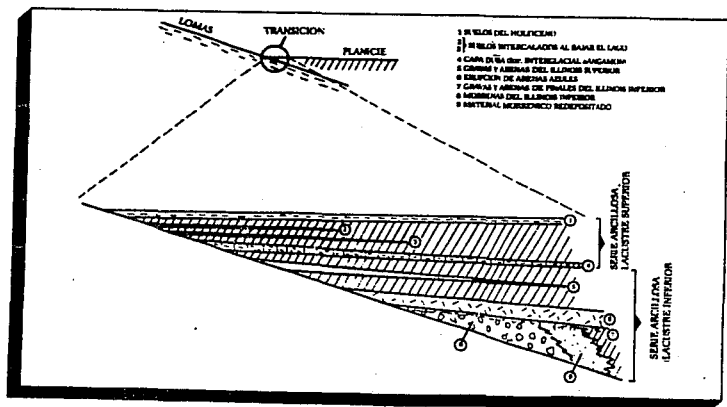


Fig. 6 Estratigrafía de la zona de transición

150 m.

GLACIACION
WISCONSIN

INTERGLACIAL
SANGAMON

GLACIACION
ILLINOIS
SUPERIOR

GLACIACION
ILLINOIS
INFERIOR

GRAN
INTERGLACIAL
YARMOUTH
(~500 000 AÑOS
ANTES DE HOY)



SUELOS RECIENTES

MORRENAS LA MARQUESA II'

MORRENAS LA MARQUESA I'

MORRENAS LA MARQUESA I

SUELOS ROJOS CUJIMALPA

POMEZ SUELOS ROJO-AMARELLOS TOTOLAPA

MORRENAS TOTOLAPA SUPERIOR

ERUCCIONES DEL HORIZONTE PINGO
SUELOS CAFE-AMARELLOS

ARENAS AZULAS ERUCCION HACE 170 000 AÑOS

LANARES CICLOPEOS

MORRENAS TOTOLAPA INTERIOR

SUELOS PLUMITICOS AMARELLOS

ERUCCION DE ARENAS BLANCAS DE ANDENTA DE
HORNBLENDA HACE 430.000 AÑOS

EMISION DEL DOMU TOTOLAPA

TDRAS PLUMITICAS AMARELLAS Y SUELOS ROJOS

TRES GRANDES ERUCCIONES DE POMEZ

SUELOS ROJOS

FLUJO DE PIROCLASTICOS DE LA ERUCCION CUQUITA

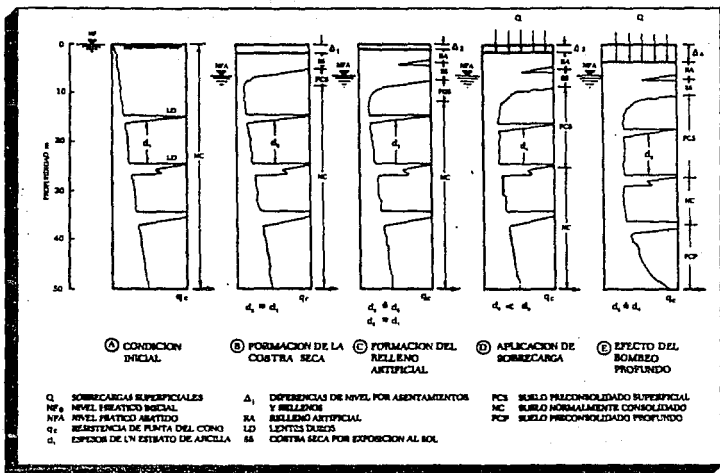


Fig. 8 Evolución de la resistencia al corte

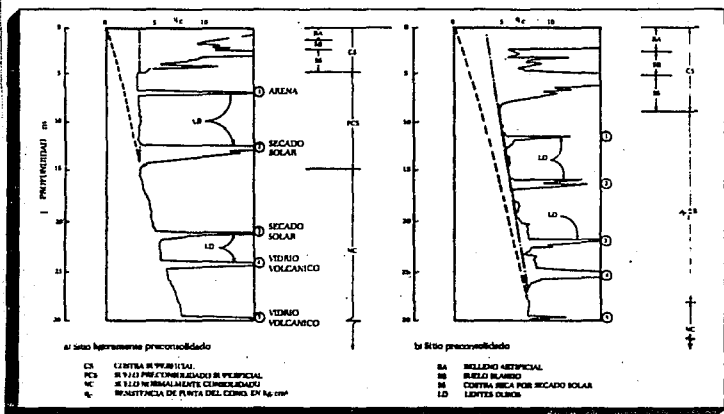


Fig. 9 Perfiles tipo de los suelos de la zona del lago, en función de la resistencia al corte.

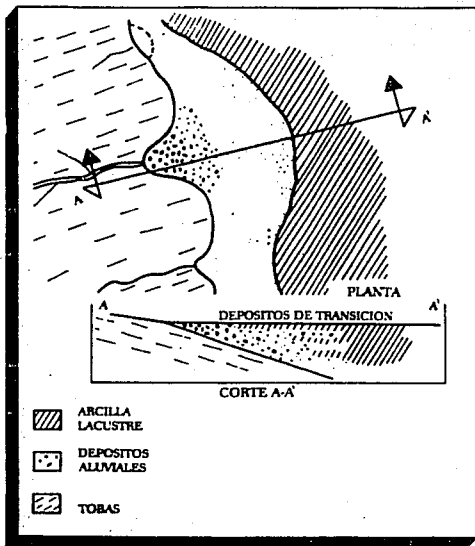


Fig. 10 Transición interestratificada ancha



Fig. 12 Transición abrupta de islote a depósitos lacustres

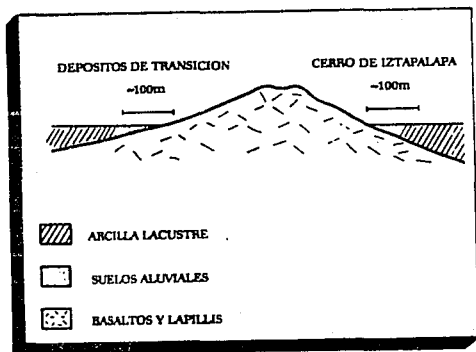


Fig. 11 Transición interestratificada angosta

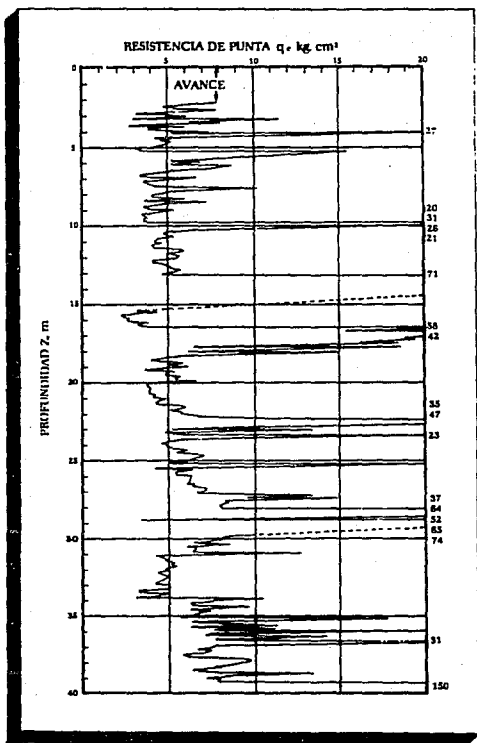


Fig. 13 Sondeo de cono eléctrico cercano al Peñón de los Baños

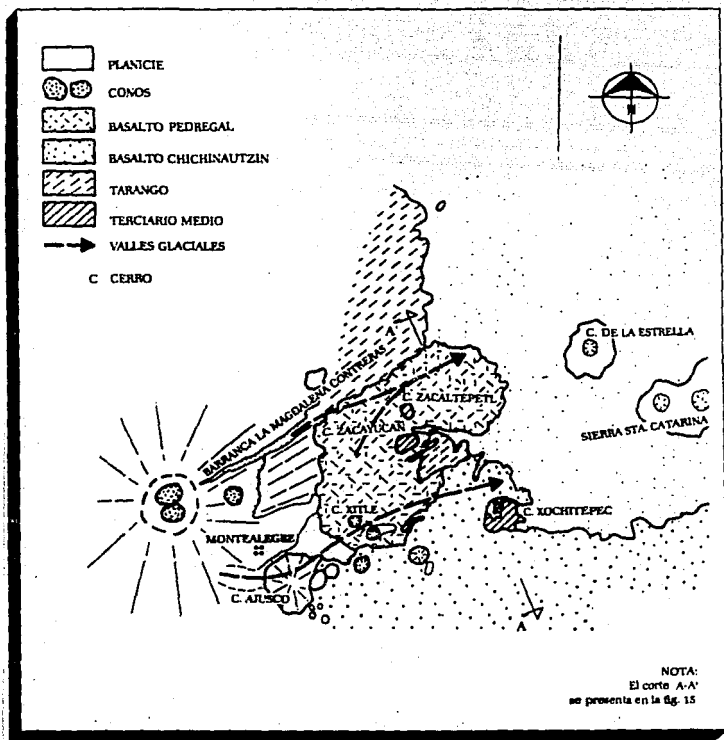


Fig. 14 Geología del Pedregal del Xitle

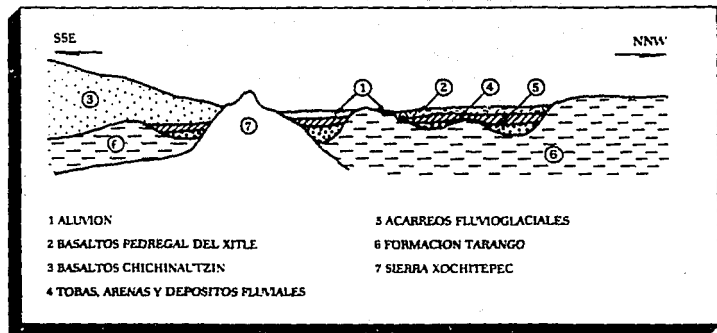
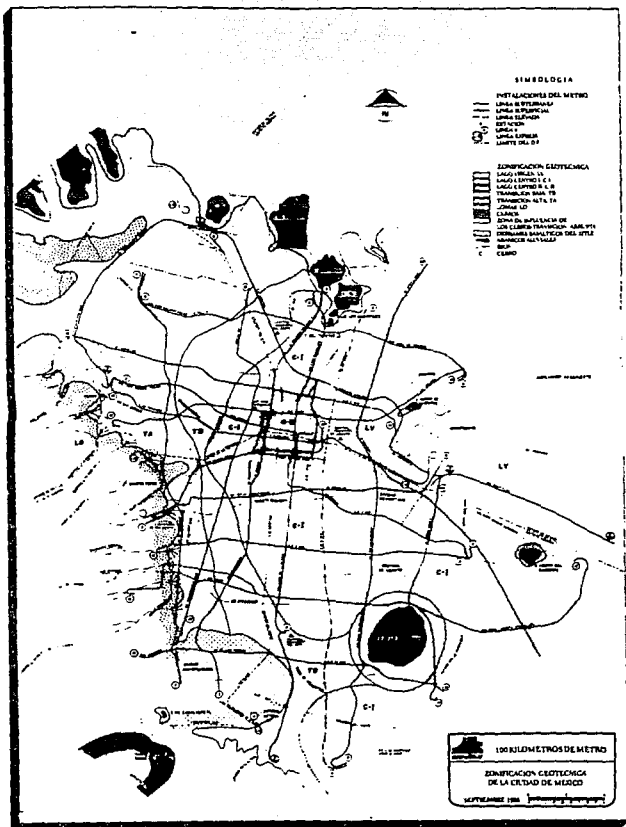


Fig. 15 Sección Chichinautzin-Lomas cortando el Pedregal de San Angel corte A-A' de la fig. 14)



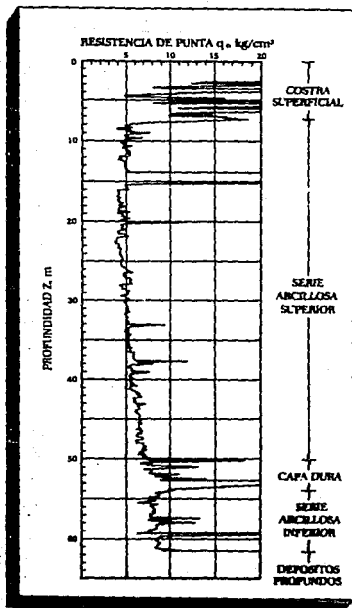


Fig. 17 Sonda de cono eléctrico en la zona del lago

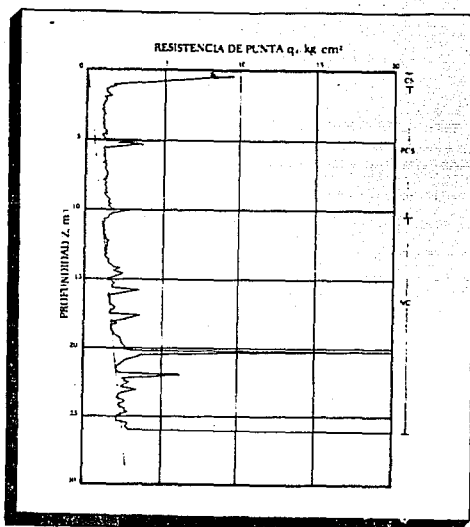


Fig. 18. Sondeo de cono eléctrico en la subzona Lago Virgen

TABLA I. ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES, LAGO VIRGEN

Estrato*	Espesor en m	γ , en t/m^3	c, en t/m^2	ϕ , en grados
Costra superficial	1.0 a 2.5	1.4	1.0	20
Serie arcillosa superior	3.6 a 4.0	1.15	0.5 a 1.0	—
Capa dura**	1 a 2	—	0 a 10	25 a 36
Serie arcillosa inferior	15 a 30	1.25	3 a 4	—

* En orden de aparición a partir de la superficie

** La información disponible es muy limitada, los parámetros presentados corresponden a pruebas triaxiales CU

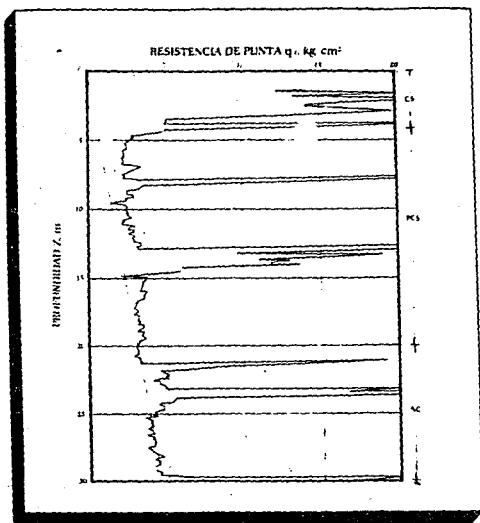


Fig. 19 Sonda de cone elétrica na subzona do Lago Centro I

TABLA 2. ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES. LAGO CENTRO I

Estrato*	Espesor, en m	γ , en t/m^3	c, en t/m^2	ϕ , en grados
Costra superficial	4 a 6	1,6	4	25
Serie arcillosa superior	20 a 30	1,2	1 a 2	—
Capa dura**	3 a 5	1,5 a 1,6	0 a 10	25 a 26
Serie arcillosa inferior	8 a 10	1,3 a 1,35	5 a 8	—

* En orden de aparición a partir de la superficie

** La información disponible es muy limitada, los parámetros presentados corresponden a pruebas triaxiales CU.

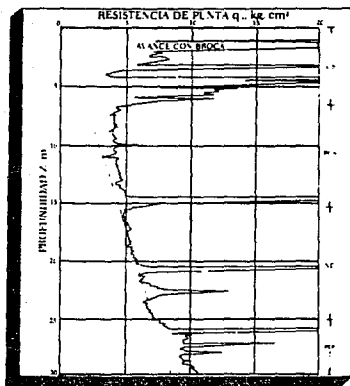


Fig. 20 Sondeo de cono eléctrico en la subzona del Lago Centro II

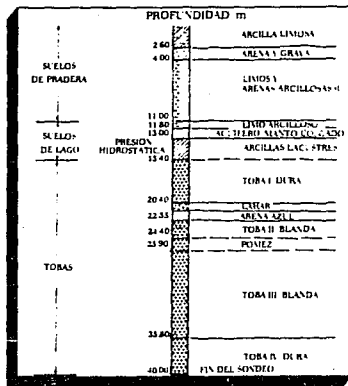


Fig. 21 Estratigrafía típica en la zona de transición alta

TABLA 3. ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES, LAGO CENTRO II

Estrato*	Espesor en m	γ_s en t/m ³	c. en t/m ²	ϕ en grados
Costra superficial	6 a 10	1.7	4	25
Serie arcillosa superior	20 a 25	1.3	3	—
Capa dura**	3 a 5	1.5 a 1.6	0 a 10	25 a 36
Serie arcillosa inferior	6 a 8	1.3 a 1.4	6 a 12	—

* En orden de aparición a partir de la superficie

** La información disponible es muy limitada; los parámetros presentados corresponden a pruebas in situ.

Fig. 22 Sonda de cono eléctrico en la subzona de transición alta

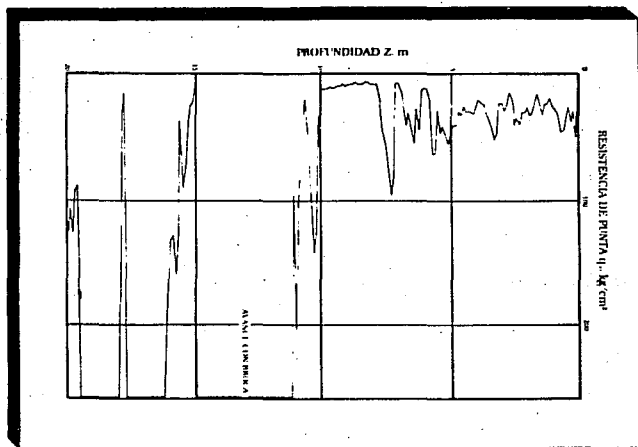
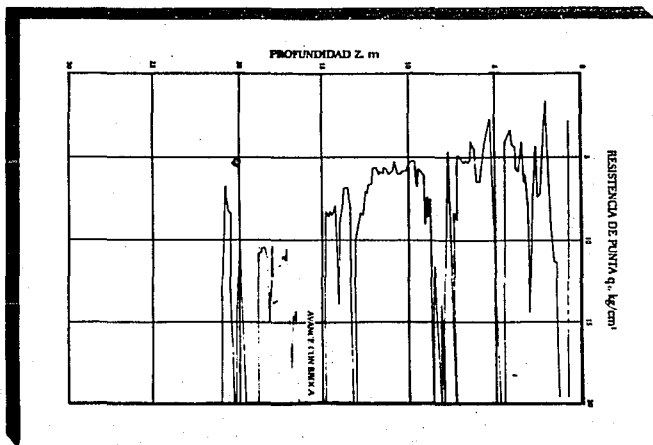


Fig. 23 Sonda de cono eléctrico en la subzona de transición baja



1.3 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Los cambios positivos o negativos que se originan en el ambiente a causa de cualquier intervenci3n del hombre, pero principalmente a nivel de obras gubernamentales, se han tratado de cuantificar mediante ciertas t3cnicas, que finalmente conducen a un simple balance de aspectos positivos y negativos. Al estudio correspondiente se le conoce como analisis de impactos ambientales.

En M3xico, las propias dependencias oficiales, exigen en base a la Ley Federal de Protecci3n al Ambiente; una evaluaci3n que permita hacer ver, como se modificara el ambiente bajo la realizaci3n de la obra proyectada.

1.3.1 PARA DESARROLLAR UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ES NECESARIO CONOCER:

EL MEDIO NATURAL RASGOS FISICOS

Es muy importante mencionar que una l3nea a lo largo de su recorrido cruza zonas urbanas las cuales por razones historicas y urbanisticas deber3n ser respetadas y que a continuaci3n se mencionan: El centro Urbano Metropolitano comprendido dentro del propio Centro Historico de la Ciudad y el centro Urbano de la Villa. Asi mismo es importante mencionar que las l3neas tienen una congruencia de 85 % con corredor urbano.

a) CLIMATOLOGIA

A esta zona le corresponden caracteristicas de clima tropical, el clima que se presenta es templado y semifr3o. La zona templada se extiende hasta una altitud aproximada de 2800 m sobre el nivel del mar y su temperatura media anual se encuentra entre 12 y 20° C. Con respecto a la precipitaci3n, cabe indicar que en ese clima predominan las lluvias de tipo torrencial de duraci3n relativamente corta.

b) GEOMORFOLOGIA Y GEOLOGIA.

Una línea ubicada en el centro de la Ciudad de México desde el punto de vista estratigráfico en 9 % en zona de transición y el 91 % restante en zona de lago.

La zona de transición se localiza al norte, sur y poniente de la ciudad; esta formada por depósitos pluvio-lacustres constituidos por estratos de arcilla de poco espesor, intercalados con capas de limos, arenas, algunas gravas y mezclas de estos materiales generalmente en estados semicompactos o compactos.

La zona del lago corresponde a terrenos que constituyeron el antiguo lago de Texcoco y en las que se localizan predominantemente depósitos lacustres de arcilla blanda altamente compresibles con espesores variables. El terreno natural presenta una pendiente de + o - 0.5 % a lo largo del recorrido de la zona.

c) HIDROLOGIA

Se localizan algunos ríos entubados que se utilizan generalmente para el drenaje de la Ciudad de México como son: Churubusco, el de la Piedad etc.

d) RASGOS BIOLÓGICOS

e) VEGETACIÓN .- La vegetación es casi nula a excepción de los camellones y parques existentes según la zona.

f) FAUNA SILVESTRE.-No existe

g) ECOSISTEMA Y PAISAJE .- Urbano

1.3.2 MEDIO SOCIOECONÓMICO

a) POBLACION .- 16 000 000 hab.

b) SERVICIOS

DRENAJE.—Se localizan a lo largo del trazo de una línea, colectores importantes de un diametro de 0.6 a 4.0 m

AGUA POTABLE.—Existen tubos AP con diametro de 4'' a 48''. Se cuentan con todos los servicios urbanos como energia eléctrica, telefono, medios de transporte, avenidas etc.

1.3.3 MARCO ECONOMICO

Para el caso de la ciudad de México y su zona metropolitana, que es de las más pobladas del mundo, no se puede planear la solución satisfactoria del transporte urbano, sin la participación del Metro.

Se requiere planear la expansión permanente de su red, hasta que se logre un equilibrio aceptable entre la oferta y la demanda. Generalmente el Metro sirve de apoyo a los programas de desarrollo urbano de las zonas donde se implanta. La experiencia mundial en materia de transporte masivo por excelencia por: su alta capacidad, su seguridad, velocidad y por que no contamina.

a) CAMBIOS SOCIALES Y ECONOMICOS

A medida que se vaya promoviendo la autosuficiencia creciente de cada uno de los ocho sectores de la ciudad dentro del sistema urbano se reducirá la necesidad de que sus habitantes realicen largos desplazamientos para atender sus necesidades básicas.

El D. F. tendrá menos problemas de vialidad y transporte, más eficiente y económico, al complementar las acciones de mejoramiento y superación del sistema de comunicación intra-urbana con un descenso efectivo de las horas-hombre-viaje, una menor necesidad de empleo de vehículos particulares y un uso más racional del transporte colectivo.

Evidentemente disminuirá la contaminación del aire; se dispone de información que nos lleva a evaluar que la reducción sería muy significativa el área urbana. Mejorará la circulación en sus zonas de influencia, y determinadamente, en cruces y avenidas con una gran circulación vehicular.

1.3.4 CLASIFICACION DE USOS DE SUELO EN LA CIUDAD DE MEXICO

Estos se identificaron con la siguiente clasificación: habitación, servicios, industriales y áreas verdes. Los mezclados se identificaron con la siguiente codificación: habitación con servicios, habitación con industria, habitación con servicios e industria y servicios con industria.

Los usos de suelo indicados en los estudios citados, fueron corroborados en campo, cuando los encuestadores se dirigían a cada una de las zonas a levantar sus encuestas. En la mayoría de los casos el uso del suelo, era el correcto. Sin embargo se presentaron algunos casos, en donde se reportaban terrenos baldíos y en donde se encontraron unidades habitacionales de reciente creación, por lo que el uso del suelo fue modificado.

El uso habitacional es el más extendido, el cual abarca casi toda el área urbana. En mayor o menor porcentaje, el uso habitacional aparece en todas las zonas; inclusive, en el centro comercial de la ciudad hay un importante número de habitaciones. Solo en algunos sitios se carece de asentamientos habitacionales.

El uso de servicios es el segundo en importancia en cuanto a su extensión. Los servicios incluyen una serie de actividades adicionales al comercio, se incluyen empresas de servicios, ventas al mayoreo, oficinas de instalaciones de infraestructura. Los servicios se encuentran concentrados hacia el centro de la ciudad, aunque se extienden en todas direcciones. Casi en todas las zonas industriales existen áreas de servicio de apoyo, como son: bancos, oficinas, centros comerciales, restaurantes y otros. De la misma manera, en la mayoría de las zonas habitacionales existen servicios de

apoyo. Hay arterias como son Plutarco Elias Calles y Eje Central en donde se han desarrollado servicios a todo lo largo de su recorrido.

1.3.5 PRINCIPALES IMPACTOS IDENTIFICADOS DENTRO DE LA CONSTRUCCION

Los principales impactos identificados durante la construcción de la Línea 8 del Metro son:

- Aumento de tráfico vehicular.
- Contaminación del Aire.
- Contaminación por ruido.
- Pérdidas horas-hombre.

1.3.6 TECNICA SELECCIONADA.

El resultado de los proyectos con respecto a los objetivos del desarrollo económico, se evalúa generalmente por un análisis de costo-beneficio, en términos de cambio en el ingreso nacional.

Para el análisis monetario de los efectos de un plan con respecto a conceptos de ponderación difícil, como control de avenidas, estabilización de tierra y recreación, es necesario considerar que, aunque aproximado, requiere de una profunda investigación. A este respecto resulta interesante aplicar el concepto "valor unitario por día".

Los problemas más graves se presentan al estimar los costos indirectos y los beneficios de un proyecto. El otorgar un bien o servicio a un grupo, puede originar ganancias o pérdidas a otros grupos, que no aportan en caso de ganancia ni son indemnizados en

caso de perdida.

Se han ideado diversas metodologías, dirigidas principalmente a evaluar los efectos ambientales. Entre las metodologías que mas comunmente se emplean estan las siguientes:

- a) Equipo interdisciplinario.
- b) Técnicas de superposicion.
- c) Listado.
- d) Matricial.
- e) Reticular.

Por lo que representa y por su aplicación a nuestro estudio, emplearemos el Método Matricial de Interacción, el cual a continuación describimos.

Este modelo es el mas usado y fue propuesto por L.B. Leopold desde 1971 y que se le conoce precisamente por su nombre. Originalmente contiene un listado de 100 acciones contra 88 características ambientales que se cruza en su intersección en caso de que el proyecto los afecte. Posteriormente (y en esto consiste la verdadera ventaja que tiene este método), es asignar una calificación tanto a magnitud como a importancia. la figura esquematiza la función de la Matriz, lo conveniente es modificar los conceptos de acuerdo al proyecto por analizar.

En cuanto a la escala de calificación, generalmente se aplica la del 1 al 10; el cero no interviene porque indicaría un efecto nulo. El uno representa el efecto mínimo perceptible y el 10 el causante de un efecto importante. En otros casos se adopta una escala de -5 a +5 en donde el signo indica el tipo de

efecto: esta escala tiene la ventaja de que muy fácilmente se distingue entre un beneficio y un perjuicio.

A veces se usan colores, que de una manera general dan idea de los efectos predominantes o criticos.

Dependiendo del proyecto o acción estudiada, la matriz puede resultar en ocasiones tan grande, que es difícil de manejar directamente en el informe; por lo que, independientemente de anexarla, se recomienda presentar un resumen.

1.3.7 DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS IDENTIFICADOS

Es evidente que habrá algún Impacto Negativo de contaminación del aire durante la construcción, ya que, en las zonas de obra donde se desvíe el tráfico, este tendrá un mayor recorrido y a menor velocidad; sin embargo, este Impacto disminuirá si los automovilistas colaboran como siempre lo han hecho, ya que se implantaran las siguientes medidas que, de respetarse, prácticamente no existirá ninguna consecuencia:

- Se persuadirá a los automovilistas en recorridos largos y medianos, a que utilicen vías alternas para sus desplazamientos, quedando únicamente los automovilistas que obligadamente tengan como destino u origen, la zona aledaña a las obras.

- El transporte público se mantendrá en la zona de obra y se le dará preferencia.

- Se adecuara, de acuerdo a las circunstancias de la obra, las diferentes rutas de servicios de transporte buscando eficiencia.

- El programa de carga y descarga en el centro de la Ciudad se restringirá a horario nocturno.

- Se implantara un programa de estacionamientos periféricos para alentar a los automovilistas a que, parte de su viaje, lo hagan en transporte público.

Es importante aclarar que, por el tiempo que duran estas obras, no es posible ejecutarlas sin invadir algun invierno.

Por otra parte, cuando este proyecto funcione, se sustituiran transportes de automotores evitando la emisión diarias, de contaminantes al aire. El beneficio es importante y permanente, el perjuicio casi imperceptible y pasajero.

Evidente que, por los desvíos de trafico que se tengan que hacer y por la disminución de velocidad de los vehiculos que se utilicen, habrá perdidas de hora hombre.

CAPITULO II
ESPECIFICACIONES QUE RIGEN EL
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

2.1 MURO MILAN

INFORMACION GEOTECNICA.

Estratigrafía. El conocimiento confiable de la estratigrafía y características de los suelos es indispensable para racionalizar el diseño de las excavaciones para muro milán; de manera general se puede establecer para las distintas zonas de subsuelo la correlación general:

a) ZONA DE LAGO.- Caracterizada por suelos blandos y nivel freático somero, donde el fluido estabilizador de uso más general será el lodo de formación espontánea, quedando el lodo bentónico para casos de verdadera excepción. En las áreas más blandas de esta zona podrá ocurrir el fenómeno de fracturamiento hidráulico.

b) ZONA DE TRANSICION BAJA.- Las condiciones someras del subsuelo se asemejan a las del lago, por lo que también se podrá adoptar al lodo espontáneo como fluido estabilizador de las excavaciones para muro milán.

c) ZONA DE TRANSICION ALTA.- Donde se tienen espesores grandes de suelos secos depositados en lo que fue la orilla del lago, cubriendo a los suelos arcillosos lacustres ligeramente preconsolidados y reducidos a sólo unos metros de espesor, que incluso sirven de frontera inferior al manto acuífero colgado que casi siempre se encuentra al poniente de la ciudad. Los muros milán que se excavan en esta zona tienen generalmente dos posibles condiciones: quedar alojados en los suelos secos o bien penetrar hasta los arcillosos; en cualquiera de los dos casos las resistencias de los suelos son altas, lo que permite manejar niveles bajos del fluido estabilizador. En cuanto al tipo de fluido, podrá usarse el lodo espontáneo, excepto cuando los

suelos secos sean muy limosos y susceptibles de perder resistencia, lo que haría más conveniente recurrir al lodo bentonítico, que por su estabilidad humedece un menor espesor de la excavación y por ello altera menos.

d) ZONA DE LOMAS.- Formada por suelos duros y tobas no se justifica el empleo de muros milan.

CONSTRUCCION O COLOCACION DE BROCALES.

Considerando los materiales y proceso de su formación, los brocales podrán ser brocales de concreto colados en el lugar, brocales de concreto precolado y brocales metálicos.

Independientemente del tipo de brocal que se construya se deberá cumplir con las siguientes disposiciones en cada tipo de brocal que se utilice :

a) Brocales de concreto colados en el lugar. Los requisitos que se deben cumplir en el procedimiento constructivo de estos es el siguiente:

- 1.- Las dimensiones, forma y armado deberán ser los indicados en el proyecto.
- 2.- El concreto será del tipo y de la resistencia especificados en el proyecto.
- 3.- La excavación para la colocación del brocal se efectuará a cielo abierto, con una estructura de contención constituida por elementos de madera cuyas dimensiones, distribución y ubicación serán indicados en el proyecto (Fig. No. 1).
- 4.- Una vez alcanzada la profundidad de proyecto para cada nivel, se armará, cimbrará, y colará el faldón del brocal, dejando

anogada la cimbra que sirvió de ademe durante la excavación.

5.- Si durante la excavación se presentan filtraciones que impidan o dificulten los trabajos, estas se canalizarán por medio de ranjas que conduzcan a cárcamos desde donde se extraera el agua por medio de un bombeo continuo de acciúe.

b) Brocales de concreto precolado. Los requisitos que deben cumplir estos, en el procedimiento constructivo, es el siguiente:

1.- El concreto sera de la resistencia y características especificadas en el proyecto: podra ser elaborado en la planta de fabricación, en la obra o premezclado.

2.- Las cimbras o moldes deberán cumplir con lo siguiente :

- Los moldes podrán ser de madera, plástico o metal: en caso de que sean de madera, ésta tendrá cuando menos 2 cm de espesor después de cepillada y se le aplicará un tratamiento, con objeto de hacerlos impermeables.

- A menos que otra cosa se indique , las esquinas o rincones de los moldes seran terminados con un chaflan de 2 cm.

3.- El colado de cada tramo del brocal se hara en forma continua, en una sola operacion y se compactará con vibrador.

4.- Las piezas no se deberan mover de su lugar de colado, hasta que hayan adquirido la resistencia necesaria para su manejo.

5.- El manejo de los brocales durante los procesos de remoción de cimbras, curado, almacenamiento y transporte se harán de tal manera que se eviten esfuerzos excesivos, rupturas, descascamientos y otros defectos dañinos.

6.- Toda la superficie de los brocales deberá ser lisa, continua y exenta de salientes, oquedades o rugosidades perjudiciales.

7.- Los brocales que se agrieten durante su manejo y colocación hasta el punto de que una grieta muestre astilladuras, serán rechazados o corregidos, de acuerdo con las indicaciones de COVITUR.

8.- Los brocales podrán recuperarse y usarse nuevamente si no presentan defectos ni daños después de su primer uso.

c) Brocales metálicos. Se construirán con elementos de acero tales como tubos, rieles o perfiles laminados y deberán cumplir con lo siguiente:

1.- Deberán protegerse con pintura anticorrosiva, con el número de aplicaciones que aprobe y ordene el proyecto.

2.- Su almacenamiento y manejo se hará de tal manera que no se dañen, debiendo estibarse sobre calzas en número suficiente para evitar que los perfiles sufran deformaciones permanentes. El lugar de almacenamiento se mantendrá seco, limpio y bien drenado.

3.- No deberán colocarse piezas deformadas en posición definitiva, de manera que cualquier brocal defectuoso deberá reemplazarse por otro en buen estado. Los brocales dañados deberán corregirse apropiadamente cumpliendo con las indicaciones del proyecto.

4.- Los brocales metálicos podrán reutilizarse si no presentan defectos y daños durante su manejo y colocación después del primer uso.

NIVEL FREÁTICO.

Posición del nivel freático. Conocer la posición del nivel de agua freática es indispensable para definir la correspondiente del fluido estabilizador.

Permeabilidades. Interesa definir el coeficiente de permeabilidad de los suelos granulares, para lo cual puede aprovecharse la relación empírica de Hazen.

$$k = C D^{210}$$

donde :

k = coeficiente de permeabilidad en cm/seg.

C = coeficiente empírico de correlación que varía entre 100 y 150

D_{10} = diámetro efectivo en cm

Esta manera de definir el coeficiente de permeabilidad hace evidente que cuando más del 10 % de las partículas de un suelo corresponden a limos o arcillas, la permeabilidad es muy baja, aunque el contenido de arena sea alto. En general se puede afirmar que los materiales someros del subsuelo de la ciudad de México son de muy baja permeabilidad, con excepción de algunos estratos de arena limpia.

Condiciones de Construcción.

Aspectos Geotécnicos.- La información geotécnica que se obtiene para el diseño de una cierta línea del Metro es suficiente para el diseño de la excavación; sin embargo, puede ser insuficiente para definir un cierto trazo de construcción; por ello se podrá justificar realizar algunos sondeos de cono eléctrico que únicamente penetren hasta la profundidad del muro.

Instalaciones Municipales.- Se deberá identificar cada condición peculiar que se presente relacionada con la presencia

de tuberías, ductos, zonas jardinadas, rellenos sueltos, etc.; en estos casos se deberán hacer calas de inspección y recopilar la información técnica.

Factor de Seguridad.— Dentro de la excavación de un muro milan. El factor de seguridad se expresa como :

$$FS = \frac{C_u}{2} \left(2 + 0.94 \frac{D}{L} \right) \dots \dots \dots (1)$$

$$D (V - B \quad V_f)$$

La influencia del peso del equipo de construcción en el factor de seguridad, se puede tomar en cuenta mediante la expresión :

$$FS = \frac{C_u}{2} \left(2 + 0.94 \frac{D}{L} \right) \dots \dots \dots (2)$$

$$D \left(V - B \quad V_f + \frac{4W_m}{D^2 L} \right)$$

$$V \quad C_v = C_t = C_u$$

donde :

F.S. = Factor de seguridad.

Wm = peso total o parcial de la maquinaria que opere dentro del área de la traza superior del prisma de falla en toneladas.

Cu = resistencia no drenada.

Cv = resistencia al corte con veleta.

Ct = resistencia al corte con triaxial no drenada.

v = peso volumetrico del suelo.

Vf = peso volumetrico del fluido estabilizador.

D = profundidad de la falla.

L = longitud de la zanja.

B = coeficiente geométrico de la posición del nivel del fluido dentro de la zanja.

Para condiciones normales de excavación se deberá imponer un factor de seguridad de 1.5 y se podrá admitir, como condición límite de excepción, que baje a 1.3; esto último deberá estar sujeto a la aprobación expresa de COVITUR.

Condición de Falla General.

Aplicando la expresión (3), con un factor de seguridad de 1.5, se definirá el nivel teórico del fluido estabilizador que evita se desarrolle la condición de falla general, incluyendo la maquinaria usual en la excavación, a más de los 6 m usuales, o se utilice maquinaria más pesada, se deberá utilizar la expresión (4) con un factor de seguridad de 1.4.

Las expresiones son las siguientes :

$$p = D - D \frac{V}{V_f} - \frac{C_u}{V_f (FS)} \left(\frac{2}{D} + \frac{0.94}{L} \right), \dots \dots \dots (3)$$

$$p = D - D \frac{V}{V_f} + \frac{4W_m}{D^2 L V_f} - \frac{C_u}{V_f (FS)} \left(\frac{2}{D} + \frac{0.94}{L} \right), \dots \dots \dots (4)$$

donde :

p = Nivel del fluido estabilizador.

FS = factor de seguridad.

Cu = resistencia del suelo:

\hat{U} = profundidad de análisis.

L = longitud de excavación.

V = peso volumetrico del suelo.

V_f = peso volumetrico del fluido estabilizador.

W_m = peso de la maquinaria.

Se debera identificar en el campo, mediante calas de inspeccion, las caracteristicas estratigraficas, de flujo de agua y resistencia de los suelos para analizar los mecanismos de falla que se podran presentar.

Fracturamiento hidraulico.

Este fenomeno se puede presentar en los suelos blandos del lago y ocasionar sobreconsumo de concreto: como hasta ahora no se ha podido prever el desarrollo de este fenomeno porque no se dispone de un criterio teorico de analisis, queda evidente la necesidad de investigar su importancia y definir las alternativas de solucion. Mientras se desarrolla una tecnica para predecir y evitar este problema, se sugiere considerar el uso de una malla que confine al concreto de la parte inferior del muro.

Selección del Fluido Estabilizador.

En la fig. No. 2 se define el criterio para precisar que todo podrá utilizarse para estabilizar la zanja, quedando patente que el lodo de formación espontanea (agua) es suficiente para la mayor

parte de las condiciones del subsuelo y que el lodo bentonitico se debe utilizar en suelos muy permeables o susceptibles a perder resistencia. Este criterio que ha estado sujeto a opiniones

favorables y adversas, gradualmente ha ganado confiabilidad con los muros de prueba hechos por COVITUR.

Propiedades que debe cumplir el fluido estabilizador.

- | | |
|------------------------------------|---|
| 1.- Viscosidad Plástica | Entre 10 v 15 centipoises. |
| 2.- Limite de Fluencia. | Entre 5 v 25 lb/100 ft ² . |
| 3.- Viscosidad Marsh | Entre 28 v 45 seg. |
| 4.- Contenido de Arena | Inferior a 3 %. |
| 5.- Volumen de Agua | Inferior a 25 cm ³ . |
| 6.- Densidad | Entre 1.03 y 1.07 grs/cm ³ . |
| 7.- Espesor de la costra
(cake) | Inferior a 2 mm. |
| 8.- P.M. | Entre 7 y 10. |

EXCAVACION DEL MURO MILAN.

1.- Las excavaciones de las zanjas se harán en forma alternada, es decir, no deberán excavar los tableros contiguos en forma simultánea. Asimismo, no se excavará ningún tablero hasta que el concreto de los tableros contiguos haya alcanzado la resistencia que señale el proyecto.

2.- Al iniciar la excavación de un tablero cualquiera, se colocará el equipo de excavación en posición fija y alineado

correctamente. No se moverá de esta posición hasta que haya terminado la excavación de la franja.

3.- Salido el cucharón de la zanja deberá detenerse un momento, abriéndolo ligeramente, para dejar escurrir el lodo a la excavación. Después de esto se descartará el material excavado a los camiones.

4.- La excavación en el fondo de ataque usando el cucharón deberá hacerse sin dejarlo caer bruscamente, apoyando sus dientes en el piso del suelo y con las mandíbulas totalmente abiertas; en seguida se cerrarán estas en una sola operación para cortar.

5.- La profundidad de la excavación será la que indique el proyecto en cada caso, con una tolerancia de + 20 cm a - 0 cm.

COLADO DE MURO MILAN.

a) Colocación de la parrilla. El armado de la parrilla deberá cumplir con lo indicado en el proyecto para cada caso y deberá satisfacer lo siguiente :

1.- Dentro de los tableros excavados e inundados de lodo se harán descender las parrillas que formarán el armado de los muros. Las parrillas irán contraventeadas y se bajarán por medio de una grúa.

2.- Para evitar la tendencia a la flotación de la parrilla de armado y garantizar que permanezca en su lugar, se empujara durante su descenso, una vez colocada se fijará al brocal de tal manera que no se mueva durante el colado.

3.- Para garantizar el recubrimiento de los muros, las parrillas

de armado deberá habilitarse con boquetes de contacto fijados al acero principal de la parrilla por medio de varillas, localizados en ambas caras de la parrilla y en tres niveles equidistantes en el sentido vertical.

4.- Cuando el muro milan forme parte estructural del cajón, se deberá impedir el paso de concreto en la zona de unión posterior con la losa de piso. Para lo cual podrá colocarse a lo largo de la parrilla una caja con espuma de plástico amarrada con tela de gallinero, debiéndose tomar las precauciones necesarias durante el descenso y colocación de la parrilla, para que la caja no se deforme, cambie de posición y en su anclaje previsto.

5.- El tiempo máximo que transcurra entre el momento de introducción de la parrilla en la zanja y el colado de la misma, será de cuatro horas, excepto cuando el proyecto señale otro período.

b) Concreto. El concreto que se utilice para la construcción de los muros milan colados bajo flujo estabilizador, deberá ser premezclado y que satisfaga los siguientes requisitos:

- El concreto será del grado de calidad "A".
- Se agregará a la mezcla de concreto un aditivo retardante del tipo 2 o 4.
- El revenimiento será de 18 cm, con una tolerancia de ± 3 cm.
- La colocación del concreto para formar los muros se llevará a cabo mediante el empleo de una "trompa de colado".
- No se requerirá vibrado posterior a la colocación.

Colocacion de Coñrete.

