



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

**CRUCE DE LINEA 8 DEL METRO
CON LINEA 2:
ANALISIS Y PROCESO CONSTRUCTIVO**

T E S I S

Que para obtener el título de:

I N G E N I E R O C I V I L

P r e s e n t a :

Ezequiel Paz Landaverde

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Miguel Morayta Martínez

México, D. F.

Septiembre de 1993



UNAM

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

Capítulo I- INTRODUCCION	1
Capítulo II- NOCIONES PRELIMINARES.	4
2.1. Alternativas de solución.	4
2.1.1. Reforzamiento previo de la estructura de línea 2.	4
2.1.2. Proceso de excavación, ademado y construcción propuestos.	6
Capítulo III- INICIACION DEL CRUCE.	10
3.1. Procedimiento constructivo (aceptado).	10
3.1.1. Construcción del muro milán.	10
3.1.2. Tuneleos previos (Tlalpan oriente, poniente).	12
3.1.2.1. Primera fase del tuneleo.	12
3.1.2.2. Segunda fase del tuneleo. Excavación y estructuración del cajón del metro.	13
3.1.3. Instrumentación para detectar movimientos del terreno en el cruce de línea 2 con línea 8.	19
3.1.3.1. Secciones de convergencia.	19
3.1.3.2. Nivelaciones superficiales.	21
3.1.4. Tuneleo en zona del cruce línea 2 con línea 8.	23
3.1.4.1. Descripción de los trabajos previos a la excavación.	23
3.1.4.2. Inyección de consolidación.	26

3.1.4.3.	Procedimiento de inyección.	26
3.1.4.4.	Fases y presiones de inyección.	27
3.1.4.5.	Procedimiento de excavación y construcción de la sección del cajón del metro en zona de cruce línea 2 / línea 8.	31
3.1.5.	Inyección de contacto.	37
3.1.5.1.	1a. Fase de la inyección.	37
3.1.5.2.	2a. Fase de la inyección.	39

Capítulo IV- CONTROL DE CALIDAD. 40

4.1.	Concreto hidráulico.	41
4.1.1.	Proporcionamiento de la mezcla.	42
4.1.2.	Dosificación.	44
4.1.3.	Mezclado.	44
4.2.	Pavimentos.	45
4.2.1.	Sub-base.	46
4.2.2.	Base.	47
4.2.3.	Carpeta asfáltica.	49
4.3.	Lodo estabilizador.	50
4.3.1.	Requisitos de calidad.	51
4.3.1.1.	Materiales.	51
4.3.1.2.	Elaboración y mezclado.	53
4.3.1.3.	Limpieza.	54
4.3.1.4.	Empaque de la bentonita.	54
4.4.	Materiales de relleno.	55
4.4.1.	Compactación del material.	56

4.5.	Estructuras especiales.	58
4.5.1.	Requisitos químicos.	59
4.5.2.	Requisitos de tensión.	59
4.5.3.	Requisitos de doblado.	60
4.5.4.	Muestreo y aceptación.	61
4.5.5.	Varillas de acero.	62

Capítulo V- MAQUINARIA UTILIZADA PARA LA CONSTRUCCION DEL CRUCE 65

5.1.	Identificación y características.	65
5.1.1.	Equipo guiado modelo KRC 2/30 (Casagrande).	65
5.1.2.	Cargador S/N modelo 926E (Caterpillar).	68
5.1.3.	Grúa hidráulica modelo RT522 (Grove).	71
5.1.4.	Excavadora modelo LS 108 (Linkbelt S).	73
5.1.5.	Retroexcavadora modelo 416 (Caterpillar).	75

Capítulo VI- CONCLUSIONES. 79

Bibliografía	80
---------------------	----

CAPITULO - I

INTRODUCCION

CAPITULO I- INTRODUCCION

La Ciudad de México es considerada una de las más grandes del mundo, en población y tamaño.

Estas dos características plantean grandes problemas cotidianos: a mayor población, mayor crecimiento.

Toda esta población requiere de muchos servicios para su bienestar. Necesitan servicios de Agua Potable, Drenaje, Luz eléctrica, Transporte, etc.

Un gran porcentaje de la población requiere de transporte para llegar a sus empleos todos los días. Casi la mayoría de ésta gente entra a la misma hora a trabajar formando las llamadas "horas pico" en todos los transportes de la ciudad.

Actualmente existen diferentes formas de movilizarse en la ciudad:

- 1) CAMIONES.
- 2) MICROBUSES.
- 3) TAXIS.
- 4) TROLEBUSES.
- 5) PARTICULARES.
- 6) TRANSPORTE COLECTIVO, METRO.

Los primeros cinco resolvieron por mucho tiempo el problema del transporte. Pero la ciudad siguió creciendo de tal forma que llegaron a ser insuficientes. Esto debido al elevado número de personas que seguían llegando a la ciudad. Se hicieron estudios de

población en la ciudad y se llegaron a los siguientes resultados mostrados en la fig. 1.1. De esta forma nació la idea de construir un sistema de transporte que fuera rápido, eficiente, que tuviera su propia vía de circulación y que transportara el mayor número de personas.

La solución resulto ser un plan maestro compuesto por 21 líneas de un tren conocido como METRO.

Esto llegó a ser la columna vertebral del sistema de transporte colectivo en la Ciudad de México.

Este sistema de transporte colectivo resuelve en gran parte el problema del transporte para la población.

Desde luego que se han hecho estadísticas respecto al número de pasajeros que se movilizan diariamente, los resultados se muestran en la siguiente hoja.

Actualmente se han construido 9 líneas que se encuentran en operación, éstas son :

- 1) Línea 1 Pantitlán - Observatorio.
- 2) Línea 2 Tasqueña - Cuatro caminos.
- 3) Línea 3 Universidad - Indios verdes.
- 4) Línea 4 Santa Anita - Martín Carrera.
- 5) Línea 5 Pantitlán - Politécnico.
- 6) Línea 6 Rosario - Martín Carrera.
- 7) Línea 7 Barranca del Muerto - Rosario.
- 8) Línea 9 Pantitlán - Tacubaya.
- 9) Línea A Pantitlán - Los Reyes la Paz.

La Línea 8 actualmente se encuentra en construcción y atraviesa

parte de la ciudad de Norte a Sur Oriente.

A partir de la estación llamada Garibaldi hasta la estación Coyuya, el cual abarca 16 kilómetros, va a ser un tramo subterráneo. De la estación Coyuya hasta la estación terminal Constitución de 1917, la cual abarca 4 kilómetros, va a ser tramo superficial.

En el tramo subterráneo atraviesa ejes viales y otras líneas del metro ya construidas. Estos ejes viales son: Eje 1 Norte y Eje 2 Sur.

Respecto a las líneas del metro que atraviesa son:

- 1) Línea 1 Observatorio - Pantitlán.
- 2) Línea 2 Tasqueña - Cuatro Caminos.
- 3) Línea 9 Pantitlán - Tacubaya.

En este tramo subterráneo la construcción es del tipo llamada CAJON A CIELO ABIERTO. Este procedimiento es repetitivo en todo el tramo hasta llegar a una estación o hasta llegar a un cruce.

Cuando en la construcción se llega a un cruce el proceso de construcción es el llamado de TUNELEO.

Es por eso que éste trabajo se enfocará a los trabajos correspondientes a la zona del cruce de Línea 8 con Línea 2.

Este punto es uno de los más conflictivos en la construcción de ésta línea. Su importancia es la de no crear en esta zona un punto de falla dado que por arriba transitan automóviles (calzada de Tlalpan) y el tren del metro Línea 2.

A continuación se describirá y analizará la construcción de éste cruce.

INCREMENTO DEMOGRAFICO DE LA CIUDAD DE MEXICO.

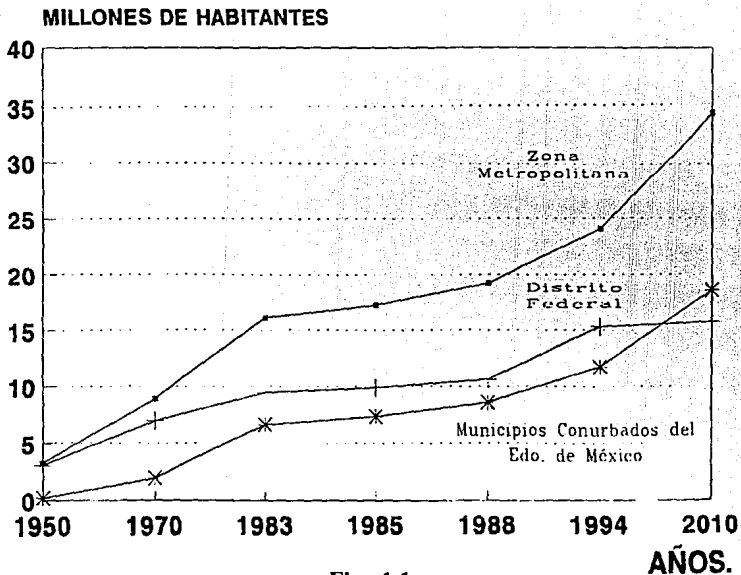


Fig. 1.1

EVOLUCION DE LA CAPTACION DE PASAJEROS EN EL METRO DE LA CIUDAD DE MEXICO.

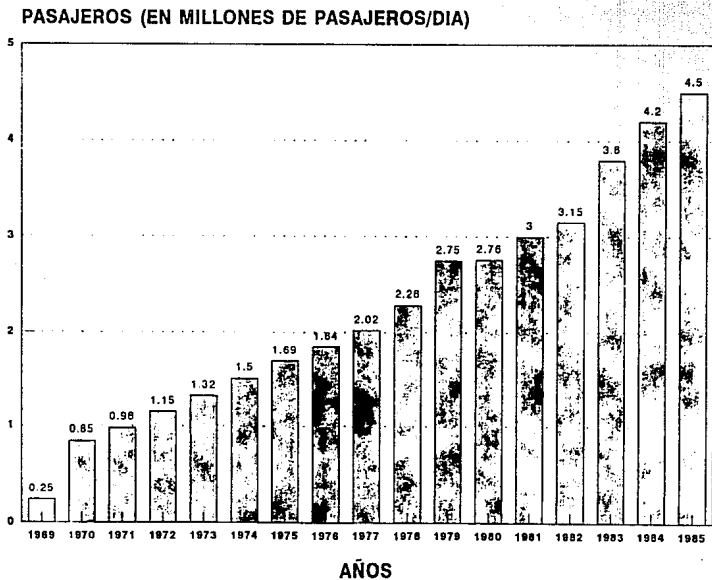


FIGURA 1.2

CAPITULO - II

NOCIONES PRELIMINARES

CAPITULO II-NOCIONES PRELIMINARES.

2.1 - ALTERNATIVAS DE SOLUCION.

Al comenzar el proyecto se presentó una solución correspondiente a la solución del cruce.

Esta contenía el procedimiento a seguir para la preparación de las propiedades mecánicas del suelo y las actividades de refuerzo para sostener la vía de la línea 2.

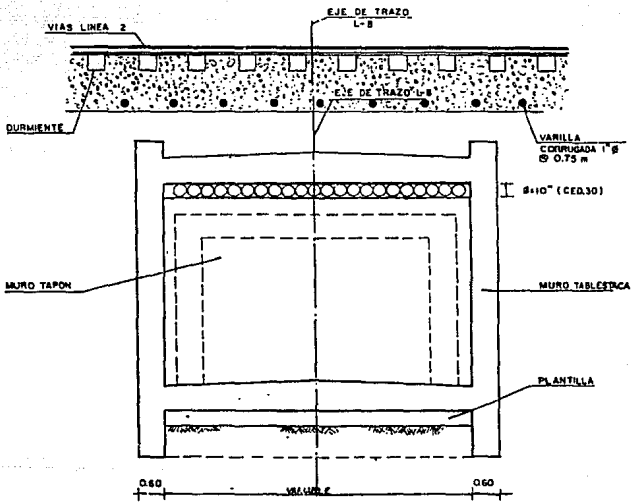
Este era un procedimiento el cual tenía muchos detalles y por ende muchas maniobras, contenía un empleo de materiales complejo. Era de esperar que su procedimiento tomaría más tiempo. A continuación se describirá el procedimiento propuesto, el cual no fue aceptado para su ejecución.