1.- Una vez colocada, centrada y nivelada la parrilla se introducirán las trompas de colado por tramos. Los cobles de union de cada tramo de las trompas deberan ser perfectamente herméticos, para impedir que la succion de la columna de concreto al bajar, absorba aire o lodo del exterior. Cada tramo tendra 2 m de largo como máximo, un diametro no menor de 30 cm. Al tramo que sobresale en la superficie se le conectara un embudo o tolva.

2.- La boca de esta tolva debera quedar a una altura conveniente, para descargar directamente el concreto desde las ollas revolventoras. Todo el conjunto tendra que subir o bajar durante el colado, por lo que debera contarse con el equipo necesario para efectuar estos movimientos. Los tramos de tubo deberan ser lo suficientemente fuertes y pesados para soportar el manejo.

3.- El extremo inferior es la trompa o boca de descarga, debe quedar apoyado en el fondo de la zanja antes de iniciar el colado. Una vez introducidas las trompas de colado, se colocara entre la tolva y el tubo un tapon, el cual descendera obligado por el peso del concreto vaciado, evitando de esta forma la segregacion y contaminación del concreto. Asi se evitara la descarga de concreto con una energia tal que pueda dar lugar a la contaminación del concreto con el lodo. Para iniciar el flujo de concreto la trompa debera levantarse a una distancia de 30 cm del fondo de la zanja.

4.- La boca de descarga de la trompa de colado no debe quedar nunca ahogada menos de 1.30 m en el concreto que se este colando. Para ayudar a que el concreto fluya al principio, puede desolazarse la trompa verticalmente hacia arriba y hacia abajo, vigilando que permanezca siempre suficientemente ahogada en el concreto, para que no exista contaminación con el lodo.

5.- A medida que el concreto fluya se agregará más concreto a la tolva, manteniendo la columna a una altura conveniente para regular la rapidez del flujo: en esta forma el lodo de la zanja será desplazado hacia la superficie por la diferencia de densidades, prácticamente sin necesidad de mover la tubería. El impulso que lleva la primera mezcla al salir por la boca de descarga, producirá un efecto de arranque en el fondo del tablero y lo dejará limpio de lodo.

Enrase de los muros.- Los muros se colarán hasta 30 cm arriba de su nivel de proyecto, debiendo considerarse que este exceso se encuentra contaminado y no contribuye al trabajo estructural del cajón, por lo que se demolerá posteriormente.

No se deberá excavar el núcleo entre el espacio de los muros colados bajo fluido estabilizador, hasta que estos alcancen la resistencia que se indique en el proyecto.

Quando los muros colados en sitio se consideren como parte del cajón, su acabado deberá satisfacer lo indicado a continuación :

- Todas las superficies han de estar exentas de bordes, salientes u oquedades y presentar el acabado superficial dentro de las tolerancias que indique el proyecto. Cualquier superficie cuyo acabado no reúna las condiciones exigidas, tendrá que corregirse.

2.2 EXCAVACION DE NUCLEO

ABATIMIENTO DEL NIVEL FREATICO.

Es el conjunto de operaciones y trabajos necesarios para abatir el nivel de aguas freáticas mediante la utilización de pozos de bombeo, con el objeto de reducir las expansiones del

fondo de la excavación, controlar las fuerzas de filtración, abatir las presiones piezométricas, mantener la estabilidad de los taludes, facilitar la extracción de material, incrementar la resistencia del suelo al disminuir el contenido de agua y realizar la excavación en seco, para la construcción del cajón.

Bombeo por gravedad.

Es un sistema para controlar el nivel freático en suelos arcillo-arenosos, a base de canalizar el agua con la debida pendiente hacia cárcamos de bombeo provisionales construidos expresamente, localizados en los extremos de la excavación.

Bombeo electrosmótico.

Consiste en inducir una corriente eléctrica al suelo por medio de un electrodo positivo al electrodo negativo (pozo de bombeo), lo cual provoca que el agua del subsuelo aumente su velocidad de migración del electrodo positivo al electrodo negativo; mediante dispositivos de bombeo se logra remover el agua hacia cárcamos localizados en la superficie.

Bombeo mediante pozos con bombas evectoras.

Es un sistema que permite abatir el nivel freático en suelos permeables, con pozos brevemente perforados y bombas evectoras que extraen el agua.

EXCAVACION DE NUCLEO.

La excavación de núcleo constituye una serie de operaciones necesarias para la remoción y extracción de materiales, ejecutadas a cielo abierto con maquinaria y manualmente, entre estructuras de contención y/o taludes diseñados según las

características de los suelos, en cada tramo de las líneas subterráneas en cajón.

Tipos de excavación.

a) Durante la ejecución de las excavaciones se presentarán para los diferentes tipos de suelos, los siguientes casos:

1.- En seco.

2.- Eliminando el agua de la excavación mediante drenes auxiliares, por bombeo v por abatimiento, en cuyo caso la excavación será en seco.

3.- En material saturado o lodoso.

b) Las excavaciones para alojar las líneas subterráneas en cajón, podrán considerarse como sigue :

1.- Entre muros tablestaca longitudinales.

2.- Entre taludes de la excavación, sin muros tablestaca.

Excavación entre muros tablestaca.

Se efectuará a cielo abierto y estará limitada en el sentido transversal por los muros tablestaca v en el sentido longitudinal por taludes de excavación. La excavación deberá sujetarse a los siguientes lineamientos :

a) Salvo lo indicado en el proyecto, la excavación entre muros tablestaca colados en el lugar, se iniciará una vez que el concreto de los muros alcance la resistencia de proyecto.

b) Una vez iniciada la excavación de cualquier etapa no es

conveniente interrumpirla antes de alcanzar la profundidad de proyecto; si por alguna razón se suspende por un periodo cualquiera, la profundidad en que se suspenda no deberá ser mayor que la indicada en el proyecto.

c) Durante la etapa de excavación en los tramos deberán respetarse los tiempos de excavación, con las longitudes y profundidades de ataque y los procedimientos inmediatos de construcción de las estructuras siguientes a dicho proceso.

d) Los apuntalamientos deberán colocarse tan pronto como la excavación oscure los puntos de aplicación, no debiendo continuar con la excavación si los puntales no han sido colocados, debiéndose conservar los siguientes lineamientos:

- 1.- Los puntales serán del tipo y características que indique el proyecto.
- 2.- Los niveles de aplicación, elevaciones y número de los puntales se colocarán de acuerdo con lo que señale el proyecto, dentro de las tolerancias que en él se indique.
- 3.- Todos los puntales deberán colocarse con una precarga de 30 T o la precarga que se indique en el proyecto para cada caso en particular.
- 4.- La separación entre pares de puntales en juntas de construcción será de 1.0 m centro a centro, de tal manera que queden simétricamente colocados con respecto a la junta, excepto donde se indique otra distancia.
- 5.- Inmediatamente después de colocar un puntale, deberá sujetarse para evitar que se deslice verticalmente.
- 6.- Si en las elevaciones indicadas para la colocación de

puntales el concreto del muro tablestaca se encuentra contaminado, los puntales deberan acovarse sobre una zona reconstruida en el muro, de tal manera que se garantice su continuidad estructural.

7.- Los puntales deberan retirarse en la etapa constructiva que señale el proyecto.

8.- Por ningun motivo deberan emplearse puntales cuyo diámetro sea menor al indicado en el proyecto.

e) La inclinacion de los taludes que limitan a cada una de las etapas de la excavacion no debera ser mayor a la que se indique en el proyecto y deberan llevarse a cabo todas las protecciones necesarias para mantenerlo estable.

f) En caso de que durante la excavacion aparezca agua, producto de filtraciones por presencia del nivel freático o por lluvias, ésta se controlará por medio de cárcamos construidos a lo largo del eje longitudinal de la excavación, comunicados entre sí por medio de zanjas, desde los cuales se extraera el agua por medio de bombas autocebantes. Tal extracción se debera realizar con el numero suficiente de bombas, de tal manera que el fondo de la excavación permanezca seco.

Excavaciones en seco entre taludes de la excavación,
sin muros tablestaca.

El proyecto indicará el procedimiento de ataque y las inclinaciones de los taludes en las zonas por excavar en seco y sin muros tablestaca: se observaran los siguientes lineamientos :

a) Los taludes de toda excavacion se perfilarán y acabaran ajustándolos a las secciones correspondientes fijadas en el proyecto; asimismo se cortaran al ras las raices, troncos y todo

materia orgánico que sobresalga de la línea definida del talud.

b) Cuando en las excavaciones se requiera compactar la superficie de desbante u otra obra auxiliar, la compactación se ejecutará de acuerdo con lo fijado en el proyecto.

Excavación en roca.

Para este tipo de excavaciones se deberán tomar las siguientes consideraciones :

a) La excavación podrá efectuarse usando explosivos, debiendo tomarse medidas de seguridad a fin de no aflojar el material mas allá de la superficie fijada en el proyecto. Esta operación se hará planeando cuidadosamente las cargas y el manejo de los detonadores.

b) La excavación en roca podrá efectuarse de la siguiente manera :

1.- A medida que la roca se vaya fragmentando, se irá retirando con maquinaria, tomando las debidas precauciones.

2.- Las detonaciones se darán por terminadas una vez que se haya roto la capa de roca, o bien hasta que se haya alcanzado la profundidad de proyecto.

c) Durante la excavación en roca se deberán tomar en cuenta los lineamientos siguientes :

1.- El diseño y plan de voladura puede ser tentativo y no releva al contratista de su responsabilidad de la seguridad y adecuación de este plan para obtener la fragmentación deseada.

2.- Se deberá elaborar un levantamiento fehaciente del estado actual de las construcciones cercanas, para que posteriormente no

quean imputarse daños a consecuencia de las voladuras.

3.- El contratista sera directamente responsable en cuanto al manejo, compra y detonacion de los explosivos, asi como de cumplir con las normas y reglamentos federales, estatales y municipales de seguridad para el uso de explosivos.

4.- Se debera seleccionar el explosor adecuado para el numero y longitud de los alambres que corresponda con la resistencia combinada del circuito completo de la voladura.

5.- La vibración que se produzca por las voladuras no debera exceder lo limites de vibracion tolerables para las construcciones cercanas, para lo cual se deberan hacer mediciones de la vibración en las cercanias de las construcciones al efectuar las voladuras.

TROQUELAMIENTO.

La magnitud y distribución de presiones del suelo en una excavación dependen de sus dimensiones, de las características, resistencia y heterogeneidad del suelo, del nivel freático y de la manera de abatirlo, de la rigidez del sistema de ademe (tablestaca, número de troqueles y su cuantía de precarga), de los desplazamientos propios de la tablestaca inherentes al procedimiento de construcción, de las sobrecargas temporales y permanentes en la superficie del terreno y del tiempo que la excavación permanece abierta.

De ahí que la predicción de las cargas que soportan efectivamente los troqueles sea un problema complejo, y que los diferentes métodos para calcularlas den resultados que lleguen a variar, en casos extremos, hasta un 100 % para un mismo nivel de troquelamiento.

Por otra parte, el procedimiento constructivo y el requisito de limitar la magnitud de los desplazamientos horizontales y verticales del suelo exigen que se coloquen un mayor número de troqueles que los estrictamente necesarios para soportar el empuje total, especialmente en excavaciones profundas: con ello se tienen varias líneas de defensa si ocurrir una redistribución de cargas que compensa las incertidumbres mencionadas, así como situaciones fortuitas (sobrecargas y vibraciones producidas por los equipos de construcción, aumento de presión de agua por rotura de tuberías y efectos sísmicos, entre otras).

Las presiones del suelo varían además con el tiempo, por lo que no pueden ser las mismas para una estructura de carácter temporal que para las condiciones finales de servicio.

Para soportar los empujes del suelo es necesario invertir presión a los troqueles, el cálculo de dicha presión se hace de la siguiente manera.

Para una precarga inicial, la precarga efectiva por contracción puede calcularse en función de la deformación neta del troquel y del desplazamiento de los muros, despreciando la contracción de la madera ("quees"), como sigue :

$$P_{ce} = \frac{(\epsilon_1 - \epsilon_t) + \frac{\epsilon_{am}}{L_m}}{\frac{L_a}{A_a E_a} + \frac{L_m}{A_m E_m}} \dots \dots \dots (1)$$

$$\epsilon_1 = F_i \left(\frac{L_a}{A_a E_a} + \frac{L_m}{A_m E_m} \right) \dots \dots \dots (2)$$

$$\epsilon_t = \Delta t \cdot \alpha \cdot L_a \dots \dots \dots (3)$$

donde :

P_{ce} = precarga efectiva, Kg.

F_i = precarga inicial, Kg.

ϵ_1 = deformación elástica debida a la precarga inicial, cm.

ϵ_t = contracción de troquel debida a la temperatura, cm.

Δe_m = desplazamiento de los muros hacia la excavacion, cm.
 e_a = coeficiente de expansion o contraccion lineal, cm.
 L_a, L_m = longitud total de cada material, cm.
 A_a, A_m = area de compresion, cm².
 E_a, E_m = modulo de elasticidad, kg/cm².
 A_t = rango de temperatura media en el troquel, grados centigrados.

En las siguientes tablas se indican los resultados obtenidos en pruebas utilizando precargas especificas de 30 v 40 Ton. asi como diferentes rangos de temperatura ambiente y desplazamientos.

At	CARGA (Ton.)			e _a (cm)	e _m (cm)
	30	40	50		
12.6	100	100	100	0.2	0.3
12.6	100	100	100	0.2	0.3
12.6	100	100	100	0.2	0.3

At	CARGA (Ton.)			e _a (cm)	e _m (cm)
	30	40	50		
12.6	100	100	100	0.2	0.3
12.6	100	100	100	0.2	0.3
12.6	100	100	100	0.2	0.3

* Precarga inicial.

La experiencia indica que en los suelos los desplazamientos de las tabiestaca son bastante mayores que los milimetricos utilizados en los calculos de las tablas anteriores (del orden de centimetros).

Cabe mencionar que la respuesta de los suelos al ser excavados es más o menos rápida, pero no necesariamente instantánea, por lo que conviene cubrir la eventualidad de que los desplazamientos hacia el interior de la excavación ocurran a menor velocidad que las deformaciones por contracción. Esto no es relevante excepto cuando se involucra la estabilidad del propio troquel, al no existir una sujeción adecuada con la tablestaca, fig. No. 3. para que no se desprenda el troquel se requiere una fuerza de compresion remanente que sea suficiente para equilibrar

su peso.

En este tipo de apoyo, cuando los troqueles son de gran longitud aparecen además giros significativos en sus extremos, que se suman a los debidos al momento por excentricidad de la reacción vertical. lo que debe considerarse al diseñarse la conexión con la tablestaca.

2.3 LOSAS

Las losas forman parte de lo que es la estructura del cajon, la cual es un conjunto de trabajos y operaciones necesarias para formar estructuras huecas de sección transversal rectangular, construidas de concreto reforzado y/o presforzado, destinadas a la circulación de los trenes del Metro, cumpliendo con lo fijado en el proyecto.

LOSA DE PISO.

- 1.- Anterior a la losa de piso se colocará una plantilla con determinadas características fijadas en el proyecto.
- 2.- Antes de colocar la plantilla y/o el mejoramiento, las grietas y oquedades que se encuentren en el lecho de roca o suelo del fondo de la excavación se rellenarán con concreto, mortero o lechada de cemento, en la forma que lo indique el proyecto.
- 3.- Las plantillas y los mejoramientos deberán colocarse en el lapso que se indique en el proyecto.
- 4.- Durante el armado de la losa de piso deberán dejarse las operaciones necesarias para continuar posteriormente con el armado y colado de los muros.

3.- El concreto que se utilizara en el colado de la losa de piso debera cumplir con lo indicado en el proyecto.

4.- El colado de la losa de piso debera ser en el lapso que fije el proyecto, una vez colocada la plantilla.

MURO ESTRUCTURAL DE ACOMPAÑAMIENTO.

1.- La construccion de los muros estructurales de acompañamiento de concreto reforzado debera realizarse de acuerdo a lo indicado en el proyecto.

2.- Se respetara el periodo fijado en el proyecto una vez colada la losa de piso.

3.- Durante el colado de los muros estructurales deberan dejarse las preparaciones necesarias para la recuperacion de los puntales, de acuerdo con lo indicado en el proyecto.

4.- Se deberan dejar las preparaciones necesarias para continuar con las etapas constructivas posteriores.

- Caracteristicas del concreto. El concreto que se utilice en el colado de los elementos estructurales del cajon debera cumplir con las caracteristicas de resistencia fijadas en el proyecto y adicionalmente con lo siguiente :

I.- El concreto debera ser premezclado y con grado de calidad "A".

II.- La elaboracion de concreto debera cumplir con lo siguiente :

El concreto empleado para fines estructurales puede ser de dos clases :

Clase 1.- Es un concreto con características especiales que proporciona mayor seguridad desde el punto de vista sísmico, es un concreto con un peso volumétrico de 2200 kg/cm³.

Clase 2.- Es un concreto con peso volumétrico superior a 1900 kg/cm³. en esta clase se considera el concreto que normalmente se ha empleado en la Cd. de México.

Requisitos de Calidad.

El concreto que se utilice en las diversas obras del Metro deberá cumplir con lo siguiente :

1.-Proporcionamiento de la Mezcla. Los ingredientes que se utilicen se mezclarán adecuadamente para obtener un concreto homogéneo y trabajable que permita una colocación adecuada y los acabados indicados en el proyecto.

a) Tamaño máximo del agregado. El tamaño máximo de los agregados será menor de 1/5 de la menor distancia horizontal entre caras de los moldes, 1/3 del espesor de las losas, o 2/3 de la separación horizontal libre mínima entre varillas, paquetes de varillas, o tensores de presfuerzo.

b) Consistencia. La cantidad de agua empleada en la producción del concreto se regulará para obtener la consistencia apropiada, debiéndose ajustar por cualquier variación en el contenido de humedad o graduación de los agregados, al penetrar a la mezcladora. No se permitirá la adición de agua para compensar la trabajabilidad del concreto antes de ser colocado.

2.- Mezclado.

a.El equipo y método empleados para la producción de concreto hecho en obra y premezclado, serán los adecuados para

obtener uniformidad en las mezclas en cuanto a consistencia, contenido de cemento, agua y demás ingredientes, con las mismas proporciones de principio a fin de cada revocitura, en el momento de descargarse.

b. Se proveera del sonido suficiente para el mezclado, transporte y colocación del concreto, a efecto de evitar al máximo posible las juntas frías.

c. La elaboración del concreto hecho en obra y premezclado deberá efectuarse con el agua de mezclado a una temperatura igual o menor de 20 C; los agregados tendrán una temperatura inferior a 30 C. La temperatura del concreto deberá estar comprendida entre 5 y 27 C, en el momento del colado.

3.- Revenimiento. El revenimiento del concreto empleado deberá ser el especificado por el proyecto y con las tolerancias indicadas. La prueba de revenimiento se efectuará en el sitio de la descarga del concreto, antes de ser colocado y consolidado. Cuando el concreto sea colocado por medio de bomba, se deberá proveer una salida en la tubería para obtener la muestra necesaria y efectuar la prueba de revenimiento a la entrada de la bomba.

TABLETAS (LOSA SUPERIOR O LOSA TAPA).

Las restricciones para estos elementos son las siguientes :

* Concreto :

a. Resistencia del concreto a compresión $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$.

b. Resistencia a compresión cuando se cortan los alambres de presfuerzo $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

c. Revenimiento máximo de 10 cm se considerará la

trabajabilidad del concreto de alta resistencia prueba .eBe.

d. Tamaño maximo del agregado grueso 1/2".

e. Porcentaje de finos 50 %.

f. Contenido de aire 6 %.

g. Recubrimiento minimo libre sera de 2cm excepto donde se indique otra dimension.

h. La soldadura sera al arco electrico y se usaran electrodos de la serie E-90.

* Acero de refuerzo :

a. $f_y = 4,000$ v $4,200$ kg/cm² en varillas del No. 2.5 o mayores.

b. En ningun caso se podra trasladar mas del 33 % del acero en una misma seccion.

c. Los traslaoes, ganchos, escuadras,etc. se trabajan de acuerdo a la fig. 4.Las varillas se rematarán rectas cuando no se indique escuadra o gancho.

* Valor de la contraflecha calculada = 0.4 cm con tolerancia de -0.5 a + 0.7 cm.

* Acero de presfuerzo :

a. Torones de $D = 1/2"$ de 7 alambres.

b. Resistencia minima a la ruptura igual a 19,000 kg

c. Preesfuerzo inicial $T_0 = 13,700$ kg por cada toron.

* Los ganchos de izaje pueden eliminarse, sustituyendolos por algún otro medio según el equipo, forma de izaje y/o montaje que se vaya a emplear, respetando siempre el mismo punto de izaje.

* La tableta tendra un acabado rugoso no menor de 3 mm.

* Los elementos prefabricados no deberán perforarse. ni

balacearse.

* En su colocación se recomienda la utilización de un balancín para el equilibrio de la pieza y esta no se dañe.

* El apoyo mínimo que tendrá sobre los muros será de 200 mm o la que fije el proyecto.

* Deberá respetarse el tiempo de colocación que determine el proyecto.

RELLENOS.

Se designará como relleno al material terreo que se colocará sobre la losa de techo del cajón subterráneo, con objeto de alcanzar la elevación de la línea subrasante de los pavimentos o a los niveles señalados en el proyecto.

Materiales.

Los materiales que se empleen para formar los rellenos deberán cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

a) El material utilizado para la formación de los rellenos no debe contener troncos, ramas, raíces y en general estará libre de toda materia orgánica; no contendrá cascajo, fragmentos de materiales extraños, ni piedras mayores de 70 mm de tamaño medio, cuando se emplee sobre el cajón subterráneo.

b) El material predominante deberá ser areno-limoso (tepetate).

c) La contracción lineal máxima admisible será de 3 % y el límite líquido máximo del material del 50 %.

d) El valor relativo de soporte deberá ser como mínimo de 10%.

e) El porcentaje máximo de partículas que pasen por la malla de 0.75 mm. no deberá ser mayor de 20 % en los materiales que se empleen sobre el cajón subterráneo.

Requisitos de ejecución.

El proyecto determinará si las operaciones de relleno deberán ejecutarse en forma manual o con maquinaria o con una combinación de ambas. Cuando se utilice maquinaria, deberá ser previamente autorizada.

El equipo que se emplee para la formación y compactación de las capas de relleno sobre la losa de techo del cajón subterráneo, deberá cumplir con los requisitos siguientes :

a) Se podrá emplear cualquier equipo manual para la compactación, pero deberá lograrse el peso volumétrico seco máximo especificado.

b) El equipo autopropulsado que se emplee para el acomodo y compactación del material podrá ser de rueda neumática o metálica, o a base de orugas, pero en ningún caso deberá producir sobre la losa de techo, una presión mayor de 3 Ton/m², tomando en cuenta el peso de equipo y el peso de material de la primera capa.

c) Se deberá contar con el equipo suficiente y necesario para compactar las zonas donde no pueda pasar el equipo voluminoso empleado para la compactación general, por ejemplo en las orillas.

d) Se podrá utilizar equipo vibratorio autopropulsado después de haber construido la segunda capa de relleno, y su peso no deberá ser mayor de 2000 kg.

El relleno sobre el cajon subterraneo debera efectuarse despues de que el concreto empleado en la losa de techo haya alcanzado su resistencia de proyecto, a los 14 o 15 dias de edad, dependiendo del tipo de cemento empleado en la elaboracion del concreto.

El tendido del material se realizara con un equipo capaz de garantizar una buena incorporacion, al material terreo, del agua requerida para alcanzar la humedad optima.

Los rellenos deberan efectuarse con los grados de compactacion y los espesores de cada capa indicada en el proyecto.

a) Primera capa. La primera capa que se forme directamente sobre las trabes que techaran al cajon subterraneo tendra un espesor compactado no menor de 30 cm y debera alcanzar un grado de compactacion de 90 % cuando el espesor total de relleno sea de 3 m o menor. Salvo indicacion en contrario, podran admitirse espesores de primera capa mayores de 30 cm y hasta de 60 cm, cuando la profundidad o espesor total del relleno sea hasta de 8 m, el cual debera alcanzar un grado de compactacion minimo de 85%.

b) Despues de la primera capa, los rellenos deberan hacerse por capas con espesor compactado no mayores de 30 cm; en cada capa debera alcanzarse por lo menos el 90 % de grado de compactacion del material. Cuando el relleno total tenga alturas mayores de 3 m podran admitirse capas con espesores de mas de 30 cm y grado de compactacion minimo de 85 %, que variara segun se indique en el proyecto.

c) La ultima capa de los rellenos sobre los que se reconstruiran los pavimentos, debera ser compactada al 95 % y el espesor de la capa compactada sera de 30 cm.

ALTERNATIVAS PARA LOS RELLENOS DE DIFERENTES PESOS VOLUMETRICOS.

Salvo indicacion en contrario, para obtener un relleno con un peso volumetrico de 2 Ton/m² sobre la losa de techo del cajón subterraneo, se podrá colocar una primera parte de relleno que consistira en concreto pobre de 1.2 Ton/m³ de peso volumetrico y el resto con material areno-limoso compactado, cuyo peso volumetrico humedo puede escogerse entre 1.5 y 1.7 Ton/m³.

- Cuando se empiece este tipo de relleno mixto, conviene respetar los espesores de relleno que se indican en la tabla A.

Muestreo de los Materiales.

Se deberá llevar un control de calidad de los materiales para lo cual se deberá respetar lo siguiente :

a) La frecuencia con que se realicen estos muestreos dependera del cambio de homogeneidad que se observe en el material del frente de explotación del banco.

b) Se requerirá de un mínimo de tres determinaciones del grado de compactación y del espesor de la capa compactada, por cada 150 m² o fracción de capa tendida y compactada.

PAVIMENTOS.

Una vez "rellenado" el cajón se procede a la colocación de pavimentos para lo cual se deben tomar en cuenta las siguientes restricciones.

A) Capa Sub - Rasante.

El material a utilizarse para conformar la capa sub-rasante deberá cumplir con las siguientes características :

Tamaño de partículas.	7.6 cm (3")
Porcentaje que pasa la malla No. 200	35 %
Límité líquido.	Igual o menor que 50 %
Límité plástico	Igual o menor que 25 %
Expansión	3 % Máximo
V.R.S.	15 % Mínimo

El V.R.S deberá medirse sobre especímenes compactados dinámicamente al 100 % del peso volumétrico seco máximo con respecto a la norma antes mencionada.

B) Capa de sub-base.

En lo que respecta a este rubro se debe apegar a lo establecido para el P.V.S.M., para lo cual la curva granulométrica deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el límite superior de la zona 3 de las curvas mostradas en la fig. No. 5 el porcentaje del material que pasa la malla No. 200 no deberá ser mayor de 25 % ; la relación entre el porcentaje que pasa la malla No. 200 y el porcentaje del material que pasa la malla No. 40 no deberá ser mayor de sesenta y cinco centésimos (0.65).

En relación con el límite líquido, valor relativo de soporte, equivalente de arena, contracción lineal y valor cementante deberá satisfacer los valores indicados en la fig. No. 5.

C) Capa de base.

La curva granulométrica del material deberá quedar comprendida entre los límites inferior de la zona 1 y superior de la zona 2 mostradas en la fig. No. 6, y preferentemente adoptar una forma semejante a las curvas que limitan dicha área. La relación del porcentaje en peso que pasa la malla No. 200 al que pasa la malla No. 40 deberá ser menor de 0.65. El porcentaje en peso que pasa la malla No. 200 deberá ser igual o menor que 15 %.

El tamaño máximo de las partículas será de 50.8 mm (2").

En relación con el límite líquido, V.R.S., equivalente de arena, y valor cementante deberá satisfacer los valores indicados en la fig. No. 6.

Si el material representa un equivalente de arena superior al 50 % y su curva granulométrica se desarrolla en la zona 1 se excusará la ejecución de las otras pruebas de límites y de V.R.S.

El V.R.S. deberá medirse sobre especímenes compactados dinámicamente al 100 % de su P.V.S.M. con respecto a la norma AASHTO T180 - 74.

D) Carpeta de Concreto Asfáltico.

La curva granulométrica del material pétreo deberá cumplir con los límites indicados en la franja que se muestra en la fig. No. 7, con las tolerancias que se muestran en la tabla ubicada en la parte inferior de la misma.

**REQUISITOS DE CALIDAD EN LOS MATERIALES PETREOS
PARA CONCRETO ASFALTICO.**

Los materiales petreos que se utilicen para la elaboración del concreto asfaltico deberán cumplir como minimo con las siguientes especificaciones de calidad :

- 1.- La contracción lineal será menor de 2 % .
- 2.- El desgaste en prueba "Los Angeles" será menor de 40 % .
- 3.- Las particulas que tengan forma alargada o de laja no excederá de 35 % del total.
- 4.- El equivalente de arena será mayor de 55 % .
- 5.- En lo que respecta a la afinidad del material petreo con el asfalto usado, se deberán cumplir satisfactoriamente dos de las tres especificaciones :
 - 5.1. El desprendimiento por fricción no excedera de 25 % .
 - 5.2. El cubrimiento por asfalto determinado por el metodo ingles no será menor de 90 % .
 - 5.3. La perdida de estabilidad por inmersión en agua, no será mayor de 25 % .

El concreto asfaltico que se utilice en la construcción de la carpeta deberá cumplir con los siguientes requisitos, determinados por el metodo marshall en especimenes compactados con 75 golpes por cara.

- | | |
|------------------|-----------------|
| 1.- Estabilidad. | 700 kg. Mínima. |
| 2.- Flujo. | 2 a 4 mm. |

3.- Porcentaje de vacíos en la
mezcla, respecto al volumen
del espécimen : 3 a 5

4.- Porcentaje de vacíos en el
agregado mineral (VAM) respecto
al volumen del espécimen de mezcla : 12 Mínimo.

PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD Y TOLERANCIA EN LA CONSTRUCCION.

Durante la construcción de los pavimentos deberán efectuarse las pruebas de control de calidad que en número mínimo se indican en la fig. No. 8. Mediante estas pruebas se constatará que se cumplen las especificaciones de calidad, también deberán llevarse a cabo mediciones de espesores de capas y nivelaciones, para verificar que la geometría obtenida en el pavimento está dentro de las tolerancias.

De no cumplirse con los requisitos de calidad y/o de tolerancia geométricas, la capa o capas defectuosas deberán ser repuestas con cargo al contratista.

A) Pruebas en Material de Bancos de Prestamo.

Se deberán efectuar periódicamente muestreos del material de los bancos de préstamo. Con las muestras colectadas se llevarán a cabo las pruebas de laboratorio necesarias para determinar las propiedades indicadas anteriormente para los materiales de las distintas capas y constatar que se satisfacen las restricciones establecidas.

La frecuencia con que se realicen estos muestreos dependerá

del cambio de homogeneidad que se observe en el material del frente de explotación en el banco, a juicio de la dirección de obra, sin embargo, deberá efectuarse como mínimo una serie de pruebas por semana.

B) Mediciones en Sub - Base y Base Compactadas.

Para dar por terminada la construcción de la sub-base y base se verificarán el perfil, compactación, espesor, acabado y deberán satisfacerse las siguientes tolerancias :

1.- La profundidad máxima de las depresiones observadas colocando una regla de 3 m de longitud, paralela y normalmente al eje será de 1.5 cm.

2.- En los puntos de verificación de espesores por sondeo y nivelación, situados como se indica en la fig. No. 8. Los espesores medidos deberán cumplir con las siguientes restricciones :

Para la Sub - Base y Base :

$$\frac{(e_1 - e)^2 + (e_2 - e)^2 + \dots + (e_n - e)^2}{n} < 0.12 e$$

y $e_r - e < 0.2 e$

En el 90% de las mediciones realizadas como mínimo.

En donde :

e = Espesor de proyecto.

e_1, e_2, \dots, e_n y e_r = Espesores reales encontrados al efectuar los sondeos y nivelaciones.

$$e = \frac{e_1 + e_2 + \dots + e_n}{n} = \text{Espesor real promedio}$$

correspondiente a todos los puntos de prueba.

n = Numero de verificaciones del espesor.

Se nivelara la corona de la subrasante terminada en cada una de las secciones transversales indicadas en la fig. No. 8. empleando un nivel fijo. Una vez terminada la sub - base o la base segun sea el caso. se volveran a nivelar los mismos puntos. A partir de las cotas de ambas nivelaciones se obtendran los espesores de la sub - base y base compactada.

3.- La distribucion de los sitios donde se llevan a cabo los sondeos para las verificaciones simultaneas de compactacion y de espesor en capas. debera ser la indicada en la fig. No. 8.

La compactacion medida en los sondeos efectuados no debera ser menor que la especificada para cada capa.

Se tomara en cuenta las siguientes precauciones al efectuar los sondeos de verificacion :

a.- No debera dañarse la parte contigua a los sondeos.

b.- Despues de la medicion de compactacion y de espesor se debera rellenar el hueco en cada uno de los sondeos usando el mismo tipo de material y se debera enrasar y compactar hasta la superficie original de la sub-base o base.

C) Pruebas en la Carpeta de Concreto Asfaltico.

1.- Para que pueda considerarse adecuado el tendido y compactacion de la carpeta asfaltica se deberan cumplir los siguientes requisito :

a.- El contenido de asfalto en el material tendido podra variar como maximo en un 5.0 % del optimo en peso con respecto al dosificado en la planta de elaboracion.

b.- El contenido de agua libre no será mayor de 1 % del peso de concreto asfáltico.

c.- La mezcla no contendrá solventes.

2.- La mezcla asfáltica usada para la carpeta una vez tendida y compactada deberá tener un valor de permeabilidad menor de 10 %. La distribución de los puntos en donde se deberán efectuar las pruebas de permeabilidad se muestran en la fig. No. 8. Las pruebas deberán efectuarse después de que la carpeta se haya terminado de construir.

3.- Para dar por terminada la construcción de la carpeta asfáltica se verificará el alineamiento, el perfil, la sección, la compactación, el acabado y el espesor, para constatar que son acordes con el proyecto y que cumplan las siguientes tolerancias:

a.- La profundidad de las depresiones observadas colocando una regla de 3 m de longitud paralela y normal al eje de la vialidad, será de 0.5 cm como máximo.

b.- En los sondeos para la verificación de espesor y en los puntos donde se realicen las nivelaciones para determinar espesores, los cuales deberán situarse con la distribución que se indica en la fig. No. 8, los espesores medidos de la carpeta deberán cumplir las siguientes restricciones :

$$\frac{(e_1 - e)^2 + (e_2 - e)^2 + \dots + (e_n - e)^2}{n} < 0.11 e$$

$$v \quad e_r - e < 0.2 e$$

En el 95 % de los casos como mínimo.

donde :

e = Espesor de proyecto.

e_1, e_2, \dots, e_n = Espesores reales medidos en los sondeos
v nivelaciones.

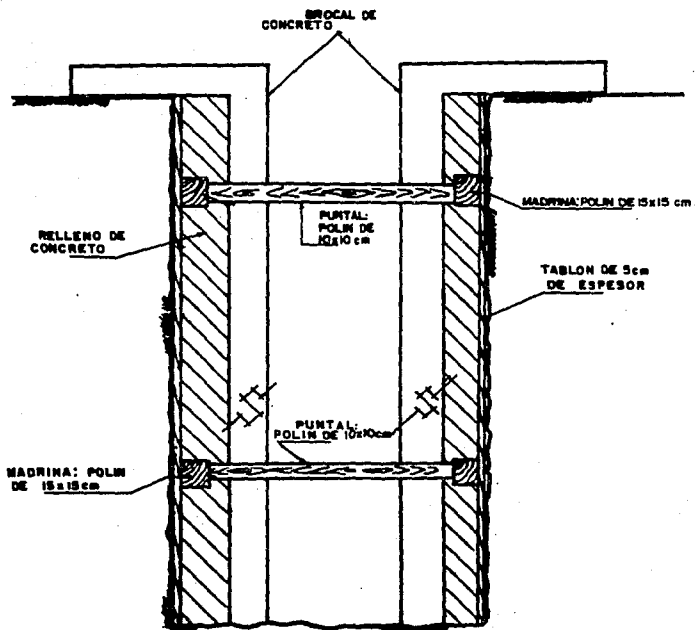
$$e = \frac{e_1 + e_2 + \dots + e_n}{n} = \text{Espesor real promedio}$$

correspondiente a todos los
puntos de medición.

n = Número de mediciones del espesor real,
hechas en un tramo de un kilómetro de
largo o menor.

En las nivelaciones para obtener espesores de la carpeta, se nivelará la superficie terminada de dicha carpeta en las secciones transversales indicadas en la fig. No. 8, coincidiendo con los puntos en que se nivela la capa de base. Dicho espesor se obtendrá de la diferencia de cotas entre las dos nivelaciones mencionadas, las cuales deberán ser cerradas y verificadas.

Al efectuar los sondeos para la verificación simultánea de compactación y espesor de la carpeta, no deberá dañarse la parte contigua a los sondeos; el hueco formado deberá rellenarse una vez efectuadas las mediciones, empleando el concreto asfáltico con que se construyó la carpeta, compactándolo y enrasándolo con la superficie original.



Brocales colados en el lugar

figura 1

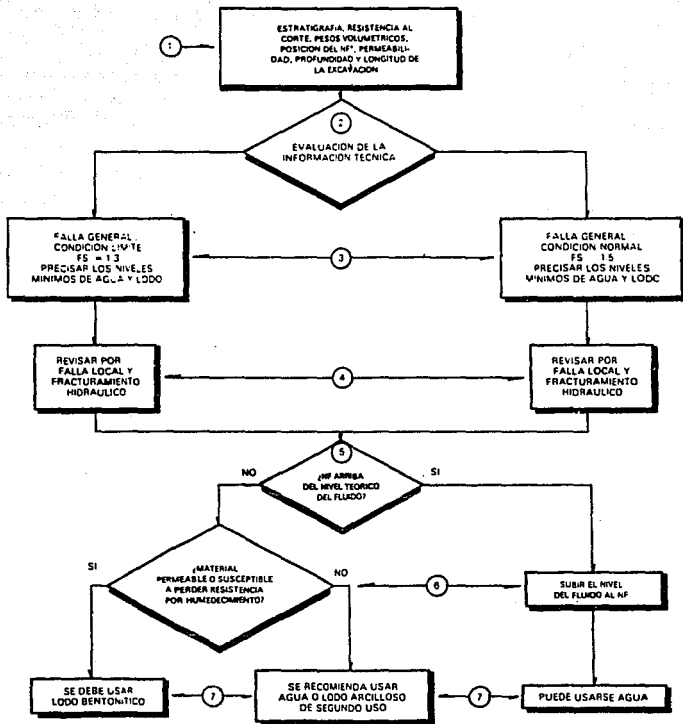


figura 2

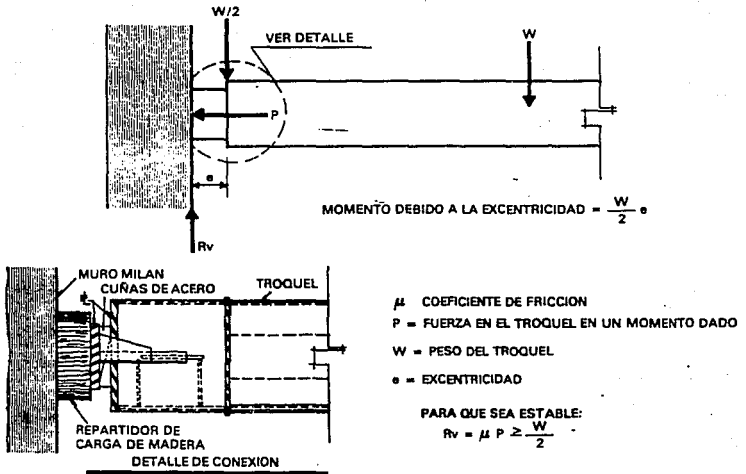


figura 3

140

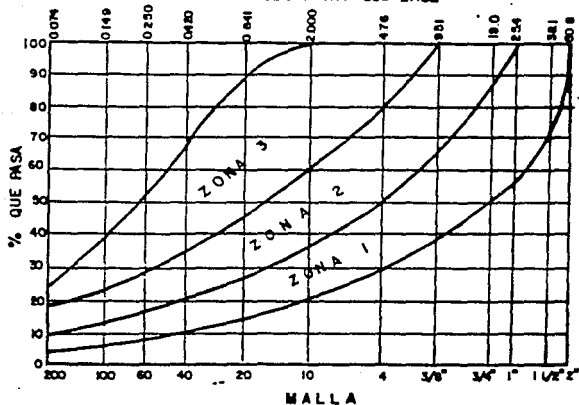
140

DETALLES DEL REFUERZO							
REFUERZO	#	r	a	b	c	e	
						f'c=150	f'c=200
	2.5	5	5	15	15	40	40
	3	6	6	18	20	45	45
	4	8	8	20	25	60	60
	5	10	10	25	30	75	75
	6	12	12	33	40	110	95
	8	16	20	45	50	-	-
	10	21	30	65	70	-	-
	12	25	40	85	90	-	-

si en una sección se empalma más de la 3a. parte del refuerzo las longitudes del traslape aumentaran en un 50%

Figura 4

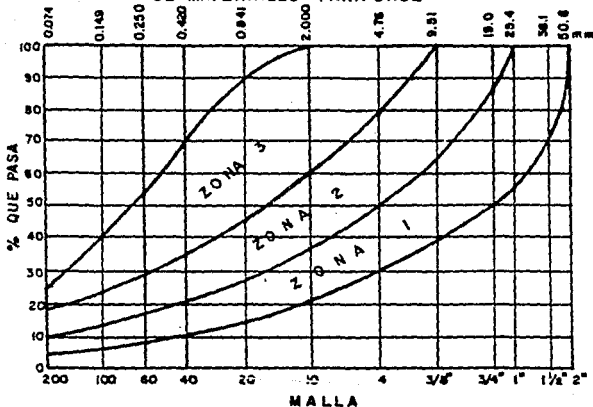
GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA
DE MATERIALES PARA SUB-BASE



CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS PARA EL MATERIAL DE SUB-BASE	
LIMITE LIQUIDO (%)	30 MAXIMO
VALOR RELATIVO DE SOPORTE (%)	.80 MINIMO
EQUIVALENTE DE ARENA (%)	30 MINIMO
CONTRACCION LINEAL (%)	6 MAXIMO
VALOR CONSTANTE (kg/cm ²)	3.5 MINIMO

7-5
figura 5

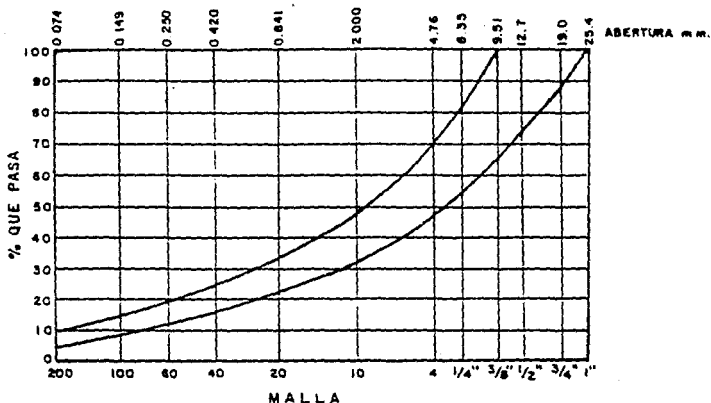
GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA
DE MATERIALES PARA BASE



CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS PARA EL MATERIAL DE BASE	
LIMITE LIQUIDO (%)	25 MAXIMO
VALOR RELATIVO DE SOPORTE (%)	100 MINIMO
EQUIVALENTE DE ARENA (%)	40 MINIMO
VALOR CEMENTANTE (kg/cm^2)	3.5 MINIMO

figura 6

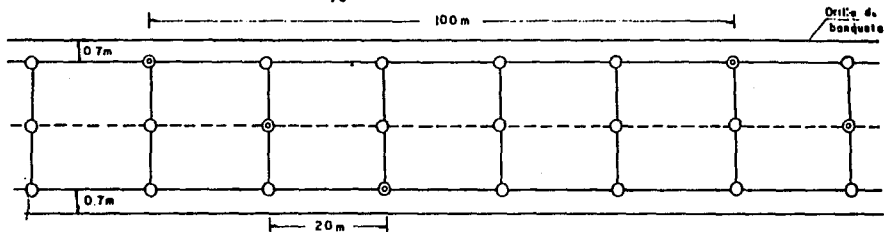
GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA
DE MATERIALES PARA CARPETA



TAMANO DEL MATERIAL PETREO		TOLERANCIA EN PORCENTO EN PESO DEL MATERIAL - PETREO.
CORRESPONDIENTE AL TAMANO MAXIMO.	RETENIDO EN LA MALLA	
	4.76 MM. (NUM. 4).	+ 5
- 4.76 MM. (NUM. 4).	2 MM. (NUM. 10)	+ 4
2 MM. (NUM. 10)	0.42 MM. (NUM. 40)	± 3
0.42 MM. (NUM. 40)	0.074 MM. (NUM. 200)	+ 1
0.074 MM. (NUM. 200)	- - - -	+ 1

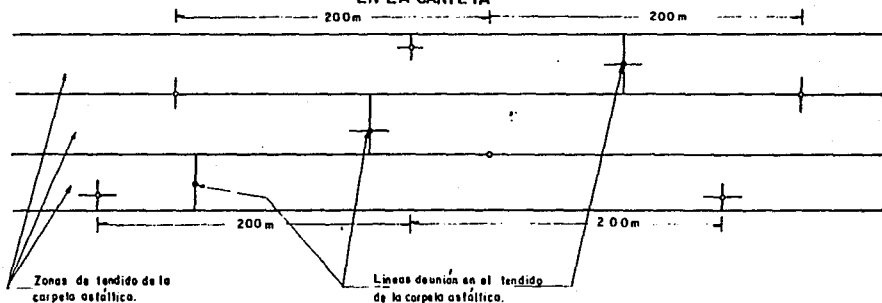
figura 7

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



- ⊙ PUNTOS DE SONDEO Y NIVELACION
- PUNTOS DE NIVELACION

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



- ⊕ SITIOS PARA PRUEBA DE PERMEABILIDAD
- ⊙ SITIOS PARA SONDEOS DE COMPACTACION Y ESPESOR

CAPITULO III
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

3.1 PROGRAMA DE OBRA

Para efecto de solucionar el trafico terrestre de vehiculos automotores, peatonal y de vias importantes sin que estas sufran modificaciones con la futura circulacion del transporte colectivo "METRO", se determino la construccion del cajon subterraneo, el cual nos garantizara un sin número de beneficios como son : trafico fluido, desvios innecesarios de arterias importantes etc.. sin alterar el esquema urbano.