2.1.1. - REFORZAMIENTO PREVIO DE LA ESTRUCTURA DE LINEA 2.

De manera preliminar se llevará a cabo la cementación del balasto de la línea 2 del metro y la colocación de varillas corrugadas de acero de una pulgada de diámetro instaladas al tercio inferior de la altura. Se colocarán perpendicularmente al eje del trazo y separadas entre sí 0.75 m.

Luego se colocará una lechada de cemento en el balasto desde el nivel del balasto hasta el nivel de desplante en calas construidas a cada 1.50 m (ver fig. 2.1).

Después de concluido este trabajo se procederá a instalar una cama de tubos de acero de 10" de diámetro cédula 30 en el terreno. Estos tubos serán colocados o hincados a presión y por esto será



CORTE B-B

CAD. 14+853.234 AL 14+860.734
 14+872.563 AL 14+880.083

Fig. 2.1

DIBUJO ESQUEMATICO
 ACOT. EN METROS

necesario colocar estructuras temporales que sustentaran el andamiaje requerido . Así como la estructura que proporcionará 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 centímetros de peralte y 60 centímetros de ancho, formada a base de placas metálicas soldadas de 3/4 " de espesor y deberá estar empotrada en los muros tablestacas; mientras que los gatos hidráulicos deberán desarrollar en conjunto una fuerza mínima de 15 toneladas.

Para la instalación de estos tubos se realizará una ranura en los muros tapón en su parte superior, al nivel inferior de la losa de techo. Esta ranuración se llevará á cabo en 5 etapas correspondientes a la quinta parte del gálibo horizontal en la zona del cruce. La ranuración seguirá el siguiente orden: la primera quinta parte corresponderá a la parte central y los siguientes deben estar lo más próximo al trazo del metro concluyendo en los costados del cajón. Se debe colocar un solo tubo a la vez.

En este procedimiento se requiere colocar tubería igual a la mitad de la distancia del cruce dado que se instalaran en ambos frentes. Todos estos tubos deberán tener una pendiente de 5 grados con respecto a la horizontal y se colocaran o hincaran en tramos de 2 metros de longitud debiendo soldar este con el que continúa para su colocación.

En caso de presentarse problemas en el hincado se deberá proceder

a usar equipo de perforación para barrenar estas zonas, desde el interior del tubo.

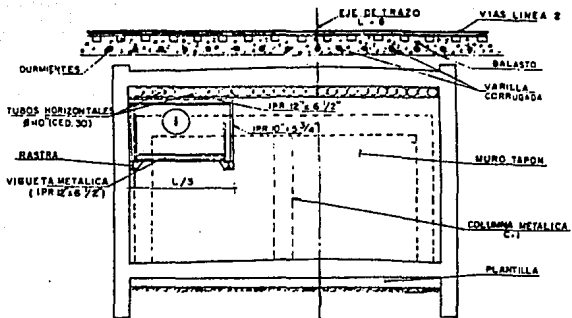
2.1.2- PROCESO DE EXCAVACION, ADEMADO Y CONSTRUCCION PROPUESTOS.

Todo proceso requiere de cierta metodología para aplicarse. Por eso el proceso de excavación, ademado y construcción se planteó por ETAPAS. A continuación procederé a explicar en que consistían estas etapas.

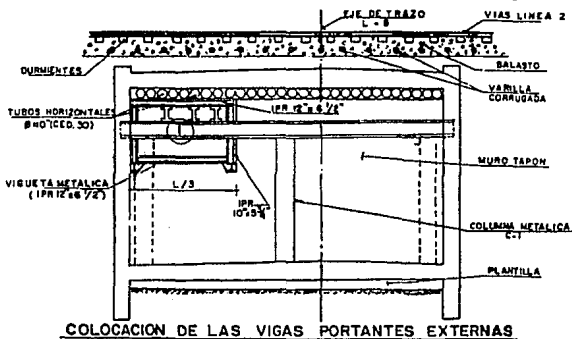
La primera etapa consistía en demoler el muro tapón en la parte superior un tercio de su altura total y a un tercio de su ancho, con el objeto de excavar la primera porción del cruce. A este se le llamaría TUNEL PILOTO. Este túnel piloto se excavaría manteniendo una pared vertical en el frente de avance y en etapas de un metro de longitud de manera que no se debía continuar la excavación hasta que se colocara la estructura de contención correspondiente. (ver figura 2.2 y 2.3).

Esta estructura de contención consistía en colocar tramos de 1 metro de longitud de las rastras metálicas (viguetas IPR de 12" x 6 1/2"). Las cuales iban a soldarse a los anteriores tramos. Sobre éstas rastras se apoyarían y soldarían los marcos metálicos que contendrían las paredes verticales y el techo de la excavación. Estos marcos serían de viguetas metálicas verticales IPR 10" x 5 3/4" soldadas con viguetas horizontales IPR 12" x 6 1/2" cuya separación a ejes sería igual a 0.50 metros.

Este proceso se continuaría repitiendo en todo el túnel piloto en



EXCAVACION Y ADEMACO DEL PRIMER TUNEL PILOTO



COLOCACION DE LAS VIGAS PORTANTES EXTERNAS

DIAGRAMA TOPOGRAPHICO

Fig. 2.2

secciones de 1 metro.

Terminado el primer túnel se procedería a colocar las llamadas VIGAS PORTANTES con el objeto de sostener el techo el túnel. Para esto se colocarían vigas metálicas IPC de 33" x 16", que irían soldadas a las vigas rastras de 12" x 6 1/2", e irían apoyadas en sus extremos a otras vigas que harían su función de columna. (ver figura 2.4

De esta misma forma se haría el túnel superior derecho y luego se excavaría el núcleo central solo añadiendo las rastras faltantes del marco y las vigas portantes. En esta etapa se colocarían el primer nivel de puntales.

Concluida esta parte del túnel se procederá a la excavación del núcleo central colocando en el piso y el techo de la excavación (tubos hincados) los tramos de viguetas faltantes (IPR 12"x6 1/2") los cuales se soldarán a los extremos existentes. Se colocarán entonces las vigas portantes longitudinales faltantes para así concluir el sistema de contención del techo en toda la sección del cruce.

Hecho lo anterior se retirarán 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 metros a ejes de puntales.

De esta forma queda concluida la excavación y ademado del tercio

superior de la sección.

A continuación se proseguirá a la excavación del tercio medio de la sección. Esta comenzará por la parte central, limitada por taludes a 0.75 : 1 en ambos extremos, serán etapas a cada 2 metros. (ver figura 2.4).

Terminada esta sección se tiene que excavar simultáneamente de las subetapas laterales cuyas paredes serán el terreno contenido mediante la colocación de las viguetas metálicas soldadas a la rastra superior a cada 0.50 metros y que son prolongación de los marcos superiores.

Las viguetas del ademe de la excavación se apoyarán y soldarán sobre las rastras previamente hincadas, colocadas a partir del nivel máximo de excavación de esta etapa y contra las cuales se colocarán los puntales a cada 1.50 metros a medida que la excavación avance.

El tercio inferior se atacará de la misma forma que el anterior.

Hecho esto se procederá a la colocación de la plantilla de 0.40 metros de espesor, la cual será de concreto pobre añadiéndole aditivo para su fraguado rápido. Después de 24 horas de colada la plantilla se quitará el tercer nivel de puntales. Luego se construirán los muros estructurales en los cuales se dejarán

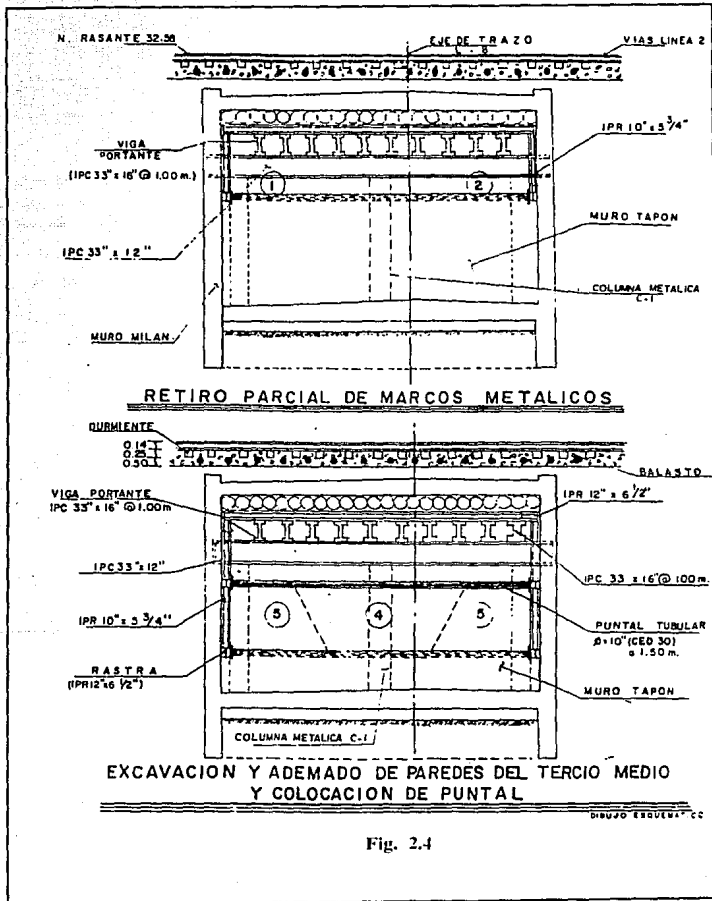


Fig. 2.4

listas unas preparaciones para su unión con la losa de techo.

La próxima etapa consiste en la colocación de las tabletas prefabricadas que constituirán la losa de techo y su firme de compresión. Este firme se deberá colar solo hasta el nivel inferior de las vigas portantes longitudinales, quedando hueco todo el espacio comprendido entre los mismos. Pasadas 48 horas después de colado el firme podrán retirarse el segundo y primer puntales.

Este proceso constructivo no se aceptó por tres razones:

- 1) LOS COSTOS SE ELEVARIAN MUCHO POR USARSE MUCHO MATERIAL, DADO QUE SE EXCAVARIA EN NUEVE PEQUEÑOS TUNELES.
- 2) EL TIEMPO EN REALIZARSE TODAS ESAS MANIOBRAS SERIA EXCESIVO.
- 3) LOS TRABAJOS EN LA LINEA 2 AL COLOCAR LA CAMA DE VARILLAS SE REALIZARIAN UNICAMENTE EN HORAS DE LIBRANZA YA QUE NO SE PUEDE PARAR EL SERVICIO DE LA LINEA 2, POR ENDE SE TOMARIA BASTANTE TIEMPO EN LA EJECUCION DE ESTOS TRABAJOS.

De esta forma se solicitó un nuevo proceso constructivo que fuera más económico y más rápido.

Se presentó un nuevo proceso el cual fue aceptado y es el que se ocupó para construir el cruce.

Más adelante se analizará con mucho detalle el proceso constructivo aceptado.

CAPITULO - III

INICIACION DEL CRUCE

CAPITULO III- INICIACION DEL CRUCE.

3.1.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO (ACEPTADO).

A continuación se describirá todo el proceso constructivo aceptado para la construcción del cruce.

Es muy importante hacer notar que este proceso se aceptó porque es más económico y se requiere de menos tiempo para su aplicación, además se tiene mayor grado de seguridad para la línea 2 en servicio, esto es de mucha importancia en la Ingeniería.

3.1.1.- CONSTRUCCION DEL MURO MILAN.

Uno de los problemas más comunes en excavaciones es la estabilidad de las paredes del terreno.

Realmente el hacer paredes con pendientes necesarias para asegurar su estabilidad resulta muy costoso. En el caso del Metro Línea 8, el cajón se construye a cielo abierto. Para asegurar la estabilidad de las paredes de la excavación se construyen previamente los llamados MUROS MILAN.

Para construir estos muros primeramente se procede a excavar una zanja de 0.65 metros, en la cual se construye en ambos lados de la zanja, unas estructuras de concreto reforzado llamadas BROCALES. El objetivo de construir estos brocales es el de evitar caídas de las paredes de la zanja por presiones causadas por la máquina excavadora y por la tendencia del terreno a cerrarse. Estos brocales van apoyados en el terreno simplemente.

Después de contruidos estos brocales se continúa con la excavación con una profundidad que es variable. Mientras esto se va haciendo se va inyectando agua o lodo bentonítico para equilibrar de alguna forma las presiones desequilibradas en el terreno o simplemente evitar que hayan caídos de las paredes de la excavación por la tendencia del terreno a cerrarse.

Estos muros se construyen a todo lo largo de los tramos donde se construirá el cajón a cielo abierto del Metro.

Estos muros se construyen por bloques no continuos. Es decir, cada 7.20 metros se construye un muro sí y uno no (ALTERNADOS) como se muestra en la figura 3

El mismo terreno sirve de cimbra y no se excavan los faltantes hasta que los primeros que se colaron alcancen una determinada resistencia. Las especificaciones marcan hasta que haya fraguado.

El acero que lleva el muro Milán es armado afuera y se introduce con una grúa en la cepa de tal forma que el armado queda ahogado en el lodo bentonítico.

Después que ya se tiene el armado en el lugar requerido se procede a vaciar el concreto prefabricado, bombeandolo a través de tubos metálicos unidos por tramos, empezando de abajo hacia arriba.

De esta forma se logra que, por medio de la diferencia de densidades del lodo bentonítico y del concreto, el lodo se desplace hacia arriba y se pueda remover.

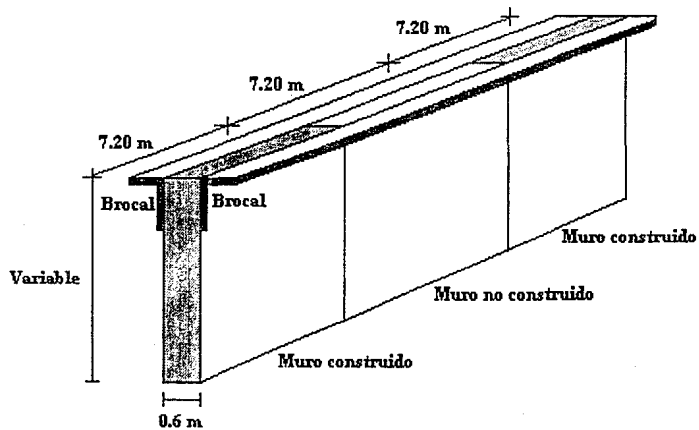


Fig. 3

3.1.2.- TUNELEOS PREVIOS (TLALPAN ORIENTE, PONIENTE).

Para iniciar los trabajos correspondientes al cruce de línea 2 con línea 8, es necesario realizar los llamados "tuneleos previos", los cuales están localizados sobre la calzada de Tlalpan.

La excavación y construcción de esta zona se realizará por medio de un proceso de tuneleo falso.

Para llevar a cabo esto se tendrá que modificar la sección del cajón del metro con sobregalibos horizontal y vertical. Estos trabajos se realizarán en dos fases.

3.1.2.1.- PRIMERA FASE DEL TUNELEO (TRAMO PARTE I VER FIG. 3.1).

La excavación en la vialidad de la calzada se efectuó en una sola etapa por cada sentido.

La excavación de cada etapa se iniciará a partir del nivel del terreno natural hasta alcanzar 0.30 metros abajo del nivel de puntales, procediendo de inmediato a su colocación. Hecho lo anterior se continuará con la excavación hasta 0.05 metros abajo del nivel de intrados del cajón en esa etapa.

Las filtraciones que se presenten durante esta excavación deberán controlarse mediante un bombeo de achique, para lo cual se construirán zanjias de 0.30 x 0.30 metros localizadas en el perímetro de la excavación, los cuales se dirigirán hacia cárcamos ubicados en las esquinas de la misma donde se extraerá el agua por medio de bombas autocebantes de gasolina o eléctricas; éstas zanjias

deberán de rellenarse con grava limpia.

Concluida la excavación, se colocará en el fondo de ésta, una plantilla de grava de 0.05 metros de espesor, continuando con la colocación de las tabletas que constituirán la losa de techo, efectuando la liga estructural con los muros tablestacas.

Se continuará con el armado y colado del firme de compresión y 24 horas después se podrá retirar el 1er. nivel de puntales. En ese momento, se procederá a colar el lastre de concreto y 72 horas después se colocará el material de relleno de acuerdo con lo indicado en las especificaciones.

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 Tlalpan.

3.1.2.2.- SEGUNDA FASE DEL TUNELEO. EXCAVACION Y ESTRUCTURACION DEL CAJON DEL METRO.

En primer lugar se procederá a abatir el nivel de aguas frías. Esto se realizará 2 días antes de iniciar la excavación en cualquier etapa del tuneleo. Cabe recordar que las partes de los ademes de los pozos que quedarán ahogados en la losa de piso después de suspender el bombeo, se deberán rellenar desde su nivel de desplante hasta 0.30 metros 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 rellenará mediante concreto provisto con estabilizador de volumen hasta alcanzar el paño superior de la

losa de piso del cajón del metro.

Una vez que se haya colocado una nueva superficie de rodamiento en el lugar donde se excavó en la calzada nivel intrados, para la construcción de la losa superior a base de elementos prefabricados en lado oriente y con losa armada en lado poniente, se podrá iniciar la excavación para la construcción del cajón del metro mediante tuneleo falso.

La excavación se iniciará por el interior del cajón y en etapas de 3 metros de longitud con un talud de avance cuya inclinación será de 45 grados el cual deberá respetarse durante todo el proceso hasta alcanzar el muro tablestaca correspondiente. Esta excavación se realizó por ambos frentes en forma simultánea.

La excavación, colocación de puntales y construcción de la estructura del cajón del metro se realizará por etapas.

Para cada etapa la excavación se iniciará a partir del nivel inferior de la losa de techo ya colocada y se suspenderá momentáneamente 0.30 metros abajo del 2o. nivel de puntales, procediendo de inmediato a su colocación en su elevación correspondiente (ver figura No. 3.2 BIS).

Se continuará con la excavación hasta 0.30 metros abajo del 3er. nivel, para proceder a la colocación de este nivel de apuntalamiento en forma inmediata en su nivel que corresponde. Es en este momento donde se puede retirar el 2o. nivel de puntales. Después se excavará hasta el máximo nivel de proyecto, habiendo

hecho esto se procederá rápidamente a colar una plantilla de concreto pobre de 0.10 metros de espesor con aditivo acelerante de fraguado.

Antes de llegar a la profundidad de proyecto se deberá tener disponible y al pie de la obra el acero de refuerzo para la losa de piso del cajón del metro. Cabe aclarar que el colado de la plantilla deberá efectuarse en un tiempo máximo de 5 horas contadas a partir del momento de alcanzar el nivel máximo de excavación.

Después de haber hecho esto se procederá a armar, cimbrar y colar la losa de piso, ligándola con los muros tablestacas y dejando las preparaciones necesarias para la liga estructural posterior con la losa de la etapa adyacente.

24 horas después de haber colado la losa de piso se podrá retirar el 3er. nivel de puntales así como iniciar la excavación de la etapa siguiente.

Lo descrito anteriormente se aplicará en un tramo de 10 metros de longitud en la parte oriente del cruce (ver figura No. 3.1 parte I).

Para los tramos II se realizará el tuneleo de la misma forma descrita en los incisos 3.1.2.1 y 3.1.2.2 pero teniendo en cuenta lo siguiente:

La sección y el apuntalamiento que se propuso puede verse en la figura No. 3.2

Se deberá excavar hasta 5 centímetros abajo del nivel inferior de la losa de techo con el objeto de colocar una plantilla de grava de

5 centímetros de espesor. Sobre esta plantilla se colocarán las tabletas que constituirán la losa de techo procediendo después al armado y colado del firme de compresión.

24 horas 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.

Cuando se coloque el 3er. nivel de puntales en su posición, podrá retirarse el 2o. nivel de puntales.

Cuando se haya alcanzado el nivel máximo de excavación, se colará la plantilla y la losa de fondo, para 24 horas después retirar el 3er. y el 1er. nivel de puntales.

En las etapas adyacentes a los muros tablestacas deberán dejarse en la losa de piso las preparaciones necesarias para la colocación posterior de las columnas metálicas C - 1. Estas preparaciones quedarán ahogadas durante el colado de la losa de piso y estarán constituidas por placas base y anclas, las cuales deberán soldarse al armado de la misma. Cabe aclarar que estas columnas formarán parte de la estructura de contención para el cruce bajo la línea 2 y que se retiraran una vez concluido este.

Para el tramo III la excavación, apuntalamiento y construcción se llevara a cabo conforme a lo descrito para los tramos II, pero es de suma importancia tomar en cuenta las siguientes especificaciones:

La sección y apuntalamiento que se propuso puede verse en la figura No. 3.3.

Se deberá excavar hasta 5 centímetros abajo del nivel inferior de

la losa de techo con el objeto de colocar de inmediato una plantilla de grava de 5 centímetros de espesor.

Sobre esta plantilla se armará y colará la losa de techo del cajón del metro, con concreto provisto de aditivo acelerante de fraguado, realizando la liga estructural de la misma con los muros tablestacas de la sección previa demolición parcial de los mismos. En esta losa deberán dejarse las preparaciones necesarias para su futura liga con las losas de las siguientes etapas.

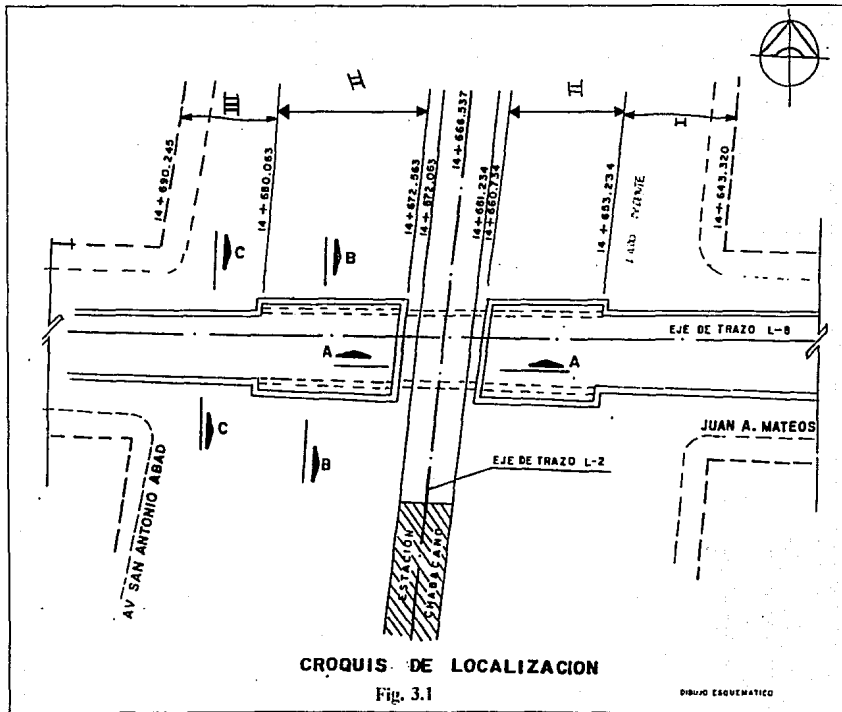
Hay que hacer notar que la excavación, construcción de la losa de techo, el relleno de material compactado y la restitución del pavimento se deberán realizar en una sola etapa.