Un aspecto prioritario de esta obra es programar los materiales, mano de obra, equipo y actividades a desarrollar en la ejecucion de la misma. Esta programacion debe considerar que al estar construyendo no se debe alterar en lo mas minimo posible los desvios vehiculares innecesarios, trafico vehicular lento, etc.

Generalmente para poder programar eficientemente, requerimos de ciertos datos para poder lograrlo, algunos de ellos y quizas los más importantes dentro de este tipo de obra son :

- Proyecto de trazo.
- Tabla de longitud de la linea.
- Información del procedimiento constructivo.
- Perfil estratigráfico para la cuantificación general de volumen.
- Proyecto general de afectaciones.
- Levantamiento de interferencias.
- Proyecto de desvio de obras hidraulicas.

Con estos elementos a la mano, se está en posibilidades de elaborar un primer programa preliminar que marque en primera instancia, los tramos críticos por condiciones de longitud, afectaciones, interferencias, obras hidráulicas, etc.

Conviene mencionar, que en paralelo con el estudio previo y con la programación subsecuente, se determinará la ubicación de las instalaciones para el personal técnico así como los almacenes y patios tanto de materiales como de maquinaria.

La ubicación de casetas y áreas abiertas para las instalaciones, no es una tarea fácil de realizar: lo poblado de la ciudad y lo delicado del caso, dificultan esta labor, es por ello que sea posible que la ubicación no sea lo estratégico que conviene y sea necesario establecer quizá hasta fraccionados (Dpto. técnico por un lado, administrativo en otro, etc.), adecuados a la existencia de predios y áreas disponibles para ello.

Se deben conjuntar las zonas autorizadas por el cliente y pensar en una conveniente distribución que ofrezca las garantías de seguridad y control tanto del personal como de la obra en sí.

Una vez ubicados, se continuará con la labor de programación y consecuentemente el inicio de la obra.

Es conveniente reiterar que para la magnitud de este tipo de obra la programación inicial no va a ser la definitiva, es por eso que se le llama programación preliminar, esto suena lógico ya que no se podría cumplir acertadamente dicho programa, y la causa no es por apatía, sino que conforme avanza la obra existen infinidad de variantes (cambios en el proyecto, necesidades de un tramo con respecto a otro, etc.), las cuales generan reprogramaciones. Por otro lado aunque no se cumpla el programa preliminar este va a ser de gran ayuda, ya que sobre dicho programa se harán las modificaciones que surjan en desarrollo de la obra.

A continuación se enlistan los conceptos que integran a la mano de obra, maquinaria y materiales para cada actividad de la obra.

Relación de conceptos de obra por ejecutar :

1.- Trazo y nivelación.

2.- Brocales (ml).

- 2.1. Excavación. (M3)
- 2.2. Acero de refuerzo. (Kg)
- 2.3. Cimbra. (M2)
- 2.4. Concreto. (M3)

3.- Muro Milan (Pza.)

- 3.1. Fabricación de lodo bentonítico. (M3)
- 3.2. Habilitado de acero de refuerzo. (Kg)
- 3.3. Excavación. (M3)
- 3.4. Colocación de acero de refuerzo. (Kg)
- 3.5. Concreto. (M3)

4.- Excavación de núcleo (Etapas de 8 m).

- 4.1. Bombeo. (M3)
- 4.2. Excavación. (M3)
- 4.3. Troquelamiento. (Pza.)
- 4.4. Afine de taludes. (Lote)
- 4.5. Plantilla. (M3)

5.- Losa de fondo. (Etapas de 8 m).

- 5.1. Acero de refuerzo. (M3)
- 5.2. Cimbra. (M2)
- 5.3. Concreto. (M3)

6.- Muros estructurales (Etapas de 6 m).

- 6.1. Acero de refuerzo. (Kg)
- 6.2. Cimbra deslizante. (Tablero)
- 6.3. Concreto. (M3)

Considerando a manera de ejemplo un muro milan de 6 m de longitud, tendremos las siguientes relaciones.

Relacion de materiales por concepto.

1.- Trazo y Nivelacion.

Cantidad Unidad

2.- Brocales (ml).

2.1. Excavacion.	17.10	m3
2.2. Acero de refuerzo.		
Var. No. 3	240.56	kg
2.3. Cimbra. (Considerando 2.000 ml para 32 usos).		
Triplav.	24.00	Pza.
Barrote.	60.00	Pza.
Polin.	30.00	Pza.
2.4. Concreto.		
Fc = 150 kg/cm2	6.96	m3
Concreto.	14.00	LFB.

3.- Muro Milan (Pza de 6 m).

3.1. Fabricación de lodo bentonitico.		
Bentonita.	4,752.00	kg.
3.2. Habilitado de Acero de refuerzo.		
Var. No. 6	1,852.00	kg.
Var. No. 5	678.00	kg.
Var. No. 4	282.00	kg.
	<hr/>	
suma :	2,812.00	kg.

3.3. Excavacion.		63.56	
Colocacion lodo bentonitico.	47.520.00		Lto.
Colocacion Juntas de Colado.	4.00		Pza.
Banda de P.V.C.	32.00		mi.
3.4. Colocación acero de refuerzo.	2.812.00		kg.
3.5. Concreto.			
Fc = 150 kg/cm2	63.56		m3
4.- Excavación de nucleo (Etapas de 6 m).			
4.1. Bombeo.	267.54		m3
4.2. Excavacion.	267.54		m3
4.3. Troqueamiento.			
Troqueies	24.00		Pza.
Ñuesos	48.00		Pza.
Estrados	144.00		mi.
4.4. Afine de taludes.	90.72		m2
4.5. Plantilla.			
Concreto Fc=150 kg/cm2	10.92		m3
5.- Losa de fondo (Etapas de 6 m).			
5.1. Acero de refuerzo.			
Var. No. 6	1,094.70		kg.
Var. No. 5	61.74		kg.
Var. No. 4	382.44		kg.

suma :	1,993.20		kg.
Tubo dren P.V.C. 8"	12.00		mi.
5.2. Cimbra.			
Polin.	30.00		ft-tab.
Tablon.	20.00		ft-tab.
Banda P.V.C.	21.10		mi.
5.3. Concreto.			
Fc = 200 kg/cm2	31.39		m3
Curacreto.	12.00		Lto.

6.- Muros Estructurales (Etapas de 6 m).

6.1. Acero de refuerzo.

var. No. 3	1.904.70	kg.
var. No. 4	575.66	kg.

suma :	2.478.36	kg.

6.2. Cimbra deslizante

Armadura.	120.00	kg.
Tricolav.	1.20	Hojas.
Earniz.	80.00	Lto.
Tuberia 4" (Troquelamiento)	12.00	Pza.

6.3. Concreto.

Fc = 250 kg/cm2	39.48	m3.
Concreto.	14.00	Lto.

Relación de Mano de Obra.

1.- Trazo y nivelacion.

1.1. Trazo.

Topografos	2.00
Auxiliares Topografos	2.00
Cadeneros	6.00

2.- Brocales.

2.1. Excavacion.

Sobrestante	0.125
Cabo	0.25
Of. Albañil	2.00
Of. Perforista	2.00
Avudante Gral.	4.00
Op. Maquinaria Mayor	0.33

2.2. Acero de refuerzo.

Sobrestante	0.25
Cabo	0.50
Of. Fierrero	2.00

Ayudante Gral.	2.00
2.3. Cimbra.	
Sobrestante	0.50
Cabo	1.00
Of. Carpintero	2.00
Ayudante Gral.	2.00
2.4. Concreto.	
Sobrestante	0.125
Cabo	0.25
Of. albañil	2.00
Vibradorista	1.33
Ayudante Gral.	4.00
3.- Muro Milan.	
3.1. Fabricación de Lodo Bentonítico.	
Op. Maquinaria Mayor	2.00
Op. Maquinaria Menor	2.00
Ayudante Gral.	4.00
Op. vehiculo (Pipa)	2.00
3.2. Habilitado Acero de Refuerzo.	
Sobrestante	0.25
Cabo	0.50
Of. Fierrero	6.00
Ayudante Gral.	6.00
Of. Soldador	2.00
3.3. Excavación.	
Sobrestante	0.125
Cabo	0.25
Op. Maquinaria Mayor	1.00
Op. vehiculo (Pipa)	2.00
Of. Albañil	2.00
Ayudante Gral.	4.00
3.4. Colocación Acero de Refuerzo.	
Sobrestante	0.33

Cabo	0.67
Op. Maquinaria Mayor	0.66
Of. Maniobrista	2.00
Ayudante Gral.	1.33

3.5. Concreto.

Sobrestante	0.125
Cabo	0.25
Of. Albañil	2.00
Ayudante Gral.	4.00
Op. Maquinaria Menor.	2.00

4.- Excavación de NUCLEO.

4.1. Bombeo.

Op. Sistema	2.00
-------------	------

4.2. Excavacion.

Op. Maquinaria Mayor	1.00
Sobrestante	0.125
Cabo	0.25
Of. Albañil	2.00
Ayudante Gral.	4.00

4.3. Troquelamiento.

Sobrestante	0.33
Op. Maquinaria Mayor	0.67
Of. Maniobrista	2.66
Ayudante Gral.	1.33
Of. Soldador	4.00
Perforista	4.00

4.4. Afine de talúd y plantilla.

Sobrestante	0.125
Cabo	0.25
Of. Albañil	4.00
Ayudante Gral.	6.00

5.- Losa de Fondo.

5.1. Acero de refuerzo.

Sobrestante	0.25
Cabo	0.50
Of. Fierro	6.00
Avuante Gral.	6.00
5.2. Cimbra.	
Sobrestante	0.50
Cabo	1.00
Of. Carpintero	4.00
Avuante Gral.	4.00
5.3. Concreto.	
Sobrestante	0.125
Cabo	0.25
Of. Alcañil	4.00
Avuante Gral.	4.00
Vibradorista	1.33

6.- Muro Estructural.

6.1. Acero de Refuerzo.	
Sobrestante	0.25
Cabo	0.50
Of. Fierro	2.00
Avuante Gral.	2.00
6.2. Cimbra Deslizante.	
Sobrestante	0.33
Op. Maquinaria Mayor	0.66
Of. Perforista	2.00
Of. Soldador	2.00
Cabo	0.67
Maniobra	2.66
Of. Carpintero	4.00
Avuante Gral.	1.33
6.3. Concreto.	
Sobrestante	0.125
Cabo	0.25
Of. Alcañil	4.00
Avuante Gral.	4.00
Vibradorista	1.33

Relación de Equipo por Concepto.

1.- Trazo y Nivelación.

1.1. Equipo de Topografía.

Transito	2.00
Nivel	2.00
Estadal	2.00
Plomadas	3.00
Cintas	3.00

2.- Brocales.

2.1. Excavación

(Herramienta Palas, picos, etc.) Pza.

2.2. Acero de refuerzo

Cortadora 0.25 Pza.

2.3. Cimbras

Sierra mecanica 0.33 Pza.

2.4. Concreto

Vibradores 2.00 Pzas.

Aspersores 1.00 Pza.

3.- Muro Milan.

3.1. Fabricación de Lodo Bentonítico.

Pipa de 6 m3 2.00 Pza.

Toiva con Mezcladora o

bacha de 3 motores de

alta velocidad 1.00 Pza.

Bomba Jaguar 1.00 Pza.

Valvulas y Tubería 1.00 Lote.

Tanques de Almacenamiento. 6.00 Pzas.

Plataforma para vaciado

de bentonita 1.00 Pza.

3.2. Habilitado de acero de refuerzo.

Cortadora 0.25 Pza.

Dobladora 0.25 Pza.

Equipo de corte	0.50	Pza.
Herramienta Menor	1.00	Lota.
3.3. Excavacion.		
Draga LS - 108	1.00	Pza.
Cargador Frontal	0.33	Pza.
Equipo Guiado (Casa Grande)	1.00	Pza.
Pipa de 6 m3	2.00	Pza.
Bomba para Lodos	1.00	Pza.
Sonda o "Pescado"	1.00	Pza.
3.4. Colado de Muro Milan.		
Grúa Pettibone	1.00	Pza.
Malacate	2.00	Pza.
Marcos Metalicos	2.00	Jgo.
Tubería Tremi	3.00	Jgo.
Tolvas	2.00	Jgo.

4.- Excavación de Nucleo.

4.1. Bombeo (Abatimiento Freático)		
Planta de Bombeo		Sistema.
4.2. Excavación.		
Draga LS - 108	1.00	Pza.
Cargador Frontal	0.33	Pza.
Almeja de 1 ó 1/4 y de 3 Yd3	1.00	Pza.
Bomba Electrica	1.00	Pza.
4.3. Troquelamiento.		
Motogrúa	0.50	Pza.
Compresor	0.33	Pza.
Rompedoras	2.00	Pza.
Equipo de Soldadura Electrica	2.00	Pza.
Gatos Hidraulicos	2.00	Pzas.
4.4. Afine de taludes		
Draga (Extracción de Material)	0.25	Pza.
Almeja	1.00	Pza.
4.5. Plantilla.		
Trompa de Elefante	1.00	Pza.
Canalón o similar	2.00	Pza.

5.- Colado de Losa de Fondo.

5.1. Acero de Refuerzo.

Cortadora	0.25	Pza.
Dobladora	0.25	Pza.
Equipo de Corte	0.20	Pza.

5.2. Cimra

5.3. Colocacion de Concreto

vibrador	2.00	Pza.
Canalones o Trompa de Elefante	1.00	Jgo.
Tolva	1.00	Pza.
Aspersores	2.00	Pzas.

6.- Muros Estructurales.

6.1. Acero de refuerzo.

Cortadora	0.25	Pza.
Dobladora	0.25	Pza.
Equipo de Corte	0.60	Pza.

6.2. Cimbra Deslizante

Grúa Hidraulica		
Autopropulsada	0.50	Pza.
Compresor	0.25	Pza.
Pistolas	2.00	Pza.
Equipo de Soldadura Electrica	1.00	Pza.
Equipo de Corte	0.60	Pza.

6.3. Colado de Muros.

Vibradores	1.00	Pza.
Tolva y trompa de Elefante	1.00	Jgo.
Aspersores	1.00	Jgo.

Generalmente para poder elaborar un programa de obra necesitamos ademas de los datos anteriores, el rendimiento de las actividades, para así poder determinar la duración de las actividades y elaborar los calendarios de programación.

Considerando los datos anteriores tenemos la siguiente tabla de rendimientos por actividad.

CONCEPTO	UNIDAD	VOLUMEN	LONGITUD	RENDIMIENTO
(UNIDAD / TURNO)				

- BROCALES	ML	2,000.00	2,000.00	10.00
Excavación.	M3	2,850.00		
Acero de Refuerzo.	KG	39,932.00		
Concreto.	M3	1,160.00		
MURD MILAN	PZA	332.00	2,000.00	4.00
Excavación.	M3	8,545.26		
Acero de Refuerzo.	KG	466,792.00		
Concreto.	M3	10,517.00		
BOMBEO	M	65,520.00	1,000.00	4.00
Instalación.	PZA	125.00		
(Pozos)				
EXCAVACION DE NUCLEO	M3	65,520.00	1,000.00	412.56
Excavación.	M3	412.56		(6m)
(Etapas 6+9.55)				
Plantilla Fc = 100	M3	1,820.00		
LOSA DE FONDO	M		1,000.00	6.00
Acero.	KG	332,200.00		
Concreto.	M3	5,232.50		
MURD ESTRUCTURAL	M		2,000.00	6.00
Acero.	KG	413,060.00		
Concreto.	M3	6,580.00		

3.2 DESARROLLO DE LA OBRA

3.2.1 OBRAS INDUCIDAS.

EXTRACCION Y TAPONAMIENTO DE TUBERIAS QUE INTERFIERAN CON LA OBRA PRINCIPAL.

Con el fin de eliminar la interferencia que causan las tuberías que se encuentran fuera de servicio tanto de agua potable como colectores y atarjeas en la construcción del muro tablaestaca, será necesario que dicha tubería se extraiga y taponée, de acuerdo con los siguientes lineamientos:

A) Las tuberías que se encuentren a 1.50 m de profundidad se extraerán y taponarán mediante una excavación a cielo abierto entre paredes verticales.

Se extraera el tramo de tubería que quede comprendido dentro de la zanja, figuras No. 1 y 2 los casos generales, el taponamiento y relleno de la zanja se realizará conforme a lo indicado en los incisos E y F.

B) Las tuberías que se encuentren entre 1.50 m y 3.00 m de profundidad, se extraerán y taponarán mediante una excavación a cielo abierto entre taludes 0.50 : 1.00 (Horizontal a Vertical).

Se deberá tener en cuenta que el talúd derramado por la excavación no se interrumpa por algún obstáculo como construcciones o vialidades importantes, en su caso la excavación se realizara entre una estructura de contención a base de polines y tablonés de acuerdo con lo indicado en el inciso C.

Las dimensiones de las zanjas para extracción y taponamiento de tuberías se muestran en las figs. 1 y 2 de manera esquemática.

Se extraera el tramo de tubería comprendido dentro de la zanja, el taponamiento y relleno se realizará de acuerdo con lo indicado en los incisos E y F.

C) Las tuberías que se encuentren fuera de servicio a una profundidad entre 1.50 m y 3.00 m. de 76 cm de diámetro máximo y que no se puedan extraer entre taludes por algún obstáculo o interferencia se extraerán mediante una estructura de contención a base de polines y tablonés de acuerdo con lo siguiente :

Con el fin de descubrir la tubería se deberán realizar excavaciones en las interferencias de las tuberías con los muros tabiestaca de acuerdo con lo indicado en los esquemas de las fig. 1 y 2. Las excavaciones se ademarán con polines y tablonés de madera de acuerdo con lo siguiente :

1.-Se iniciará la excavación a partir del terreno natural hasta alcanzar una profundidad de 10 cm abajo de donde se colocará el primer nivel de apuntalamiento, procediendo a colocar los tablonés y polines que queden arriba de este nivel, según lo que se muestra en las figs. 3, 4, 5, y 6.

2.-Concluido lo anterior se iniciará la excavación hasta una profundidad de 10 cm abajo del tercer nivel de polines, colocando de inmediato estos elementos así como los tablonés respectivos.

La secuencia de excavación y apuntalamiento se aplicará consecutivamente hasta descubrir la tubería, iniciando la demolición y extracción de ésta.

D) Las tuberías de cualquier diámetro que se encuentren desplantadas a una profundidad entre 3.00 y 6.50 m o una profundidad entre 1.50 y 3.00 m con diámetro mayor a 76 cm. se excavarán entre una estructura de contención a base de viguetas hincadas, polines y tablonés de acuerdo con lo siguiente :

Se realizarán excavaciones con las dimensiones requeridas

para extraer la tubería de acuerdo con lo indicado en las fig. No. 1 y 2. partiendo del nivel de la superficie de rodamiento hasta cubrir por completo la tubería. Estas excavaciones deberán ser ademadas con viguetas, polines y tablones de madera de acuerdo con lo indicado a continuación :

1.- Una vez definida el área a excavar se nincarán en el terreno las viguetas con una separación de 1.20 m o menor según las dimensiones de la excavación. En las fig. No. 7, 8, 9, 10, y 11 se muestra esquemáticamente la distribución de los elementos.

2.- Se realizará una perforación previa para nincar las viguetas, en los casos en que la extracción se realice cerca de construcciones pesadas la perforación deberá llevarse hasta la profundidad de desolante.

3.- Las viguetas deberán engrasarse antes de ser hincadas con la finalidad de recuperarlas, una vez realizada la extracción y taponamiento.

4.- Se iniciará la excavación desde el nivel de terreno natural, colocando los tablones y polines conforme se profundice en la excavación, hasta alcanzar 20 cm abajo de donde se ira colocando el primer nivel de apuntalamiento, en dicha profundidad se colocarán las viguetas madrina y puntales.

5.- Concluido lo anterior se reiniciará la excavación desarrollandola hasta 20 cm por abajo del segundo nivel de puntales, colocando de inmediato las viguetas madrina y puntales respectivos.

6.- La secuencia de excavación y ademada mediante tablones y polines se continuara hasta descubrir la tubería, iniciando la demolición y extracción de la tubería comprendida en la zanja excavada.

E) Taponamiento de la tubería.

Una vez que la tubería haya sido demolida y extraída a través de las excavaciones se estará en condiciones de efectuar el taponamiento. Este evento se realizará mediante la colocación de costales de arcilla producto de la excavación o de bolsacreto en las caras de la tubería que hayan quedado descubiertas de tal forma que se cubra toda la sección de las tuberías.

Una vez colocados los costales, se procederá a recubrirlos con una capa de mortero cemento-arena en relación 1 : 3, de 3.00 cm de espesor.

F) Colocación del relleno.

Concluido el taponamiento se iniciará la colocación del material de relleno el cual deberá ser areno-limoso, tepetate colocado hasta el nivel de subrasante, en capas de 30 cm compactadas al 90%.

Alcanzado el nivel de subrasante se procederá a efectuar la excavación de las zanjas para los muros tabiaestacas.

ASPECTOS PRIMORDIALES.

Para las tuberías que cruzan sobre muros tablestaca se deberá tener en cuenta lo siguiente :

- La excavación en el sentido longitudinal a la tubería se realizará en forma continua sin exceder longitudes de avance de 10.00 m.
- El ancho de las excavaciones estará en función del diámetro de la tubería a extraer y de la forma de cruce con los muros tablestaca.
- El talud de avance en el frente de la excavación será 0.50:1.00 para profundidades hasta de 3.00 m y 1.00:1.00 para profundidades mayores de 3.00 m.

- La colocación de la estructura de contención se realizará a medida que la excavación avance.

- El agua producto de las filtraciones que se presente durante la excavación se controlará con zarcamos rellenos de grava para evitar el arrastre de fangs. construídos en el perímetro de la excavación desde los cuales se extraera el agua por medio de bombas autocebantes.

- La extracción del agua se deberá realizar con un número de bombas suficientes de tal manera que el fondo de la excavación permanezca estanco.

- Los puntales deberán colocarse inmediatamente después de que la excavación descubre sus puntos de aplicación, no debiendo continuar con esta si los puntales no han sido colocados en la forma antes mencionada.

Por lo que respecta a instalaciones particulares y/o especiales (Telefonos, Cia. de Luz, Cablevisión, Trolebus, etc.) estas serán movidas por cada una de las instituciones respectivas previa información por parte de COVITUR.

El aviso que se haga de parte de COVITUR hacia dichas instituciones estará soportado en base a programas y necesidades de la obra principal.

Si por alguna circunstancia las instituciones no pudieran mover sus instalaciones, la contratista podrá hacerlo, siempre y cuando lo autorice y avale la Supervisión y COVITUR.

3.2.2 OBRA PRINCIPAL.

PROCEDIMIENTO PARA LA CONSTRUCCION DE BROCALES EN LAS ZANJAS DONDE SE ALZARÁN LOS MUROS TABLAESTACAS.

El trazo juega el papel más importante en el procedimiento

constructivo, ya que de este dependerá a partir de este momento, el que la construcción de los muros milen y consecuentemente del cajon quedan en su posición correcta y conserve los galibos que el proyecto exige.

Una vez definido el trazo de la zona donde se construirán los muros se realizará la construcción de los brocales.

El brocal es una estructura de concreto armado, alojado en una zanja cuya excavación obligadamente es realizada a mano con el objeto de detectar posibles interferencias e instalaciones municipales (ductos de teléfono y compañía de luz, líneas de gas, drenajes, agua potable, redes de riego, etc.)

Además tienen la finalidad de retener el material de relleno suelto localizado superficialmente y de servir de guías a las herramientas de excavación de los muros colados del cajon.

Para cumplir adecuadamente con esta última función es necesario que exista un espacio libre entre brocales, de 65 cm. (Para muros de 60 cm. de espesor).

Para construir estos brocales habrá que excavar primero la parte superior de las zanjas donde se van a alojar los muros, hasta una profundidad variable de acuerdo con el espesor de los rellenos.

Se realiza la excavación de la zanja como se menciona antes, generalmente con dimensiones de 1.60 X 0.95 m según se acota en la fig. No. 12, partiendo del terreno natural como nivel inicial. La profundidad podrá tener variaciones hasta de un metro más, en función del desconocimiento exacto de la ubicación de las instalaciones municipales o bien por la inestabilidad del terreno debido a la presencia del cascajo o basura. Así mismo, el ancho de la zanja variará hasta en 10 cm menos en función del diseño estructural.

Los brocales son piezas en forma de ángulo recto "delantales"

de concreto, colados en el lugar.

Para colar las ramas verticales o faldones del brocal, se tiene que cimbrar. La cimbra de un lado se apoyara contra la del otro por medio de puntales, de manera que se eviten las irregularidades o los abolsamientos. Los puntales seran polines de madera de seccion cuadrada de 10 x 10 cm y se colocaran a cada 2.00 m de separacion horizontal. En el sentido vertical se colocaran en dos niveles cuando la altura del brocal sea de 1.50 m y en tres niveles cuando sea mayor.

El armado se fijara a la carpeta asfaltica para evitar movimientos, con anclas de varilla y estobos de acero, las dimensiones y caracteristicas se señalan en la fig. 12.

Las ramas horizontales de los brocales, constituyen pequeñas losas sobre las cuales se podran rocar las maquinas de excavación. El ancho minimo de estas ramas horizontales será de 0.50 m pero podrá modificarse a criterio de la supervisión de acuerdo con las condiciones que presente el terreno de apoyo, de tal manera de garantizar siempre 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 estorbos, se deberan 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 será igual a la del muro por construir.

Cada tramo aislado por las compuertas se llenara enseguida con fluido estabilizador, hasta hacerlo coincidir con el nivel de aguas freaticas. Este mismo nivel del fluido deberá mantenerse durante todo el proceso de excavación y colado posteriores.

Los brocales se construiran en las zonas jardinadas y de afectaciones, en las zonas donde existe pavimento, la

construcción de los brocales estara supeditado al juicio de la supervisión.

Finalmente, el retiro del brocal se realizara en dos etapas: la primera cuando se excava el nucleo automaticamente se lleva la parte interna del brocal de cada lado y la segunda etapa generalmente ocurre cuando se restituye la carpeta asfaltica, se procede a demoler y retirar la parte externa del brocal en cada lado.

ASPECTOS PRIMORDIALES.

En su construcción debemos considerar las recomendaciones siguientes para la constante vigilancia :

- En caso de la detección de interferencias y dependiendo del tipo de estas, se vera la factibilidad de realizar su movimiento con recursos de la contratista, previa revisión con supervisión así como la autorización de COVITUR, o bien se deja el hueco y se esperará para el movimiento por terceros (Telefonos, Cia. de luz, etc.).
- Conservar el galibo respecto al eje del trazo del muro milan (3.5 cm a cada lado) al colocar la cimbra.
- Respetar obligadamente la verticalidad (Plomo) de la cimbra en los faldones.
- Las características del concreto a usar con $F_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$, grava de 3/4" y revenimiento de 10 cm.
- Durante el colado es conveniente tener cuidado de ir llenando parejos ambos lados para evitar despolomes o irregularidades en la superficie del faldón, así como procurar el uso de un vibrador de bulbo delgado para garantizar el colado homogéneo.
- Es necesario dejar apuntalados los faldones al retirar la cimbra con pilones, a cada 3.00 m. Para evitar caídos y

cerramientos del terreno, variando esta distancia según el tipo del terreno y el tránsito cercano de vehículos y maquinaria de la obra.

- En general, el procedimiento para la construcción de los brocales no es complicado; deberán tomarse en cuenta estas recomendaciones y adiestrar al personal de campo para la eficiente elaboración.

- Las especificaciones señalan que los brocales se construirán en suelos heterogéneos o contaminados y en las zonas de terreno firmes o con carpeta asfáltica únicamente se abrirá la zanja como guía sin que lleve brocal, sin embargo es conveniente proponer a supervisión y a COVITUR la posibilidad de usar brocal en todos los casos.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO Y COLOCACION DE MURDS TABLESTACA DE CONCRETO COLADOS EN ZANJA.

Es un elemento estructural colado en sitio (se han realizado pruebas para ser prefabricados), cuya finalidad es la de contener los empujes del terreno y mantener la estabilidad de las construcciones aledañas, durante la excavación del núcleo en el proceso constructivo del cajón. Su construcción inicia una vez conformados los brocales.

Se realiza la excavación en la zanja ya formada, mediante el uso de una draga preferentemente LS - 108. Pudiendo ser mayor por la capacidad para sostener el equipo guiado (fig. No. 13). Las dimensiones más comunes del muro terminado son 0.66 m de espesor, 6.00 m de largo y de profundidad variable según sean los requerimientos del proyecto debido a los galibos verticales señalados.

Dicha excavación deberá hacerse 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 deberá alcanzar sin problemas, la profundidad de los muros indicados en el proyecto.

Para poder cumplir con las características antes descritas, la excavación deberá cumplir con las recomendaciones siguientes :

ASPECTOS PRIMORDIALES EN LA EXCAVACIÓN.

A) Es necesario señalar la secuencia conveniente de construcción de los tableros para la fácil identificación; para lo cual se recomienda el uso de un larguillo sobre el que, mediante el uso de números, distribuiremos o desperezaremos cada uno de los números (fig. No. 14), correspondiendo con los cadenamientos que sobre el terreno tendrán el mismo muro; en el alero del brocal se marca la numeración de los muros. Esta costumbre acarrea como beneficio el conservar un orden en el habilitado y armado de las parrillas para su uso secuencial; identificar los tableros con posibles fallas en el procedimiento constructivo y, finalmente, mantener una correcta secuencia de trabajo en la generación de las estimaciones respectivas.

B) Marcar en el brocal las posiciones de la draga (eje de la máquina) con el objeto de asegurar la extracción total de material, iniciando en los extremos del muro para terminar en el centro (fig. No. 15).

C) Al señalar las posiciones de la draga, deberá incluirse en la longitud del muro, el ancho correspondiente a las juntas metálicas a colocarse.

D) Colocar la máquina sobre el terreno firme, debiendo quedar lo más horizontal posible para ayudar a conservar la estricta verticalidad en el equipo guiado.

E) Colocar capones de madera en los extremos del muro por excavar sellados con material local, para evitar la fuga del

fluido estabilizador durante el proceso de excavacion.

F) Cneocar constantemente el plomo del equipo guiado para garantizar durante todo el proceso de excavacion el que las paredes queden verticales.

G) Es recomendable la limpieza de la almeja en cada una de las salidas de la zanja para aprovechar a su maxima capacidad el volumen de extraccion del material.

H) Con el proposito de garantizar la profundidad de desplante del muro milan, se señalara en la vara la medida necesaria, haciendo un chequeo constante mediante el uso de una sonda referida al nivel de la superficie del alero.

I) Una vez que se presume que la excavacion ha concluido, es conveniente realizar un nuevo sondeo del fondo de la excavación mediante el uso mismo de la almeja, ubicada en el nivel de desplante del muro en cada una de las tres posiciones.

J) Es recomendable el mantener una constante limpieza en el area de trabajo para evitar accidentes.

K) Por la seguridad que el caso requiere asi señalado en el procedimiento constructivo, el siguiente tramo de muro a excavar será de manera alternada, nunca un muro contiguo al excavado en el mismo eje de trazo.

L) En la medida de lo posible, conservar la maquina en el eje del trazo del metro para evitar transitos innecesarios que repercuten en tiempos perdidos y deterioro del equipo.

M) Se deslizará con suavidad sin chicoteos.

N) Se cuidará evitando que choque o caiga libremente contra el lodo o contra las paredes de la zanja para evitar desprendimientos o caídos.

O) Se debera meter y sacar sin brusquedad para evitar efectos de embolo en el lodo.

P) Cortara firmemente el material hincandola a presión sin sacudirla repentinamente.

Q) En caso de fugas de lodo bentonitico en la excavacion como consecuencia de grietas en el terreno, estratos de arena, instalaciones municipales no detectadas, etc., se procede de la siguiente manera :

-Si la excavación se encuentra en la primera posición, es conveniente retirar el equipo y rellenar de inmediato con material local, e informar a supervision para la consulta al proyectista y su adecuada solución.

-Si la excavación se encuentra en segunda o tercera posición, se recomienda acelerar la excavación para de inmediato colar: en algunos casos puede adicionarse aserrin para tratar de reducir la fuga.

Por ningún motivo deberá 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 un fluido estabilizador de buena calidad, evitara caidos y deslaves que azolven la zanja y provoquen socavaciones de las paredes, asimismo evitara movimientos de las propias paredes. Y del fondo que se pueden difundir hacia el exterior causando desplazamientos de las zonas vecinas.

Las excavaciones de las zanjas se haran en forma alternada, es decir no deberán excavarse tableros contiguos simultaneamente.

de igual manera no se excavara la zanja para un tablero, hasta que el concreto del tablero contiguo haya alcanzado su fraguado inicial.

Durante la excavacion debere efectuarse un control de las propiedades del fluido estabilizador: este control consistira en efectuar las pruebas necesarias para confirmar que dichas propiedades cumplen con los limites especificados. Se llevaran a cabo cuando menos dos pruebas del fluido por cada tablero, la primera al vaciar el fluido en la zanja y la segunda inmediatamente antes de introducir la parrilla de refuerzo. El nivel del fluido dentro de la zanja debere coincidir con el nivel de aguas freaticas, evitando variaciones con respecto al mismo.

Por ningún motivo debere permitirse abatir el nivel arriba indicado del fluido estabilizador, ya que se podrian causar succiones y gradientes en el manto freatico que favorezcan la desintegración y el derrumbe de las paredes.

Cuando se perciba cualquier fuga del fluido estabilizador durante las operaciones de excavacion deberan anotarse todas sus características y señalarse de inmediato en la bitacora de la obra e inmediatamente darla a conocer al representante a fin de generar la solución correspondiente. Por ningún motivo se admitira colar en un tramo donde se hayan percibido fugas y no se hayan tratado adecuadamente hasta asegurarse de que haya desaparecido.

No podra dejarse una zanja totalmente excavada y ademada con el fluido estabilizador por mucho tiempo, por lo que no deberan pasar más de 24 horas entre el inicio de la excavación de un tablero y el inicio de su colado. Asimismo, no deberan 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 deberá llevarse a la que indica el proyecto en cada caso más de 20 cm.

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

Cuando se haya concluido la excavación y se haya verificado la profundidad de la zanja y las propiedades del fluido estabilizador, se procederán a introducir las juntas metálicas y la parrilla de refuerzo.

Una vez alcanzado el nivel de cota de proyecto en la excavación se colocan en los extremos del muro las juntas de colado, las cuales son elementos metálicos huecos de forma trapezoidal (figs. No. 16 y 17) en cuya cara frontal lleva una ranura para alojar la banda de P.V.C que quedará ahogada en el muro colado.

Una parte de esta banda queda ahogada en el momento del colado y la otra parte quedará libre en el interior del tubo para ahogarse durante el colado del muro contiguo.

A la cara de la junta que quedará en contacto con el concreto deberá aplicarse una película de grasa o un desencofrante constituido por una resina epoxica o poliéster de un milímetro de espesor para facilitar su extracción posterior.

En el interior del tubo-junta no deberá introducirse el concreto, por lo que deberá tener sus extremos cerrados y en su parte inferior tendrá una caja metálica que se hincará y asentará firmemente en el fondo de la zanja para evitar que se mueva o deforme durante el colado. Dicha junta deberá lastrarse para evitar su flotación.

Cabe mencionar que entre dos muros colados con estas juntas

se construye un muro ya sin ellas, debido a que la pared de los extremos funciona entonces como cimbra. Para su colocación nos auxiliaremos con el uso de una grúa hidráulica (fig. No. 18).

Una vez instaladas las juntas se procederá de inmediato a introducir la parrilla del armado dentro de la zanja con el fluido estabilizador. Las parrillas irán contraventeadas con rigidizadores y se harán descender por su propio peso por medio de una grúa, tomando las debidas precauciones con respecto a la verticalidad, el alineamiento y la profundidad.

Se deberá tener en cuenta que en la parrilla se dejen las preparaciones necesarias para posteriormente realizar la liga estructural de estos elementos con las losas.

No se permitirá que la parrilla flote y se deberá garantizar que permanezca en su lugar, se introducirá en la zanja y una vez colocada en su posición definitiva se deberá fijar contra el procal 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, y por ningún motivo se permitirá el colado del muro con la parrilla flotando o fuera de su lugar.

En caso de que durante la introducción de la parrilla y debido a la densidad del lodo se dificulte desplazamiento vertical, se recurrirá a los mecanismos necesarios para garantizar la presión necesaria para su introducción cuidando evitar movimientos violentos que afecten la estabilidad de la zanja.

El tiempo máximo que transcurra entre el momento de introducción de la parrilla en la zanja y el colado de la misma será de 4 horas, periodos mayores favorecen la formación del cake y reducen la adherencia concreto-acero, por esta razón el colado del muro deberá iniciarse inmediatamente después de introducida la parrilla de armado, ya que no es conveniente sacar y meter

nuevamente la parrilla de la zanja pues en cada operación se pueden introducir caídos indeseables que afectan la estabilidad de la zanja.

Las parrillas de armado deberán habilitarse con elementos que garanticen el recubrimiento de los muros, pudiéndose utilizar para tal fin roles de concreto de 5" de diámetro que irán fijados al acero principal por medio de varillas de 3/4". Obien elementos similares que cumplan su función, localizadas en ambas caras de la parrilla en tres niveles equidistantes en el sentido vertical. Cada una de las varillas llevara 4 roles ubicados también equidistantes en el sentido horizontal. Asimismo será necesario dejar dentro de la parrilla espacios libres para el paso de las trompas de colado.

Después de colocada, centrada y nivelada la parrilla se introducirán, las trompas de colado, por tramos. Los coples de unión de cada tramo de las trompas deberán ser perfectamente herméticos para impedir que la succión de la columna de concreto, al bajar, chupe aire o lodo del exterior. Cada tramo será de no más de 2.00 m de largo y tendrá un diámetro no menor de 30 cm. Al tramo que sobresalga en la superficie se le conectara un embudo o una tolva. La boca de esa tolva deberá quedar a una altura conveniente para que se pueda descargar directamente el concreto desde las ollas revolventoras. Todo el conjunto se subirá o bajará durante el colado por lo tanto deberá contarse con el equipo necesario para efectuar esos movimientos. Los tramos de tubo deberán ser lo suficientemente resistentes y pesados para soportar el manejo.

El extremo inferior de la trompa, o boca de descarga, deberá quedar apoyado en el fondo de la zanja antes de iniciar el colado. Una vez introducidas las trompas de colado se colocara entre la tolva y el tubo un tapón constituido por un balón de látex, el cual descendera obligado por el peso del concreto vaciado evitando en esta forma la segregación y contaminación del concreto. En esta forma se evitará la descarga del concreto

con mucha energía que pueda dar lugar a la mezcla del concreto con el lodo. Para iniciar el flujo de concreto la boca de la trompa de descarga deberá levantarse una distancia de 30 cm a partir del fondo de la zanja.

El concreto deberá ser suficientemente fluido para que sin necesidad de vibrarlo penetre y se distribuya uniformemente por todo el tablero. La boca de descarga de la trompa de colado no deberá quedar ahogada nunca menos de 1.50 m en el concreto que se este colando. Para ayudar al concreto a fluir al principio, podrá desplazarse la trompa verticalmente hacia arriba y hacia abajo vigilando que permanezca siempre suficientemente ahogada en el concreto para que no exista contaminación del lodo con el concreto. A medida que el concreto fluya se agregará más concreto a la tolva, manteniendo la columna a una altura conveniente para regular la rapidez del flujo. en esta forma, el lodo de la zanja será desplazado hacia la superficie por la diferencia de densidades prácticamente sin necesidad de mover la tubería. El impulso que lleve la primerá mezcla al salir por la boca de descarga producirá un efecto de arranque en el fondo del tablero y lo dejara limpio de lodo.

Con un buen procedimiento de colado el lodo no se mezclara con el concreto, sino que este lo llevara siempre por delante hasta rebosar a un recipiente colector. También podráirse succionando con una bomba de lodos.

El concreto no deberá ser vaciado de golpe dentro de la tolva para lograr un flujo suave continuo, por lo que no deberán tenerse recesos o suspensiones mayores de 15 minutos.

Alcanzado el primer fraguado del concreto, se procede al retiro de las juntas para su uso en el proximo tablero en turno.

Es necesario llevar un riguroso control de colado midiendo en forma permanente la variación del nivel de la superficie del concreto y anotandolo en un registro, con objeto de poder decidir

el retiro oportuno de los tramos de las trompas de colado y programar adecuadamente el suministro de concreto para evitar los recesos.

Se deberá utilizar el número de trompas suficiente para el colado de 6 m de longitud, debido a las pendientes que desarrolla el concreto dentro del fluido estabilizador, y una vez iniciado el colado no deberán deslazarse lateralmente dentro del tablero.

ASPECTOS PRIMORDIALES EN EL ARMADO.

-Se deberá programar con detalle, la secuencia de los tableros por construir para que el habilitado del acero de refuerzo, siempre vaya por delante y así evitar tiempos perdidos.

-El armado del acero de refuerzo para la conformación de la parrilla no es simétrico en ambas caras, por lo que es necesario al finalizar el armado, identificar tanto la cara exterior como la interior para su correcta colocación.

-Realizar una constante revisión en la soldadura de los tensores y orejas de izaje.

-Contar con estrobos adecuados en longitud para evitar que al momento del izaje sufra deformaciones la parrilla.