Ocho horas después de colada la losa de techo se procederá a colocar el material de relleno compactado y a la restitución del pavimento de acuerdo con lo indicado en las especificaciones generales.

Ocho días después de hecho lo anterior se podrá iniciar con la excavación del núcleo (2a. fase del tuneleo) la cual se realizará por etapas cuya longitud será igual a 6 metros, conformando en el frente de ataque un talud con inclinación de 45 grados con respecto a la horizontal, apuntalando durante esta actividad los muros tablestacas.

En el momento de colocar el 2o. nivel de puntales se deberá retirar el 1er. nivel de puntales.

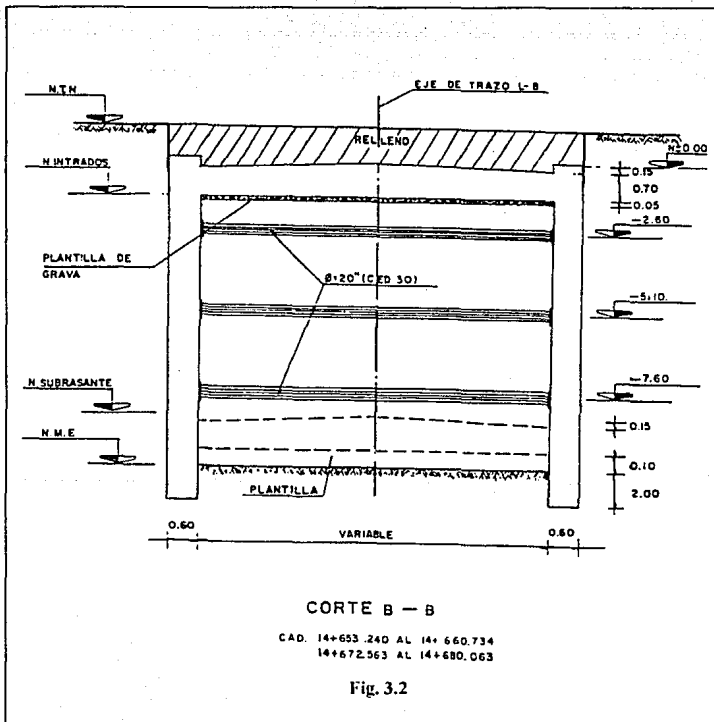
Una vez colocado el 4o. nivel de puntales, se concluirá con el



CROQUIS DE LOCALIZACION

Fig. 3.1

DIBUJO ESQUEMATICO



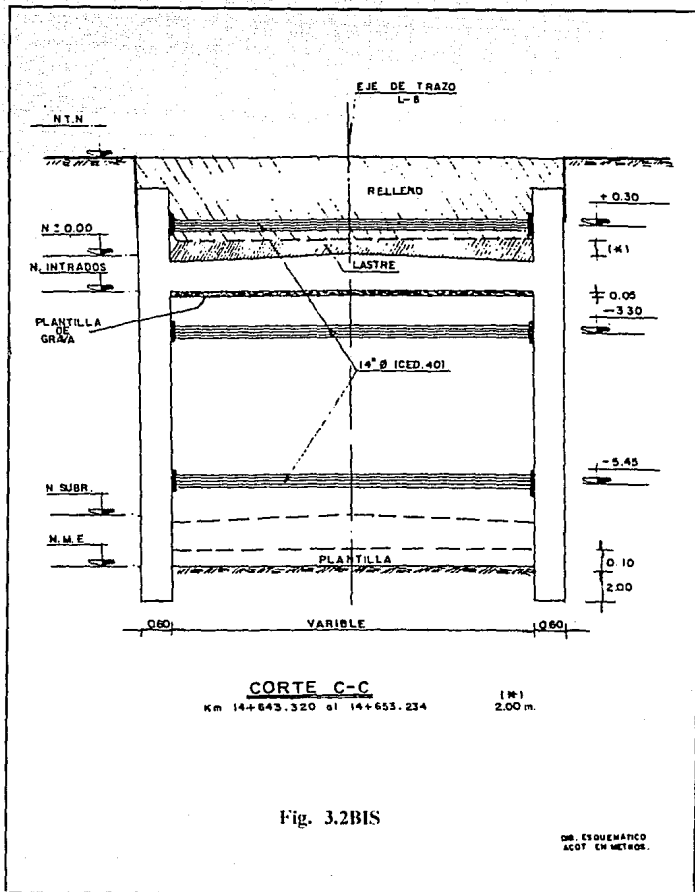
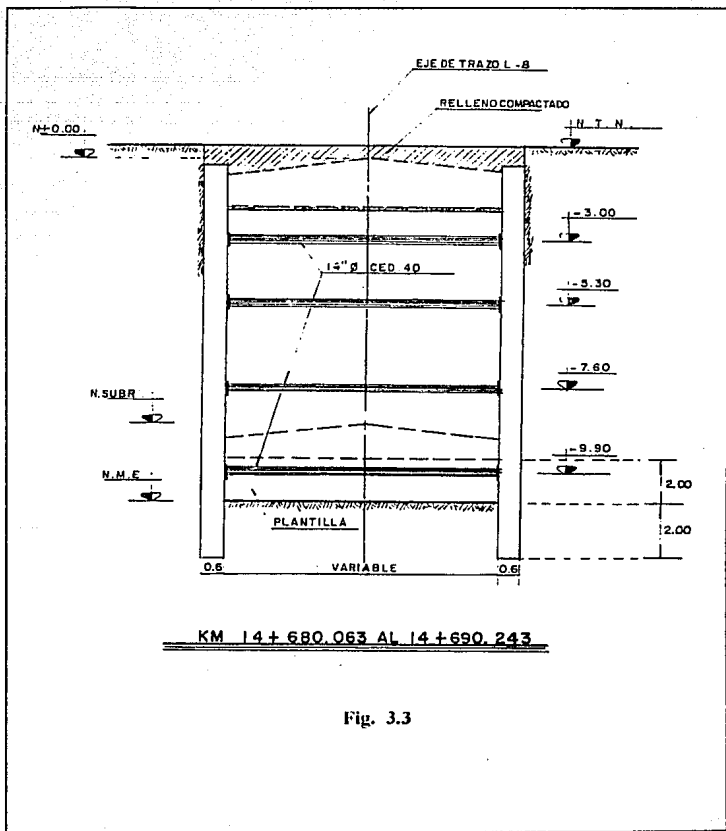


Fig. 3.2BIS



proceso de excavación hasta la máxima profundidad de proyecto, momento en el cual se deberá colar la plantilla de concreto simple provisto con aditivo acelerante de fraguado, hasta 0.30 metros por abajo del 4o. nivel de puntales, para 24 horas después retirarlo.

Hecho lo anterior, se procederá a concluir con el colado de este lastre.

Veinticuatro horas después se armará y colará la losa de piso de la etapa en la que se este trabajando, debiendo ligarla a los muros tablestaca y dejando en ella las preparaciones para su liga posterior con la losa de la siguiente etapa.

Veinticuatro horas después de colada la losa de piso, se podrán retirar el 3er. y 2o. niveles de puntales.

3.1.3.- INSTRUMENTACION PARA DETECTAR MOVIMIENTOS DEL TERRENO EN
EL CRUCE DE LINEA 2 CON LINEA 8.

Es de suma importancia llevar un registro sobre la variación de los movimientos horizontales y verticales que pudieran ser provocados en el terreno por los trabajos realizados en el cruce.

Estos movimientos se pueden presentar sobre las paredes del cajón a través del subsuelo y en la superficie del mismo.

Para cumplir con esto se tendrá que realizar una instrumentación constituida por:

- 1) SECCIONES DE CONVERGENCIA.
- 2) NIVELACIONES SUPERFICIALES.

3.1.3.1.- SECCIONES DE CONVERGENCIA.

Las secciones de convergencia se utilizan para registrar las deformaciones directas en el interior del cajón, específicamente en las paredes.

Los puntos de referencia internos se colocaran inmediatamente después de la excavación. Debe hacerse notar que debe instalarse instrumentación para las vigas portantes, para las vigas de contención provisional a base de tubos metálicos y en la estructura del cajón del metro definitiva.

Los elementos que definan los puntos de referencia para medición de convergencia (pernos, argollas, etc.) deberán estar soldados a los elementos metálicos que forman la estructura de contención o ahogados en la estructura de concreto definitiva de tal forma que soporten la tensión bajo la cual se harán las mediciones. (Ver figuras 3.4, 3.5, 3.6 y 3.7).

Una vez colocados los puntos de referencia internos, se tomarán lecturas una vez al día, durante las primeras dos semanas posteriores a su instalación hasta que realmente se tenga una tendencia hacia la estabilidad de las paredes según la siguiente tabla:

Velocidad < 0.020 mm/día.	Para convergencia horizontal.
Velocidad < 0.027 mm/día.	Para convergencias del techo.
Velocidad < 0.020 mm/día.	Para convergencias inclinadas. (vigas portantes externas).

Estas lecturas se podrán ampliar a dos veces por semana. Si la tendencia es hacia la estabilidad, entonces se puede ampliar a una vez por semana. Cuando la velocidad de deformación sea menor a:

Velocidad < 0.14 mm/semana.

las mediciones podrán suspenderse.

El tener un registro de lecturas menores a las indicadas es muy importante dado que la seguridad de los trabajadores y de la estructura es esencial.

En el momento en que se registren lecturas mayores a las especificadas incluso puede detenerse la obra.

3.1.3.2.- NIVELACIONES SUPERFICIALES.

En todo trabajo de excavación es vital llevar un registro de los asentamientos del subsuelo, dado que este tipo de movimientos siempre se presentan y lo importante en este caso es que el terreno no vaya a fallar cuando se este excavando y esto provoque graves accidentes.

Para llevar un control de estos movimientos será necesario realizar nivelaciones topográficas. Estas nivelaciones se harán en secciones transversales y una longitudinal al eje del trazo de línea 8.

Estas secciones transversales se colocarán a cada 2 metros a partir del eje del trazo a ambos lados hasta una distancia de 20 metros. Los puntos superficiales a nivelar serán cubos de concreto simple de 0.30 metros de lado con una marca en el centro de la cara superior del cubo.

Las lecturas se harán una vez por semana 15 días antes de la excavación. Durante el proceso de excavación una vez al día hasta que se termine la estructuración del cruce y una vez por semana hasta el momento en que durante 4 semanas consecutivas la velocidad de deformación no sea mayor a 0.70 mm/semana.

De esta forma se tiene un registro muy detallado y estricto de los movimientos del terreno.

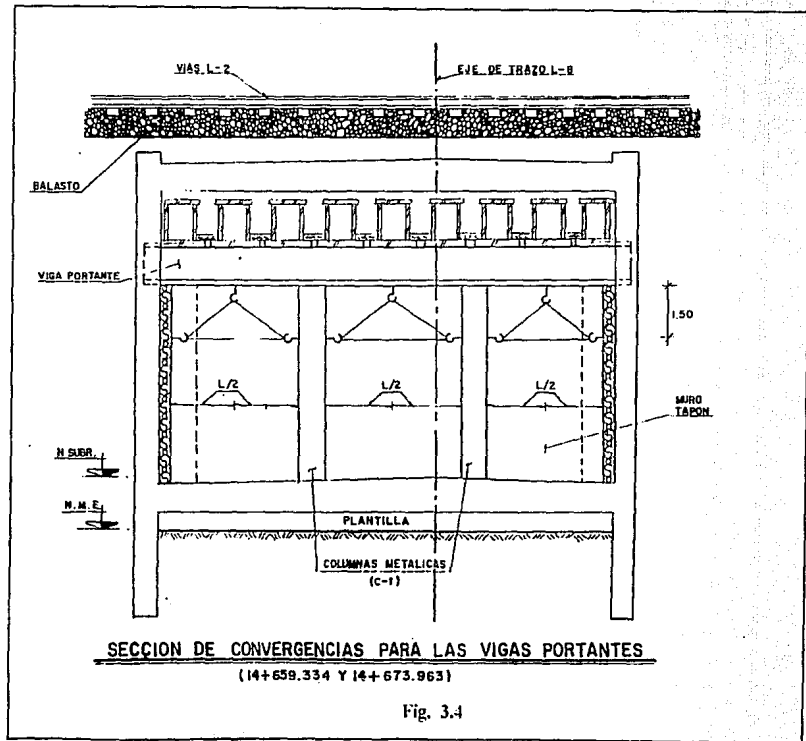
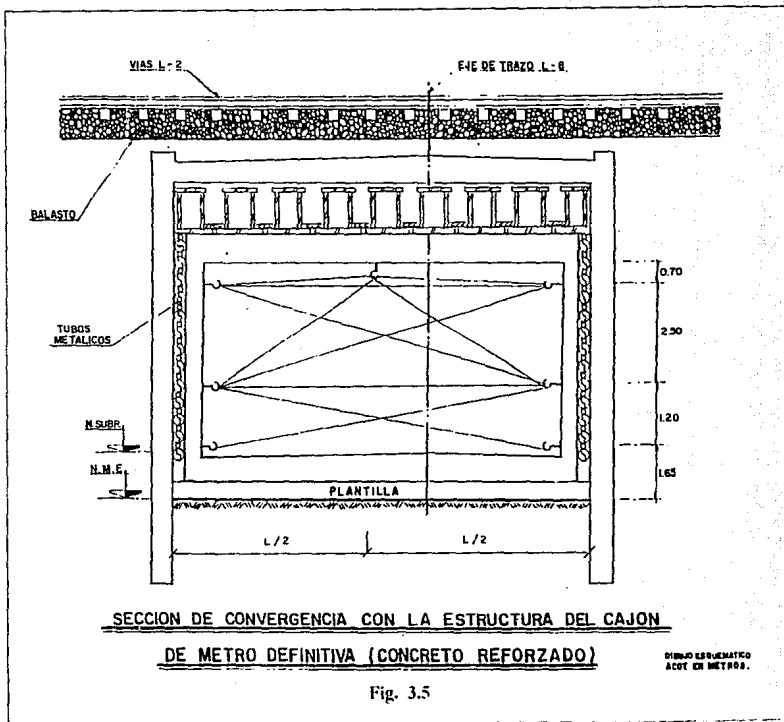


Fig. 3.4



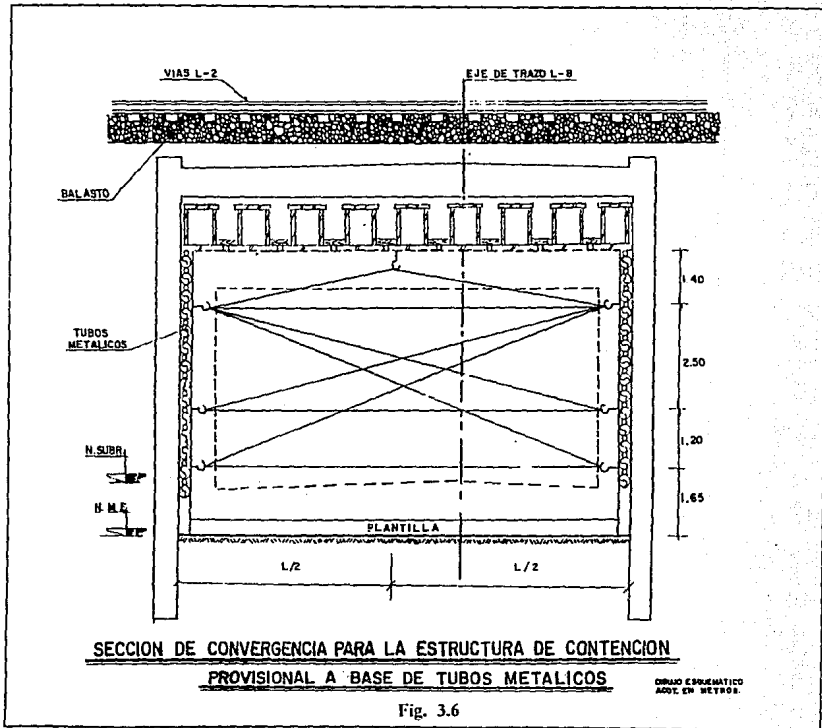
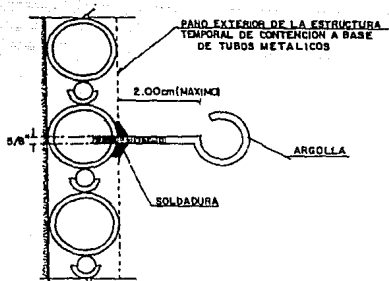
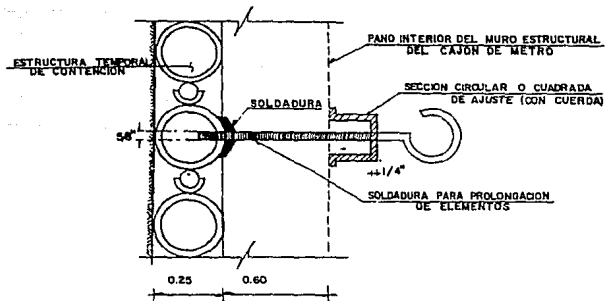


Fig. 3.6



a) ESTRUCTURA PROVISIONAL DE CONTENCIÓN



b) ESTRUCTURA DEFINITIVA (CAJÓN DE METRO)

DETALLES DE ELEMENTOS PARA LA LECTURA
DE CONVERGENCIAS

DIBUJO ESQUEMÁTICO
ACOT EN METROS.

Fig. 3.7

3.1.4.- TUNELEO EN ZONA DEL CRUCE LINEA 2 SOBRE LINEA 8.

Es lógico pensar que para realizar estos trabajos es condición necesaria haber terminado por completo todos los trabajos preparativos adyacentes para trabajar en esta zona.

Es realmente en este punto donde se concentra el problema a resolver : LA CONSTRUCCION DEL CRUCE DE LINEA 2 CON LINEA 8 DEL METRO.

Es en éste subcapítulo en donde se describirá el proceso constructivo del cruce.

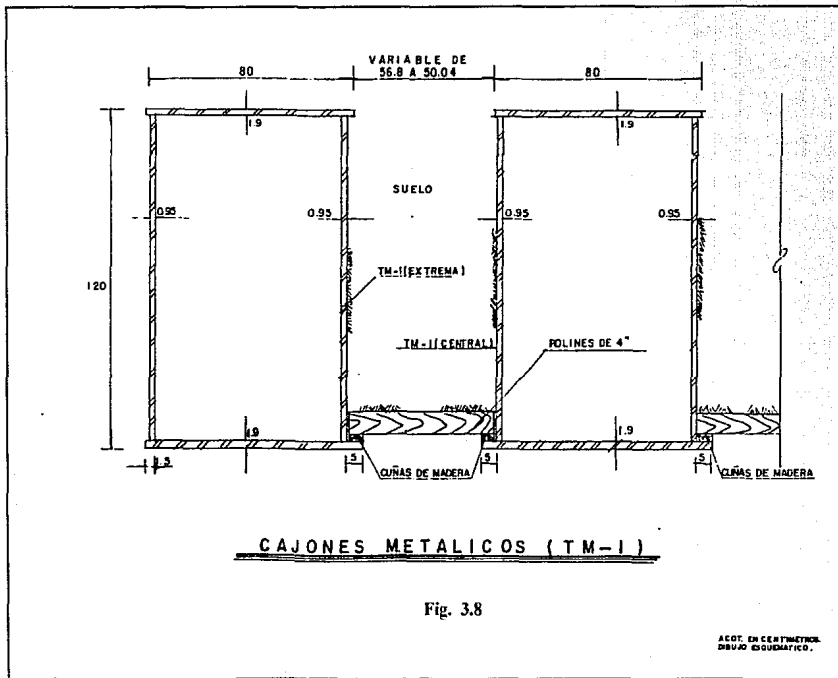
3.1.4.1.- DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS, PREVIOS A LA EXCAVACION.

El primer paso a tomar es el que se refiere al hincado de los cajones metálicos.

Estos cajones serán formados por cuatro placas con los espesores y longitudes mostrados en la figura No. 3.8

Un detalle importante de mencionar es que en las placas inferiores deberán tener 0.05 metros de prolongación a la izquierda y hacia la derecha del cajón.

Estos cajones metálicos serán hincados a presión; pero para esto será necesario instalar, tanto las estructuras temporales que sustentarán el andamiaje requerido, como las que proporcionarán la reacción necesaria para el empujado de los cajones metálicos por medio de gatos hidráulicos y cuñas constituidas por placas metálicas, vigas de madera o cilindros de concreto o acero. Estos



cajones metálicos solo se deberán empujar o hincar en un solo frente de ataque, el cual deberá ser de oriente a poniente. Como elemento de reacción se utilizará el muro - trabe ubicado en la transición de galibos verticales y paralelo al muro tablestaca, mientras que los gatos hidráulicos deberán desarrollar en conjunto una fuerza mínima de 180 toneladas para el empujado de cada cajón. Es obvio que el muro tablestaca estorbará para la colocación de dichos cajones. Es por eso que se tendrá que ranurar el muro tablestaca con el objeto de descubrir una área con suelo lo suficientemente amplia para el paso de los cajones. Esta ranuración se llevará a cabo en etapas, correspondientes cada una al ancho del cajón metálico. Dejando una sección de muro sin afectar en la cual se apoyarán las estructuras para su hincado.

El orden en que se colocarán los cajones será de los extremos hacia el centro. Los cajones se instalarán en 4 tramos de igual longitud, uniendo por el interior cada segmento ya colocado con el siguiente por instalar, por medio de placas metálicas de 0.50 x 0.75 metros que deberán soldarse simétricamente en las juntas, en el techo y piso del cajón metálico.

Durante el proceso de colocación de los cajones se deberá llevar un registro topográfico de nivelación para garantizar la trayectoria correcta, tanto vertical como horizontalmente. Es obvio que también debe de ranurarse el muro opuesto, al otro extremo del cruce, con el propósito de permitir la salida de los cajones. En total se

colocarán 9 cajones.

Una vez instalados los 9 cajones metálicos se colocarán 2 placas triangulares en cada cajón. Estas placas serán ménsulas. Estas tendrán como objetivo el sostener los 2 muros, ocupando los cajones como apoyo.

Inmediatamente después de este apuntalamiento se procederá a hincar el sistema de ademe lateral formado por tubos. Para lo cual se demolerán lateralmente ambos muros tablestacas (entrada y salida) estos tubos se hincarán de oriente a poniente en tres partes iguales de la altura total del muro tablestaca. Deteniendo dicha demolición hasta no haber hincado el ademe correspondiente a esa etapa.