-Colocar de manera adecuada tanto la cantidad como la distribución de roles para el correcto desplazamiento de la parrilla en la zanja, mismo que a su vez servirán de separadores, para lograr que las caras del armado tengan el recubrimiento indicado por el proyecto.

Los roles o donas son elementos precolados que van sujetos al armado en ambas caras de la parrilla, mediante un segmento de varilla, que la sostiene por el centro, debiendo ser lo suficientemente resistente para evitar su ruptura al momento de su uso (fig. No. 19).

-Como resultado de la secuencia establecida, es necesario vigilar las dimensiones de las parrillas (tipo de armado) para su debida ubicacion. Frecuentemente se cae en el error de colocar parrillas en sitios incorrectos dentro de las zanjas (fig. No. 20).

-Realizar un correcto troquelamiento de la parrilla una vez colocada para evitar el que se sumerja o bien tenga un movimiento de flotacion.

-En la introduccion de las parrillas es conveniente el uso de un balancin para evitar el estorbo de las orejas y no dañar la soldadura y no deformar la parrilla (figs. No. 19 y 21).

-Durante el almacenaje de las parrillas, es conveniente etiquetarlas para no perder la programacion establecida en la secuencia de su uso.

ASPECTOS PRIMORDIALES DE LAS JUNTAS PARA COLADO.

-Checar que al introducir la junta conserve su plomeo.

-Deberá extremarse el cuidado en la sujeción de la banda de P.V.C. en la junta, para garantizar que en su extracción, la banda quede perfectamente ubicada en su sitio de provecto.

-Nunca debiera permitirse el perforar la banda de P.V.C. para su sujeción o cualquiera otra finalidad, dado que si esto ocurriera no se cumpliria con el objetivo para el que esta diseñada, que es el de impedir el paso de las aguas freaticas al interior del cajon a traves de la junta constructiva formada por los colados independientes de cada tablero.

-Es obligatorio la limpieza de las juntas (en general del equipo de colado) al concluir con el colado asi como evitar golpearlas para prolongar su vida util.

ASPECTOS PRIMORDIALES-EN EL COLADO.

- Tener un fluido estabilizador bajo control: que cumpla con todas las características especificadas.

- Tener un concreto fluido (Revenimiento = 18 cm).

- Dejar la trompa ahogada siempre en el concreto: no menos de 1.50 m durante el colado y asegurarse de que los cables de unión de los tramos de la trompa sean hermeticos, es decir, que impidan la entrada del lodo hacia el interior.

- Hacer un colado continuo que por ningún motivo sea interrumpido más de 15 minutos.

- Evitar todo movimiento brusco de la trompa y todo vibrado y picado, ya que ello favorece la mezcla del fluido estabilizador con el concreto, dando por resultado coqueadas y zonas contaminadas de muy baja resistencia en el muro.

- Verificar durante el colado el volumen de concreto que entra en un tablero y el volumen del fluido que se desplaza y compararlo con los volúmenes calculados de acuerdo con la geometría del tablero. Si hay diferencias notables puede significar que está habiendo fugas o que hay mezcla del fluido con el concreto. Estas y otras eventualidades ocerán anotarse en bitácora, así como las medidas de emergencia que se hayan tomado para corregir cada caso.

- Es necesario contar al inicio del colado con una cámara de balón de hule latex, la cual se coloca en la boca de la lingada, descendiendo obliquamente por el empuje que provoque el peso del concreto sobre ella, y cuya finalidad es la de limpiar las paredes del tubo y eliminar los lodos que se siojan al momento de introducir la lingada en el fondo del muro evitando una contaminación innecesaria del concreto.

- Durante el proceso de colado, debera provocarse un movimiento vertical constante en las trompas ('chaqueteo'), por medio de un martillo o en su defecto con grua hidraulica, con el proposito de provocar un acomodo conveniente del concreto vaciado y a su vez evitar que los cables queden prisioneros en el concreto.

- El ciclo de colado debera realizarse de manera pausada para evitar el anodo de concreto dentro de la trompa. El vaciado del concreto sera realizado de manera alterna entre cada una de las dos trompas por cables revolventoras, para asi mantener el nivel uniforme a lo largo del tablero.

- Debera vigilarse el tiempo de fraguado del concreto para aflojar la junta en su debido momento y evitar la adherencia excesiva que impida la extraccion final de la junta.

- Para verificar los niveles de excavacion y concreto en un muro es conveniente usar tucos de aluminio de 1/2" x 3/4" o el uso del "buzo" que es un alambre con un trozo de placa en un extremo que sirve como lastre.

El concreto de los muros debera llegar unicamente hasta el nivel de proyecto. Se recomienda agregar al concreto aditivo retardante, cuya dosificacion quedara a criterio de la direccion de la obra. (Fig. No. 22).

Debido a que la excavacion entre muros se llevara a cabo aprovechando la rigidez de estos y su capacidad de trabajo como tablestacas en el sentido vertical y como losas en el sentido longitudinal, toda excavacion no podra iniciarse hasta que hayan transcurrido por lo menos 28 dias de colados los muros (Para concreto elaborado con cemento tipo I) o 14 dias (Para concreto elaborado con cemento tipo III) cuya decision quedara a juicio de la direccion de obra, y hasta que se tengan colados los muros de un lado y de otro en una longitud que quedara sujeta a las normas correspondientes al abatimiento del nivel freatico. Para el caso de los tramos la longitud de muros sera como 50 m. A partir del

hombro del talud de avance.

Durante el colado de los muros el contratista deberá llevar un control del volumen de concreto utilizado para cada tablero.

FLUIDO ESTABILIZADOR A UTILIZARSE EN EL
PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUROS DE CONCRETO COLADOS
EN ZANJA.

I. ASPECTOS FUNDAMENTALES.

Las careos de las zanjas que se excavan para construir dentro de ellas los muros de concreto reforzado colados en el lugar, no son estables por si solas, para evitar que sus paredes se derrumben se ha adoptado la tecnica de estabilizarlas con un fluido, de acuerdo con su funcion, de aqui en adelante se denominara a este "Fluido Estabilizador".

Las finalidades principales de un buen fluido estabilizador para emplearse en la construcción de muros colados en el sitio, pueden sintetizarse en los dos siguientes puntos :

- 1.- Estabilizar las paredes de la zanja.
- 2.- Facilitar la ejecución del colado con limpieza e integridad del muro.

La garantía de la obtención de estos dos objetivos implica ciertos requisitos mínimos de calidad del fluido estabilizador, que pueden resumirse en los siguientes puntos :

- Su viscosidad debe quedar controlada dentro de ciertos límites, para facilitar su manejo durante la excavación así como su desplazamiento durante el colado, evitando la formación de

bolsas de fluido dentro del muro y en sus juntas.

- Debe tener una densidad adecuada para crear suficiente presión sobre las paredes de la zanja y estabilizarla, evitando flujo plástico y derrumbes.

- El espesor de la costra (cake) no debe ser excesivo a fin de evitar que se acumule en las juntas y en el acero de refuerzo.

- Debe mantenerse limpio, libre de arena y trozos de arcilla que produzcan sedimentos, con las consiguientes bolsas de lodo y pérdida de adherencia del concreto con el acero.

Para lograr lo anterior se requiere llevar el control, mediante pruebas de laboratorio, de las propiedades físico-químicas de la suspensión coloidal formada.

II. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL FLUIDO ESTABILIZADOR.

Para que el fluido estabilizador cumpla adecuadamente su función se requiere que :

1.- El fluido forme una película impermeable en la frontera con el suelo. Si no se forma o se forma con un espesor considerable y poco resistente, este penetra por los poros del suelo y la estabilización es precaria o se pierde. Las características de la película se pueden ver afectadas por las variaciones que sufran las propiedades del fluido o bien, por la contaminación de este con arena u otras partículas sólidas no coloidales.

2.- El fluido será estable por lo que este debe ser capaz de aceptar que se le añada un material inerte de más peso sin sedimentarse, como puede ser la barita para lograr un fluido de mayor densidad, útil en la estabilización de tableros próximos a construcciones o sobrecargas que imponen, a las paredes de

la excavación. esfuerzos de compresión y de corte mayores que los de su peso propio.

Desde el punto de vista práctico, interesa que el fluido mantenga en suspensión todas las partículas que sea posible para evitar azolves o sedimentos en el fondo de la excavación que se estabiliza; por otra parte interesa también desde ese punto de vista que se tenga el menor consumo posible del fluido estabilizador, evitando su infiltración o fuga excesiva a través del suelo.

En el efecto estabilizador del fluido juegan un papel importante, aún más que su densidad, sus características de solución coloidal y estable. Las propiedades mecánicas de esta solución deberán quedar bien definidas con el objeto de garantizar una extensa utilización práctica. tales propiedades son su punto de fluencia y su viscosidad.

De todas estas características depende fundamentalmente no solo el adecuado funcionamiento del fluido estabilizador, sino también, su más económica utilización.

ABATIMIENTO DEL NIVEL FREÁTICO POR GRAVEDAD EN LAS EXCAVACIONES DE NUCLEO.

Cuando la construcción de una cimentación requiere de una excavación bajo el nivel freático, es necesario realizar su abatimiento por debajo de la profundidad de desplante, interceptando o captando el flujo de agua que se presenta en el fondo de la excavación en los taludes, lo que permite mantener seco el material por excavar, aumentando la estabilidad de los taludes y por ende disminuyendo el riesgo de falla.

Así mismo el bombeo auxilia en el control de las expansiones que se producen durante los periodos de excavación.

Los metodos de abatimiento y control dependen del tamaño y profundidad de la excavacion segun condiciones estratigraficas y características del suelo pudiendo aplicarse los siguientes :

- Carcamos y zanjas (Excavaciones pequenas). (Control)
- Pozos con sistemas de vacio (cuando la permeabilidad es muy baja).
- Electrosmosis (inducción de una carga electrica para acelerar el flujo del agua). (fios. No. 23 y 24).
- Bombeo profundo por gravedad (Pozos punta).

Por ser este ultimo uno de los sistemas mas utilizados en la construccion del metro subterraneo, a continuacion se enuncia el procedimiento de instalacion y operacion de los pozos.

Abatimiento del nivel freatico.

Para la ejecucion de cada pozo deben seguirse los siguientes pasos:

- Perforacion.
- Colocacion del Horno.
- Colocacion del Filtro.
- Colocacion de Bombas Evectoras.

A) Perforacion.

- Localizacion de los pozos de bombeo.
- Profundidad de los pozos de bombeo.
- Perforacion de los pozos de bombeo.

Los pozos tendran un diametro de 30 cm. debiendose tener en

cuenta que durante la perforación de estos se utilice exclusivamente agua a presión. Por ningún motivo se deberá utilizar lodo para hacer la perforación de los pozos (fig. No. 25). Ya que tapa las paredes e impide la circulación del agua; deben utilizarse brocas adecuadas al terreno para su fácil perforación.

Para la perforación de los pozos se podrá utilizar broca de aletas o escalonada.

- Limpieza de las Perforaciones.

Para tener las perforaciones en condiciones necesarias para instalar el equipo de bombeo dentro de ellas, estas deberán estar limpias y libres de azolve, para la limpieza se emplearán cucharas de percusión con objeto de extraer el azolve grueso y, después de terminar esta operación, se lavará la perforación con agua a presión. Se considerará limpia esta hasta que el agua retorne libre de partículas. Por ningún motivo se instalarán el ademe y el filtro dentro de perforaciones que no se hayan limpiado.

B) Ademes de los Pozos de Bombeo.

Antes de ademar la perforación será necesario mantenerla llena de agua hasta rebosar, para evitar que sus paredes se cierren. Los ademes de los pozos de bombeo serán tubos de fierro de 4" o 6" de diámetro.

- Ranurado de los Ademes.

Los ademes se ranurarán con el objeto de que el agua por bombear penetre libremente a su interior. Las ranuras serán de 30 cm de longitud y 3 mm de ancho (1/8"). El porcentaje de área de filtración del tubo no deberá ser menor del 3 % ni mayor de 5 % del área perimetral del tubo. (fig No. 26)

- Malla alrededor del ademe.

Para evitar que el filtro de arena pase al interior del ademe, se deberá colocar una malla del número 20 alrededor del ademe. La malla deberá quedar sujeta firmemente al ademe con objeto de que no se vaya a desordenar durante las maniobras de instalación y deberá cubrir perfectamente las ranuras. (fig. No. 26).

C) Colocacion de Filtro.

Entre las paredes del pozo y las del ademe, se colocara un filtro de arena gruesa y grava fina limpias, cuya granulometria este comprendida entre los siguientes tamaños : 1.0 cm para el máximo y 0.25 para el mínimo. El material empleado deberá contener partículas de todos los tamaños intermedios y deberá cribarse y lavarse previamente a su colocacion para eliminar todos los materiales finos que contenga y que pueden obstruir el filtro durante su funcionamiento.

D) Colocacion de Bombas Eyectoras.

- Desarrollo del Flujo Hidraulico.

Con el fin de establecer el flujo hidraulico en el pozo y hacer con ello más eficaz el bombeo, despues de colocaco el ademe y el filtro se agitará el interior del ademe con una cuchara de percusión. Si esta operacion no resulta suficiente para activar el flujo hidraulico, se arrojara nielo seco al fondo del pozo para que el monoxido de carbono liberado destape los espacios entre partículas que hayan sido bloqueados.

- Bombas.

Las bombas que se emplearan deberán ser capaces de extraer el gasto indicado en el proyecto, debiendose instalar sistemas de aforamiento con objeto de verificar los volúmenes extraidos.

- Profundidad de Instalacion de las Bombas.

- Control.

Para el control de nivel freatico, la contratista registrara cada 12 hrs. el gasto de extraccion, y el nivel dinamico de cada pozo, y con los datos registrados elaborara graficas tiempo vs nivel dinamico. Asimismo, en caso de que se instalen en el tramo piezometros para registrar el ascotamiento del nivel freatico, se tomara una lectura diaria y con los datos obtenidos se elaboraran graficas tiempo vs nivel piezometrico, para cada profundidad con presión medida por los instrumentos debiendose enviar los resultados al representante de COVITUR.

Previo al inicio del bombeo la contratista debera someter a consideracion del representante los instrumentos a utilizar para llevar el control de este.

- Tiempo de bombeo.

Salvo que se indique otro criterio en el caso particular de cada tramo, el bombeo se iniciara dos dias antes de empezar la excavación y se suspendera en cada pozo despues de que se haya colado la losa de piso correspondiente.

Una vez suspendido el bombeo en cualquier etapa de excavación, debera rellenarse el pozo con una lechada agua-cemento, con una relacion igual a 1 (A/C = 1) en peso del cemento, hasta 30 cm por abajo del tope de colado de la losa en cuestion; la parte restante se rellenara con concreto provisto de aditivo estabilizador de volumen.

- Longitud de Bombeo.

Salvo que se indique otro criterio en el caso particular de cada tramo, la longitud de bombeo sera de 30 m medida a partir del frente donde se este contruyendo la losa de piso, siempre y

cuando estén colados los muros tabiestaca en una longitud no menor a 50 m a partir del nombró del talud.

La finalidad del bombeo mencionado es la de mantener la estabilidad del terreno, así como permitir una excavación en material lo más seco posible, la cual nos lleva a un trabajo más seguro, limpio y ordenado.

ASPECTOS PRIMORDIALES.

- Revisión constante de los piezómetros para certificar la operación continua del bombeo.
- Conservar las mangueras y pozos en buen estado para prevenir fugas así como una conveniente ubicación de las mangueras para evitar su daño durante el proceso de la excavación.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA EXCAVACION DE NUCLEO.

Una vez que se han construido los muros milán (tablestacas) y abatidas las aguas freáticas a su nivel de proyecto, se procederá a la excavación de núcleo.

El procedimiento constructivo consiste en extraer el terreno natural de la zona que conforma el cajón para la circulación del metro, utilizando una draga LS - 108 o LS - 118 de acuerdo a las condiciones de distancia y profundidad, que ocurran en la obra.

Como se ha mencionado, los muros milán conforman la estructura lateral del cajón, es decir acotan los límites de la excavación (galibo) en el sentido de trazo; en el frente de ataque se trabajará con taludes para conservar la estabilidad del terreno.

La excavación se realiza con equipo mecánico desde la superficie (fig. No. 27), de modo que sea posible realizar

maniobras dentro de la misma en forma segura entre los troqueles ya colocados. La maquinaria puede ser de tipo almeja libre sobre una grapa LS - 108 o 118 como se menciona, auxiliándose en el fondo por personal con equipo manual que coloque el material inaccesible para la maquinaria en posición de ser desalojado. Los avances en el cajón dependen de las especificaciones del proyectista y el estudio de mecánica de suelos, cada uno de ellos se realizará en etapas verticales de excavación que llegan hasta un nivel de 0.30 m por debajo del correspondiente nivel de troqueles, excepto la última etapa vertical que llegará hasta el nivel máximo de excavación.

Por especificación, en el arranque de la excavación se deja un talud frontal que puede ser compuesto por dos planos paralelos o bien por uno solo, con una inclinación de 45 %. Si es descompuesto, por condiciones de profundidad, la berma horizontal es de 5.00 m de longitud ubicada siempre inmediatamente abajo del segundo nivel de troqueles.

Dado que este talud permanezca abierto un tiempo considerable, la superficie se protege con una capa de mortero reforzada con malla ligera tipo "tela de gallinero".

En el resto del tramo, la excavación está limitada por un talud simple con una inclinación de 45 grados, no debiéndose colocar en ningún caso, sobrecargas en la corona del talud.

Estos taludes no deberán permanecer más tiempo del estrictamente necesario para la construcción de la losa de fondo del último avance, la cual deberá colocarse durante las 24 horas siguientes a la terminación de la excavación correspondiente.

Restrictivamente, para poder iniciar un nuevo avance de excavación, es necesario que en los avances de excavación anteriores se cumpla con la siguiente secuencia de colados: en el avance inmediatamente anterior se haya colado la plantilla; dos avances atrás se haya colado la losa de fondo y tres avances

atras, esten construidos tambien los muros laterales interiores por debajo del primer nivel de troqueles. (fig. No. 28).

ASPECTOS PRIMORDIALES EN LA EXCAVACION DE NUCLEO.

-Es de vital importancia el conservar los taludes de reposo especificados por el proyecto. dado que de este cuidado dependera gran parte de la seguridad en el curso de los trabajos. el tratar de ganarle terreno al avance sacrificando inclinacion en los taludes, o bien, no respetarlos por descuido, puede ser de consecuencias incluso mortales.

-No debera recargarse el hombro de los taludes con objetos o equipos innecesarios. Es muy comun observar la presencia de dragas en proceso de excavacion en esta zona. La fallas de los taludes son frecuentes y de graves consecuencias.

-Los taludes que sabemos que permaneceran abiertos mayor tiempo que el especificado, deberan contar con su proteccion de mortero y tela de gallinero para evitar intemperizacion y riesgos de falla.

No es por demas certificarse la inclinacion del talud o taludes.

-Durante el proceso de excavacion, es importante indicar y observar constantemente al personal en el fondo para afines de taludes y acercamiento del material a mano, que no se ubique en el alcance de la almeja para evitar fatales consecuencias.

-Estricta revision diaria de cables y poleas de levante y arrastre de la draga, no es suficiente saber que son nuevos los materiales para evadir la revision.

-Debera existir una perfecta coordinacion entre el señalamiento y el operador de la draga y evitar descuidos, ya que en muchas

ocasiones. el operador no tiene visibilidad del fondo de la excavación y es obligado el apoyo y guía del señalero.

-No debe permitirse que el operador, por descuido o negligencia, golpee los troqueles, ya que esta acción pone en riesgo la seguridad del personal.

-Es de vital importancia el mantener siempre en condiciones de uso, las bombas sumergibles para la correcta recolección del agua, producto del nivel freático, de los carcamos contruidos expresos para ello, la conducción del agua también deberá ser vigilada constantemente para evitar encharcamientos que provoquen fallas en el terreno.

-El control y vigilancia de las etapas de excavación es de la competencia de todos ya que su inobservancia provoca riesgos y accidentes. No es lo mismo un avance continuo y a buen ritmo con las actividades programadas y según especificaciones, que un avance agresivo pero sin cuidados y con las especificaciones olvidadas.

-Es importante conservar una buena limpieza en el área de trabajo para elevar rendimientos y reducir riesgos.

-La programación de las excavaciones para evitar dejar abierta el área durante el fin de semana, es muy importante. No es conveniente arriesgar para ganar avance.

-Resulta conveniente la utilización de bancos de nivel en el fondo de la excavación para detectar posibles hundimientos de terreno, en cuyo caso deberá lastrarse de inmediato para darle peso.

-El uso de la grava al llegar al fondo de la excavación es conveniente para proceder al armado y colado de la losa de fondo

en un tiempo menor y con esto proporcionaríe peso al terreno.

-La actividad del "riatero" debe ser constante y vigilada por el operador para que las maniobras con la alicata no ofrezcan riesgo.

-Vigilar que en el radio de giro de la draça no este ubicada gente con lo que se provoque accidentes.

-La señal de reserva de todos los equipos es importante.

-La zona en donde se apoyara la draça debe estar completamente horizontal y debera la maquina contar con el lastre requerido para evitar volteos.

-Para evitar sobreexcavaciones es necesario suspender la excavacion con la draça en el proceso de afine del terreno y realizarlo a mano.

-Es conveniente contar con personal preparado en la zona de excavacion para observar el terreno y detectar posibles fisuras, filtraciones y variaciones en general, en lo consistente del terreno en proceso de excavación.

-Por ningún motivo deberá permitirse la fabricación en obra de los bornos de los cables de izaje en las draças. En todos los casos deberá ser requerido de fabrica.

PROCESO DE TROQUELAMIENTO.

Cuando se habla de excavación de nucleo a cielo abierto en la obra metro, es hablar tambien de apuntalamiento debido a que son acciones que necesariamente son realizadas de manera simultanea en el proceso constructivo.

Apuntalar se refiere a la acción de colocar elementos rígidos en tierra con la finalidad de sostener una pared; en nuestro caso, los puntales son prefabricados a base de tubería de

acero de características determinadas pudiendo ser también de celosía, según lo indique el proyecto, y su objetivo es el de ayudar a soportar el empuje del terreno provocado por la descompensación del mismo, al efectuar el desajuste del material en esa zona.

Los troqueles fabricados de tubería cuentan con diámetros entre 16" y 20" y los de celosía generalmente son de sección cuadrada (fig. No. 29); los tubos son los comunes en los tramos y los de celosía se usan regularmente en las estaciones. Su longitud es variable dependiendo de los galenos a cubrir.

Cuentan en sus extremos con cabezales cuya función es la de absorber los empujes de los gatos hidráulicos para la presión del troquel en las paredes de la excavación. Estos cabezales tienen una placa de acero para apoyarse directamente en el "queso", el que a su vez reposará directamente en el muro milán.

Los "quesos" o tacones son elementos de madera formados por troncos de árbol cortados transversalmente (fig. No. 29), cuyos espesores son variables entre 10 y 20 cm, y su diámetro fluctúa entre 40 y 60 cm. Debido a que su función es la de absorber la presión del troquel y transmitirla al muro milán directamente, es necesario realizar un "flejado" del "queso" para evitar su ruptura: es recomendable utilizar alambre recocido tanto en el sentido perimetral como en el sentido transversal ya que si la madera del tronco no está lo suficientemente madura, podrá sufrir contracciones por temperatura, mismas que se absorben con la regulación del propio alambre.

Se usarán gatos hidráulicos para la presión de los troqueles, tipo PORTAPOWER de 50 Ton en uno de sus extremos.

Adicionalmente se usan materiales menores para la correcta fijación de los troqueles como son cuñas de acero, estrobos de una pulgada, perros de sujeción y cable manila o de plástico. Como ya se dijo el equipo necesario es a base de gatos, bombas y

marros como herramienta principal.

ASPECTOS PRIMORDIALES EN EL TROQUELAMIENTO.

En la colocación de los troqueles se usara una grúa hidraulica o la traza con que se esta excavando, o bien la combinacion de ambas.

El proyecto señala de manera especifica, el momento y sitio, de acuerdo al procedimiento constructivo, en que deben ser colocados los puntales o troqueles, por lo que es de vital importancia respetarlos y por ningún motivo alterar cualquiera de las dos condiciones. Es importante recordar que en la excavacion y troquelamiento radica el mayor porcentaje de riesgo en la obra, es necesario revisar y seguir con detalle las especificaciones para la colocacion y el retiro de las piezas.

La precarga aplicada a los troqueles es importante; es necesario contar con gatos y manómetros en perfectas condiciones de uso, asi como implementar un control en la verificación continua de la propia precarga para garantizar la seguridad. La presión requerida se consultara en las tablas respectivas de las especificaciones.

Es muy recomendable el uso de un doble estrobo del troquel para minimizar los riesgos. La función del estrobo es la de sostener los troqueles en sus extremos en caso que llegaran estos a sufrir un desajuste y a caer bruscamente al fondo de la excavación. El doble estrobo se sujetara directamente a las varillas que conforman el muro milan y especificamente en la intersección del armado horizontal con el vertical, nunca deberán enlazarse los estrobos entre sí.

El cable para ser usado como estrobo deberá ser de 3/4" o 7/8" de diametro.

La labor de los manobristas es de vital importancia ya que

de ellos depende la vigilancia en la colocación del troquel y de los ajustes, arreglos y maniobras necesarias para una colocación eficiente. Sus comentarios y recomendaciones son de utilidad en la seguridad de la obra por lo tanto, es necesario contar con elementos experimentados en este campo.

El uso del equipo de seguridad del personal así como la costumbre de colocar señales restrictivas y preventivas, debe ser generalizado a toda la obra, sin embargo, en el caso de los troqueles, su utilidad se multiplica. Equipo como quantes, botas con casquillo, casco, etc.: Las señales de "no caminar sobre los troqueles", "uso obligatorio del casco", "no se distraiga", etc., son enormemente útiles para guardar la seguridad debida.

Es importante remarcar la restricción de "no caminar sobre los troqueles": esta es una costumbre muy común en los frentes de excavación y se realiza por la facilidad de cruzar el tramo en vez de ir a dar vuelta hasta la zona sin excavar o en la zona de rellenos. Es necesario mantener vigilancia continua y campañas de adiestramiento al personal para el cumplimiento de esta regla.

El proyecto señala las características que los troqueles deban respetar: diametro, calibre, longitud, cedula del material, etc.: lo cual es importante vigilar para trabajar en los margenes de seguridad debida.

En los puntos en que se apoyen los troqueles, debiera existir concreto totalmente sano, ya que en caso contrario, seria un punto de falla del puntal y provocaria un caido del mismo. En caso de que en el punto señalado no sea posible su colocacion, se moverá lo más cercano a ese punto, dando aviso a la supervisión para guardar los riesgos del caso.

Generalmente debido a los ajustes del troquel por los galibos de cajon, estos sufren cortes y empates, siendo recomendable nunca tener mas de tres en cada troquel.

El retiro de los troqueles una vez cumplido su ciclo de trabajo, debe ser una maniobra tan vigilada y delicada como la colocación. El hecho de retirar también implica muchos riesgos y por tanto el manipulador debe invertir su mejor esfuerzo.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA LOSA DE FONDO Y LOS MUROS ESTRUCTURALES DE ACOMPAÑAMIENTO (CHAPEO).

Posterior a la excavación de núcleo y al apuntalamiento, es necesario el colado de una plantilla de concreto sobre en el fondo de la excavación, tan pronto como sea alcanzado el nivel de proyecto. La razón principal de esta acción, es la de mantener una superficie limpia y en condiciones de trabajo (en muchas ocasiones también funciona como lastre).

Una vez fraguado el concreto de la plantilla, se procede a armar el acero de refuerzo que conformará la losa de fondo de la estructura completa del cajón del metro.

El procedimiento de la losa es simple: se arma el acero de refuerzo, se cimbra o "fronterean" sus costados para evitar la derrama de concreto y se vierte el concreto con una resistencia de 250 Kg/cm², generalmente.

En los extremos laterales de la losa de fondo se deja el acero de refuerzo necesario para continuar con el armado que conformará los muros estructurales de acompañamiento.

Los muros estructurales de acompañamiento, son elementos que conforman el marco total del cajón, en conjunto con la losa de fondo y las tabletas y losa superior.

El armado inicia 24 horas después de haber colado la losa de fondo, hasta un nivel de 0.30 m por debajo del primer nivel de troqueles. Se procede al cimbrado a base de tableros estructurales y posteriormente al colado.

Una vez que los muros estructurales alcanzan una resistencia del 72% de proyecto, se coloca un troquel apoyado sobre el mismo muro con una precarga de 30 Ton. A un nivel de 0.75 m. por debajo del primer nivel de apuntalamiento, el primer nivel de puntales instalado originalmente, se retira hasta que el puntal apoyado en el muro estructural haya sido colocado.

Logrado lo anterior se procede al armado y colado complementario de la estructura hasta el nivel de proyecto para el remate del muro y sobre el que van colocadas las tabletas para la conformación de la losa superior.

La etapa del muro estructural no resulta ser una actividad difícil siempre y cuando la cimbra, que es el elemento estelar en el proceso, se encuentre debidamente habilitada y correctamente armada para cumplir con su cometido. (fig. No. 30)

TABLEROS METALICOS PARA CIMBRADO DE MURDS ESTRUCTURALES.

Para la realización correcta de el colado de los muros estructurales, se necesitan dos tableros metalicos con medidas promedio de 6.10 X 6.65 m. Los cuales están formados a base de angulos de 2" X 1/4" para constituir el marco base; lleva además cuatro refuerzos horizontales de canal 8" soldados en cajon y uno tambien horizontal de viga "I" de 10 ".Adicionalmente cuenta con cinco refuerzos verticales de viga "I" de 10", cada uno de los cuales lleva 3 niveles de soportes para troquelamiento a base de tubo de 6" ced., 40 en media luna de 12 cm de longitud. (fig. No. 31).

Para lograr el troquelamiento de la cimbra, es necesario contar con tubos de 6" ced., 40 con tapa en los extremos a base de placa de 3/4" y tornillos sin fin para ajustar el ancho del muro.

La superficie de contacto de la cimbra, esta conformada por triplay de 16 mm de espesor, fijado a base de tornillos y tuercas

de cabeza plana: se utiliza "colmadur" para resanar en las uniones de tripiav y en donde se colocaron los tornillos. Para finalmente colocar el "colmasol" que es el que nos va a dar el concreto aparente del muro.

Con el objeto de garantizar un perfecto acabado en el muro y conservar la cimbra para una mayor utilización, se emplea fibra de vidrio en el tripiav y puede darse un número de usos mayor que el que se le da al utilizar "colmadur" y "colmasol", aunque el costo de utilizar fibra de vidrio es mayor.

Para el movimiento de los tableros se utiliza un balancín que se ancla en dos orejas de placa que se le colocan a los tableros en la parte superior, equidistante para ser movidos por una motogrua hidráulica con capacidad suficiente.

Para poder colocar los tableros, se necesita que previamente el personal encargado de ellos haya colocado el arrastre que va a servir para que se apoven y alinien los tableros de acuerdo al proyecto. También tienen que estar colocados los tabones laterales con su banda impermeabilizante para evitar fugas de concreto.

Se recomienda que cada ciclo de colado se revise la cimbra para ver en que estado se encuentra y saber si no es necesario un cambio de la cimbra o un nuevo tratamiento de "colmadur" y "colmasol" o fibra de vidrio según sea el caso.

Se recomienda que se vaya vaciando el concreto por medio de trompas de colado uniformemente para evitar el empuje de un solo lado y evitar segregación del concreto.

Para el descimbrado de los tableros se aflojan los tornillos sin fin de los troqueles de 6", se quitan y con la motogrua hidráulica se despegan los tableros. se revisan y limpian para colocarlos nuevamente en el siguiente muro a colar.

ASPECTOS FUNDAMENTALES.

- Se debe contar con una limpieza total del fondo del muro por colar para evitar contaminación en el concreto.
- La colocación de la banda de P.v.C. en el muro debe ser la correcta para garantizar el funcionamiento de la misma. No perforar la banda y vigilar su debido vulcanizado.
- Durante el proceso de armado es importante verificar su recubrimiento para no quedar fuera de especificaciones.
- Es importante verificar el nivel superior de colado o remate del muro para evitar demoliciones posteriores y previas a la colocación de tabletas. El seguimiento de este punto redujera en costos y tiempos perdidos.
- La programación del concreto debe ser la correcta para evitar que el muro quede "a medias" y su reparación posterior sea costosa.
- La velocidad de vaciado del concreto debe ser lenta para evitar movimiento brusco en la cimbra, usando trompas apropiadas y equipo conveniente.
- Observar en el inicio del colado todos los troqueles de la cimbra para corregir alguna anomalía en el caso de cualquier eventualidad.
- Es importante alternar las ollas a cada muro con el objeto de lograr un llenado homogéneo y hacer que el troquelamiento funcione también de manera correcta.
- Las juntas del muro milan con las del muro estructural nunca deben ser coincidentes.
- En caso de que el milan sea estructural, es conveniente que el

poliestireno en uso sea amarrado con tela de gallinero para evitar que se desorenda y flicte.

-Un vibrado correcto evita problemas posteriores tanto de condiciones estructurales como de acabado del muro. No dividir enrase del concreto al finalizar el colado.

-Resulta de vital importancia limpiar el tablero inmediatamente después de cada uso para evitar la adherencia del concreto al triplav.

-Vigilar la correcta distribución de las juntas de la madera para un apareado de calidad.

-La topografía debe mantener una constante actividad en el proceso del muro, sobre todo, al momento de planear la cimbra para garantizar el galibo del proyecto.

-Con el objeto de lograr una correcta colocación de las tabletas, es necesario "rasurar" los muros en su parte superior.

-El uso debido del curacreto para el curado de todos los elementos de concreto, evita problemas y debe ser continuamente vigilado. Es conveniente reuniones con los proveedores respectivos para conocer el producto y adiestrar al personal.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN LA COLOCACION DE TABLETAS Y FIRME DE COMPRESION.

La colocación de tabletas se realizará de acuerdo a las siguientes etapas:

1a. Etapa. Colocar la Tableta teniendo la precaución de no estropearla, en la colocación se recomienda utilizar un balancín.

- 2a. Etapa. Apuntalar conforme a lo indicado en la fig. 32, teniendo la precaucion de que la tableta quede en contacto directo con las viguetas que sirven de apoyo, pero eliminando la posibilidad de que se ejerza presion entre ambos elementos. El apoyo minimo de las tabletas en cada uno de sus extremos con el muro milan o de acompañamiento sera de 20 cm.
- 3a. Etapa. una vez colocada la tableta se procedera a nabitary a armar, lo que constituirá el firme de compresion, va armado se procedera a efectuar el coladodel firme de comoresion.
- 4a. Etapa. Retirar puntales una vez que el firme de compresion alcance el 80 % de su resistencia de diseño. (Baran utilizarse concretos con cemento tipo III o aditivos acelerantes de fraguado que permitan el retiro de los puntales).
- 5a. Etapa. Cuando el concreto del firme de compresion alcance el 100 % de su resistencia especificada, colocar el lastre, el procedimiento para colocar el relleno debera ser conforme a las especificaciones de mecanica de suelos.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LOS RELLENOS SOBRE EL CAJON SUBTERRANEO.

El relleno sobre el cajón subterraneo de la linea del metro, deberá efectuarse despues de que se haya construido la losa de techo y el firme de compresion correspondiente haya alcanzado su primer fraguado. La calidad y colocación de los materiales para los rellenos deberan cumplir con los siguientes requisitos establecidos:

I. CALIDAD DEL MATERIAL.

Los materiales que se empleen para formar los rellenos sobre las

tabletas precoladas del cajon subterraneo del metro, deberan ser aprobados por la direccion de la obra y cumplir con los requisitos de calidad que a continuacion se mencionan :

a) El material a utilizarse debera ser predominantemente arenoso- limoso tipo tepetate.

b) No debera contener troncos, ramas, raices, etc. y en general debera ser libre de toda materia organica en partes o cantidades visibles; no contendra cascajo, fragmentos de materiales extraños, ni piedras mayores de 7.5 cm de diametro.

c) La contracción lineal máxima admisible sera de 3.0 % y un limite liquido maximo del material equivalente a 50 % .

d) El valor relativo de esborte debera ser como minimo de 15% .

e) El porcentaje maximo de particulas que pasen la malla No. 200, no debera ser mayor al 50 % .

II. EQUIPO DE ACOMODO Y COMPACTACION.

El equipo que se emplee para la formación y compactación de las capas del relleno sobre las trabes precoladas del cajón subterraneo, debera cumplir con los siguientes requisitos :

a) Se podra emplear cualquier equipo manual para la compactación, pero debera lograrse el peso volumetrico "in situ" especificado.

b) El equipo autopropulsado que se emplee para el acomodo y compactacion del material podra ser de rueda neumatica, metalica o base de orugas, pero en ningun caso debera arrojar, sobre la losa de techo, una presion mayor a 3 ton/m², tomando en consideración el peso del equipo y el peso del material de la primera capa, cuyo espesor compacto maximo debera ser de 30 cm.

c) Se deberá contar con el equipo suficiente, para compactar las zonas (por ejemplo las orillas), donde no pueda pasar el equipo voluminoso empleado para la compactación general.

d) Se podrá utilizar equipo vibratorio autopropulsado después de haber construido la segunda capa de relleno.

III. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

A) Tendido del material.

El tendido del material se realizará con el equipo necesario para garantizar una buena incorporación en el material terreo, del agua requerida para alcanzar la humedad óptima correspondiente al material empleado. El peso del equipo no será mayor al especificado en el inciso II.

B) Compactación del material.

1a. Capa. La capa que se forme directamente sobre las trabes que techarán el cajón subterráneo, tendrán un espesor compacto máximo de 30 cm. la compactación de la primera capa deberá alcanzar el 90% de su peso volumétrico seco máximo.

Después de la primera capa, los rellenos deberán hacerse por capas de espesor compacto no mayor de 30 cm. en cada capa deberá alcanzarse por lo menos el 90 % del peso volumétrico seco máximo del material.

Última capa. La compactación de la última capa, que para las veces de subrasante, deberá efectuarse al 95 % del peso volumétrico seco máximo del material.

IV. CONTROL DE CALIDAD.

A) Calidad de los materiales.

Se deberá llevar un control de calidad de los materiales a utilizar en los rellenos, mismo que deberán satisfacer los requisitos especificados en el inciso i, lo cual debe ser realizado por la contratista y verificado por la supervisión.

Se deberán realizar muestreos del material del frente de explotación en el banco cada 2000 m³ o fracción, sin embargo se recomienda efectuar como mínimo una serie de pruebas por semana, para determinar las características del material que se especifican en el inciso i.

B) Calidad del tramo construido.

Se requerirá un mínimo de tres determinaciones del grado de compactación y del espesor de la capa compactada, por cada 180 m² o fracción de cada capa tendida y compactada.

CONSTRUCCION Y RESTITUCION DE PAVIMENTOS.

La estructura del pavimento estará constituida por una carpeta de concreto asfáltico, apoyada sobre una capa de base, de sub-base y una sub-rasante, cuyas características y espesores se indican a continuación :

PROCESO CONSTRUCTIVO.

A) Capa Sub-Rasante.

Sobre el terreno desoimado o bien sobre el pavimento existente, se colocará la sub-rasante con un espesor mínimo de 30 cm, la cual se deberá colocar en dos capas de 15 cm de espesor máximo compacto cada una, alcanzando el 95 % de su P.V.S.M.

B) Capa de sub-base.

Sobre la capa subrasante compactada se tendera la sub-base la cual tendra un espesor de 15 cm y se colocara en una sola capa, compactandola hasta alcanzar el 75 % de su P.V.S.M.

C) Capa de Base.

Sobre la sub-base se colocara un material de base, cuyo espesor sera de 15 cm. Este material se colocara en una sola capa.

El material a utilizar en la formacion de la base debera cumplir satisfactoriamente las especificaciones de calidad. El material se tendera y se compactara hasta alcanzar un grado del 100 % de su P.V.S.M.

La tolerancia en niveles tanto para la base como para la sub-base sera de ± 1.00 cm. debiendo tener las pendientes transversales y longitudinales de proyecto, las cuales deberan darse desde la sub-rasante con el proposito de que los espesores de las capas del pavimento sean uniformes.

D) Riegos Afalticos.

1.- Riego de Impregnación. Sobre la base hidraulica superficial seca y barrida, se aplicara un riego de impregnación usando un producto asfaltico rebajado del tipo FM-1, a razon de 1.5 a 1.8 lit/m². El riego del material asfaltico debera hacerse de preferencia en las horas más calurosas del dia. La superficie impregnada debera presentar un aspecto uniforme y el material asfaltico debera estar superficialmente bien adherido al material de la base hidraulica. La penetración del riego no debera ser menor de 4 mm y la absorción total debera presentarse en no más de 24 hrs.

Aún sin presentarse depresiones en la superficie de la base hidraulica, el material asfaltico regado pudiera formar charcos, cuando esto suceda, el exceso de material asfaltico acumulado se retirara inmediatamente por medio de cepillos.

La base impregnada deberá ser cerrada al tránsito por un lapso mínimo de 48 horas.

2.- Riego de Liga. Previo al tendido de la carpeta y 48 horas después del riego de impregnación, se deberá aplicar un riego de liga con producto asfáltico FF-1 a razón de 0.5 a 0.7 lt/m² aproximadamente. Antes de aplicar el riego de liga sobre la base impregnada, esta deberá ser barrida para dejarla exenta de materias extrañas y polvo. Se deberá dejar transcurrir un tiempo no menor de 30 minutos para que el material asfáltico del riego de liga adquiera la viscosidad adecuada.

E) Carpeta de Concreto Asfáltico.

Sobre la base hidráulica a la que previamente se le aplicaron los riegos de impregnación y de liga, se construirá la carpeta de concreto asfáltico cuyo espesor será de 7.5 cm para calles de primera importancia y 5.0 cm para calles secundarias. El material que se emplee para esta carpeta se prepara con cemento asfáltico No. 6 y el material pétreo triturado cuyo tamaño máximo será de 25.4 mm (1"). Esta capa deberá compactarse al 95 % de su peso volumétrico de proyecto de la mezcla determinado con el procedimiento Marshall en especímenes compactados con 75 golpes por cara. El concreto asfáltico deberá tenderse a una temperatura no menor de 110 C con un espesor uniforme; inmediatamente después del tendido y cuando la temperatura del mismo este entre 80 y 110 C, se deberá planchar uniforme y cuidadosamente por medio de una aplanadora tipo tandem de 6 a 8 ton. de peso para dar acomodo inicial a la mezcla, este planchado deberá efectuarse longitudinalmente a "media rueda". a continuación se compactará la carpeta en formación utilizando compactadores de llantas neumáticas de 4 a 7 ton : inmediatamente después se volverá a planchar con un rodillo liso de 12 ton para borrar las huellas que dejen los compactadores de llantas, la compactación de la carpeta deberá terminarse a una temperatura no menor de 70 C. No deberá tenderse concreto asfáltico sobre una base húmeda, encharcada o cuando este

lloviendo.

F) Riego de Sellio.

Una vez recibida la carpeta asfáltica y que esta haya adquirido la temperatura ambiente, deberá barrerse y dejarse libre de impurezas, para posteriormente aplicar cemento portland tipo I en seco a razón de 0.75 kg/cm² tallándose energicamente con cepillos de fibra contra la superficie a fin de que penetre en la carpeta asfáltica. Después se adicionara agua a razón de 1 a 1.5 lit/m² aproximadamente, para formar una lechada de consistencia media la cual se distribuirá y tallará en la forma descrita y con la misma herramienta, hasta lograr una superficie uniforme.

3.2.3 OBRAS COMPLEMENTARIAS

Las obras complementarias como su nombre lo indica son trabajos finales, fundamentalmente son de urbanización, generalmente son construidas al finalizar la obra principal.

Algunas de estas obras se mencionan a continuación.

* BANQUETAS Y GUARNICIONES.*

Las banquetas son las zonas de la vía pública destinadas al tránsito de peatones. Por otro lado las guarniciones son elementos que tienen por objeto delimitar las áreas de tránsito. Ambas se construyen por lo general paralelamente.