Para realizar el hincado de dichos tubos se requiere de una fuerza mínima de 46 toneladas para cada tubo, la cual deberá proporcionarse mediante gatos hidráulicos. Estos tubos se hincarán por tramos de 2 metros que deberán soldarse entre sí para atravesar de lado a lado la zona del cruce.

El hincado de estos tubos se realizará iniciando en la parte superior y concluyendo en la parte inferior (ver figura No. 3.14)

Terminada esta colocación de tubos se procederá a ejecutar la inyección de consolidación del suelo, cuyo proceso y características se describen a continuación.

3.1.4.2.- INYECCION DE CONSOLIDACION.

El objetivo de esta inyección de consolidación es mejorar las condiciones de los materiales por excavar así como garantizar su estabilidad.

Se llevará a cabo la distribución de los barrenos según figuras 3.10, 3.11, 3.12 y 3.13.

Si algún obstáculo impide la realización de estos barrenos se reubicarán a una distancia no mayor a 0.50 metros con respecto a la posición indicadas en la figura o bien podrán hacerse inclinados. Pero por especificación estos barrenos deben ser horizontales.

La inyección de cada barreno deberá efectuarse por partes; el sentido de avance será inverso al de la perforación.

Si éste trabajo no se llegara a realizar, no se podría proseguir con el proceso constructivo de este cruce, dado que es condición necesaria para proseguir.

3.1.4.3.- PROCEDIMIENTO DE INYECCION.

Durante el colado de los muros tablestacas adyacentes a la línea 2 se deberán dejar las preparaciones en los sitios señalados en la figura 3.12 siempre y cuando se puedan realizar las barrenaciones e inyecciones correspondientes. Dichas preparaciones consistirán en dejar en el muro segmentos de tubos PVC de 4" de diámetro rellenos con papel humedecido. Es en éstas preparaciones donde deben de hacerse barrenos de 3" de diámetro a partir del sitio donde se

ubiquen los muros tablestacas. Para garantizar la estabilidad de los barrenos, éstos se podrán ademar con ademe metálico. En seguida se procederá a instalar el tubo de inyección.

Cada uno de éstos barrenos se efectuará en 3 fases de inyección, que son las siguientes:

- 1) Corresponderá a la inyección de la vaina, la cual se hará en progresiones de un metro cada una, iniciándose desde la longitud máxima del barreno.
- 2) Esta fase corresponderá al tratamiento de inyección, el cual se efectuará en tramos de 0.50 metros de longitud cada una.
- 3) Esta será la inyección de bloqueo que se efectuará en progresiones de 0.50 metros de longitud cada una.

El sentido de avance será inverso al de perforación. Se instalarán manómetros a la entrada de cada barreno con el objeto de conocer la presión de inyección.

3.1.4.4.- FASES Y PRESIONES DE INYECCION.

Detalles de cada fase se presentan a continuación:

1a. FASE (INYECCION DE VAINA).

Esta inyección tiene por objeto fijar el tubo de inyección al terreno lo cual se realizará con una mezcla de cemento-agua cuya relación será de 0.33 con el 20 % de bentonita (en peso del cemento). Esta inyección se efectuará con una bomba eléctrica o neumática de tal forma que se garanticen las presiones necesarias para éstas inyecciones. La presión de inyección en esta fase será de acuerdo a la siguiente tabla No. 2 :

NIVEL DE BARRENOS	PRESION DE INYECCION (kg/cm2).
1er. NIVEL.	0.30
2o. NIVEL.	0.50
3er. NIVEL.	0.70

TABLA No. 2

2a. FASE. TRATAMIENTO DE INYECCION.

Se inyectará una mezcla de cemento-agua-bentonita con una relación cemento-agua igual a 0.67 y agregándole un 8% de bentonita en peso del cemento.

Esta mezcla deberá contener un aditivo para fraguado rápido en

relación de un 3% con respecto al peso del cemento. El cemento utilizado será TIPO I.

La presión de inyección para romper la vaina será de 0.5 kg/cm². siempre y cuando no hayan transcurrido más de 2 días después de haber efectuado la inyección de la vaina.

Si ya pasaron 2 días pero no más de 7 se usará una presión de 0.8 kg/cm² aplicándola rápidamente y suspendiéndola inmediatamente.

Esta 2a. fase se aplicará inmediatamente después de haber terminado la 1a. fase y se debe aplicar en un plazo máximo de 7 días.

3a. FASE. INYECCION DE BLOQUEO.

En esta última fase se inyectará una lechada de cemento-agua-bentonita con una proporción cemento-agua de 0.30 añadiéndole un 5% de bentonita (en peso del cemento) para estabilizar la mezcla.

Esta mezcla también llevará un aditivo fraguante en relación de un 3% con respecto al peso del cemento.

La presión de inyección que será necesaria en la 2a. y 3a. fase, para cada una de las progresiones, de acuerdo con la elevación a la que se ubique el barrenado será la mostrada en la tabla No. 2.

El proceso de barrenación se efectuará del 1er. al 3er. nivel, en ese orden.

Los volúmenes máximos por inyectar en cada progresión serán los mostrados en la tabla No. 3:

FASE.	VOLUMEN (m3).
2a. FASE.	1.50
3a. FASE.	1.00

TABLA No. 3

Cada progresión se considerará terminada cuando se haya cumplido con inyectar los volúmenes indicados con las presiones señaladas. Cuando se presenten dificultades para alcanzar la inyección de estos volúmenes se podrá incrementar la presión de inyección en un 40 %.

Y en caso de que se haya introducido el volumen indicado a una presión menor de la indicada se procederá a inyectar hasta un 0.5 m3 de mezcla, con el cuidado de no rebasar las presiones indicadas. (ver tabla No. 2).

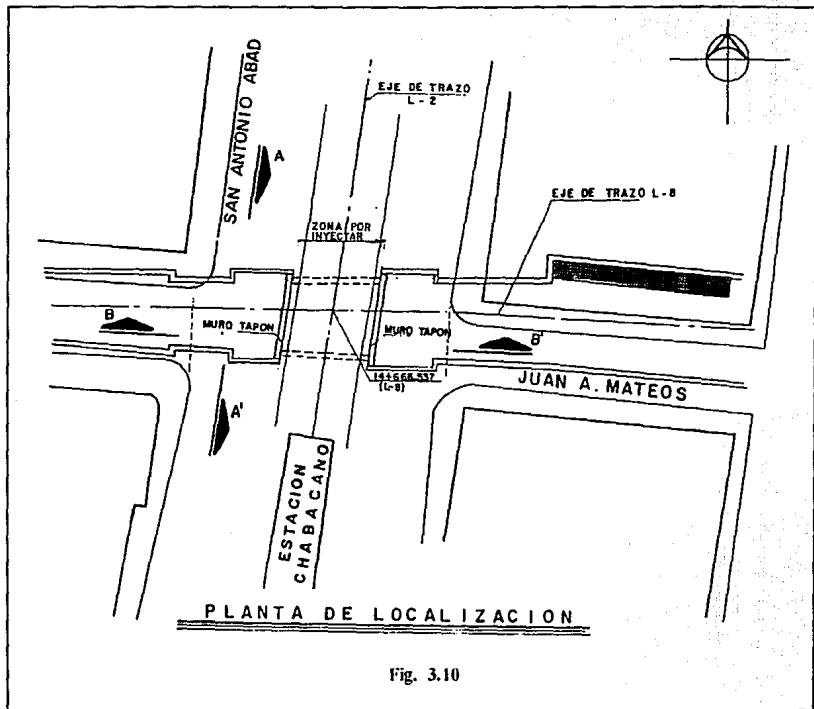


Fig. 3.10

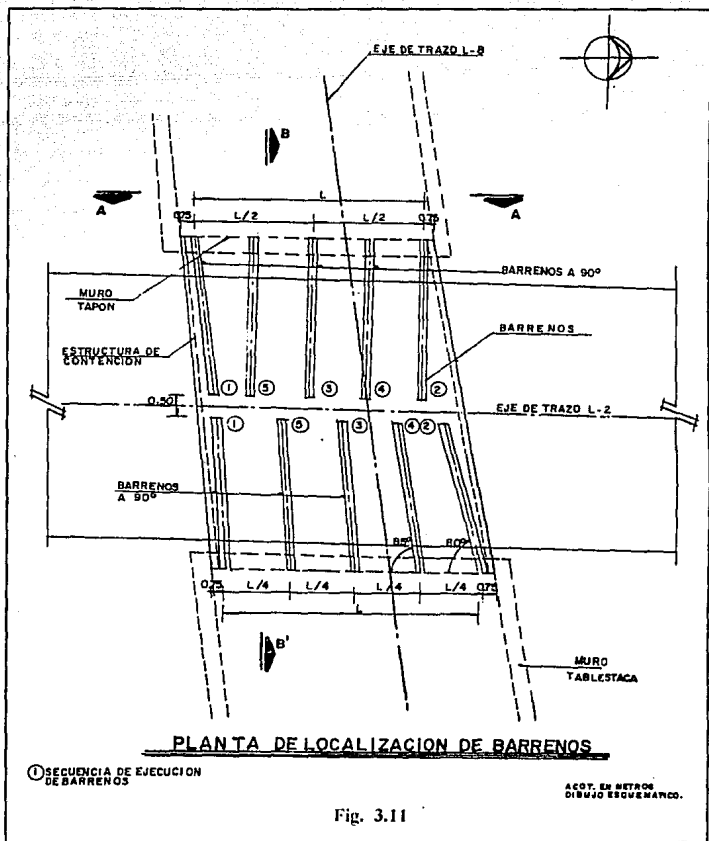
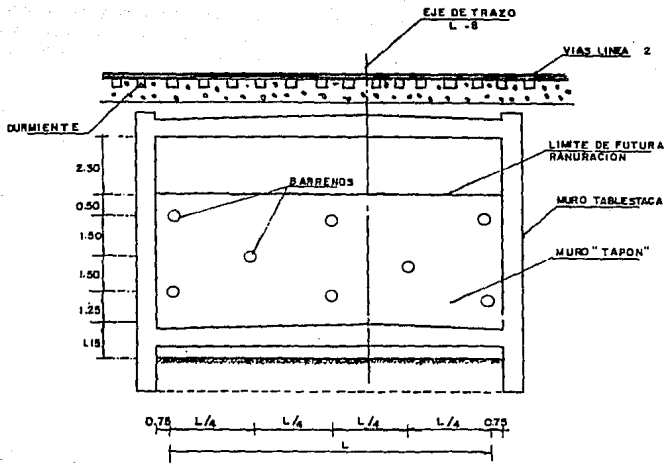


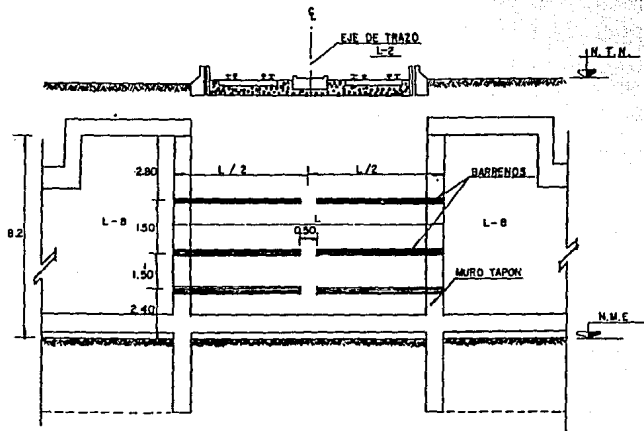
Fig. 3.11



C O R T E A — A'
PLANTILLA DE BARRENACION

Fig. 3.12

DIBUJO ESQUEMATICO
ACOT. EN METROS.



N.M.E = NIVEL MAXIMO DE EXCAVACION
 N.T.N = NIVEL DE TERRENO NATURAL

C O R T E B — B'

Fig. 3.13

DIBUJO ESQUEMATICO
 ACOT. EN METROS

3.1.4.5.- PROCEDIMIENTO DE EXCAVACION Y CONSTRUCCION DE LA SECCION
DEL CAJON DEL METRO EN ZONA DE CRUCE LINEA 2 SOBRE LINEA 8.

Estos trabajos se realizarán por etapas las cuales se describen a continuación:

PRIMERA ETAPA.

Antes de realizar cualquier tipo de excavación, se deberán colocar vigas verticales que formen parte del apoyo externo sobre el cual se apoyarán los 3 niveles de puntales.

Estos marcos se calzarán en su extremo inferior con cuñas de madera y estarán provistos de apuntalamiento horizontal en 3 niveles (ver figura 3.15 y 3.16). Así mismo se colocarán las vigas metálicas externas TM - 2 cuya sección es de 0.40 x 0.80 metros, hay que ranurar los muros tablestacas con el fin de alojarlas en ellos. Estas vigas se deberán soldar a placas metálicas previamente niveladas mediante un grouting y soldadas al armado del tubo para proporcionar continuidad estructural y posteriormente se rellenarán las ranuras con un concreto provisto con un estabilizador de volumen. Después se colocarán las columnas metálicas C - 1 garantizando que éstas reciban a las traveses o vigas portantes TM-2 (ver fig. 3.14BIS). Sobre estas vigas portantes deberán apoyarse los cajones metálicos colocados durante los trabajos previos a la excavación, quedando de esta forma constituido el sistema de contención del techo de la excavación, considerando como techo, una parte de suelo y la estructura de la línea 2 (ver figura 3.15 y 3.16).

SEGUNDA ETAPA.

En este momento se estará en condición de iniciar la excavación de la 1a. etapa en este cruce, para lo cual se demolerá el muro tablestaca oriente hasta la profundidad máxima de proyecto, debiendo conformar en el frente y durante todo el proceso siguiente un talud de 0.25 : 1 (horizontal y vertical).

Durante este proceso de excavación se deberán colocar entre los cajones metálicos del techo, polines de sección 4" x 4" a manera de "cama", apañados unos tras otro y a todo lo largo de la sección del cruce, utilizando para ello las cejas de 5 centímetros que se dejaron en la parte inferior externa de los cajones y realizando una sobreexcavación que permita realizar las maniobras para la colocación de los polines, los cuales y una vez ubicados en su posición deberán acunarse con madera, esto con el fin de garantizar el contacto con el suelo confinado entre ellos, evitando desprendimientos del mismo (ver figura 3.8).

TERCERA ETAPA.

Una vez concluida la excavación en su primera etapa, se procederá a colocar las vigas madrina V - 3, excavando localmente para ello. Estas vigas se soldarán al ademe lateral, y se apuntalarán con 3 niveles de puntales tubulares (ver figura 3.16). Habiendo colocado estos puntales, se estará en posibilidad de iniciar la excavación y construcción en la 2a. etapa (lado poniente) cuya longitud será

de 1.70 metros, aclarando que durante esta etapa se demolerá el muro tablestaca de ese lado. Así mismo, y en ambas etapas, se deberá proteger el talud de la excavación mediante la colocación de tela de alambre y mortero cemento - arena 1 : 3 en peso del cemento; al mismo tiempo se colocará una plantilla de concreto simple de 0.10 metros de espesor, en un tiempo no mayor de 3 horas contadas a partir del momento en que se alcance el nivel máximo de excavación de la misma. Tres horas después se estará en posibilidad de colocar el armado y realizar el colado de la losa de piso de esta etapa, colándola contra el ademe lateral, y dejando en ellas las preparaciones necesarias para su liga posterior con los muros estructurales de la sección, así como la losa de la etapa siguiente.

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 alcance su fraguado inicial.

CUARTA ETAPA.

24 horas después de haber colado la losa de piso se continuará con el armado y colado de los muros estructurales de la etapa. Estos muros se colocarán contra el ademe lateral quedando por consiguiente ahogados los tubos del mismo durante esta actividad (ver figura 16A). Estos muros estructurales se colarán hasta el nivel correspondiente a la parte inferior de la losa de techo, debiendo dejar en ellos las preparaciones necesarias para su liga

posterior con la losa de techo, la cual podrá construirse 8 horas después de colados estos muros.

QUINTA ETAPA.

Se cimbrará, armará y colará la losa de techo contra el lecho inferior de los cajones metálicos y de las "camas de polines". El colado se hará por el frente de avance, utilizando el espacio generado por el talud de la excavación, hacia atrás y mediante concreto bombeado, provisto con aditivos fluidizantes y estabilizador de volumen.

Durante la construcción de esta losa se deberán dejar en ella las preparaciones necesarias para realizar posteriormente la inyección de contacto, que garantizará que la losa reciba efectivamente la estructura de contención, el suelo y la estructura de la línea 2 del metro.

SEXTA ETAPA.

Se continuará el proceso de estructuración realizando la excavación de la zona central 24 horas después de colada la losa de techo de la 2a. etapa, o bien una vez colocadas las vigas mdrinas verticales interiores (V - 3) y su apuntalamiento respectivos de las etapas 1 y 2, debiendo al concluirlos, colar la plantilla de 0.10 metros de espesor hasta el paño de ambas vigas V - 3, colando además la losa de piso hasta 0.50 metros antes de llegar al

mencionado paño (ver figura 3.17).

SEPTIMA ETAPA.

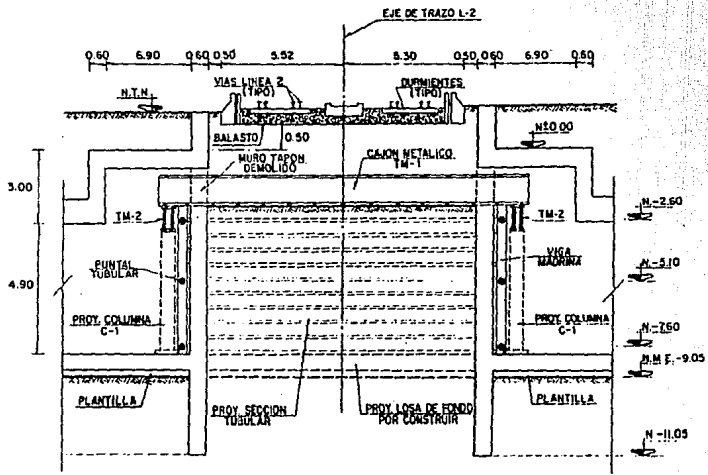
Se construirán los muros estructurales y la losa de techo de la zona central de acuerdo con lo indicado para la 1a. etapa y 72 horas después se podrán retirar los puntales y las vigas mdrinas V - 3, para proceder finalmente a la construcción de la plantilla, losa de piso, muros y losa de techo en las dos franjas restantes (ver figura 3.18).

OCTAVA ETAPA.

24 horas después de colada la losa de techo en estas últimas franjas, se podrán retirar las vigas mdrinas V - 2 (marcos externos) y sus puntales, para proceder a cortar las vigas V - 1 para realizar el armado, cimbrado y colado del muro estructural que se unirá con las tablestacas de las zonas adyacentes (ver figura 3.20 y 3.21).

NOVENA ETAPA.

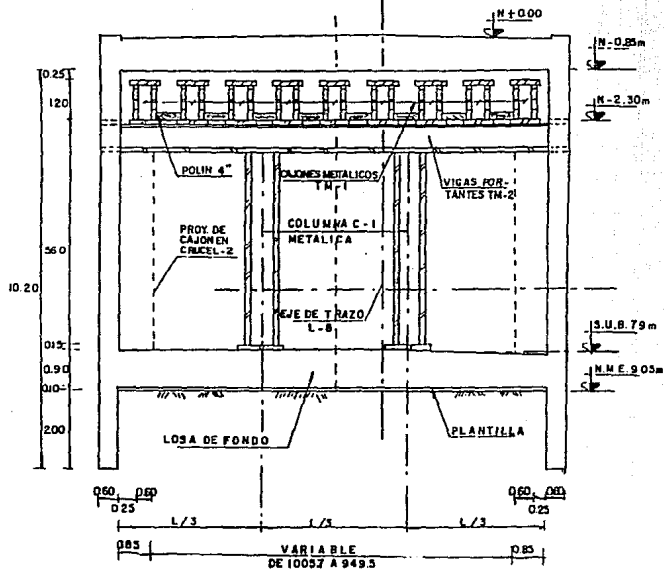
Por último y cuando todos los elementos de la sección hayan alcanzado su resistencia especificada, se cortarán y retirarán tanto los cajones metálicos que quedaron fuera de la zona construida, como las vigas portantes externas (TM - 2), y las



CORTE LONGITUDINAL A-A

Fig. 3.14

SEBUJO ESQUEMATICO
ACOT EN METROS



C O R T E B — B

Fig. 3.14BIS

ACOT. EN METROS
 DIBUJO ESQUEMATICO

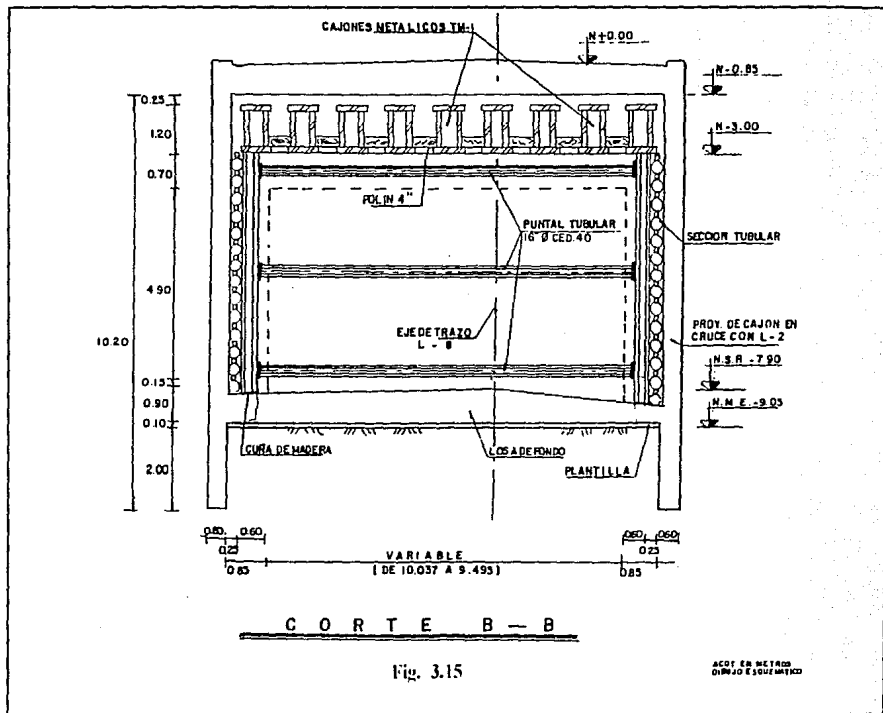
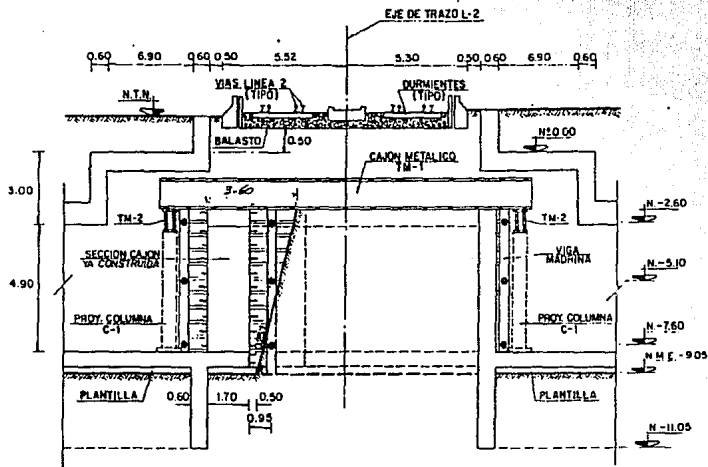