PROCESO CONSTRUCTIVO.

La localización y el trazo de los ejes de las banquetas deberá basarse en las referencias localizadas en la obra.

La nivelación de la base de las guarniciones y de las banquetas se obtendrá mediante las excavaciones y los rellenos

necesarios, según la topografía del terreno, cumpliendo con el proyecto.

Las excavaciones se efectuarán hasta el nivel de desdiente de las guarniciones o banquetas; en caso de encontrarse material no apto para la base, se procederá a eliminarlo y sustituirlo por material adecuado.

En caso de rellenos, estos se compactarán en capas no mayores de 15 cm de espesor.

El fondo de las excavaciones y las superficies de relleno para desdientar banquetas y guarniciones se compactarán hasta alcanzar el 70 % con tolerancia ± 2 % de su peso volumétrico seco máximo, verificado mediante pruebas de laboratorio.

Antes de construir las banquetas y guarniciones, se colocará sobre el terreno escarificado y compactado una capa de arena de 10 cm de espesor apisonada y nivelada con regla.

Las dimensiones de las banquetas y guarniciones deberán ser las indicadas en el proyecto y se ajustarán a los siguientes lineamientos :

a) Sobre la superficie previamente saturada con agua se colarán losas de concreto de 5 cm de espesor mínimo en forma alternada en tableros de longitud máxima de 7 m.

b) Una vez colocado el concreto se le dará mayor compactación mediante una regla vibratoria, cuyo movimiento será del paramento hacia la guarnición.

c) Las guarniciones podrán ser precoladas o coladas en el sitio.

d) Acabado y tolerancias.

1.- Las guarniciones deberan tener un acabado aparente, con escobillado fino en sentido transversal.

2.- La superficie de la banqueta debera quedar perfectamente uniforme con el uso de la regla vibratoria con una pendiente transversal uniforme de 2 % o la que se indique para casos especiales y posteriormente se le dara el acabado final pasando una escoba de tres a cinco filos con el fin de dejar una superficie ligeramente rugosa en sentido perpendicular al tránsito de peatones.

3.- Para las guarniciones precoladas y coladas en el sitio, la tolerancia maxima en alineamiento y niveles sera de 5 mm.

4.- Las aristas de las losas de las banquetas deberan ser acabadas por medio de un volteador.

5.- Las banquetas recién coladas se protegeran del paso de peatones por un espacio de 24 hrs. cuidando que la superficie de acabado no sea afectada.

e) Curado. Inmediatamente después de terminar la superficie de la banqueta y de la guarnición se debera cubrir con una membrana impermeable que se mantendrá en buenas condiciones por un tiempo de 24 hrs.; posteriormente se seguiran curando con riegos de agua para conservar humeda la superficie.

f) Juntas

1.- Para guarniciones precoladas, la union entre pieza y pieza debera quedar perfectamente alineada y posteriormente se sellaran las juntas con una lechada de cemento.

2.- Para guarniciones coladas en sitio. Estas deberan localizarse a cada 5 m y antes de continuar con el colado debera recubrirse la cara vertical de la junta con cemento asfaltico del No. 6.

g) Coladeras de banquetas. Para la colocación de las coladeras de banquetas se hará lo siguiente :

En guarniciones precoladas se dejará de colar un tramo de 1 m y en guarniciones coladas in situ se dejará de colar el ancho de la coladera más 20 cm a cada lado; después de construida la coladera se completará la construcción de las guarniciones en forma manual hasta unirse con las adyacentes, empleando concreto de las mismas características de las guarniciones vecinas.

h) Entrada de vehículos. La forma y dimensiones de las banquetas y guarniciones para la entrada de vehículos se hará cumpliendo con cada caso en particular y con el proyecto.

i) No deberán colarse las banquetas hasta que no se verifique que han sido instalados los servicios que se deben alojar en las zonas de las mismas.

* PASOS PARA PEATONES.*

Los pasos para peatones son las estructuras y/o áreas que permiten a los peatones el cruzamiento de una vía rápida en condiciones de seguridad y comodidad.

Generalmente la mayoría de los pasos para peatones son diferentes uno de otro, por lo cual, cada uno tiene un proyecto diferente al de los demás. Por otro lado, para cada proyecto en particular, se debe cumplir con lo establecido en cada concepto de obra.

Generalmente los conceptos de obra para este tipo de obra son los siguientes :

- Trazos y nivelaciones.
- Excavaciones y cortes.

- Plantillas.
- Reellenos en estructuras.
- Estructuras de concreto reforzadas.
- Estructuras de concreto presforzado.
- Estructuras metalicas.
- Pisos y escaiones.
- Recubrimiento de superficies con pintura.

De los casos mas comunes para peatones podemos citar a los puentes para los mismos.

* PASOS INFERIORES.*

Los pasos inferiores son un conjunto de operaciones y trabajos necesarios para efectuar la construcción de pasos a desnivel, en los cuales se deprime el nivel de avenida de acuerdo con lo que marque el proyecto en particular, ya que como en el caso de los pasos para peatones, existen diferentes tipos de proyectos como pasos inferiores.

Generalmente en los pasos inferiores se debe cumplir, para cada proyecto, con los siguientes conceptos de obra :

- Trazos y nivelaciones.
- Pilotes.
- Pilas.
- Plantillas.

- Excavaciones en estructuras.
- Mamposterías.
- Relienos en estructuras.
- Estructuras de concreto reforzado.
- Muros ataquía colados en sitio.
- Muros ataquía prefabricados.
- Abatimiento del nivel freático.
- Excavaciones de núcleo en el cajón.
- Construcción de la estructura del cajón.
- Terracerías.
- Pavimentos.
- Banquetas y guarniciones.
- Jardinería.
- Señalamiento.
- Seguridad.

* Puentes para Vehículos.*

Los puentes para vehículos no son más que las obras de pasos elevados para la circulación de vehículos; comprende las actividades de infraestructura (excavaciones, cimentación) y superestructura (apoyos, traveses, losas, etc.) de acuerdo con cada proyecto en particular.

Para la construcción de los puentes para vanículos se deberá cumplir con los conceptos de obra que a continuación se mencionan:

- Trazos y nivelaciones.
- Excavaciones y cortes.
- Pilotes.
- Pilas.
- Planchillas.
- Rellenos en estructuras.
- Estructuras de concreto reforzado.
- Estructuras de concreto presforzado.
- Estructuras metálicas.
- Instalaciones eléctricas.. Tuberías conduit.
- Recubrimiento de superficies con pintura.
- Pavimentos.
- Muros de contención.
- Señalamientos.
- Seguridad.

* MUROS DE CONTENCIÓN.*

Los muros de contención son estructuras construidas con la

Finalidad de soportar el empuje que provocará el suelo al efectuar una excavación.

Por el tipo de material de que se construyan los muros de contención, podrán clasificarse de la siguiente manera:

1) Muros de Contención de Mampostería.

a) Las excavaciones se harán hasta los niveles y con las etapas señaladas en el proyecto (se hace la aclaración que por lo general cada muro es un caso particular).

b) Una vez alcanzado el nivel de excavación se procederá a colocar una plantilla de concreto, cumpliendo con lo indicado en su proyecto.

c) La colocación del material de mampostería y las tolerancias en las etapas de trabajo serán las indicadas en el proyecto particular.

d) Cuando así se indique, se dejarán embebidos en el muro drenes de dimensiones y características especificadas, para facilitar la salida del agua. Asimismo, se colocará un filtro de arena entre el muro y el material contenido para evitar la pérdida de material fino originada por el arrastre que produce el agua al fluir hacia los urenes.

2) Muros de Contención de Concreto.

a) Una vez alcanzado el nivel de excavación de proyecto, se procederá a colar una plantilla de concreto pobre.

b) Posterior al colado de la plantilla, se procederá a la colocación de la cimbra y el armado del muro conforme a lo especificado en el proyecto.

c) Cuando el concreto alcance la resistencia de proyecto, se

procedera a descimbrar y a colocar los drenes y el filtro en la forma en que el mismo proyecto señale.

3) Macizo de Tierra Armada.

La construcción del macizo de tierra armada se llevara a cabo en la forma, número de capas, clase de armado y tipo de recubrimiento de protección que señale el proyecto.

* SEÑALAMIENTO.*

Los señalamientos son tableros fijados en los postes o estructuras y/o marcas en alguna superficie, con símbolos, leyendas o ambas, que tienen por objeto prevenir a los conductores de vehículos y/o a los peatones, sobre la existencia de peligros, su naturaleza, la existencia de determinadas restricciones o prohibiciones que limiten sus movimientos en la vía y en zonas de construcción y proporcionarles la información necesaria para facilitar su circulación o paso.

Los señalamientos son de muy diversas variedades de los cuales se mencionan algunos de ellos a continuación.

* Señalamientos Definitivos.

Son aquellos colocados una vez que ha sido terminada de construir la vía y realizado un estudio de tránsito que permitira una optimización de la circulación dependiendo de las características de la vía. En cuanto a su función, los señalamientos se clasifican de la siguiente manera :

a) Señalamientos preventivos. Tienen por objeto advertir al usuario la existencia y naturaleza de un peligro en la vía.

b) Señalamientos restrictivos. Tienen por objeto indicar al usuario la existencia de ciertas limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que regulen el tránsito en las

Mismas.

c) Señalamientos informativos. Sirven para guiar al usuario a lo largo de su itinerario e informarle sobre las calles que encuentre y los nombres de colonias, lugares de interés, etc.

* Semáforos.

Son los dispositivos eléctricos que sirven para regular y dirigir el tránsito de vehículos y peatones en las calles. Su clasificación se basa en el mecanismo de operación de sus controles que principalmente son :

a) Semáforos para regular el tránsito de vehículos.

1.- Semáforos de tiempo fijo.

2.- Semáforos accionados por el tránsito :

- Totalmente accionados por el tránsito.

- Semiaccionados por el tránsito.

- Adaptables a variaciones del tránsito.

b) Semáforos para peatones.

c) Semáforos especiales.

1.- De destello.

2.- De control de circulación por carriles.

3.- Semáforos para pasos de ferrocarril a nivel.

* Marcas sobre Superficies.

Son las rayas, símbolos y letras que se pintan o colocan sobre el pavimento, estructuras, guarniciones u objetos dentro o adyacentes a las vías de circulación, a fin de indicar ciertos riesgos, regular o canalizar el tránsito o complementar otros señalamientos. Las marcas se clasifican como se indica a continuación :

a) Marcas en el pavimento.

- 1.- Rayas centrales.
- 2.- Rayas separadoras de carriles.
- 3.- Rayas canalizadoras.
- 4.- Rayas de parada.
- 5.- Rayas para cruce de peatones.
- 6.- Rayas de aproximación a obstáculos.
- 7.- Marcas para cruce de ferrocarril.
- 8.- Marcas para estacionamiento.
- 9.- Marcas para regular el uso de carriles.

b) Marcas en guarniciones para prohibición de estacionamiento.

c) Marcas en obstáculos dentro de la superficie de rodamiento o adyacentes a-ella.

- 1.- Indicadores de peligro.
- 2.- Indicadores de alineamiento (fantasmas).

JARDINERIA.

La jardineria es un conjunto de operaciones que se realizan con fines de ornato.

* Materiales.

Los materiales que se empleen, para los trabajos de jardineria podran ser los siguientes o una combinacion de los mismos y seran de las características y calidad que el proyecto indique en cada caso :

- a) Tierra de labor.
- b) Tierras vegetales.
- c) Insecticidas y fungicidas.
- d) Especies vegetales y semillas.
- e) Agua.
- f) Limo.
- g) Fertilizantes.
- h) Tierras de colores.
- i) Piedra de rio
- j) Troncos de árboles.
- k) Materiales de cobertura (paja, celulosa, hojas y similares).
- l) Acondicionador de suelos.

En jardinería se observara, en terminos generales lo siguiente :

a) El contratista se obligara a comprobar que las instalaciones necesarias para los jardines, hayan sido convenientemente provistas y protegidas, antes de que sean cubiertas por la tierra.

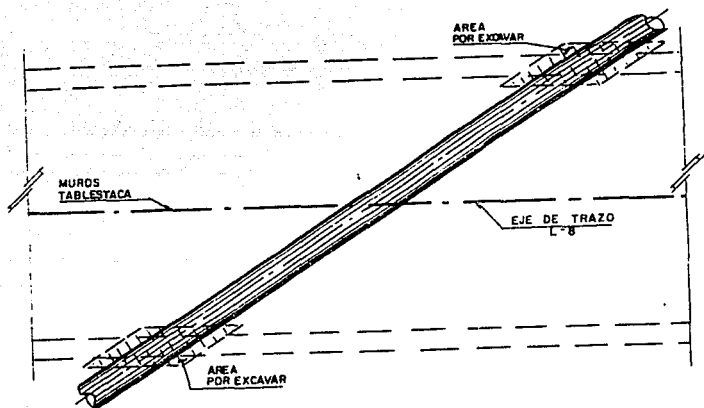
b) Salvo indicacion en contrario, las instalaciones de riego y los ductos se cubriran con tierra, apisonandola y emparejandola, hasta obtener los niveles deseados.

En la preparacion de la tierra y en su desinfeccion se observara en terminos generales, lo siguiente :

a) El terreno donde se desolantara la jardinería debera limpiarse de desperdicios de materiales de construcción, troncos y sustancias dañinas hasta una profundidad de 15 cm .

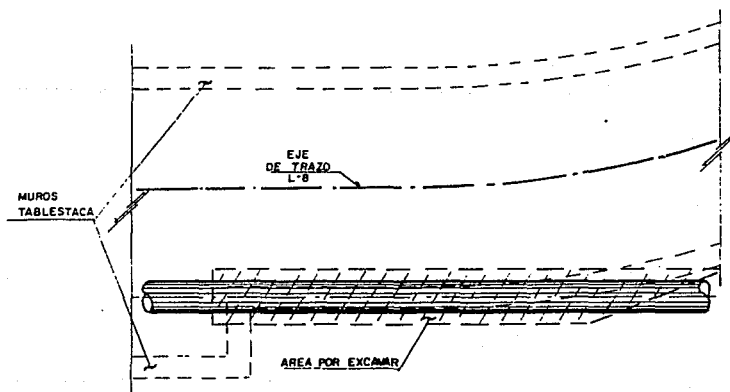
b) Salvo indicación en contrario, se agregaran los acondicionadores que sean necesarios para obtener una tierra que cumpla con los requisitos de pH, textura, estructura, conductividad eléctrica, etc.: exigidos por las especies vegetales que se vayan a plantar.

c) De ser necesario se haran aplicaciones de fungicidas y/o insecticidas, en las cantidades recomendadas por el fabricante del producto.



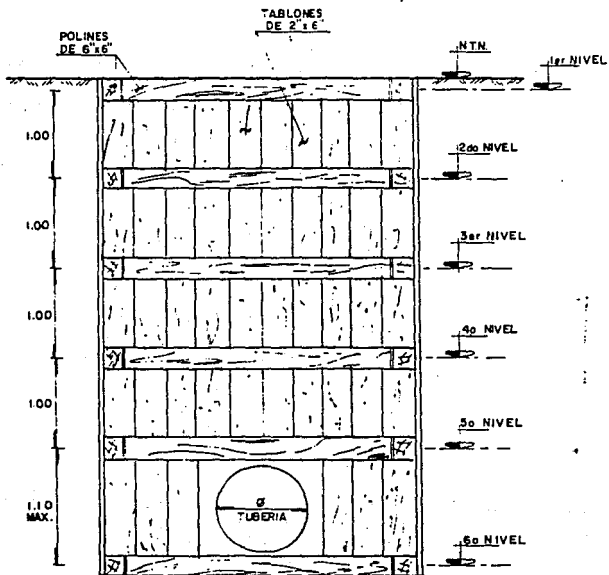
PLANTA DE EXCAVACION

FIGURA No. 1



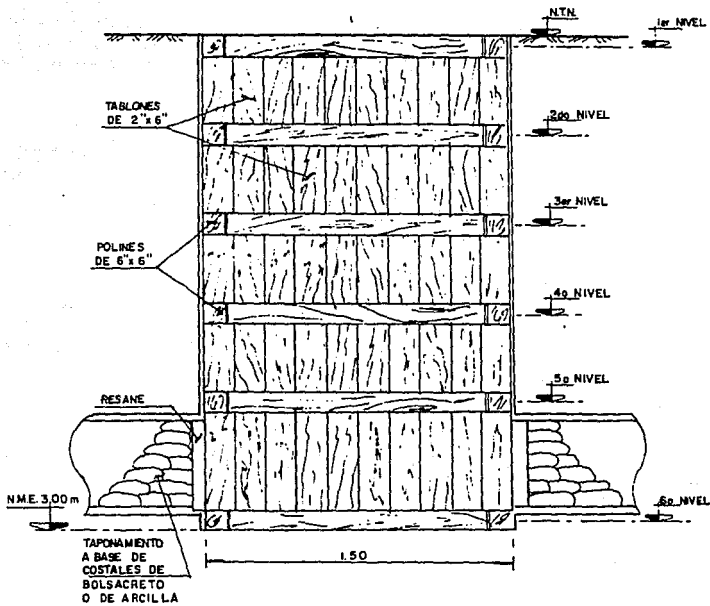
PLANTA DE EXCAVACION

FIGURA No. 2



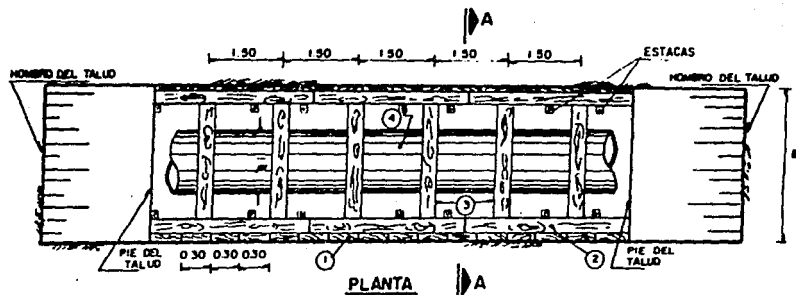
C O R T E B - B

FIGURA No. 4

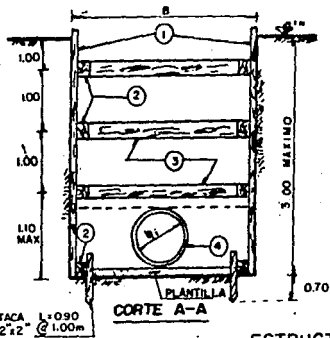


C O R T E A - A

FIGURA No.5



PLANTA



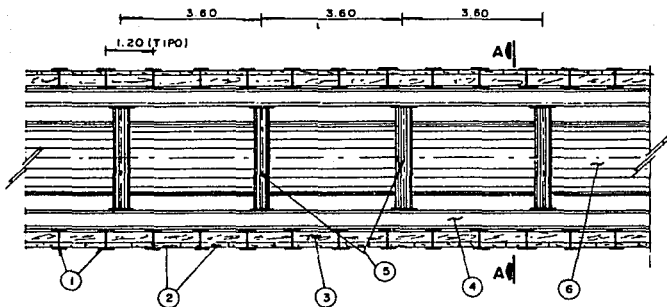
- ① TABLONES DE MADERA DE 2" DE ESPESOR
- ② POLINES DE MADERA DE 6"x6" FUNCIONANDO COMO VIGA MADRINA
- ③ POLINES DE MADERA DE 6"x6" FUNCIONANDO COMO PUNTALES
- ④ TUBERIA

ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN

223

ESTACA 1.090
DE 2x2 @ 1.00m

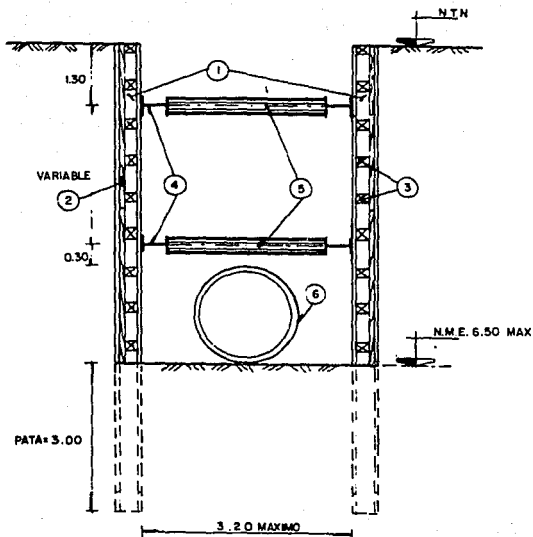
CORTE A-A



- ① VIGUETAS DE ACERO IR 12" x 6" DE 3870 kg/m HINCADAS EN EL TERRENDO
- ② TABLONES DE 2" DE ESPESOR.
- ③ PÓLINES DE 6" x 6" @ 100 m DE PROFUNDIDAD.
- ④ VIGUETAS DE ACERO PERFIL IR 12" x 6" DE 445 kg/m FUNCIONANDO COMO VIGAS MADRNAS
- ⑤ PUNTALES TUBULARES DE Ø = 6" CEDULA 40
- ⑥ TUBERIA Ø = 2.13 m MAXIMO

ESTRUCTURA DE CONTENCION
P L A N T A

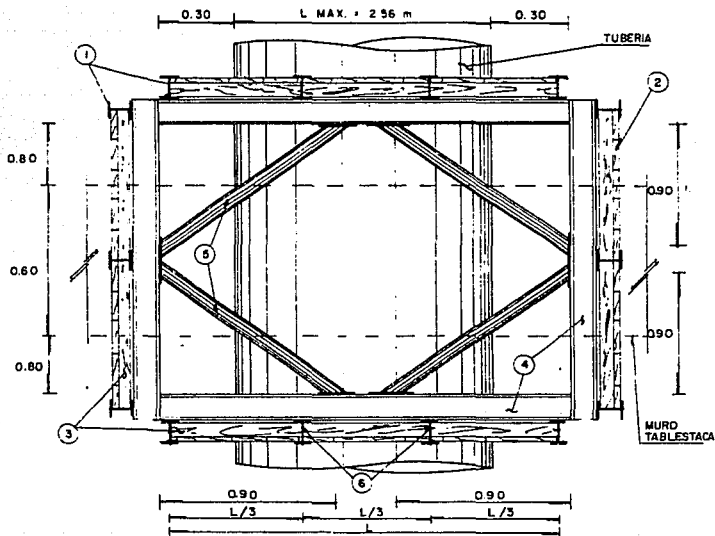
FIGURA No. 7



- ① VIGUETAS DE ACERO IR 12" x 6" DE 38.7 kg/m HINCADAS EN EL TERRENO
- ② TABLONES DE 2" DE ESPESOR
- ③ POLINES DE 6" x 6" @ 1.00m DE PROFUNDIDAD
- ④ VIGUETAS DE ACERO PERFIL IR 12" x 6" DE 445 kg/m FUNCIONANDO COMO VIGAS MADRINAS
- ⑤ PUNTALES TUBULARES DE Ø = 6" CEDULA 40
- ⑥ TUBERIA Ø MAX 2.13m

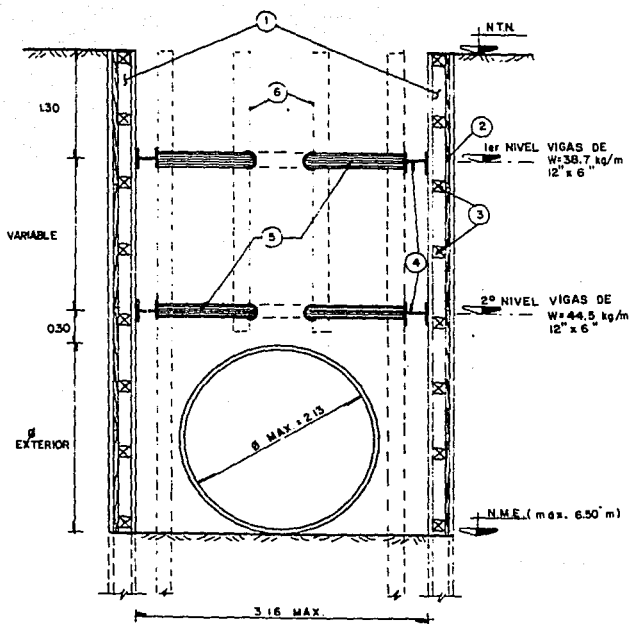
ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN
C O R T E A - A

FIGURA No. 8



- ① VIGETAS DE ACERO IR 12" x 6" DE 38.7 kg/m HINCADAS EN EL TERRENO
- ② TABLONES DE 2" DE ESPESOR
- ③ POLINES DE 6" x 6" @ 100 m DE PROFUNDIDAD
- ④ VIGETAS DE ACERO PERFIL IR (2 NIV. VER CORTE) FUNCIONANDO COMO VIGAS MADRINAS
- ⑤ PUNTALES TUBULARES DE Ø=6" CEDULA 40
- ⑥ VIGETAS DE ACERO IR 8" x 4" DE 150 kg/m

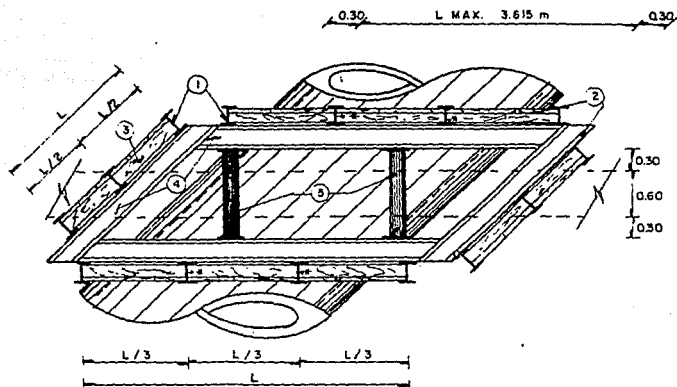
ESTRUCTURA DE CONTENCION
PLANTA



- ① VIGUETAS DE ACERO 1R 12" x 6" DE 38.7 kg/m HINCADAS EN EL TERRENO
- ② TABLONES DE 2" DE ESPESOR
- ③ POLINES DE 6" x 6" o 1.00 m DE PROFUNDIDAD
- ④ VIGUETAS DE ACERO PERFIL 1R FUNCIONANDO COM VIGAS MADRINAS
- ⑤ PUNTALES TUBULARES $\phi=6"$ CEDULA 40
- ⑥ VIGUETAS DE ACERO 1R 6" x 4" DE 150 kg/m

ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN
CORTE

FIGURA No. 10



• IR DE 8" x 4" W=22.5 kg/m

- ① VIGUETAS DE ACERO IR 12" x 6" DE 38.7 kg/m HINCADAS EN EL TERRENO
 - ② TABLONES DE 2" DE ESPESOR
 - ③ POLINES DE 6" x 6" @ 0.75m DE PROFUNDIDAD
 - ④ VIGUETAS DE ACERO PERFIL IR 12" x 4" DE 44.5 kg/m FUNCIONANDO COMO VIGAS MADRINAS
 - ⑤ PUNTALES TUBULARES DE $\varnothing = 6"$ CEDULA 40
- EL NUMERO DE PUNTALES ESTARA EN FUNCION DE LA INCLINACION DE LA TUBERIA RESPECTO AL MURO.

ESTRUCTURA DE CONTENCION

P L A N T A

FIGURA No. 11

B R O C A L
(DIMENSIONES GENERALES)

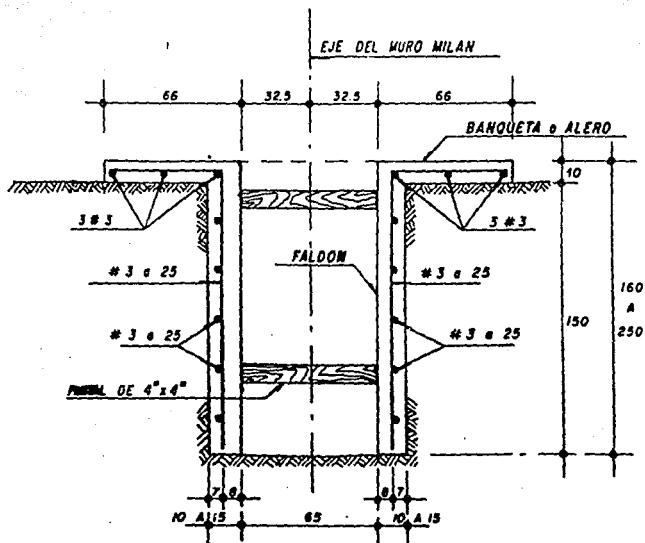
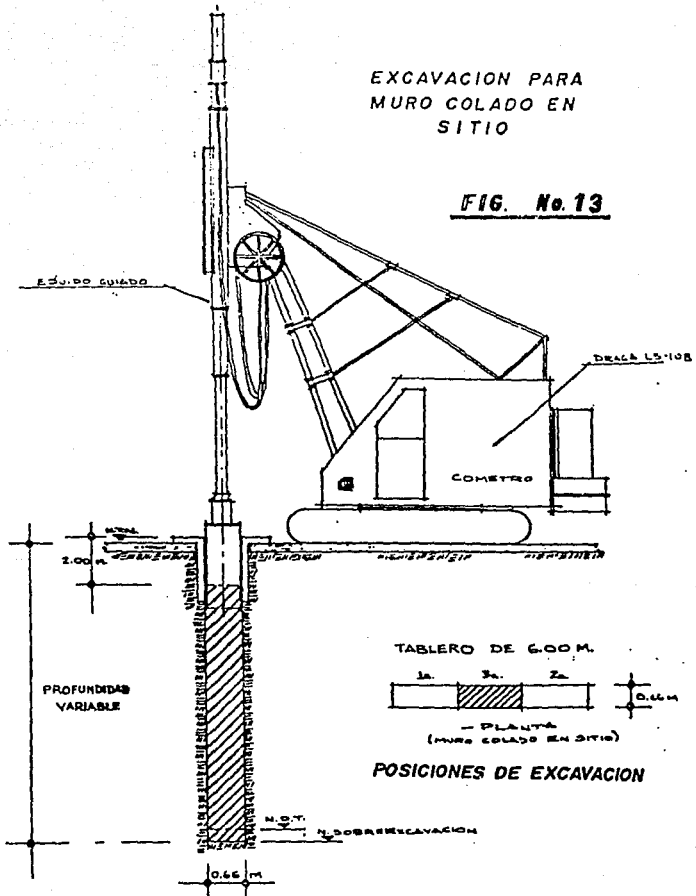
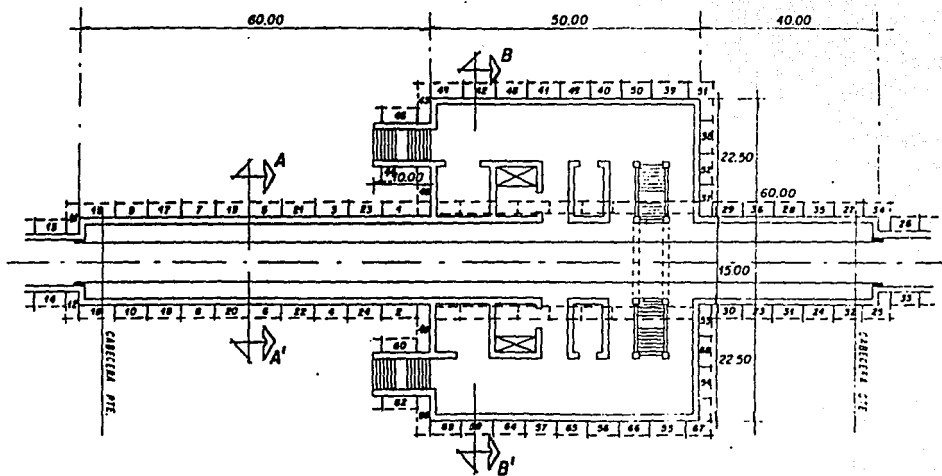


FIG. No. 12

EXCAVACION PARA
MURO COLADO EN
SITIO

FIG. No. 13





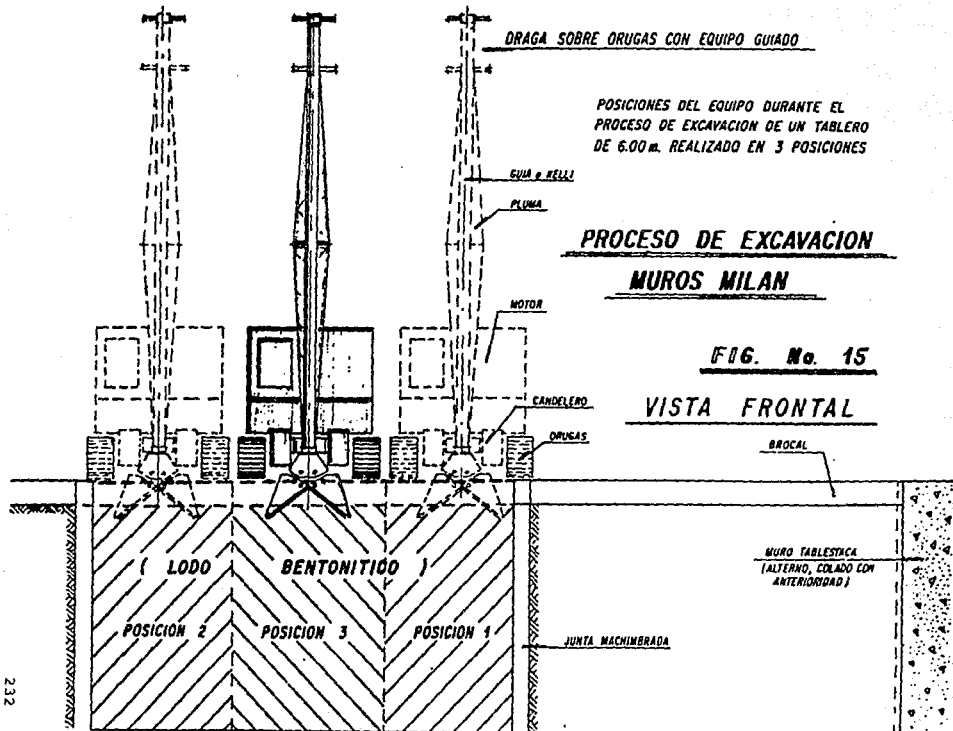
LONGITUD DE MURO MILAN — 6.00 mts.

Acolaciones en metros

FIG. No. 14

ESTACION SUBTERRANEA TIPO

DESPIECE DE MUROS MILAN



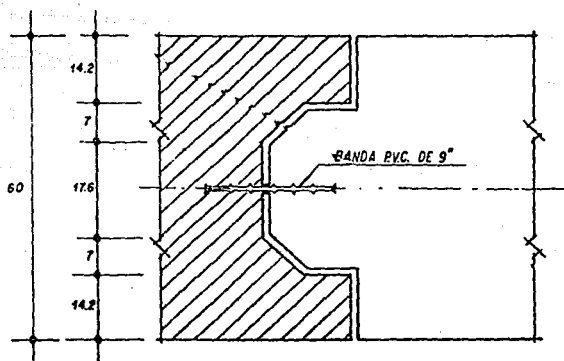
DRAGA SOBRE ORUGAS CON EQUIPO GUIADO

POSICIONES DEL EQUIPO DURANTE EL
 PROCESO DE EXCAVACION DE UN TABLERO
 DE 6.00 m. REALIZADO EN 3 POSICIONES

PROCESO DE EXCAVACION
MUROS MILAN

FIG. No. 15

VISTA FRONTAL



JUNTA DE CONSTRUCCION
ENTRE TABLEROS

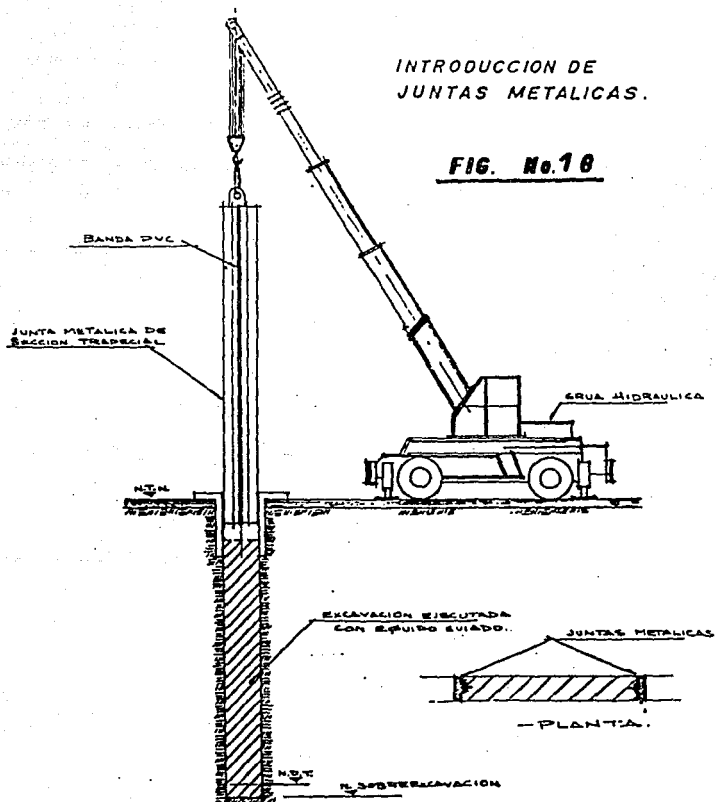
(PLANTA)

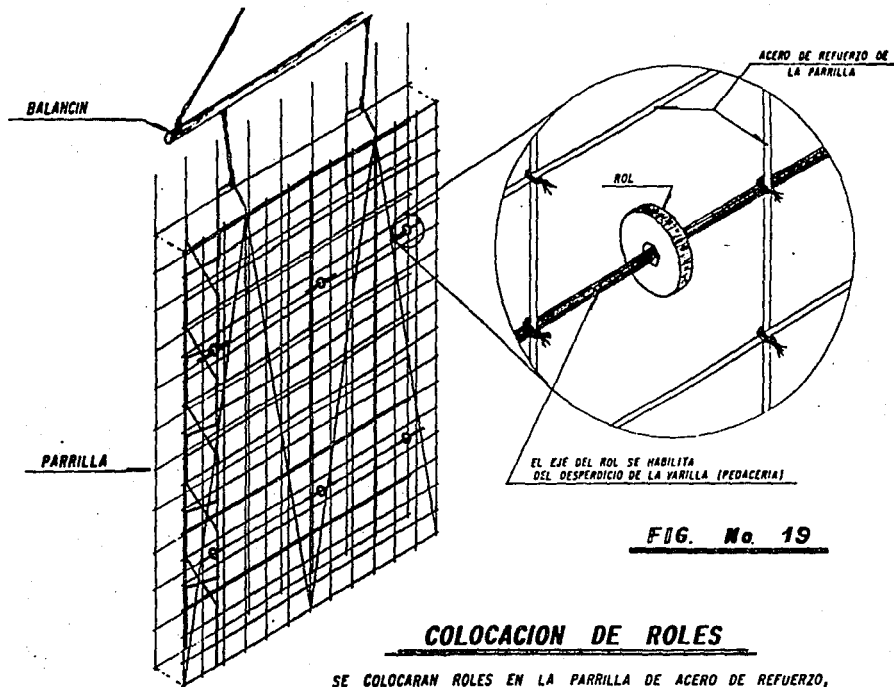
FIG. No. 17

Acotaciones en centímetros

INTRODUCCION DE
JUNTAS METALICAS.

FIG. No.10

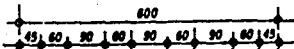




COLOCACION DE ROLES

SE COLOCARAN ROLES EN LA PARRILLA DE ACERO DE REFUERZO, PARA FACILITAR LA INTRODUCCION Y DESLIZAMIENTO DE LA MISMA A LA EXCAVACION PREVIAMENTE REALIZADA POR EL EQUIPO GUIADO.

Acotaciones en centímetros.



CORTE A-A

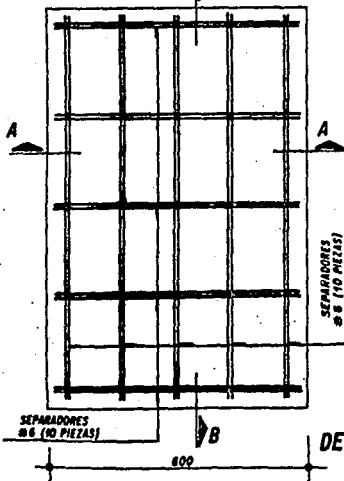
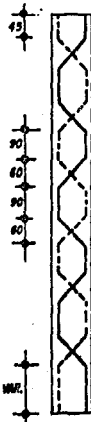


FIG. No. 20

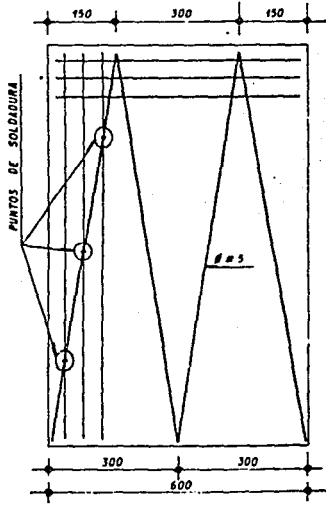


CORTE B-B

DETALLE DE SEPARADORES

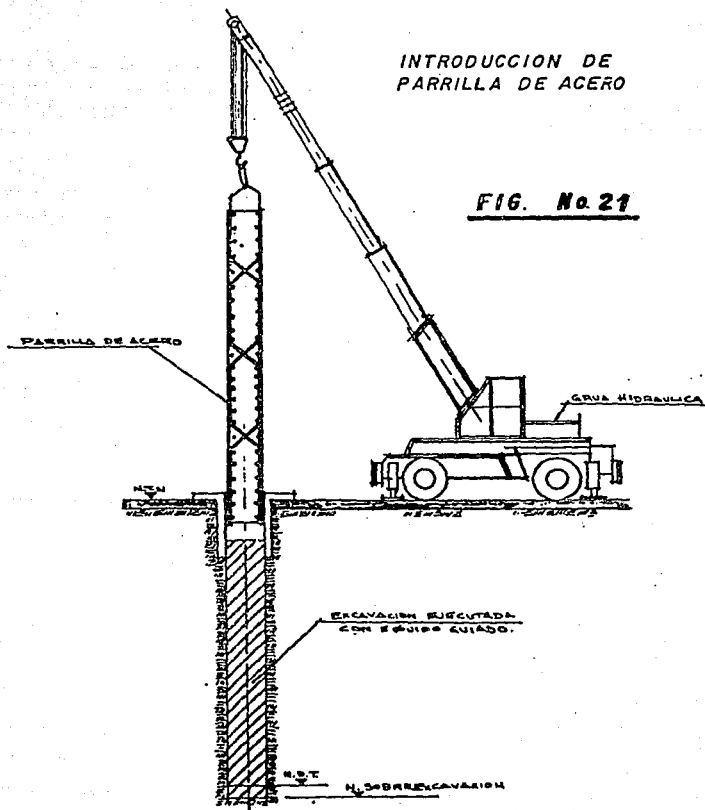
ARMADO DE TABLESTACAS

DETALLE DE IZADORES



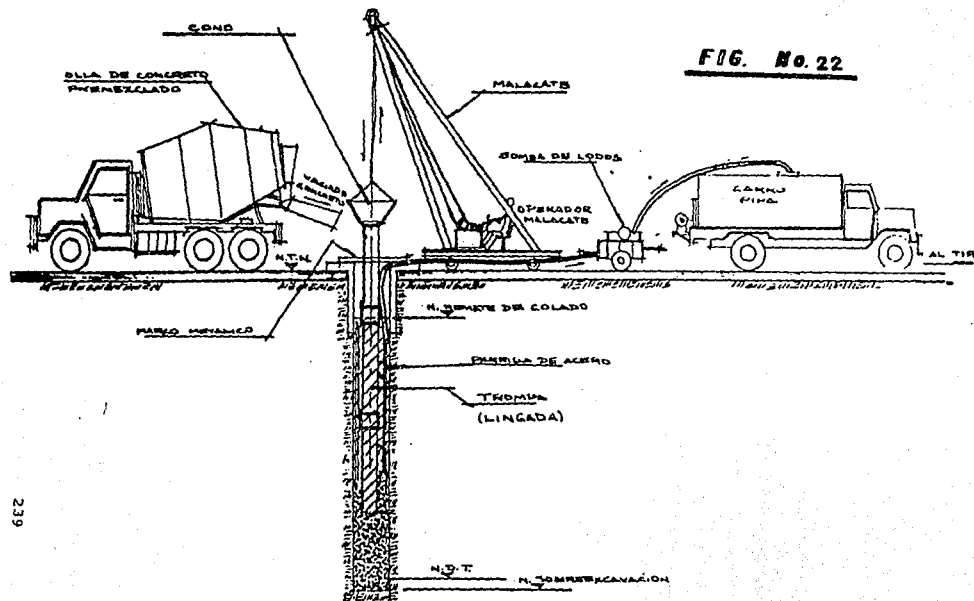
INTRODUCCION DE
PARRILLA DE ACERO

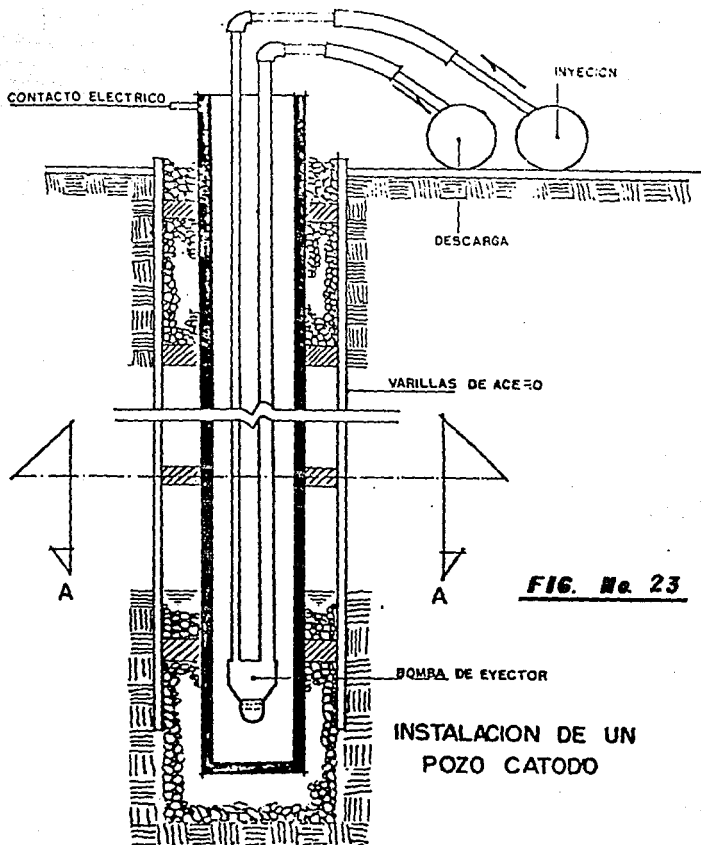
FIG. No 21



COLADO DE MURO MILAN Y
EXTRACCION DE LODO

FIG. No. 22





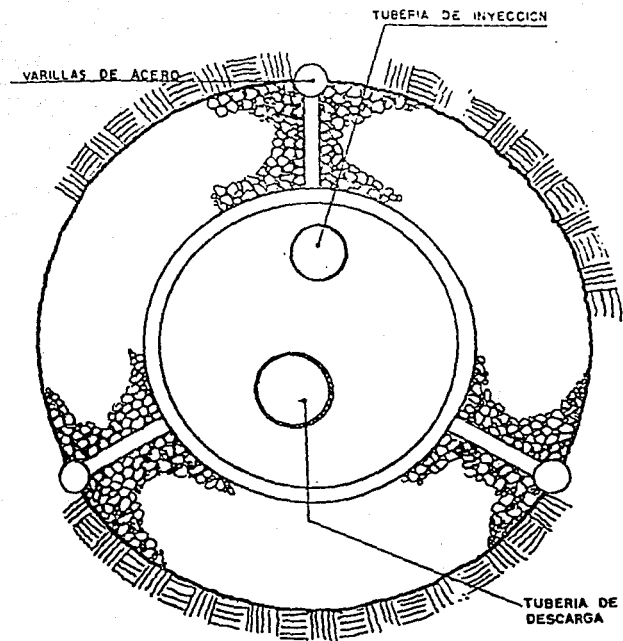


FIG. No. 21

CORTE A-A

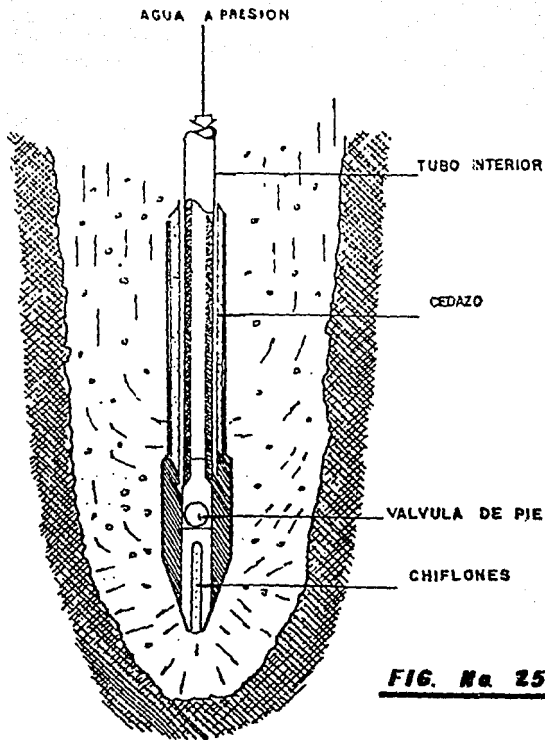


FIG. No 25

HINCADO DE LA PUNTA POR
MEDIO DE CHIFLON DE AGUA

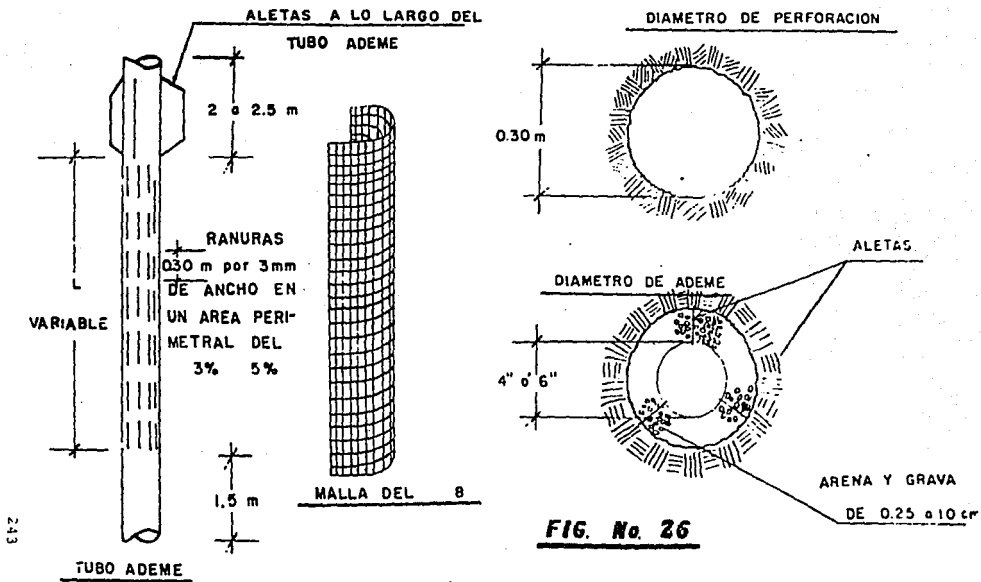
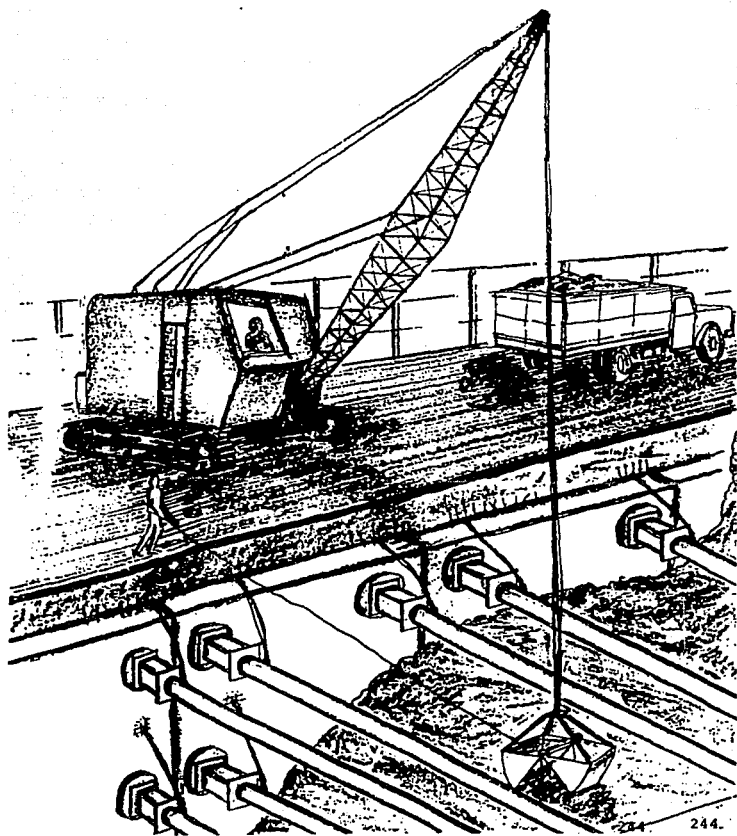


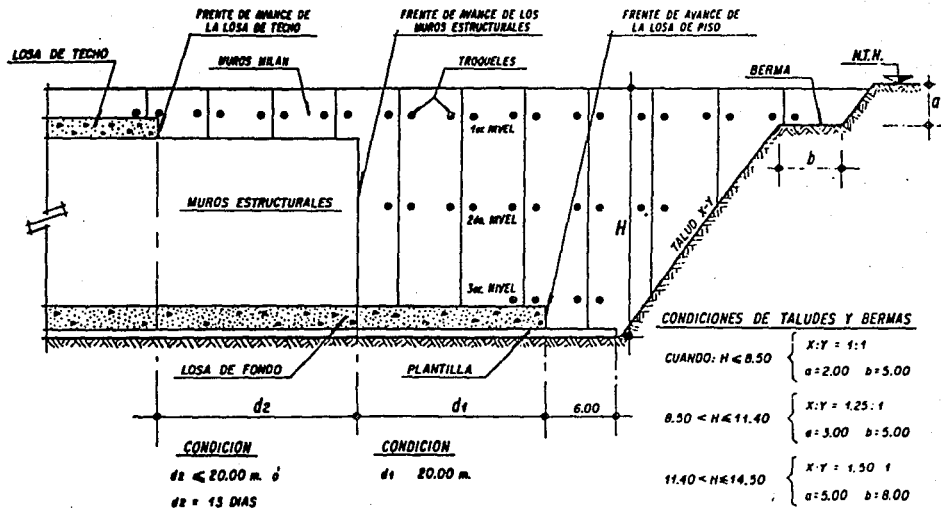
FIG. No. 26

EXCAVACION Y ADEME DE POZOS DE BOMBEO

FIG. No. 27

EXCAVACION DE NUCLEO ENTRE TROQUELES

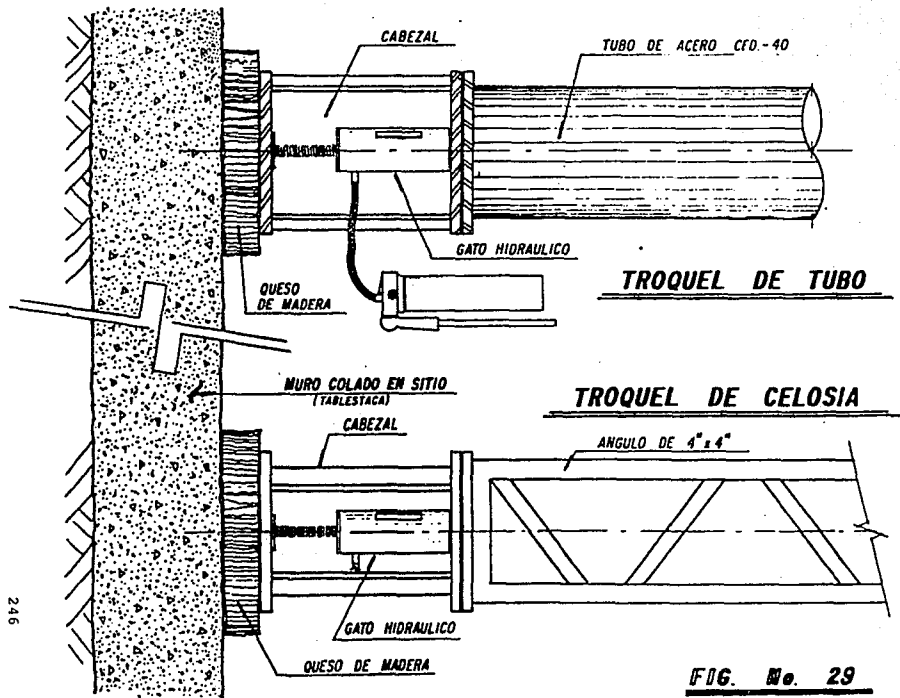


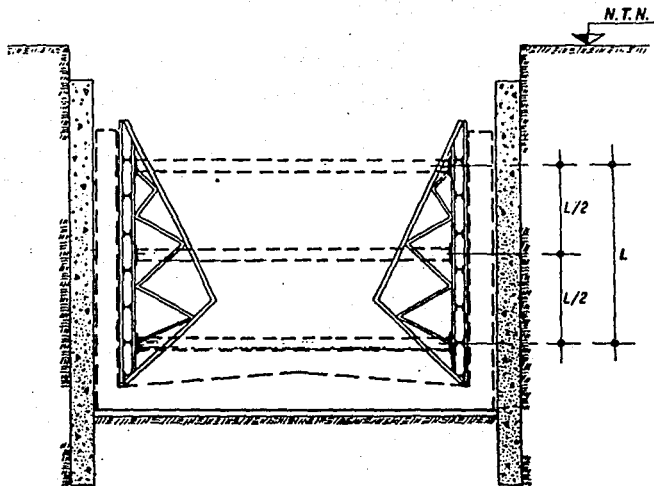


RESTRICCION DE DISTANCIAS O TIEMPOS ENTRE
FRENTE DE AVANCE DE EXCAVACION, LOSAS Y MUROS

Acotaciones en metros

FIG. No. 28





COLOCACION DE CIMBRA

FIG. No. 30

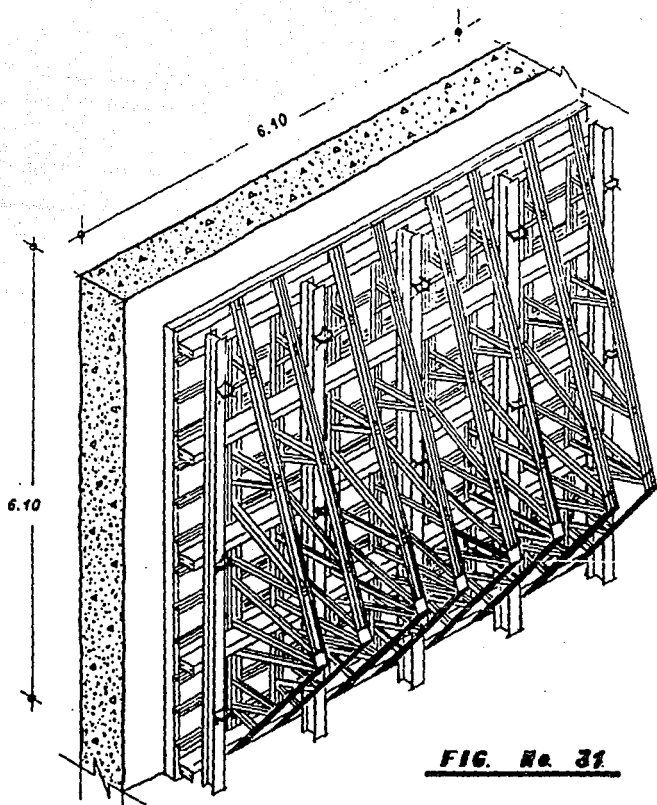
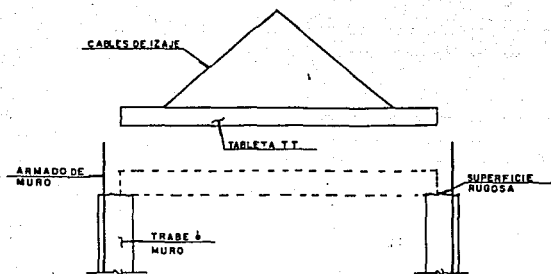


FIG. No. 31

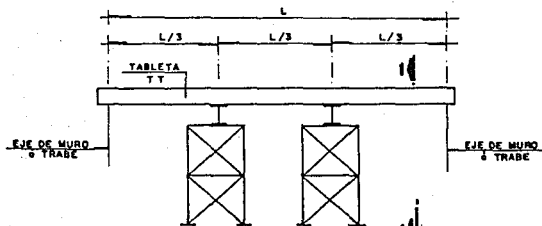
ISOMETRICO CIMBRA

(TABLERO)

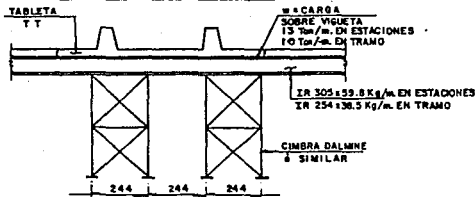
Acofaciones en metros



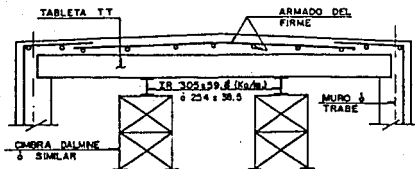
1a. E T A P A



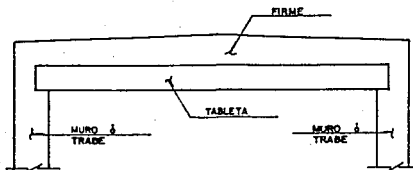
2a. E T A P A



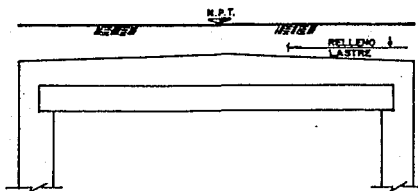
VISTA I - I



3a. ETAPA



4a. ETAPA



5a. ETAPA

CAPITULO IV
ASPECTOS CRITICOS DE LA OBRA

En todo trazo de una línea del Metro y en especial en la zona metropolitana de la Ciudad de México existen zonas de cruce con estructuras que por su carácter permanente no pueden ser desviadas para el trazo de una línea del Metro. Tal es el caso de líneas del Metro ya existentes así como colectores, redes de agua de diámetros considerables, ríos entubados, viaducto, churubusco, etc.). Por lo que se dedica este capítulo al seguimiento del proceso constructivo, en tres de los casos más comunes que se presentan en la construcción de una línea del Metro subterráneo (tipo cajón) estos son:

4.1 Cruce de dos líneas del Metro tipo cajón.

4.2 Cruce de una línea del Metro con un ducto de drenaje por medio de sifón.

4.3 Cruce de dos líneas del Metro, tipo superficial y cajón.

Las cuales se describen a continuación.

4.1 CRUCE DE DOS LINEAS DEL METRO TIPO CAJON

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

La excavacion se efectuara a cielo abierto en las zonas aledañas al cajon de la linea existente, entre ceibas limitadas por una estructura de contencion constituida por muros tablestaca de concreto, armados y colados en sitio por medio de tuneleo falso en la zona bajo el cajón de la línea existente.

1. CONSTRUCCION DE MUROS TABLESTACA

La construcción de los brocales que serviran de guía para la excavación de las zanjas en las que se construiran los muros tablestaca, se realizarán de acuerdo con lo indicado en la especificación general.

Las ramas verticales o faldones de los brocales, que serviran como guía para la excavación y colado de los muros tablestaca se construirán hasta una profundidad tal que exista un traslape entre el remate de la tablestaca y el faldón, como se indica en los planos estructurales correspondientes.

Los brocales se construiran en las zonas jardinadas y de afectaciones. En las zonas donde existe pavimento, la construcción de los brocales estara supeditada a juicio de la supervisión.

Para la estabilidad de las zanjas durante el proceso de excavacion, se utilizara lodo bentonitico que debera cumplir con las propiedades indicadas en la especificación general.

Los niveles de remate y desplante de los muros tablestaca así como, su longitud y distribución se indican en los planos

estructurales y de apuntalamiento correspondientes.

Los muros tablestaca tapon que se encuentran en ambos lados del cajon de metro de la línea existente, se excavarán y colarán tal como se indica en la figura No. 1

Los muros tablestaca tapon que delimitan la zona de tuneleo falso, tendrán como nivel de desolante el nivel de los muros tablestaca del cajon de línea a construir, mientras que su nivel de remate se localizara al nivel de subrasante de línea existente, ver figura No. 2

II. ABATIMIENTO DEL NIVEL FREATICO

Antes de iniciar la excavación de cualquier etapa, sera necesario abatir el nivel de aguas freáticas: para ello deberán instalarse pozos de bombeo de acuerdo con lo descrito en la especificación general.

La ubicación, distribución y profundidad de los pozos de bombeo se indican en la especificación de abatimiento del nivel freático correspondiente a este tramo.

El bombeo solo podrá realizarse cuando se encuentren contruidos los muros tablestaca correspondientes a la celda por excavar.

El bombeo se suspenderá cuando se haya colado la losa de piso correspondiente a la celda que se excava.

I. EXCAVACION, APUNTALAMIENTO Y CONSTRUCCION

Para iniciar el tuneleo falso, sera condición necesaria que previamente estén excavadas y estructuradas las celdas "A" y "C" de la forma como se indica a continuación:

Se iniciará la excavación a partir del nivel de terreno

natural y se suspenderá cuando esta haya alcanzado 30 cm abajo del primer nivel de puntales, procediendo de inmediato a colocar dicho nivel de puntales en su elevación correspondiente, avanzándose a la altura de la losa tapa del cajón de la línea existente, ver figura No. 1

La precarga que deberán tener los puntales en sus diferentes niveles son las siguientes:

- Del primer al tercer nivel 30 Ton.
- Cuarto y quinto nivel 60 Ton.

En la figura no. 2 se indican los niveles de puntales complementándose esta con el plano de apuntalamiento correspondiente a esta zona, donde se indica el tipo de puntales.

Realizando lo anterior, se continuara con la excavación hasta 30 cm abajo del segundo nivel de puntales, colocando enseguida dicho nivel de puntales en la elevación correspondiente, apoyándose sobre la losa tapa del cajón de la línea existente, ver figura antes citada.

Realizando lo anterior, se excavará hasta 30 cm abajo del tercer nivel de puntales, colocando enseguida dicho nivel de puntales en su elevación correspondiente. Los puntales de este nivel se apoyarán sobre la losa de fondo del cajón de la línea existente, ver figura No. 2

De esta manera se continuará el proceso de excavación y apuntalamiento, el cual culminará al llegar al nivel de la máxima excavación, procediendo de inmediato a colocar una plantilla de concreto simple de 45 cm de espesor provista de aditivo acelerante de fraguado.

Una vez que la plantilla alcance una resistencia de 100 kg/m², lo cual no deberá exceder de un plazo de tres horas, se iniciará el armado y colado de la losa de fondo.

El tiempo máximo a transcurrir para el armado y colado de la losa de fondo será de 11 horas contadas a partir del momento de haber concluido el colado de la plantilla.

El colado de la plantilla deberá efectuarse en un tiempo máximo de 3 horas, contadas a partir del momento en que se alcance el nivel máximo de excavación de la etapa correspondiente.

La construcción de los muros estructurales se hará en tramos de acuerdo a lo que se indica a continuación:

Una vez que la losa de fondo haya adquirido el 50% de la resistencia de proyecto, se iniciará el armado del muro estructural y colado del mismo, dejando en los lugares donde exista interferencia con los puntales secciones cuadradas con holgura de 10 cm alrededor del puntal, sin construir, ver figura No. 3

Los espacios que permiten el paso de los puntales a través de los muros, se rellenarán de concreto con aditivo estabilizador de volumen una vez que estos hayan sido retirados.

Una vez que el muro estructural adquiera su resistencia de proyecto, se procederá a demoler localmente el muro de acompañamiento de la línea existente y el remate del muro tabón de línea a construir, de acuerdo a las indicaciones del departamento de estructuras, con la finalidad de colocar las pergolas y apoyar la losa de techo en el cajón de línea existente. Realizada la demolición se habilitará la cimbra, el armado y se colocará la losa superior.

Los sitios donde los puntales interfieren la construcción de la losa superior, se colarán posteriormente cuando los mismos hayan sido retirados.

El retiro del primer y segundo nivel de puntales se hará

cuando la losa superior alcance su resistencia de proyecto. Posteriormente se iniciara el proceso de relleno de acuerdo a especificacion general correspondiente, hasta el nivel de subrasante, desde donde se restituirá el pavimento de acuerdo a lo descrito en la especificacion general respectiva.

Una vez colocada la bergola tal y como se indica en el proyecto estructural, se podra retirar el 3er nivel de apuntalamiento original.

Posteriormente se podra iniciar el tuneleo falso por etapas, segun se indica en la figura No. 4, mediante la demolición del muro tapon hasta que su remate alcance 10 cm por encima del cuarto nivel de puntales. Enseguida se excavara una coyotera por abajo del cajon de linea existente y se colocara el cuarto nivel de troqueles reubicado 0.70 m encima de su nivel original y apoyando en la tablestaca existente bajo linea existente y el muro estructural de linea a construir, ver figura No. 5

La coyotera se excavara en todo el ancho de la etapa de excavacion.

Reubicado el cuarto nivel de puntales, se retirara el original y se continuara la demolición del muro tapon hasta 10 cm encima del quinto nivel original, para proceder a reubicarlo de la misma forma que el cuarto nivel, ver figura No. 6

Posteriormente se continuara con la excavacion bajo el cajon de linea existente con un talud de avance 1:1 y longitud de etapas de 3.0 m, ver figura No. 7

La extraccion de la rezaga sera por la celda B", ver figura antes citada.

Conforme al talud de la excavacion descubra los puntos de aplicacion de los puntales, se deberan colocar estos sujetandolos de sus extremos al armazo de los muros tablestaca.

La excavación no podrá continuarse sino se han colocado los puntales en el momento de descubrir sus puntos de aplicación.

Cuando la excavación alcance el nivel de proyecto se procederá a colocar una plantilla de concreto simple de 10 cm de espesor, provista con un aditivo acelerante de fraguado.

Dos horas después de colocada la plantilla se armará y colará la losa de fondo, dejando las preparaciones para el armado de los muros estructurales.

Doce horas después de colada la plantilla se armará y colará la losa de fondo, dejando las preparaciones para el armado de los muros estructurales.

Doce horas después de colada la losa de la primer etapa, se continuará con la excavación de la segunda etapa siguiendo los lineamientos arriba indicados.

Esta secuencia se repetirá las veces que sean necesarias hasta concluir el túnel falso. Cuando se tengan tres etapas de excavación con sus losas coladas, se deberá iniciar el armado y colado de los muros estructurales hasta el nivel del lecto inferior de línea existente.

Conforme la excavación se acerque al muro tapon del lado poniente y esta describa los puntos de aplicación de los puntales que lo sujetan de la celda "C", se deberán ir retirando.

NOTAS IMPORTANTES

1. No se deberá iniciar una etapa de excavación si no se ha cumplido con el tiempo de bombeo previo especificado.
2. Una vez iniciada la excavación de cualquier etapa no es conveniente interrumpirla sino se ha alcanzado la máxima profundidad de proyecto, colada la plantilla y losa de fondo, en

caso de que sea necesario interrumpirla por un fin de semana, día festivo o cualquier otra causa, la profundidad en que se suspenderá la excavación no deberá ser mayor de 5.0 m contados a partir del nivel de terreno natural.

3. Los puntales se colocaran el momento en que la excavacion descubra sus puntos de aplicacion no debiendo continuar esta, si los puntales no han sido colocados.

4. Inmediatamente despues de colocar cada puntal, deberá sujetarse de sus extremos por medio de cables de acero, los cuales se coligaran de varillas de los muros tablestaca.

5. Los puntales se apoyaran sobre concreto sano, si en los niveles de apuntalamiento el concreto se encuentra contaminado, se debera reconstruir esta zona de tal manera que se garantice la continuidad estructural.

6. La precarga en los puntales deberá verificarse por lo menos, en cada turno de 12 horas de trabajo.

7. Los detalles de apuntalamiento y etapas de excavación se deberán consultar en el plano de apuntalamiento correspondiente a esta zona.

8. Las dimensiones de la estructura y sus detalles se deberán consultar en el plano de apuntalamiento correspondiente a esta zona.

9. No se deberá colocar ninguna sobrecarga debida a la rezaga o materiales en las zonas adyacentes a los muros tablestaca, en una longitud menor de 5.0 metros.

10. En el colado de los muros tablestaca se deberá usar lodo bentonitico para el ademe de la zanja y su nivel deberá estar a 0.5 metros abajo del terreno natural.

Además se deberá contar con lodo bentonítico en la obra para mantener el nivel arriba indicado, así como yeso y aserrín para el caso de que se presenten pérdidas en el volumen del lodo durante la excavación de la zanja.

11. Los diámetros y cedula de los puntales mencionados en las figuras de esta especificación, se indican en los planos de etapas de excavación y apuntalamiento de esta zona.

12. El tiempo máximo para concluir la estructuración y relleno hasta el primer nivel de puntales de una celada será de cuatro semanas en cada celada.

13. Los puntales de sustitución en el tuneleo falso se apoyarán en los muros estructurales en los niveles que se indican en los planos de apuntalamiento correspondiente.

ZONA DE CRUCE DE LINEA CON LINEA

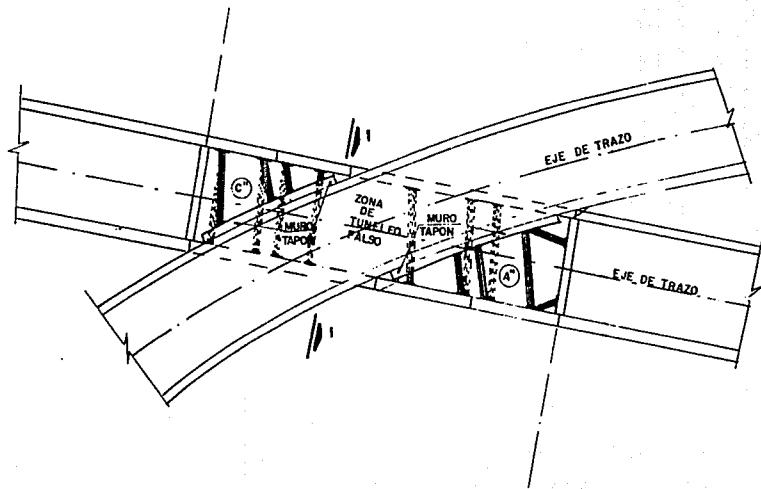
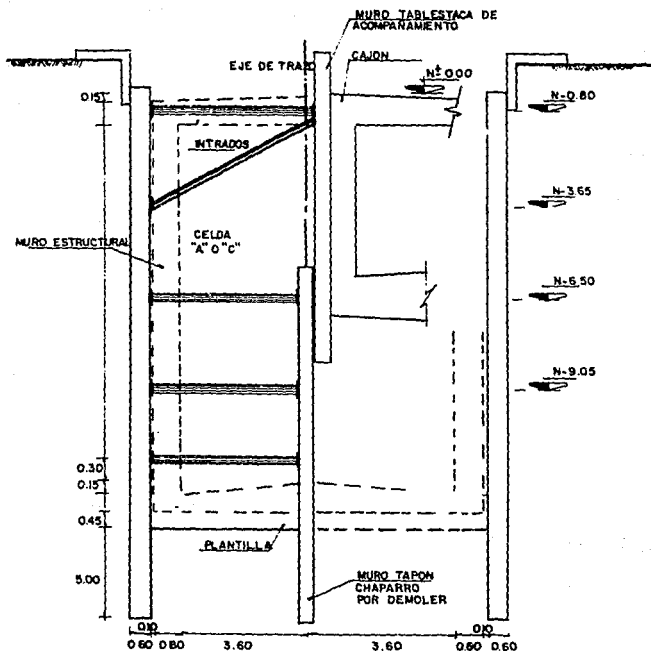
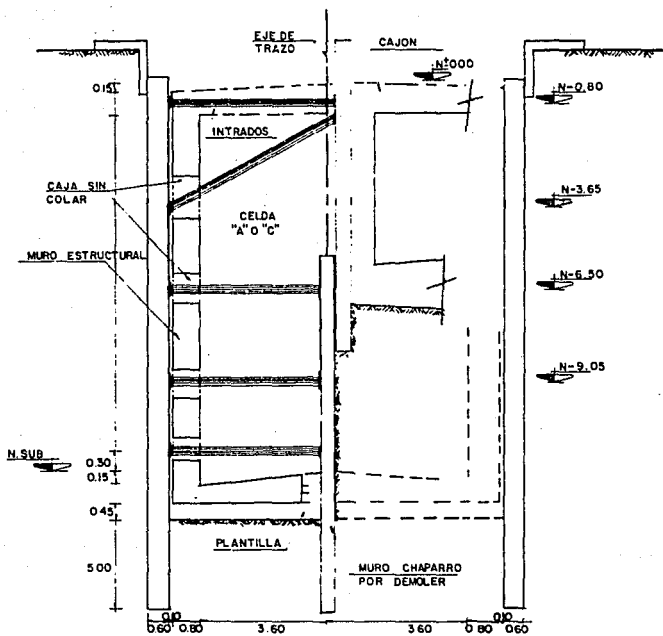


FIGURA No. 1



APUNTALAMIENTO

CORTE 1-1



APUNTALAMIENTO

CORTE I-I

FIGURA N^o. 3

ZONA DE CRUCE DE LINEA CON LINEA
ETAPAS DE EXCAVACION

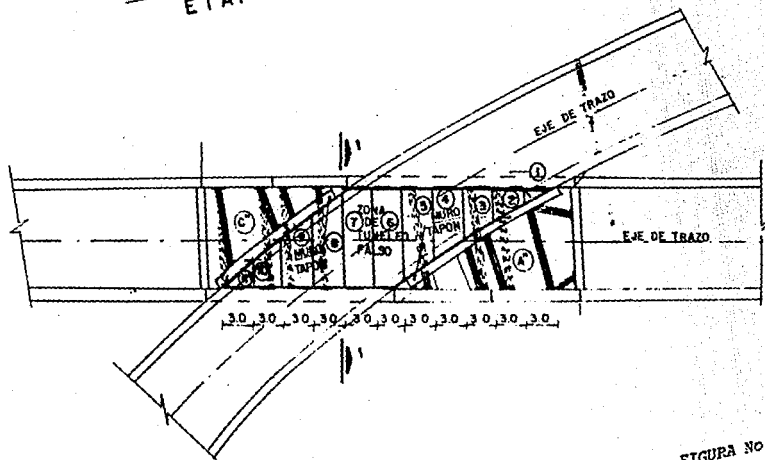
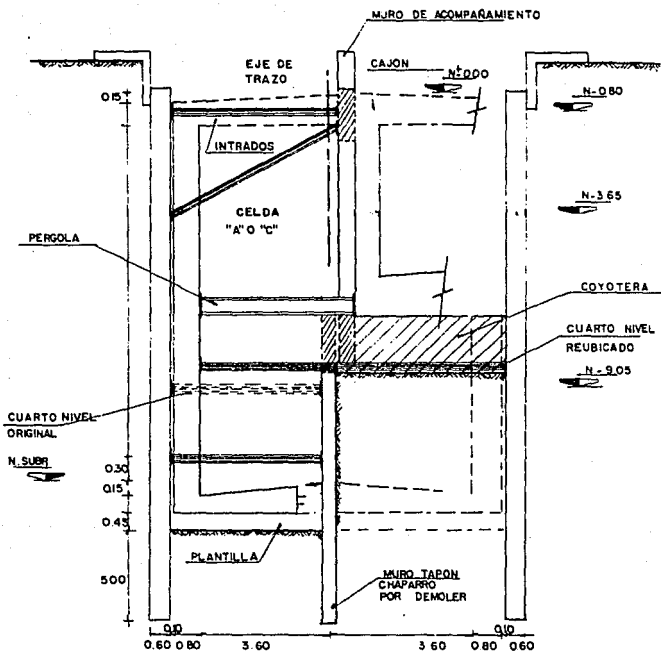


FIGURA No. 4



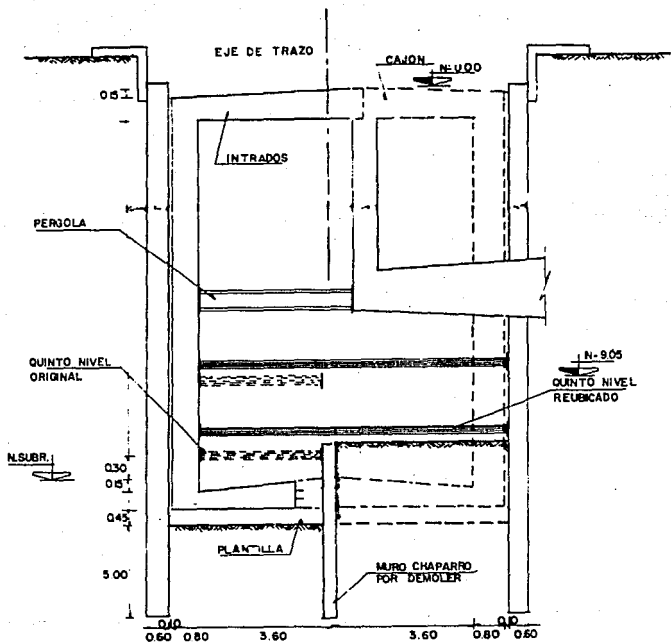
APUNTALAMIENTO

CORTE 1-1

SIMBOLOGIA

DEMOLICION

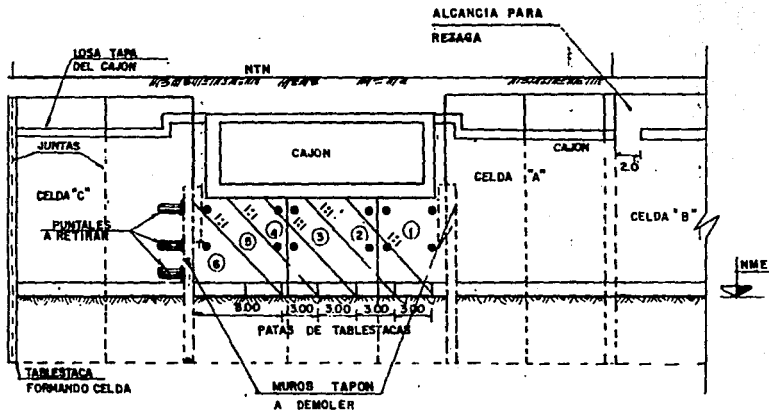
FIGURA NO. 5



APUNTALAMIENTO

CORTE I-I

FIGURA NO. 6



ETAPAS DE EXCAVACION EN LA ZONA DEL CRUCE CON LINEA

FIGURA No. 7

4.2 CRUCE DE UNA LINEA DEL METRO CON UN DUCTO DE DRENAJE POR MEDIO DE UN SIFON

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL SIFON

El proceso de construcción del sifon se dividirá en: dos cajas de conexión, una zona de rampas, dos registros de inspección y una zona central.

Cuando se encuentren líneas de alta tensión que cruzan la calle, se utilizarán tres estructuras de contención para realizar la excavación y la construcción de la estructura del sifon.

Una consiste en muros tabiestaca armados y colocados en sitio para la zona de rampas y central. La segunda consiste en viguetas horizontales soldadas al armado de los muros tabiestaca y tabloncillos de madera en las zonas donde no se puedan colar estos debido a la presencia de los cables de alta tensión. La tercera será a base de viguetas hincadas en el terreno y polines de madera para las cajas de conexión cuyo escrito se indica por separado.

I. TRABAJOS PREVIOS A LA CONSTRUCCION DEL SIFON EN LA ZONA DE CRUCE CON EL CAJON DE METRO.

A) Se deberán realizar calas para detectar la trayectoria real de las líneas de alta tensión antes de iniciar la excavación y la construcción de los muros tabiestaca.

B) En el lado poniente del colector existente, el hombro del talud de la excavación del cajon de metro, deberá quedar a una distancia de 10.50 metros medido a partir del paño de la tubería, en tanto que en el lado oriente este deberá quedar a una distancia de 10.0 metros del paño exterior del muro tabiestaca del sifon de proyecto, tal como se indica en la figura No. 2

C) Los muros tabiestaca que formaran la estructura de contención del sifon adyacentes a los cables de alta tensión se deberán colar a 50 cm. de estos tal y como se muestra en las

figuras No. 2 y 4.

D) Con el objeto de proteger las paredes de los taludes contra el intemperismo, deberá colocarse sobre estos tela de gallinero, e inmediatamente después de su colocación se deberá cubrir con una capa de mortero cemento-arena de 3 cm. de espesor, en proporción 1:3.

E) Los muros tablestaca del cajón de Metro, quedaran contruidos en la forma que se especifica en las figuras No. 2 y 3.

F) El procedimiento constructivo del cajón de Metro comprendido en la zona del desvío de colector se indica en escrito por separado.

II. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL SIFON.

A) Construcción de muros tablestaca.

Una vez realizado el trazo topográfico sobre el terreno y detectar las líneas de alta tensión, se construirán los brocales que servirán de guía para la construcción de los muros tablestaca, según lo que se indica en la especificación general.

La longitud del faldón del brocal, será aquella que permita un traslape de 50 cm. entre su paño inferior y el nivel de remate del muro tablestaca. En seguida se continuara con la excavación bajo fluido estabilizador, de las zanjas que alojaran a los muros tablestaca de acuerdo con lo indicado en la especificación general.

El fluido estabilizador a emplear, deberá cumplir con lo indicado en la especificación general.

El número de dimensiones de los tableros de los muros tablestaca se indican detalladamente en el plano estructural

correspondiente.

B) Abatimiento del nivel freático.

Antes de excavar el área comprometida entre los muros tablestaca, será necesario abatir el nivel freático instalando pozos de bombeo, siguiendo las indicaciones de la especificación general y localizados conforme a lo mostrado en la figura No. 5. Las perforaciones y despiante de los pozos, se llevarán hasta 2.0 metros abajo de la profundidad máxima de excavación y el nivel de succión 0.5 m. por arriba de dicho despiante.

En la zona de cruce de los ductos de alta tensión con el sifón de proyecto, será necesario construir muros pantalla con lodo fraguante para delimitar la zona de bombeo, tal como se indica en la figura No. 5 dichos muros se construirán de acuerdo con la especificación general correspondiente.

El bombeo se iniciará 48 horas antes de empezar la excavación y se suspenderá después de colada la plantilla en el tramo excavado.

C) Excavación, apuntalamiento y construcción del sifón.

El procedimiento de excavación, apuntalamiento de los muros tablestaca y la construcción del sifón, deberá seguirse conforme a lo que se indica a continuación:

- 1.- La excavación se efectuará en dos etapas. La primera comprende la zona central y la segunda corresponde a la excavación simultánea de las rampas, tal como se indica en las figuras No. 6 y 7.
- 2.- Previamente a las etapas de excavación se realizará un rasero de 2.0 m. de profundidad a partir de los bordes exteriores de las cajas de conexión, tal como se indica en la figura No. 7a.

3.- Realizado lo anterior se continuara con la excavacion de la zona central hasta el nivel definitivo de excavacion. Como se indica en la figura No. 7b.

Inmediatamente despues de haber alcanzado el nivel maximo de excavacion se debera colar una plantilla de concreto simple de 10 cm. de espesor, provisto con un aditivo acelerante de fraguado.

4.- El apuntalamiento sobre los muros de tabiestaca se hara empleando tuercas de acero, de tipo 30 de 5" de diametro, colocados por pares separados entre si 1.0 m. de distancia, centro a centro, de manera que queden ubicados simetricamente respecto a las juntas de construccion de los muros, como se indica en las figuras No. 4a y 5. Se colocaran cuatro niveles de puntales en las elevaciones que se indican en la figura No. 6.

5.- Los puntales deberan instalarse inmediatamente despues que la excavacion descubra sus puntos de aplicacion, no debiendo continuar con esta, si los puntales no han sido colocados en su elevacion correspondiente.

6.- Todos los puntales se colocaran con una precarga de 30 ton. debiendo llevar un control adecuado durante la aplicacion de la misma.

7.- En la seccion correspondiente a las rampas, la excavacion debera efectuarse de tal manera, que la superficie del terreno del sifon, quede con el angulo de inclinacion especificado en el proyecto correspondiente al departamento de obras hidraulicas.

Una vez finalizada la excavacion de las rampas se colocara una plantilla de concreto simple de 10 cm. de espesor provista con un aditivo acelerante de fraguado, veinticuatro horas despues se podran retirar los

duntales y se colocara la tubería de 1.22 m. de diametro en su posición definitiva y se iniciara el proceso de relleno. Cuando se alcance el nivel de proyecto de la tubería de 0.75 m. de diametro se colocara la misma, ver figura No. 4.

8.- Tres horas despues de colocada la plantilla, en la zona central, se iniciara el armado y colado de la losa de piso sobre la que se apoyaran los tubos que integran el sifon, dejando las preparaciones necesarias para su conexión con los muros del cajon que confinara a dicha tubería. Veinticuatro horas despues de colada la losa de piso, podra retirarse el cuarto nivel de puntales de la zona central, ver figura No. 5.

9.- Transcurridas cuarenta y ocho horas de haber colocado totalmente la losa de piso, se procedera a la colocacion y fijacion de los tubos en su posición definitiva. Instalados la totalidad de los tramos de tubería en la zona central, se iniciara el armado y se habilitara la cimera del cajon que contendra al colector en esta zona, procediendo a colocar monolíticamente los muros del citado cajon con el relleno de concreto de los espacios interiores, existentes entre los tubos y dichos muros, de acuerdo con lo indicado en la figura No. 7.

10.- Durante el armado y colado del cajon que contendra los tubos, se deberan dejar las preparaciones necesarias en los sitios donde se construirán los pozos de inspeccion.

11.- El concreto que se utilice en la construcción de los pozos de inspeccion, debera contener activo acelerante de traguado.

12.- Cuando la estructura que conforma la parte central del sifon, haya adquirido la resistencia minima especificada en el proyecto estructural, se armara y colocara la losa de fondo del cajon del metro, dejando las preparaciones

necesarias para el colocago posterior de los muros.

Veinticuatro horas despues de colada la losa de fondo del cajon de metro se colocaran los muros estructurales hasta el nivel de proyecto indicado en los planos estructurales correspondientes.

La colacion de las tabietas, el colocago del firme de compresion y la colocacion del relleno del cajon en esta zona se realizara de la manera que se indica en el procedimiento constructivo del tramo, ver figura No. 10.

En el area del cruce del cajon del metro con el sifon, sera necesario demoler los muros tabiestaca de este ultimo, por lo que en esta zona, los puntales deberan retirarse conforme se vaya alcanzando su nivel de edificacion con la excavacion del tramo y la demolición. Este procedimiento se detalla en la especificacion del tramo.

13.- Veinticuatro horas despues de haber colocado la correspondiente plantilla, en las zonas de rampas podran retirarse los puntales que implan la colocacion de los respectivos tramos de tuberia del colector como ya se menciona.

14.- En la zona donde no existen muro tabiestaca debido a la interferencia de las lineas de alta tension, se oedera colocar una estructura de contención con el fin de sostener temporalmente al terreno, constituida por viguetas horizontales de acero I.R. de 20.3 cm. de 22.5 kg/m y tablonos de madera de 2" de espesor. Las viguetas se colocaran conforme se profundice la excavacion debiendose soldar al armado del muro tabiestaca previamente descubierto, con el patin hacia el frente y separadas a cada 1.0 m. de profundidad tal y como se muestra en la figura No. 4.

La colocacion de las viguetas y los tablonos se hara en

forma alternada, suspendiendo momentaneamente la excavacion durante la colocacion de estos.

El puenteo de las lineas de alta tension se debera realizar de la manera como se indica en la especificacion para el puenteo de ductos de 25, 55 y 230 kv. que cruzan el cajon de metro.

III COLOCACION DEL MATERIAL DE RELLENO.

El material de relleno debera cumplir con las indicaciones de la especificacion general.

En las rampas el material de relleno se colocara unicamente cuando se haya terminado de construir el cajon de metro.

El retiro de los puntales, se efectuara unicamente cuando el relleno alcance una altura de 0.30 m. abajo de sus puntos de aplicacion. Cuando el relleno alcance el nivel de suprasante, se procedera a restituir el pavimento de acuerdo con las indicaciones de la especificacion general. La colocacion del material de relleno sobre el cajon de metro, se efectuara segun las indicaciones de la especificacion general.

NOTAS IMPORTANTES.

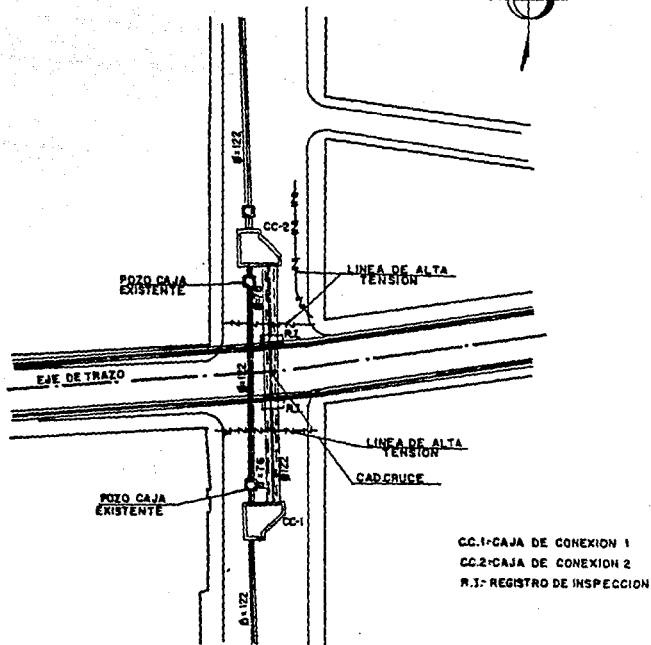
- 1.- Por ningun motivo se permitira continuar con la excavacion, si no han sido colocados los puntales en sus elevaciones correspondientes una vez que la excavacion haya descubierto sus respectivos puntos de aplicacion.
- 2.- Colocados los puntales en sus correspondientes elevaciones, deberan ser asegurados por medio de estrosos a puntos fijos, localizados fuera del area de excavacion.
- 3.- Todos los detalles para el armado y colado de las estructuras que integran el sifon y el cajon de metro, se

detallan en los planos estructurales correspondientes.

4.- Durante el armado y colado de los muros de los cobos de inspeccion, se deberá en los lugares donde exista interferencia con los puntales que no se hayan retirado en estas zonas, secciones cuadradas de 40 cm. por lado sin colar.

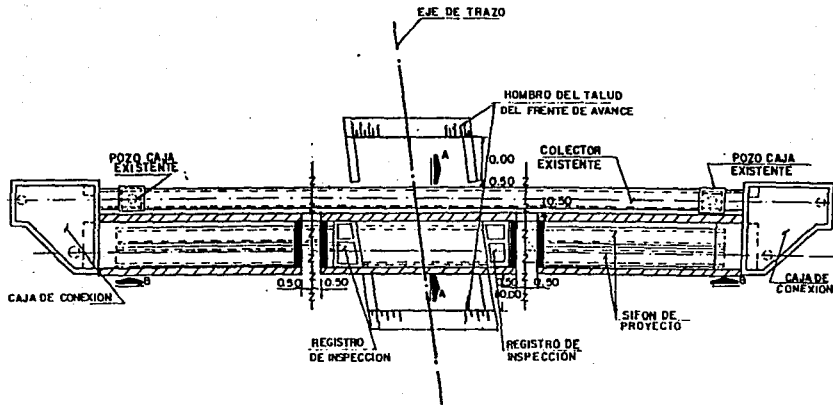
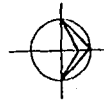
5.- Una vez que hayan sido retirados los puntales que se indican en la nota No. 4, los huecos de los muros se colarán con un concreto que contenga aditivo estabilizador de volumen.

6.- Todos los detalles correspondientes al proyecto preliminar se deberán consultar en los planos correspondientes.



CROQUIS DE LOCALIZACION

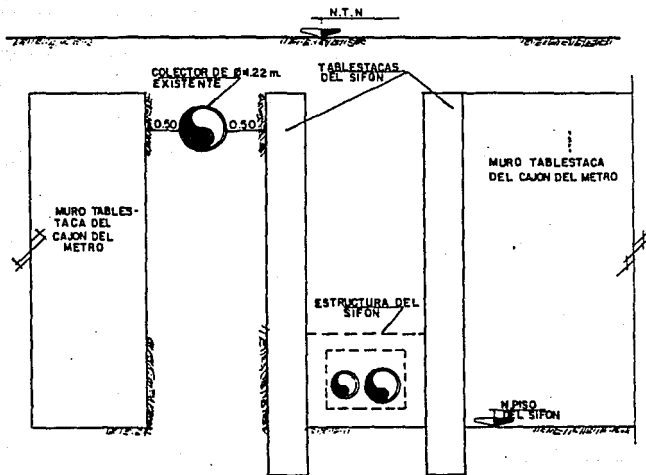
FIGURA No. 1



- MURO TABLESTACA DEL CAJON DEL METRO
- MURO TABLESTACA DEL SIFON
- MURO PANTALLA

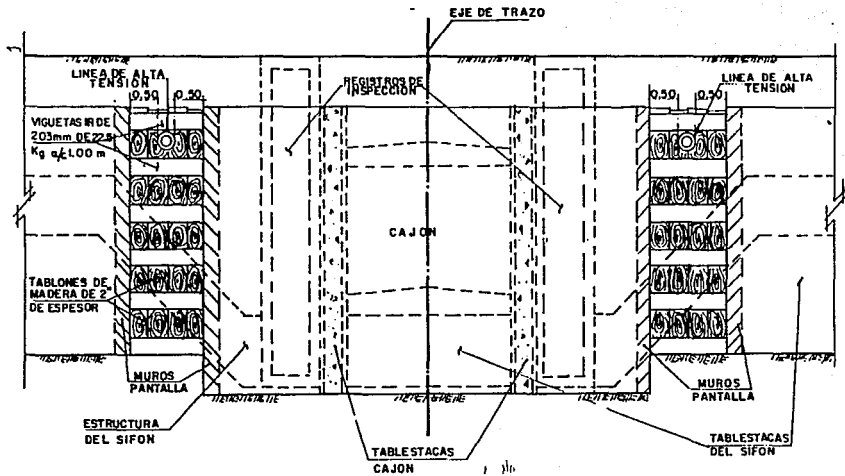
P L A N T A
COLADO DE MUROS TABLESTACA

FIGURA N° 2



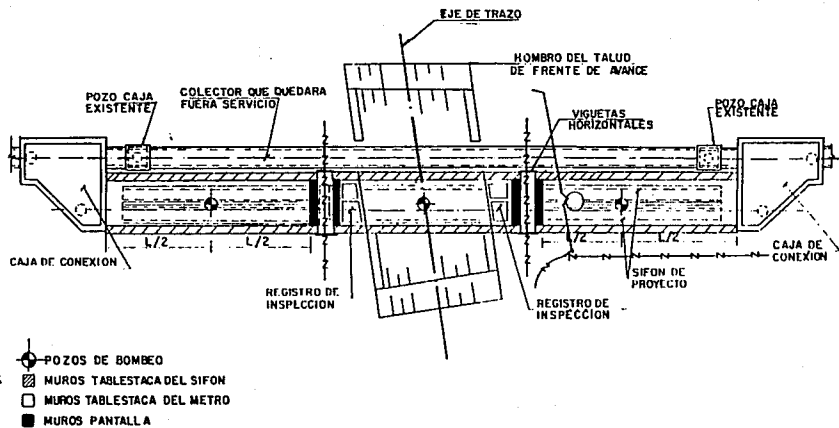
C O R T E A - A
**COLADO DE MUROS TABLESTACA DEL SIFON
 EN EL CRUCE CON EL CAJÓN DEL METRO**

FIGURA No.3



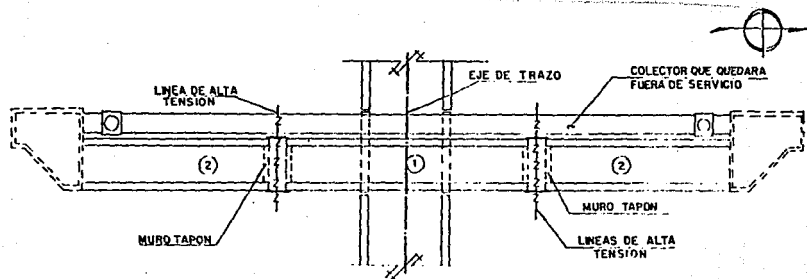
C O R T E B - B
 ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN EN ZONA
 DE CRUCE CON LAS LINEAS DE ALTA TENSION

FIGURA No. 4

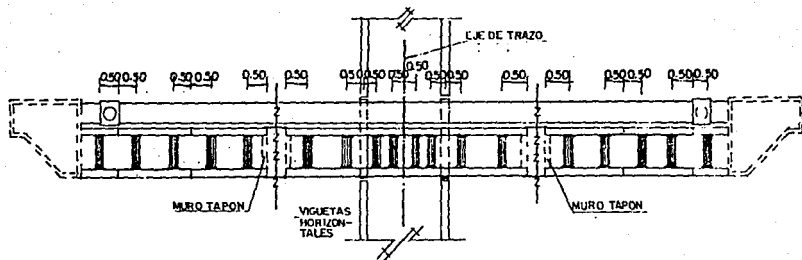


PLANTA DE BOMBEO

FIGURA No.5



**PLANTA
ETAPAS DE EXCAVACION**



**PLANTA
APUNTALAMIENTO**

ETAPAS DE EXCAVACION Y CONSTRUCCION
DE RAMPAS Y ZONA CENTRAL

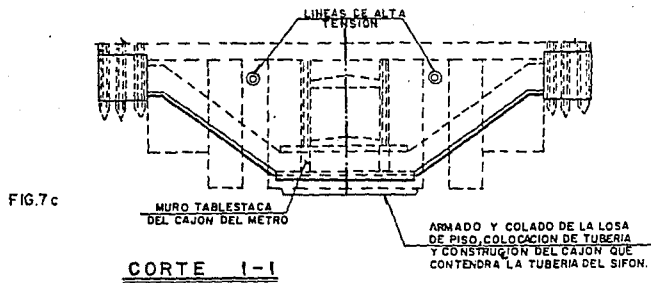
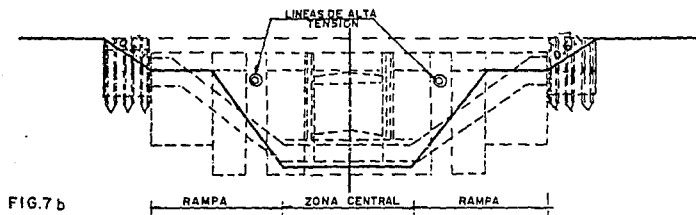
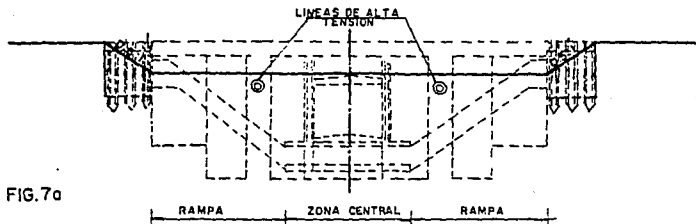
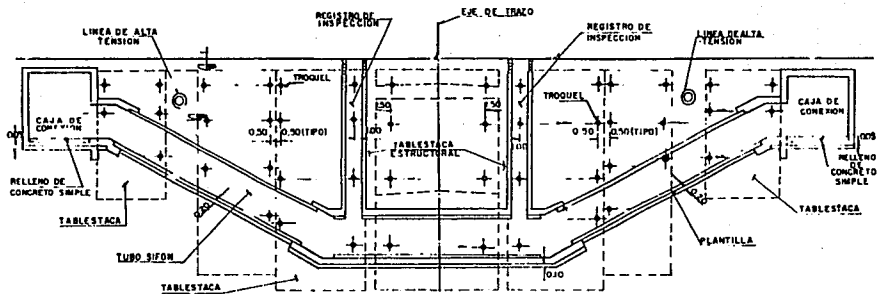
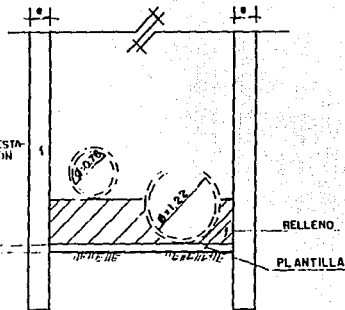
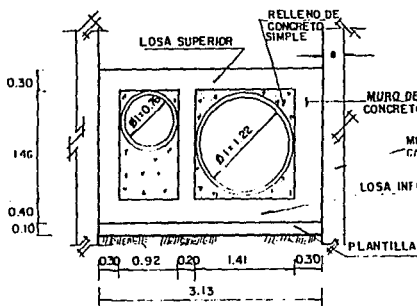
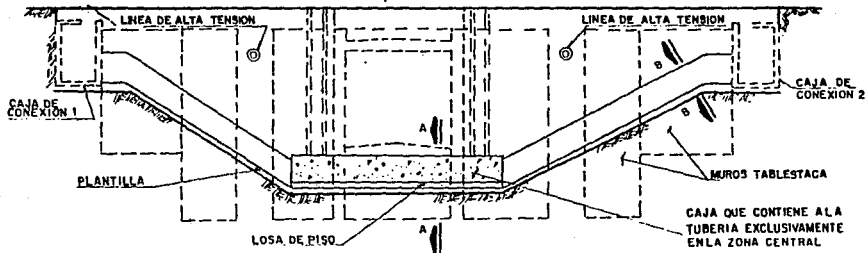


FIGURA No. 7



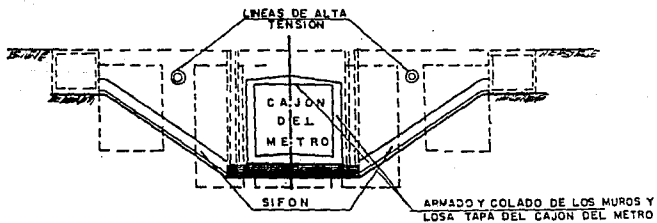
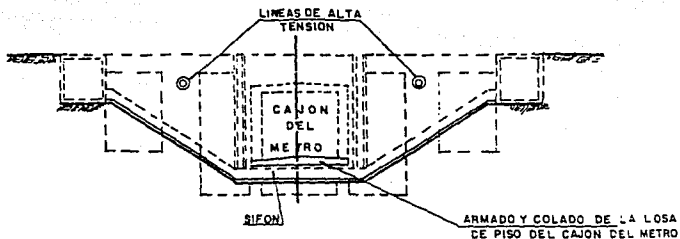
A PUNTALAMIENTO
CORTE 2 - 2

ESTRUCTURACION DEL SIFON EN LA ZONA CENTRAL



e = ESPESOR DEL MURO TABLESTACA

FIGURA No. 9



**ESTRUCTURACION DEL CAJON DEL METRO
SOBRE LA ESTRUCTURA DEL SIFON**

4.3 CRUCE DE DOS LINEAS DEL METRO, TIPO SUPERFICIAL Y CAJON.

I.- ESPECIFICACION PARA EL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN LA ZONA DE CRUCE DEL CAJON DEL METRO.

En este escrito se describen los procedimientos constructivos de las zonas de cruce del cajón de Metro, denominadas en lo sucesivo zona I y zona II, respectivamente, según se indica en la figura No. 1.

La excavación y construcción en la zona I se realizara por medio de un proceso de tuneleo falso, indicándose el proceso de construcción de los muros tablestaca, excavación, construcción de la losa de techo del cajón, colocación de relleno superior y la restitución del pavimento de las vialidades, así como la excavación y estructuración de la sección del cajón de Metro.

Si durante la excavación de alguna de las zonas antes citadas se tiene algún problema por la interferencia de cimentaciones u otro obstáculo, se deberá informar a la constructora para proporcionar la solución y poder continuar.

En lo sucesivo se tomara como nivel de referencia + 0.00 la parte mas alta de la losa de techo (estrados) del cajón de Metro, ver figuras 2 y 3.

II.1.- CONSTRUCCION DE MUROS TABLESTACA.

Sera decisión del supervisor o jefe de frente de obra, la construcción o no de los brocales que servirán de guía para la excavación de las zanjas en las que se construirán los muros tablestaca, en cuyo caso se realizara de acuerdo con lo indicado en la especificación general correspondiente.

No podrá iniciarse la excavación para construir las losas de techo del cajón de la línea a construir, si no se ha concluido la

construcción de los muros correspondientes.

La construcción de los muros tablestaca, se efectuara, de acuerdo con lo indicado en la especificación general correspondiente, así como con la particular del tramo.

II.2.- INSTALACION DEL SISTEMA DE ABATIMIENTO DE NIVEL FREATICO.

Simultáneamente con la construcción de los muros tablestaca o bien previo a la construcción de la losa de techo del cajón de la línea a construir, se realizara la perforación y adomado de los pozos de bombeo, protegiendo su boca mediante tapas; los eyectores se colocaran de manera previa al arranque del sistema de abatimiento del nivel de aguas freaticas. Este sistema se pondrá en funcionamiento cuando se vaya a realizar la excavación y construcción del resto de la estructura del cajón de la línea a construir mediante el procedimiento tuneleo falso, segunda fase.

El sistema de abatimiento consistirá en instalar pozos de bombeo de acuerdo con los lineamientos de la especificación general y con la particular del tramo. Dichos pozos se localizan sobre el eje definido por la semidistancia entre muros tablestaca, a una separación longitudinal de 9.00 m centro a centro, según se indica en la especificación particular citada.

Una vez que la excavación que alojara la losa de techo e indicada en párrafos siguientes, alcance su profundidad de desplante, se excavará al centro del claro entre tablestacas y a todo lo largo, una zanja de 0.30 *0.50 m. para colocar las mangueras de los pozos de bombeo, tal como se observa en la figura 5, ya que estas deberán quedar por abajo de la losa de techo; las mangueras antes mencionadas, se sacaran por un extremo de la zona por tunelear.

Dos días antes de iniciar la excavación del núcleo central (segunda fase) se deberá empezar a bombear en los pozos

comprendidos en una longitud de 20.0 m., medida a partir del pie del talud del frente de excavación, continuando con dicho proceso de tal manera que el tramo que se este bombeando no sobrepase en ningún caso la longitud indicada.

El bombeo deberá suspenderse en cada pozo cuando se haya terminado el colado de la losa de piso de la etapa correspondiente.

II.3.1.- PRIMERA FASE DEL TUNELEO.

Concluida la construcción de los muros tablestaca en cualquiera de las vialidades; se estará en condiciones de iniciar la excavación para la construcción de la losa de techo del cajón de la línea a construir.

La excavación en la vialidad de la calzada se efectuara en por lo menos dos etapas por cada sentido, para lo cual se realizaran bandeos de tránsito, ver figura No. 6.

La excavación de cada etapa se iniciara a partir del nivel de terreno natural hasta alcanzar 30 cm. abajo del primer nivel de puntales, procediendo de inmediato a su colocación.

Hecho lo anterior se continuara con la excavación hasta 5 cm. abajo del nivel de intrados del cajón en esa etapa. La excavación estará limitada por taludes de avance iguales a 0.25 : 1 (horizontal a vertical), debiendo tomar en cuenta lo siguiente:

Las filtraciones que se presenten durante esta excavación deberán controlarse mediante zanjas de 0.300 * 0.30 m. localizadas en el perímetro de la excavación, las cuales reconocerán hacia carcamos ubicados en las esquinas de la misma donde se extraerá el agua por medio de bombas autocebentes de gasolina o eléctricas; las zanjas antes mencionadas deberán

rellenarse con grava limpia.

Concluida la excavación, se colocara en el fondo de esta, una plantilla de grava de 5 cm. de espesor, continuando con la colocación de las tabletas que constituiran la losa de techo, efectuando la liga estructural con los muros tablestaca. Para detalles de la liga de muros con las tabletas de la losa de techo.

Se continuara con el armado y colado del firme de compresión y veinticuatro horas después se podrá retirar el primer nivel de troqueles. Siete días después de realizado lo anterior se procederá a colocar el lastre de concreto y setenta y dos horas después se colara el material de relleno de acuerdo con lo indicado en la especificación general para tal efecto.

Una vez colocado el material de relleno hasta el desplante de la capa de sub-base, se procederá a restituir el pavimento de la calzada, de acuerdo con las indicaciones de la especificación general de pavimentos.

II.3.2.- EXCAVACION Y ESTRUCTURACION DEL CAJON DE METRO.

(SEGUNDA FASE DEL TUNELEO)

A.- ABATIMIENTO DEL N.A.F.

Se empezara a bombear dos días antes de iniciar la excavación en cual quier etapa del tuneleo. los pozos que se pondrán en operación serán aquellos que se localicen a una distancia de 20 m. contados a partir del pie del talud del frente de excavación.

El bombeo se suspenderá en la etapa de excavación atacada, una vez colocada la losa de piso correspondiente.

Las partes de los ademes de los pozos que quedaran ahogados

en la losa de piso después de suspender el bombeo, se deberán rellenar desde su nivel de desplante hasta 30 cm. abajo del tope de colado de la losa con un mortero cemento-arena en proporción 1:3 en peso del cemento y la parte restante se rellenara mediante concreto provisto con estabilizador de volumen hasta alcanzar el paño superior de la losa de piso del cajón de Metro.

B.- EXCAVACION, APUNTALAMIENTO Y CONSTRUCCION.

Restituida la superficie de rodamiento de la avenida, podrá iniciarse la excavación para la construcción del cajón de Metro mediante tuneleo falso del tramo en cuestión.

La excavación se iniciara por el interior del cajon y en etapas de 6.00 m. de longitud con un talud de avance cuya inclinación será 1:1 el cual se deberá respetar durante todo el proceso hasta alcanzar el muro tapón correspondiente. Esta excavación podrá realizarse por ambos frentes en forma simultanea.

La excavación, colocación de puntales y construcción de la estructura del cajón del Metro se llevara a cabo por etapas y en la forma que a continuación se describe:

Por cada etapa de excavación se iniciara a partir del nivel inferior (intrados) de la losa de techo ya colocada, y se suspenderá momentáneamente 20 cm. abajo del segundo nivel de puntales procediendo a su colocación en la elevación correspondiente. ver figura No. 7.

Se continuara con la excavación hasta 30 cm. abajo del tercer nivel de apuntalamiento en forma inmediata en su nivel correspondiente. En este momento se podrá retirar el segundo nivel de troqueles.

Se continuara con la excavación hasta el máximo nivel de proyecto; inmediatamente despues se procederá a colar una plantilla de concreto pobre de 40 cm. de espesor provisto con aditivo acelerante de fraguado. Antes de llegar a la profundidad de proyecto se debera tener disponible y al pie de la obra el acero de refuerzo de la losa inferior del cajón. El colado de la plantilla deberá efectuarse en un periodo máximo de 5 horas, contadas a partir del momento de alcanzar el nivel máximo de excavación.

Colada la plantilla se armara, cimbrara y colara la losa inferior, ligandola con los muros tablestaca y dejando las preparaciones necesarias para la liga estructural posterior con la losa de la etapa adyacente. Veinticuatro horas después de colada la losa de piso se podrá retirar el tercer nivel de puntales, así como iniciar la excavacion de la etapa siguiente.

La excavación, apuntalamiento y construcción de estas zonas, se llevara a cabo de acuerdo con lo indicado en el inciso II.3 de este escrito, teniendo en cuenta lo siguiente:

La sección y su apuntalamiento propuesto puede verse en la figura No. 8.

Se deberá excavar hasta 5 cm. abajo del nivel intrados, procediendo de inmediato a la colocación de una plantilla de grava de 5 cm. de espesor. sobre esta plantilla se colocaran las tabletas que constituirán la losa de techo, procediendo después al armado y colado del firme de compresión. Ocho días después de colado este, se podrá colocar el relleno compactado hasta el nivel de proyecto de la subrasante de la vialidad, restituyendo entonces el pavimento.

Una vez colgado el tercer nivel de troqueles en su posición podrá retirarse el segundo nivel.

Alcanzando el nivel máximo de excavación, se colara la plantilla y la losa de fondo, para veinticuatro horas después retirar el tercer y primer nivel de troqueles.

En las etapas adyacentes a los muros tapón, deberán dejarse en la losa de piso las preparaciones necesarias para la colocación de las columnas metálicas C-1 las cuales deberán soldarse al armado de la losa. Cabe aclarar que estas columnas formaran parte de la estructura de contención para el cruce bajo la línea existente y que se retiraran una vez concluido este, llenando el hueco de la losa de piso con concreto provisto con aditivo estabilizador de volumen. Para verificar las características y la ubicación de estas columnas deberán consultarse los planos del proyecto estructural correspondiente.

III. ZONA II (CRUCE CON LA LINEA EXISTENTE)

III.1.- TRABAJOS PREVIOS

Para iniciar los trabajos en el cruce con la línea existente del Metro será condición necesaria haber concluido todos los trabajos tendientes a reforzar la estructura de dicha línea, así como mejorar las propiedades mecánicas del subsuelo del sitio de proyecto. Las actividades de refuerzo se citan a continuación.

a.1.- De manera inicial se llevara a cabo la cementación del balasto de la línea a construir; para lo cual en primera instancia se colocaran en su tercio inferior, varillas corrugadas de acero de 1" de diámetro instaladas perpendicularmente al eje de trazo y separadas entre si a cada 75 cm., ver figura No. 9.

a.2.- Concluido lo anterior, se cimbrará de manera transversal y longitudinal el balasto en una distancia mínima de 10.0 m. cada lado del eje de trazo de la línea a construir en la zona del cruce, debiendo proteger con esta cimbra la galería de cables en

todo su contorno, a fin de evitar que se vea afectada la arena térmica durante este proceso de cementación.

a.3.- Posteriormente se realizarán "calas" en el balasto entre cada dos durmientes (aproximadamente a cada 1.50 m.), hasta descubrir el nivel de desplante del balasto. Estas calas tendrán en la base sección cuadrada mínima 20 x 20 cm.

a.4.- Se continuará con la colocación de una lechada agua-cemento, en el fondo de las calas. la lechada tendrá una proporción a/c = 1 en peso del cemento, y se colocará de tal manera que no provoque erosión del suelo y por tanto contaminación excesiva de la lechada. Esto se evitará si la descarga a presión atmosférica, se realiza sobre una pequeña capa de grava colocada en el fondo de la cala. Dicha capa se incrementará en espesor a medida que levante el nivel de la lechada, hasta cubrir todo el balasto.

Cabe aclarar que la lechada se deberá agitar periódicamente, a fin de evitar la sedimentación prematura del cemento, previa a su aplicación.

b.1.- Previo al inicio de la excavación de la sección en cajón bajo la línea existente del Metro será necesario instalar una cama de tubos de 10" de diámetro cedula 30, localizada de acuerdo con la geometría que se muestra en las figuras 9 y 10.

b.2.- Para lograr lo anterior se colocarán tanto las estructuras temporales que sustentaran el andamiaje requerido, como las que proporcionaran la reacción necesaria para el hincado de los tubos por medio de gatos hidráulicos y cuñas constituidas por placas metálicas, vigas de madera o cilindros de concreto. La viga de reacción será tipo cajón con 45 cm. de peralte y 60 cm. de ancho formada a base de placas metálicas soldadas de 3/4" de espesor (ver figura No. 10) y deberá estar empotrada en los muros

tablestaca, mientras que los gatos hidráulicos deberán desarrollar en conjunto una fuerza mínima de 15.0 ton.

Para la instalación de dichos tubos indicada en las figuras anteriores, con objeto de descubrir una area con suelo, lo suficientemente amplia para el paso de los tubos. Esta ranuración se llevara a cabo en cinco etapas correspondientes cada una a la quinta parte del galibo horizontal en la zona del cruce. Las cinco etapas y sus secuencia de ataque se muestran en la figura No. 11.

Ranurada la primera etapa se procederá al hincado de los tubos en la misma del centro hacia las orillas. En las etapas subsecuentes el hincado de los tubos se realizara siempre de la parte mas cercana al eje de trazo, concluyendo en los costados del cajón. Cabe aclarar que se debe hincar solo un tubo a la vez, ver figura No. 11.

Dado que estos se instalaran por ambos frentes, solo se requerirá colocar tubería con longitud máxima igual a la semidistancia del cruce y una inclinación de 5 grados con respecto a la horizontal.

b.3.- La tubería se hincara por tramos de 2.00 m. de longitud, soldando cada segmento hincado con el siguiente por hincar. Las características y el tipo de soldadura deberán verificarse en los planos del proyecto estructural correspondiente. En caso de que se presenten obstáculos o estratos de suelo muy compactos que dificulten el hincado de los tubos se deberá emplear equipo de perforación barrenando el obstáculo desde el interior del tubo.

b.4.- Cabe aclarar que el procedimiento de hincado de tubos propuesto en los párrafos anteriores podrá sustituirse por otro equipo de excavación y/o instalación, como los "miniescudos" grüncmat o similares teniendo como condición necesaria, que el

procedimiento y/o equipo que se aporte deberá garantizar la integridad del sistema de vía de la línea existente del Metro. De la galería de cables la cual solo se encuentra "embebida" en una cama de arena térmica, así como la inclinación vertical de los tubos y su alineamiento.

c.1.- Colocada la cama de tubos se llevara a cabo la inyección de consolidación cuyo procedimiento y características se indican en la especificación correspondiente.

d.1.- Concluido lo anterior, se llevara a cabo el reforzamiento del sistema de vía, consistente en la colocación de dos pistas adicionales ubicadas entre las dos de rodamiento. Estos elementos tendrán las mismas características físicas y técnicas que las existentes, las cuales podrán verificarse en las especificación técnica para el suministro de perfiles especiales para pistas de rodamiento en las vías del Metro de la Ciudad de México, correspondientes al proyecto de vía. Cabe aclarar que estas estructuras adicionales se sujetaran a los durmientes mediante una solera y tirafondos, tal como se indica en la figura No. 12 de este escrito.

III.2.- EXCAVACION, ADEMADO Y CONSTRUCCION.

La excavación y construcción de la sección del cajón del Metro de la línea a construir que cruzara bajo la estructura correspondiente a la línea en funcionamiento se realizara por etapas una vez que se haya concluido el tuneleo falso bajo las vialidades, así como los trabajos previos citados en los párrafos anteriores, ver figuras 13 a la 19.

Los trabajos previos a realizar en este cruce para el mejoramiento del subsuelo y de la estructura de la línea en funcionamiento del Metro; así como los trabajos correspondientes a la excavación y a la colocación en su totalidad de la

estructura metálica de contención, se ejecutaran solo por las noches despues de quedar la línea fuera de servicio, y de acuerdo con las indicaciones que a continuación se presentan, quedando claramente establecido, que para dar termino al turno de trabajo se deberá dejar apuntalada el área de trabajo atacada en ese turno, para evitar movimientos durante la reanudación del servicio del sistema Metro.

Cabe aclarar que una vez concluidos los trabajos antes mencionados, las jornadas de trabajo cambiaran completamente, debiendo establecerse los frentes de trabajo necesarios con el fin de no interrumpir en ningun momento de las veinticuatro horas del día los trabajos de estructuración en este cruce.

1a. ETAPA.

La excavación para la construcción del cajón de la línea a construir del Metro, bajo la línea en funcionamiento del mismo, se llevara a cabo en un solo frente mediante una serie de tuneles realizados, de la siguiente forma:

Se procederá a demoler el muro tablestaca tapón hasta alcanzar el nivel de -3...58 con un ancho total de la sección cajón, para excavar el primer túnel "piloto" ubicado en el extremo izquierdo de la sección cajón. ver la figura No. 13.

Este túnel piloto se excavará manteniendo una pared vertical en el frente de avance, y en etapas de 1.00 m. de longitud, no debiendo proseguir con dicha excavación hasta colocar la estructura de contención correspondiente.

Primeramente se colocaran los tramos de 1.00 m de longitud de las rastras metálicas (viguetas IPR 12" * 61/2"), las cuales deberán soldarse a los anteriores tramos. Sobre estas rastras se apoyaran y soldaran los marcos metálicos que contendrán las paredes verticales y el techo de la excavación. Estos marcos

serán viguetas metálicas IPR 12 " 6 1/2", cuya separación a ejes será igual a 0.50 m. Una vez echo lo anterior podrá reanudarse con este proceso el cual se llevara a cabo hasta cruzar completamente la estructura de la línea en funcionamiento, ver figura No. 14.

Concluido el primer túnel. se colocaran las vigas portantes cuya función será la de sostener el techo de la sección. Este sistema de vigas portantes estara constituido por viguetas IPC de 33" * 16" colocadas longitudinalmente y distribuidas a cada 1.00 m. Estos elementos se soldaran a las viguetas horizontales del techo de la excavación y se apoyaran en dos viguetas transversales extremas y externas a la sección de cruce. ver figuras No. 13 a 16. Serán viguetas IPC de 33" * 12" y para su colocación deberán ranurarse los muros tablestaca a fin de alojarlas en ellos. Se deberán soldar estas viguetas al armado del muro para proporcionar continuidad estructural y finalmente se rellenaran las ranuras con un concreto provisto con un estabilizador de volumen. Así mismo, esta vigueta se apoyaran en la columna metálica C-1 (ver figuras anteriores), colocada durante la construcción de la zona I. recibiendo con soldadura.

De la manera antes citada, deberá excavarse y ademarse el segundo túnel en el extremo derecho de la sección del cajón de la línea en funcionamiento, ver figura anterior. Cabe aclarar que la colocación de los marcos metálicos en este túnel deberá hacerse rigurosamente de manera colineal a los del primer túnel. Concluido este segundo túnel se colocaran las vigas portantes longitudinales para la contención del techo en este túnel.

2a. ETAPA.

Construidos los dos túneles extremos se procederá a excavar el núcleo central, colocando en el piso y el techo de la excavación (tubos hincados). los tramos de viguetas faltantes

(IPR 12" x 6 1/2"), los cuales se soldaran a los extremos existentes. Se colocaran entonces las vigas portantes longitudinales faltantes, para asi concluir el sistema de contención del techo en toda la sección del cruce, ver figura No. 15.

Hecho lo anterior se retiraran las viguetas metálicas verticales centrales colindantes entre las etapas 1-3 y 3-2, así como las horizontales inferiores colocando en su lugar los puntales horizontales entre las rastras extremas de la sección, con un espaciamiento igual a 1.50 m a ejes de puntales. Con esta actividad se concluye la excavación y ademado del tercio superior de la sección.

3a. ETAPA.

Esta etapa corresponde a la excavación y ademado del tercio medio de la sección, el cual se excavara en tres subetapas, central, limitada transversalmente por taludes con inclinación 0.75:1 y en el sentido de avance por una pared vertical y con longitud de con la excavación simultanea de las subetapas laterales, cuyas paredes seran el terreno contenido mediante la colocación de las viguetas metálicas soldadas a la rastra superior a cada 0.50 m y que son prolongación de los marcos superiores. Dicho proceso se realizara hasta alcanzar el nivel de -6.31 m, y a todo lo largo de la sección de trabajos en el cruce.

Las viguetas del ademe de la excavación se apoyaran y soldaran sobre las rastras previamente hincadas, colocadas a partir del nivel máximo de excavación de esta etapa y contra las cuales se colocaran los puntales a cada 1.50 m. A medida que la excavación avance. Al igual que en la etapa anterior estos puntales se colocaran en zanja, ver figuras No. 16 y 17.

4a ETAPA

El tercio medio inferior se atacara de manera similar con lo descrito en la etapa anterior hasta alcanzar el nivel máximo de excavación igual A-9.05 m. El ademado, los taludes a utilizar, así como el apuntalamiento horizontal serán los mismos que los empleados en la etapa descrita anteriormente. Con esto se concluyen los trabajos de excavación y ademado en el cruce. La secuencia de trabajos se muestra en las figuras No. 18 y 19.

5a ETAPA

Hecho lo anterior y alcanzada la máxima profundidad de proyecto se procederá de inmediato al colado de la plantilla de 0.40 m de espesor la cual estará constituida por concreto pobre provisto con aditivo acelerante de fraguado. El colado deberá efectuarse en un tiempo máximo de cinco horas, contadas a partir del momento en que se alcance el máximo de excavación de la etapa correspondiente.

Cabe aclarar que bajo el cruce de la línea X en los sitios donde el último nivel de puntales interfiera con el colado de la plantilla, se deberán dejar franjas sin colar las cuales se rellenaran mediante concreto provisto con aditivo estabilizador de volumen posteriormente al retiro del puntal (tercer nivel) lo cual podrá realizarse 24 horas después de colada la plantilla.

6a ETAPA

Una vez que dichas franjas de la plantilla alcancen su fraguado inicial se procederá a efectuar el armado y colado de la losa de piso dejando en ella las preparaciones necesarias para su liga posterior con los muros estructurales de la sección. El tiempo máximo a transcurrir para el armado y colado de la losa de piso será de 12 horas contadas a partir del momento en que la

plantilla haya alcanzado su fraguado inicial.

7a. ETAPA

Concluido lo anterior, se continuara con la construcción de los muros estructurales, dejando cajas sin colar en aquellas zonas donde los puntales interfieran con el colado. Dichas cajas se rellenaran de concreto con aditivo estabilizador de volumen posteriormente al retiro de los puntales. Cabe aclarar que el colado de estos muros se hara contra el terreno natural y por consiguiente durante esta actividad quedaran ahogadas las viguetas metálicas verticales, ver figura No. 18. En estos muros estructurales se deberán dejar las preparaciones necesarias para su liga posterior con la losa de techo, la cual podrá efectuarse cuando estos muros alcancen un 75% de su resistencia de proyecto.

8a ETAPA

Se continuara con la colocación de las tabletas que constituirán la losa de techo de la sección y su correspondiente firme de compresión el cual deberá colarse solo hasta el nivel inferior de las vigas portantes longitudinales, quedando hueco todo el espacio comprendido entre las mismas, ver figura No. 3 cuarenta y ocho horas después de colado el firme podrán retirarse el segundo y primer nivel de apuntes.

Con objeto de que la losa de techo reciba efectivamente al terreno, se realizaran inyecciones de contacto para rellenar los huecos antes mencionados, de acuerdo con lo indicado en especificación correspondiente generada por separado. La sección de cruce bajo la línea X ya concluida verse en las figuras 18 y 19.

Cabe aclarar que excepto los puntales, las vigas portantes externas y las columnas C-1, toda la estructura metálica de

contención utilizada durante este procedimiento constructivo

quedara perdida al momento de construir la sección del cajón, ver figura anterior.

NOTAS IMPORTANTES.

1.- Este procedimiento constructivo corresponde a una alternativa en la cual se debiera tener especial cuidado en el hincado de los tubos horizontales que soportaran el techo de la zona de cruce bajo la línea X a fin de evitar desviaciones importantes en su trayectoria de hincado y afectar con ello la estructura correspondiente a la línea X del Metro.

2.- Este escrito se complementa con las especificaciones para realizar la inyección de consolidación, la inyección de contacto y para la instrumentación del cruce bajo la línea X. Así como las especificaciones para el procedimiento constructivo del tramo, para la construcción de muros colados en sitio y la especificación para el abatimiento del nivel freático, particulares del tramo.

3.- En la zona de tuneleo durante la excavación necesaria para alojar la losa de techo, se excavará la zanja donde se colocaran las mangueras de los pozos de bombeo.

4.- Todos los niveles mencionados en este procedimiento están referidos a la parte más alta de la losa de techo (extrados) considerando como nivel 0.00.

5.- Los detalles de ganchos para izar los puntales durante la segunda fase del tuneleo, se consultaran en los planos estructurales correspondientes.

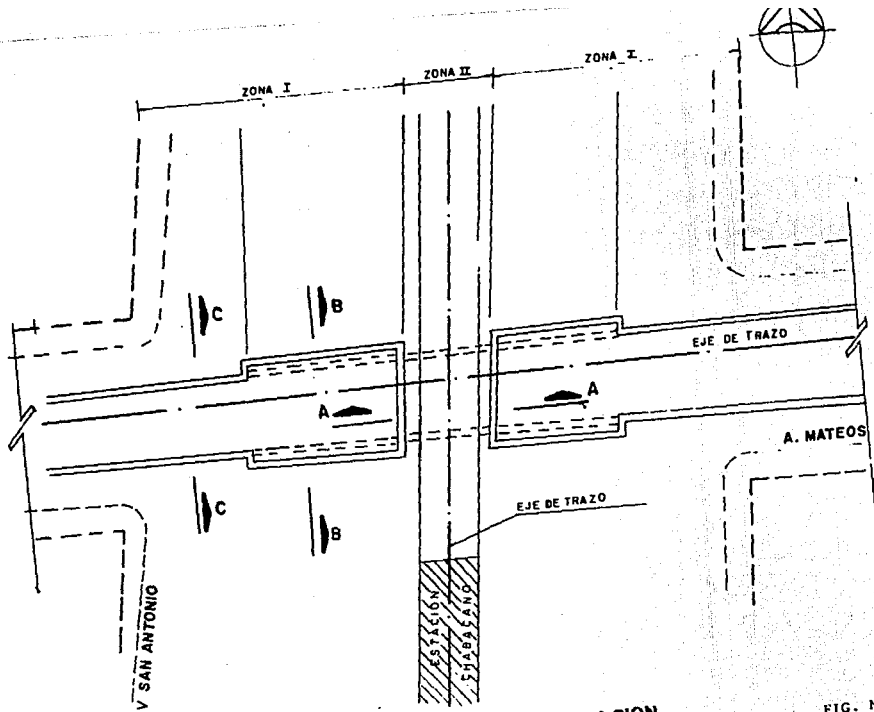
6.- En la zona del cruce bajo la línea X la excavación se podrá

iniciar por cualquiera de los dos frentes, pero no se permitirá llevar a cabo dicha excavación en forma simultanea.

7.- Las filtraciones que se presenten durante la excavación de la zona II deberán controlarse de acuerdo a lo indicado en el inciso II.3.1. de este escrito.

8.- En la zona antes citada, y durante la ejecución de los trabajos de excavación y ademado, se deberá prever que el termino de cada turno de trabajo se proteja y apuntale verticalmente el área atacada en ese turno, mediante la colocación de rastras y polines de madera y/o una estructura metálica desmontable, a fin de evitar movimientos durante el servicio del Metro al día siguiente.

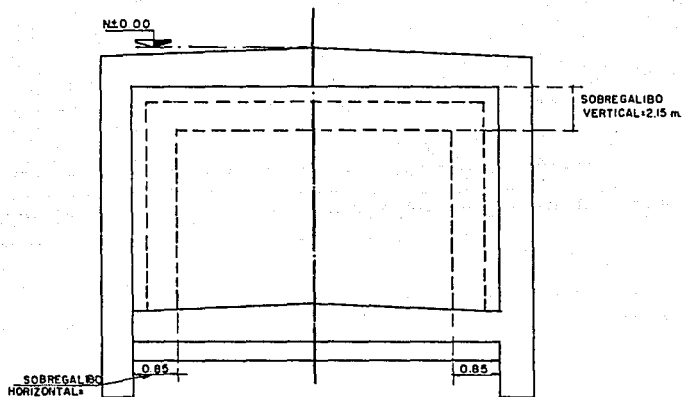
9.- Para detalles de armado de la losa y muros, así como profundidad de empotramiento y remate de los muros tablestaca, consultar los planos estructurales y del proyecto geométrico, respectivamente.



303

CROQUIS DE LOCALIZACION

FIG. No. 1



CORTE B-B
SECCION MODIFICADA PARA CRUCE CON LINEA 2

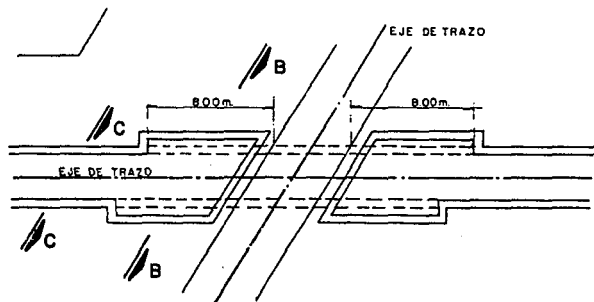
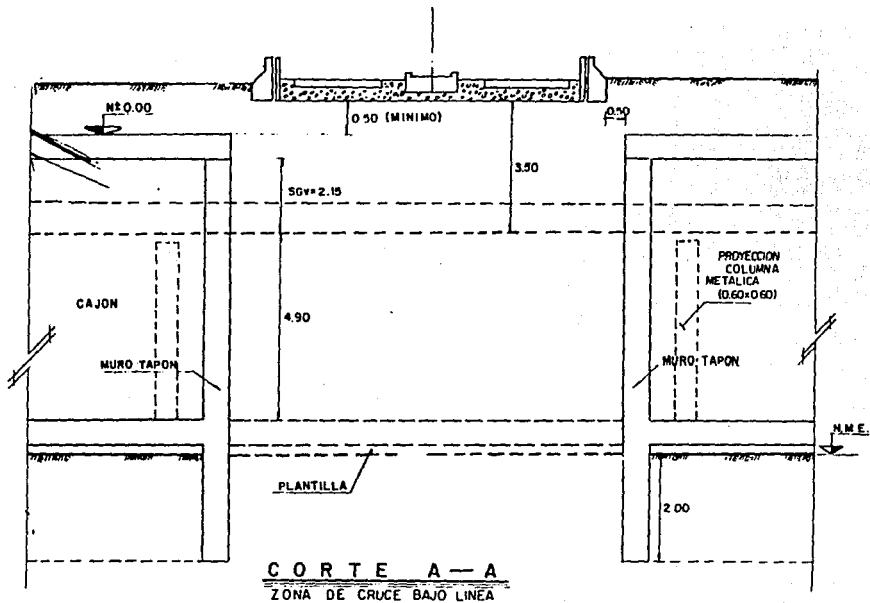


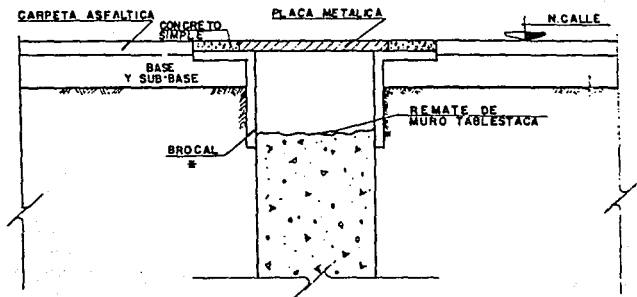
FIGURA No. 2



305

SGv= SOBREGALBO VERTICAL
 N.M.E.= NIVEL MAXIMO DE EXCAVACION

FIGURA No. 3

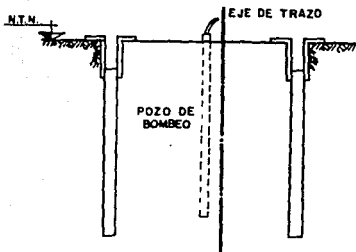


DETALLES PARA LA COLOCACION DE PLACAS METALICAS

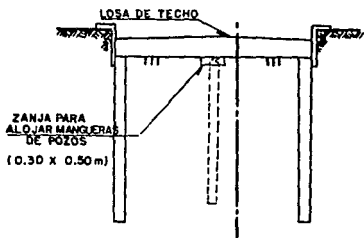
NOTA: LAS LONGITUDES Y ESPESORES DE LOS ELEMENTOS DEBERAN VERIFICARSE EN LOS PLANOS CORRESPONDIENTES.

■ LA CONSTRUCCION DE LOS BROCALES ESTARA A JUICIO DEL REPRESENTANTE

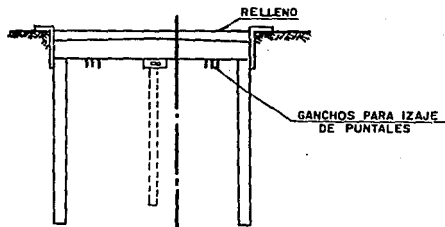
FIGURA No. 4



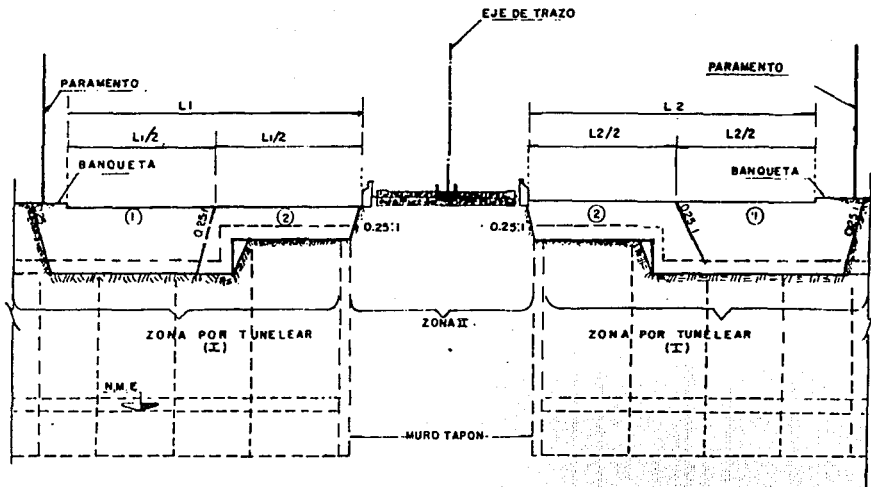
A) CONSTRUCCION DE MUROS TABLESTACA Y POZOS DE BOMBEO



B) CONSTRUCCION DE LOSA DE TECHO DE LINEA

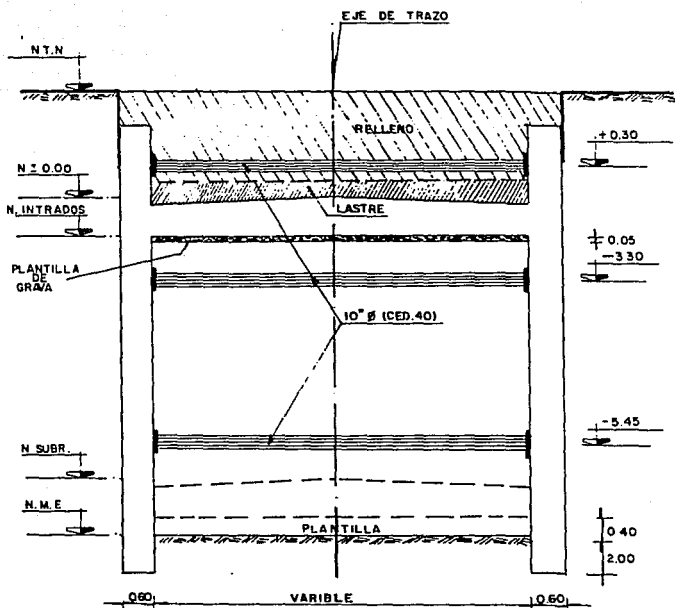


C) COLOCACION DE RELLENO SUPERIOR Y RESTITUCION DEL PAVIMENTO



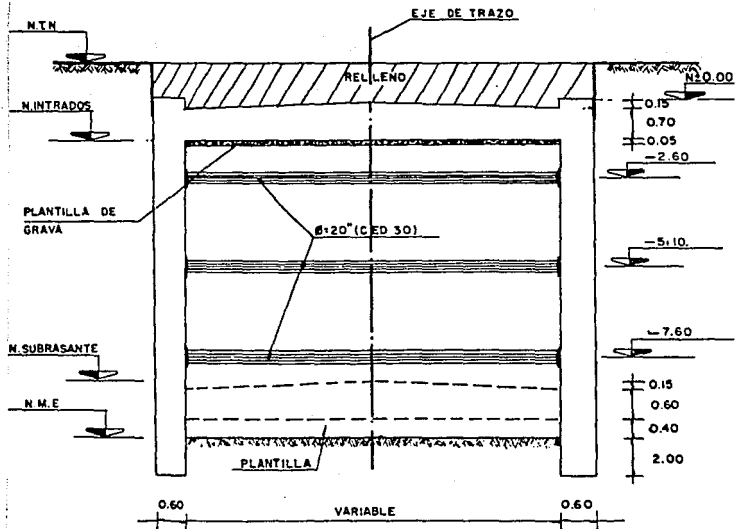
C O R T E A — A

EXCAVACION A NIVEL INTRADOS PARA CONSTRUCCION
DE LOSA DE TECHO DE LA LINEA



CORTE C-C

FIG. No. 7



CORTE C - C

FIGURA No. 8

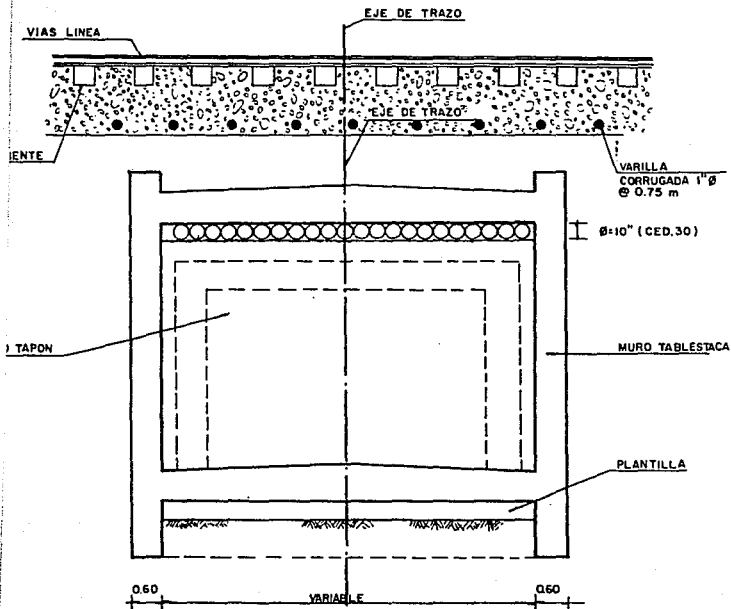


FIGURA No. 9

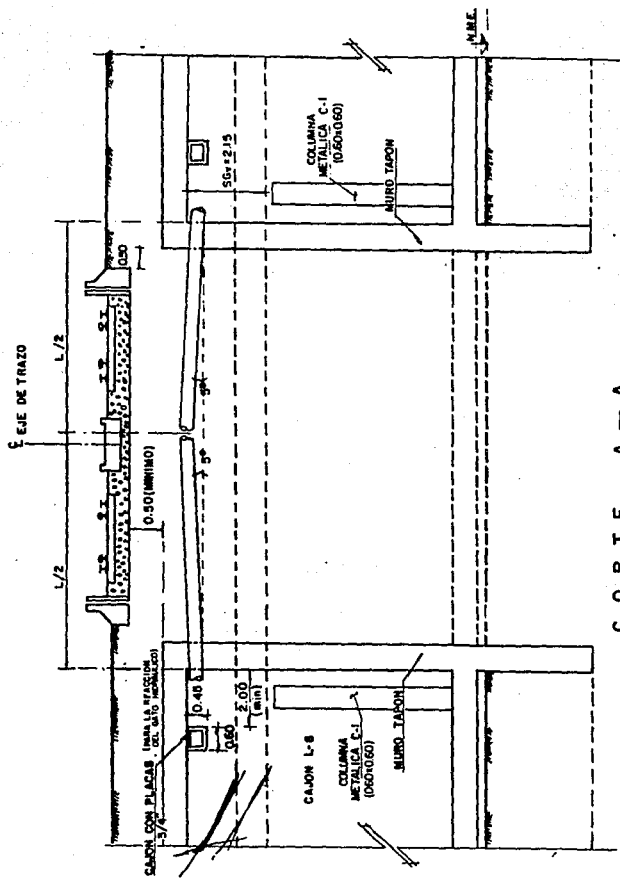
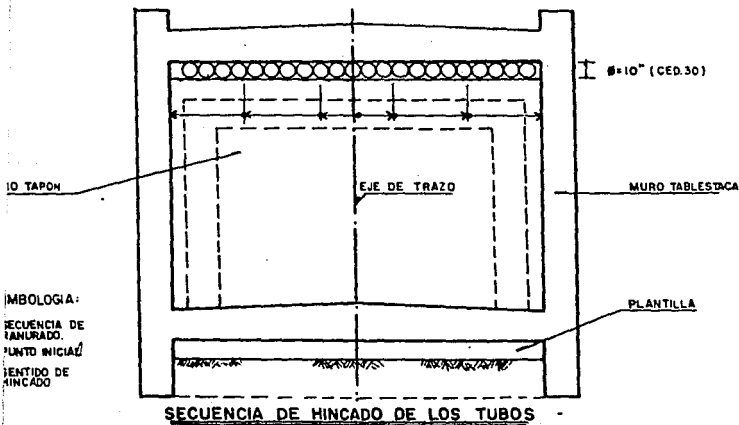
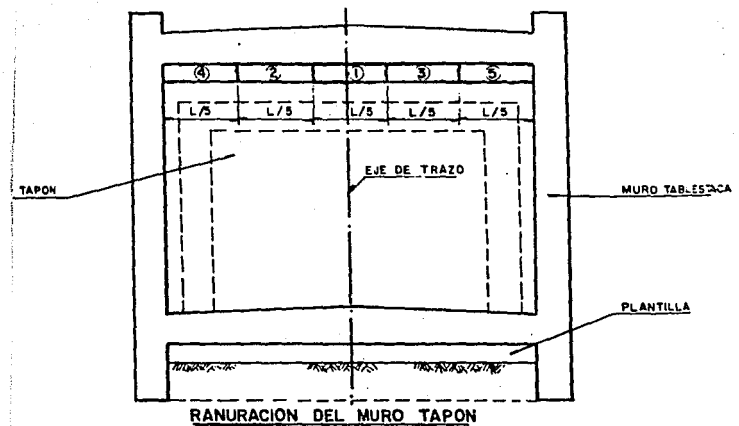
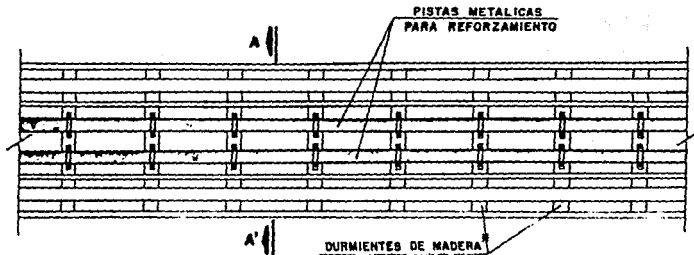


FIGURA No. 10



LEGENDA:
 SECUENCIA DE
 HINCADO.
 PUNTO INICIAL
 SENTIDO DE
 HINCADO

FIGURA No. 11
 313

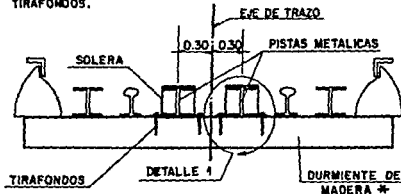


NOTA: LAS PISTAS DE REFORZAMIENTO DE LA VIA DEBERAN TENER UNA LONGITUD DE 36,0m O BIEN 100m EN AMBOS LADOS DE LA ZONA

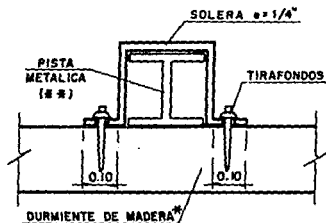
PLANTA

(#-#) VERIFICAR CARACTERISTICAS FISICAS EN EL INCISO III J, D, 4 DE ESTE ESCRITO.

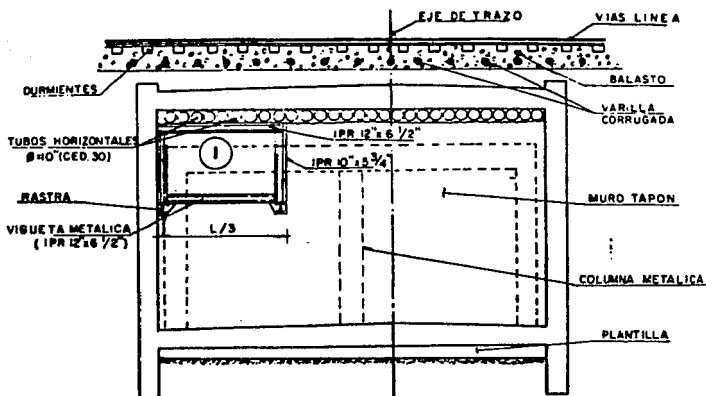
* LOS DURMIENTES DE CONCRETO SE DEBERAN PERFORAR Y ACUARAR PARA LA COLOCACION DE TIRAFONDOS.



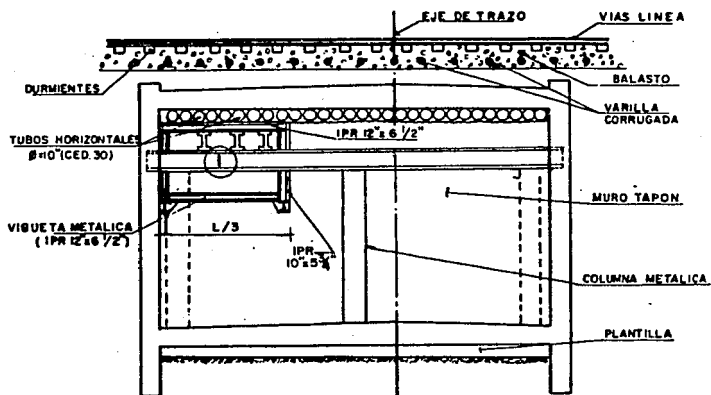
CORTE A-A'



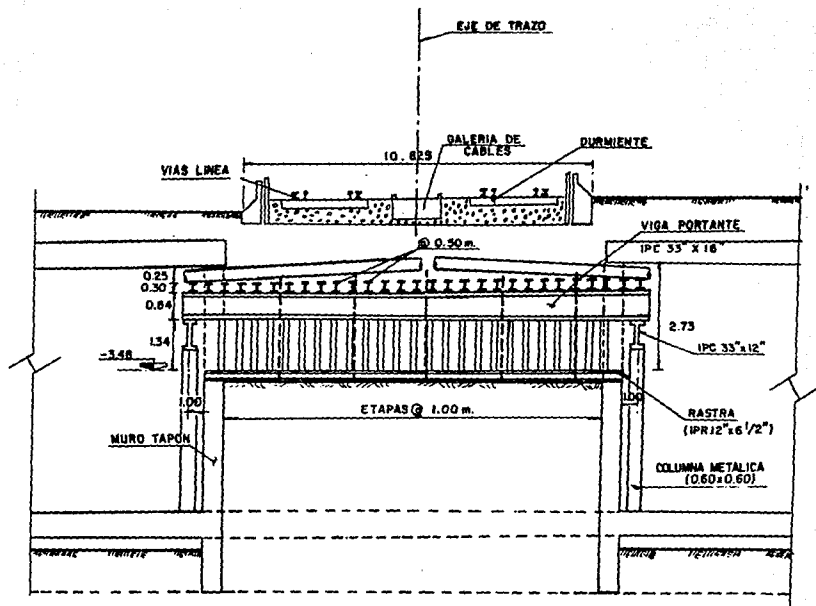
DETALLE 1



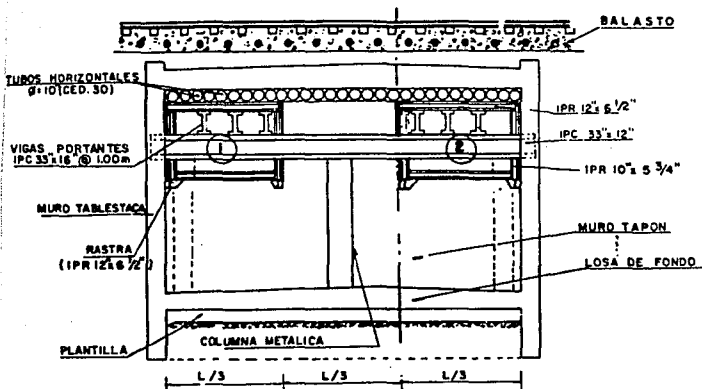
EXCAVACION Y ADEMACO DEL PRIMER TUNEL PILOTO



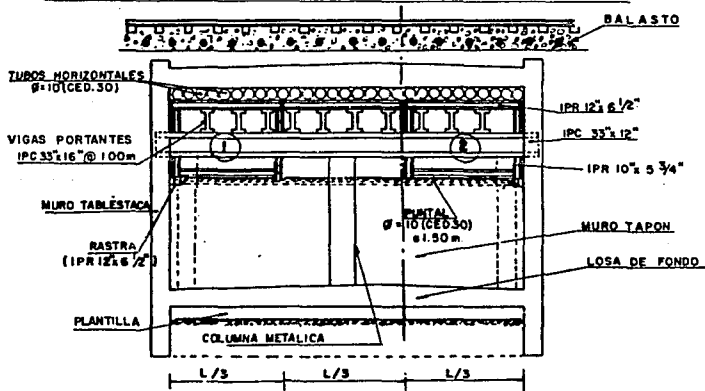
COLOCACION DE LAS VIGAS PORTANTES EXTERNAS



ADEME DE TUNELES PILOTO DEL TERCIO SUPERIOR

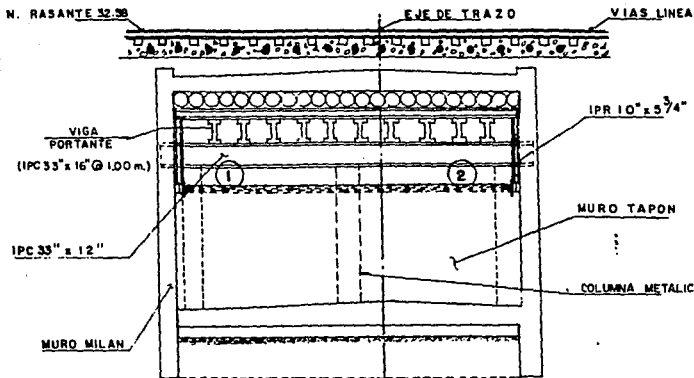


EXCAVACION Y ADEMACO DEL SEGUNDO TUNEL PILOTO

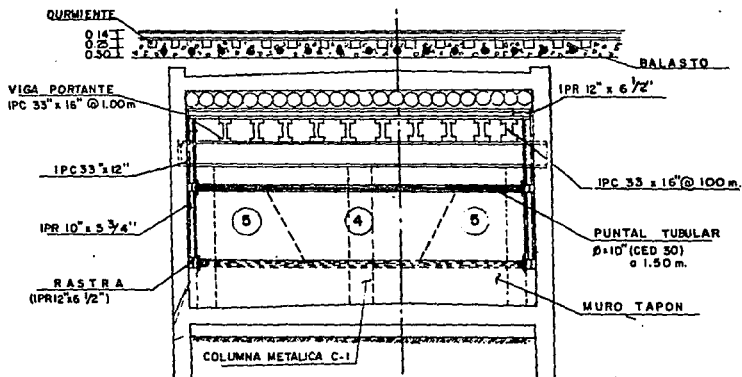


EXCAVACION Y ADEMACO DE TUNELES PILOTO SUBSECUENTES

FIGURA No. 15

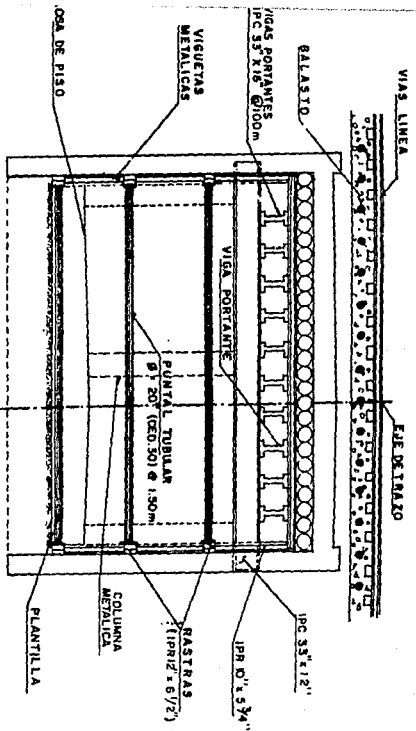


RETIRO PARCIAL DE MARCOS METALICOS

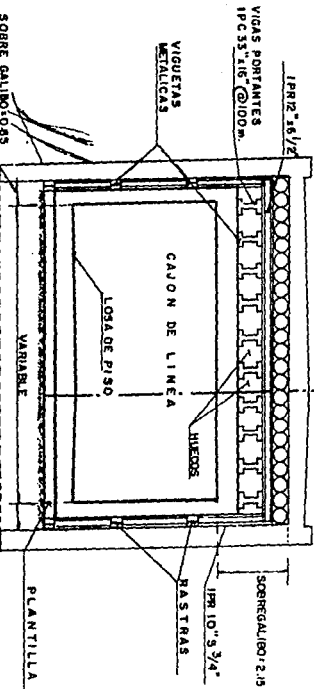


EXCAVACION Y ADEMACO DE PAREDES DEL TERCIO MEDIO Y COLOCACION DE PUNTA

FIGURA No.16

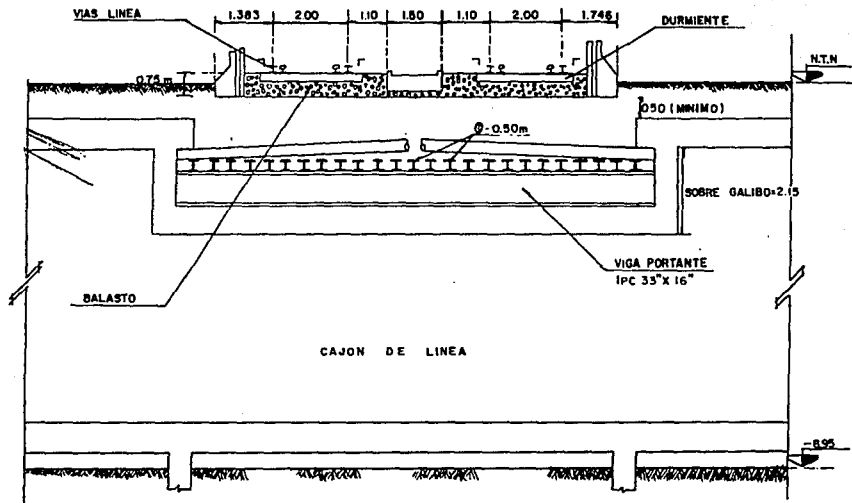


EXCAVACION Y ADEMADO DEL TERCIO INFERIOR

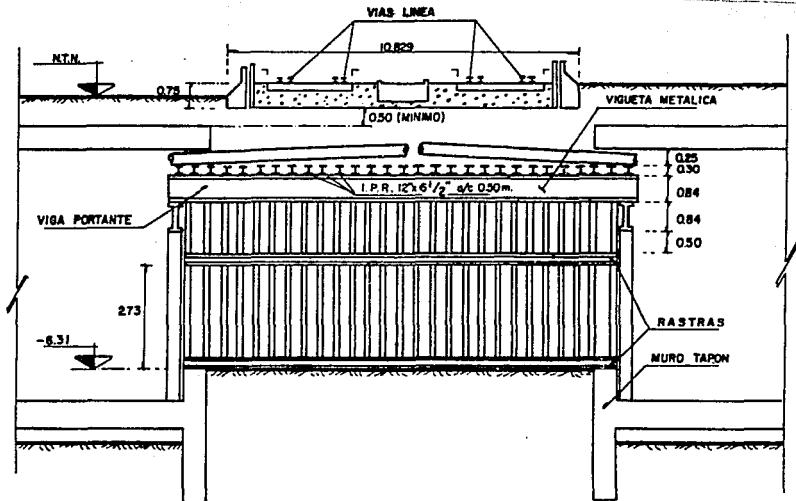


CONSTRUCCION DE LA ESTRUCTURA DEL CAJON

FIGURA No. 17
319



**CORTE LONGITUDINAL
(ESTRUCTURA DEL CAJON CONCLUIDA.)**



CORTE LONGITUDINAL
(EXCAVACION Y ADEMACO DEL TERCIO MEDIO)

CONCLUSIONES

Debido a los efectos demográficos en el país, y en especial en la Ciudad de México, dada la contaminación, es conveniente descentralizar esta, ya que difícilmente se alcanzaría a cubrir la demanda de transporte, entendiéndose por supuesto el Metro.

Por efectos de la distribución poblacional en la Ciudad de México, es conveniente construir más líneas del Metro en la periferia de ésta (Estado de México), ya que aquí la población está más afectada en cuanto a transporte (una sola línea en la actualidad) lo que ocasiona gran pérdida de horas-hombre, incluyendo, contaminación, accidentes y congestión crónica de las vialidades aunque esto último se refleja en toda la Ciudad de México.

A partir de las necesidades actuales y de las previsibles, por el crecimiento de la población, por la estructura de edades y por los cambios económicos de la Ciudad, debe decidirse la mejor manera de asignar recursos económicos, esto para mejorar el transporte desde dos enfoques: la calidad de los servicios existentes y la cobertura de las zonas de menos ingreso procurando satisfacer la demanda creciente de medios de transporte, privilegiando el servicio colectivo sobre el individual. Realizando esto podremos evitar el deterioro y colapso del transporte de la ciudad.

En la actualidad, una sola empresa construye la mayor parte de la obra del Metro. Sería conveniente que se invite a otras empresas nacionales a que participen, ya que si existen tales empresas con la calidad y tecnología adecuada. Aunque quizá no con la experiencia, esta sugerencia vista desde dos enfoques: primero que surjan ingenieros (Civiles, Topógrafos, Geólogos, Mecánicos, etc.), con los conocimientos y experiencia requerida para este tipo de obras, que existan más empresas para poder cubrir la demanda de transporte no solo en la Ciudad de México sino también en otras ciudades del país. Además para poder ofrecer mayor campo de acción a los futuros ingenieros, segundo que no se monopolice la obra del Metro en una sola empresa.

La construcción de una línea del Metro a base de cajón es la mas óptima en la mayoría de los casos y la diferencia con los otros tipos es el siguiente:

a) Con respecto al túnel profundo se tiene:

Este método emplea básicamente para la excavación los escudos, los cuales pueden ser de diferentes diámetros (de 7m, 9m y hasta 16m). Siempre se tiene la necesidad de ocupar espacios importantes que ocuparían la vialidad, por ejemplo para construir lumbreras por donde se introduce y/o retiran escudos, equipos e instalaciones complementarias, almacenamiento de dovelas, extracción y sedimentación de lodos. La profundidad de construcción es considerable y por tanto de alto riesgo (mínimo 1.2 veces su diámetro), por otro lado el tiempo para diseñar, fabricar, transportar y poner en marcha el escudo dura no menos de 18 meses, además, el tiempo que permanece abierta una lumbrera, dura no menos de dos años.

Generalmente este tipo de procedimiento se emplea en la zona de transición y de lomas.

Comparando el procedimiento de túnel con el subterráneo tenemos que este último tiene un costo menor en un 25% que el primero, además la profundidad del subterráneo es del orden de 5.5 metros.

b) Con respecto al superficial tenemos:

Generalmente este tipo de líneas utiliza un derecho de vía de 40 metros mínimo, lo cual implica grandes espacios para poder construirla a lo cual y debido a la falta de espacios de este orden, dentro de la Ciudad de México resulta difícil poder llevarla a cabo, salvo aquellos pocos lugares donde sí se podrá llevar hacer. Aun cuando su costo es mas económico que el subterráneo.

c) Con respecto al elevado:

Este tipo de procedimiento es muy similar al superficial ya que también utiliza un ancho de calzada considerable y necesita grandes espacios para poder ejecutarla y al igual que el anterior también es de bajo costo en comparación con el subterráneo.

d) De manera global, tenemos que el procedimiento subterráneo es el más versátil ya que lo podemos emplear en la zona de lago, lago virgen y transición.

Las instalaciones municipales (obras inducidas) definen por lo general el trazo de una línea, aunque esta no queda exenta de interferencia, se trata de evitarlas al máximo. Por lo que respecta a instalaciones particulares (luz, teléfono, cablevisión, etc.) sería conveniente establecer un convenio entre el cliente (COVITUR) y el contratista para que en caso que se tenga la capacidad, hacerlo, ya que por lo general este tipo de instalaciones retrasan en muchas ocasiones las actividades subsecuentes.

Generalmente las interferencias más importantes que se encuentran en una línea del Metro son las mismas líneas ya existentes, aquí es donde se localizan las estaciones de correspondencia, y dada su cercanía se requiere de soluciones muy particulares, dificultando y retrasando en ocasiones su cruce.

Construir brocal en todo el trazo de la línea aun donde existan terrenos firmes y carpetas asfálticas ó hidráulicas ya que muchas veces se erosiona el suelo al estar excavando el área donde se colocara el muro milán. El brocal debe ser colado en sitio ya que se puede amoldar a las condiciones del proyecto, a diferencia del brocal precolado y metálico. Por otro lado debe llevarse una buena ventaja en cuanto a la elaboración sobre la excavación para muro milán ya que de no ser así pueden generarse retrasos en toda la obra en general.

Durante la excavación para el muro milán, es fundamental el no perder la secuencia de excavación tanto en etapas como en orden numérico de los tableros, esto con respecto a la alternación y además verificar constantemente la profundidad de excavación y la verticalidad de esta (evitando con esto último derrumbes durante la excavación).

Constatar que el fluido estabilizador sea de buena calidad, ya que de él, depende la estabilización de las paredes durante la excavación para el muro milán el cual evitara caídos y deslaves

evitando socavaciones y movimientos en las paredes, así como también revisar constantemente que el nivel de este coincida con el N.A.F. Por otro lado y debido a la experiencia y estudios elaborados se ha comprobado que el agua como tal puede ser utilizada como fluido estabilizador, principalmente en subsuelos que pertenezcan a la zona de transición. Mientras que en suelos blandos (zona del lago), al agua habrá que adicionarse ya sea borita o bentonita para que se utilice como fluido estabilizador y contenga a las paredes de la excavación. Lo anterior con el fin de economizar recursos.

Para el colado del muro milán debemos identificar cada cara de la parrilla de refuerzo al estarla colocando, y tener precaución de que los roles sean los suficientes y colocarlos en su lugar adecuado, para nivelar bien la parrilla dentro de la zanja y segundo para que el acero de refuerzo quede cubierto de concreto adecuadamente. Verificar que el concreto satisfaga el revenimiento requerido y cuidar que no exista mezcla entre el concreto y el fluido estabilizador, vaciar el concreto pausadamente y de preferencia agregarle a este, aditivo reforzante dentro de este rubro. Es óptimo utilizar muros prefabricados ya que son más económicos que los colados in situ, además se pueden lograr reducir los programas de obra que a este concepto se refieren.

El abatimiento del N.A.F. se realiza a través del bombeo profundo por gravedad (pozos punta), por ser este más compatible a este tipo de excavaciones (de núcleo). La finalidad de este abatimiento del N.A.F. es igual que la del fluido estabilizador, el cual consiste en estabilizar el terreno. Un aspecto primordial es el de revisar los piezómetros con lo cual podremos certificar la operación continua del bombeo.

Durante la excavación de núcleo es fundamental el control de las etapas de excavación ya que no por el simple hecho de tener un avance con respecto a los programas de obra descuidemos las alteraciones del suelo y los edificios contiguos a la excavación. De esto último conviene tener cuidado durante los fines de semana

o días festivos.

Dentro de este proceso sobresalen dos aspectos importantes, el primero, tener mano de obra capaz dentro de la excavación para que excave donde la draga no pueda hacerlo y segundo, tener bancos de nivel en el fondo de la excavación para detectar posibles hundimientos del terreno.

Durante la excavación de núcleo, debemos tener cuidado en la colocación de troqueles, en lo que se refiera a nivel y presión, ya que estos son los encargados de contener los empujes del suelo. Excavación de núcleo y troquelamiento son dos actividades diferentes pero que se ejecutan simultáneamente.

Anterior a la losa de fondo siempre debe existir una plantilla la cual difiere en cuanto al espesor, materiales y resistencia, esto generalmente está en función del tipo de suelo. La losa de fondo también tiene las mismas diferencias que una plantilla. La losa de fondo se construye de acuerdo a las etapas de excavación de núcleo (a).

Las partes que conforman el cajón del Metro están constituidas por el muro milán, losa de fondo, muro de acompañamiento (opcional) y tabletas (losa superior).

Dependiendo del tipo de suelo, y por lo general en la zona del lago, se utiliza muro de acompañamiento; en las otras zonas no se utiliza, siendo el propio muro milán, el muro de acompañamiento, dicho muro, cuando se requiere, es construido paralelo al muro milán y se une directamente a la losa de fondo y losa superior (tableta). Las tabletas son elementos prefabricados y generalmente de dimensiones y características diferentes unas de las otras, aunque de la misma forma geométrica. Colocadas las tabletas, se arma y cubre el firme de compresión, hecho lo anterior queda cerrado el cajón para el Metro.

Todo el cajón está diseñado para soportar esfuerzos en dirección horizontal y vertical.

Una vez cerrado el cajón, se rellena sobre este, con tepetate, dependiendo del nivel del terreno natural, se utilizarán las capas suficientes para alcanzar dicho nivel. El

tepetate se tenderá y compactará de acuerdo a las necesidades del proyecto. Este mismo relleno, servirá de sub-rasante, sub-base y base para que posteriormente al relleno, se coloque el pavimento. El pavimento se colocará de acuerdo al proyecto y vialidad de la zona.

Durante la colocación del relleno, se volverán a colocar las instalaciones anteriormente desviadas a su sitio original si se pudiera o en su defecto en un sitio similar.

BIBLIOGRAFIA

Programa Maestro del Metro
segunda revisión
Covitur
Impreso en Talleres Gráficos de la Nación - México
México, 1985

Instituto Nacional de Estadística Geográfica
e Informática (INEGI)
Editorial INEGI
México, agosto 1991.

Folleto Línea 8
Ing. M. Roberto Ocampo Franco
Lic. Ernesto Negrete García
Copyright Covitur 1992.

Programa contra la contaminación
D.D.F.

Manual de Diseño Geotécnico Vol. 1
Estudios Geotécnicos
Diseño del Metro en Cajón
Enrique Tamez
Enrique Santoyo
Federico Mooser
Carlos Gutiérrez
Impreso en México
México, agosto de 1987

Manual de Diseño Geotécnico Vol. 2
Diseño de Metro en Túnel
Enrique Tamez
Impreso en México.
México, septiembre de 1988

Manual de Diseño Geotécnico Vol. 4
Procedimientos de Construcción
Enrique Tamez
Federico Mooser
Carlos Gutiérrez
Impreso en México
México, junio 1989

Serie 100 Kilómetros de Metro
Ing. Fernando Areán Carrillo
Comisión de Vialidad y Transporte Urbano
México, junio de 1988

Construcción del Metro
Procedimiento Constructivo del Muro Milán
Comisión de Vialidad y Transporte Urbano
México, Agosto 1991.

Especificaciones de Procedimientos Constructivos
ISTME
México, noviembre 1991.