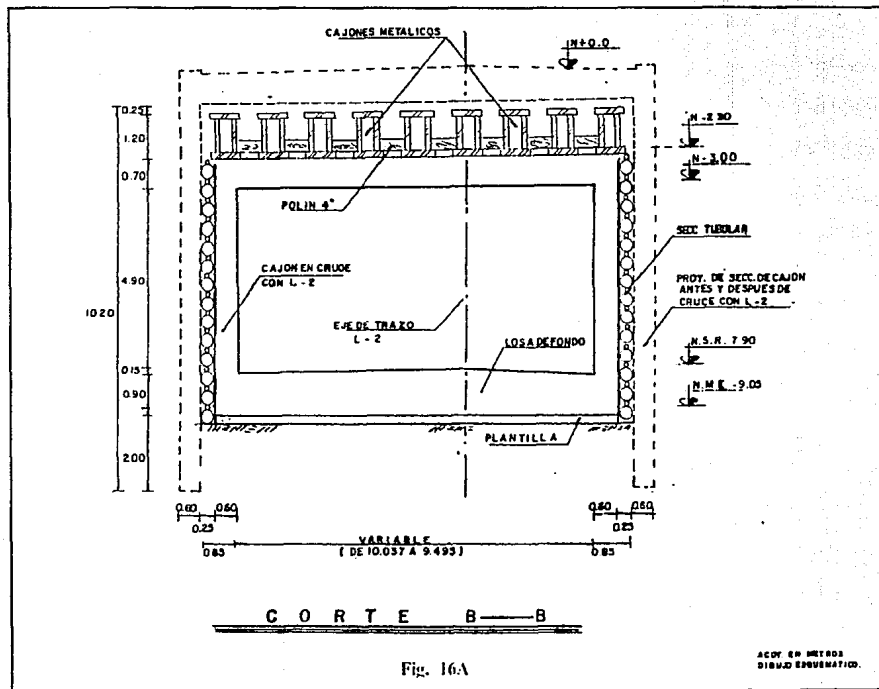
Fig. 3.15

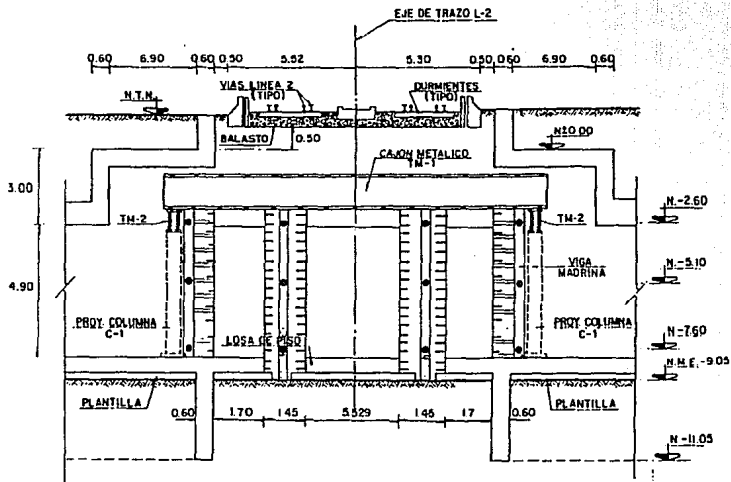


CORTE LONGITUDINAL A-A
(PRIMERA ETAPA DE ESTRUCTURACION)

Fig. 3.16

DIBUJO ESQUEMATICO
 ACUT EN METROS

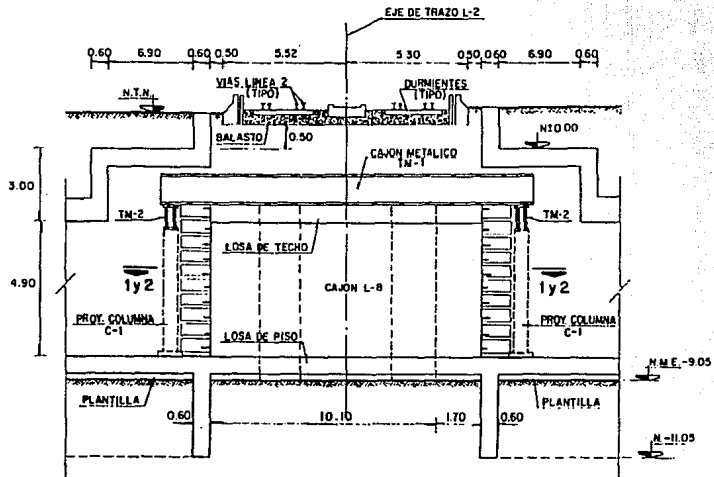




CORTE LONGITUDINAL A-A
(TERCERA Y CUARTA ETAPAS DE ESTRUCTURACION)

Fig. 3.17

DIBUJO ESQUEMATICO
 ACOT EN METROS



CORTE LONGITUDINAL A-A
(QUINTA ETAPA DE ESTRUCTURACION)

Fig. 3.18

DIBUJO ESQUEMATICO
 ACOT EN METROS

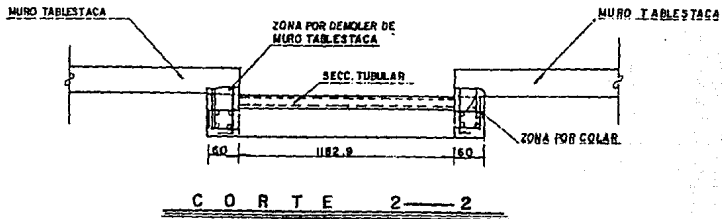
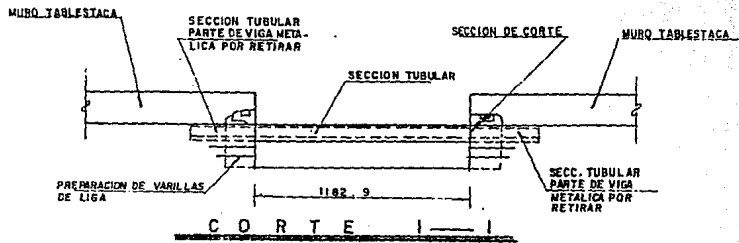
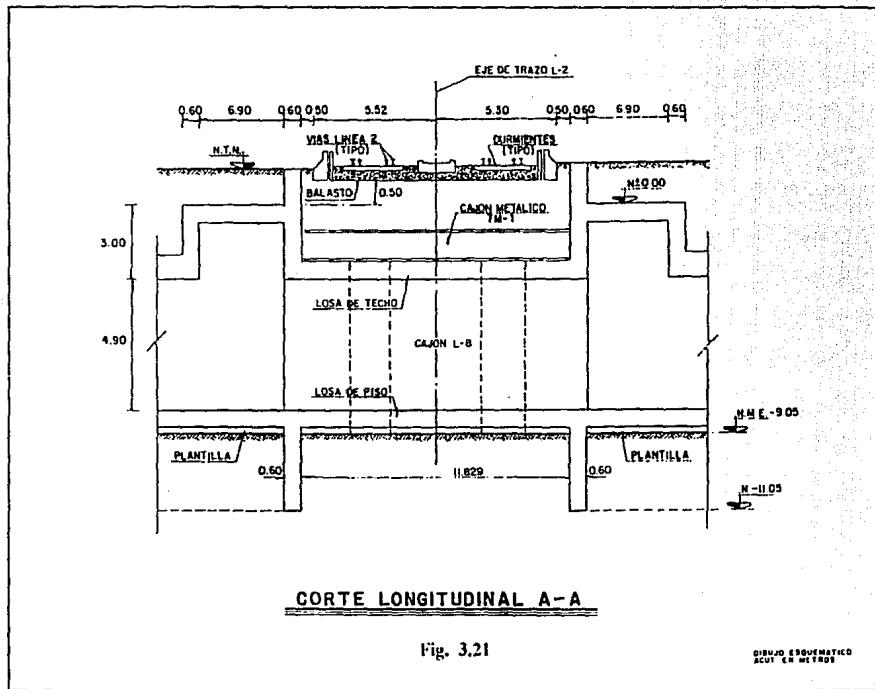


Fig. 3.20

ACOT. EN CENTIMETROS
DIBUJO ESQUEMATICO



columnas también metálicas (C - 1), procediendo a realizar el armado, cimbrado y colado de las uniones estructurales de las losas del cajón del cruce con las correspondientes de la zonas adyacentes, formando con ello una estructura continua.

Cabe aclarar que para construirse las estructuras mencionadas anteriormente se debe cumplir con la siguiente tabla:

EN MUROS Y LOSAS.	$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2.$
EN PLANTILLAS.	$f'c = 100 \text{ kg/cm}^2.$
ACERO DE REFUERZO.	$f_y \geq 4000 \text{ kg/cm}^2.$
TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADO GRUESO.	a) 1 1/2" EN LOSAS, PLANTILLAS Y LASTRES b) 3/4" EN FIRMES.

3.1.5.- INYECCION DE CONTACTO.

Es de esperar que en medio de lo que es la estructura de contención y la estructura definitiva existan vacíos. Es por esto que se incluyó dentro del proyecto realizar una inyección de contacto. De esta forma se garantiza que se forme una estructura que trabaje monolíticamente.

Con el fin de facilitar esta inyección de contacto se dejarán previamente, en el colado de la estructura definitiva del cajón, preparaciones a base de segmentos de tubo PVC de 2 pulgadas de diámetro rellenos de cartón humedecido.

La inyección se realizará simultáneamente en todos los barrenos. Esta inyección se efectuará en 2 fases:

3.1.5.1.- 1a. FASE DE LA INYECCION.

Esta etapa se realizará cuando el concreto de la sección definitiva haya alcanzado su resistencia de proyecto y se deberá utilizar un mortero agua-cemento-arena con bentonita, debiéndose inyectar en cada barreno, la cantidad necesaria hasta que no se presente absorción del material durante un minuto de inyección continua a una presión de 0.36 kg/cm². Este mortero debe de cumplir con las especificaciones mostradas en la siguiente hoja:

AGUA - CEMENTO.	EN PROPORCION 2 : 1 EN PESO DEL CEMENTO.
BENTONITA.	3% MAXIMO EN PESO DEL CEMENTO.
ARENA.	25% MAXIMO EN PESO DEL CEMENTO.

A este mortero debe de agregarsele un fluidizante propio para morteros.

Los materiales que se emplearán para la mezcla deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- a) AGUA.- Deberán de estar libres de sedimentos, materia orgánica o impurezas que resulten nocivas a la mezcla.
- b) CEMENTO.- Se deberá utilizar cemento tipo - I o a falta de éste se podrá utilizar tipo - V.
- c) BENTONITA.- Esta deberá hidratarse, con una relación bentonita - agua del 5% en peso del agua $(B/A) = 0.05$, en un tiempo no menor de 8 horas.
- d) ARENA.- Deberá estar constituida por partículas redondeadas preferentemente de río, con dimensiones máximas de las partículas de 1.5 mm.

Después de haber cumplido con todos esos requisitos y de haber terminado con esta inyección y por ende de esta fase, se procederá

a comenzar con la 2a. fase de la inyección.

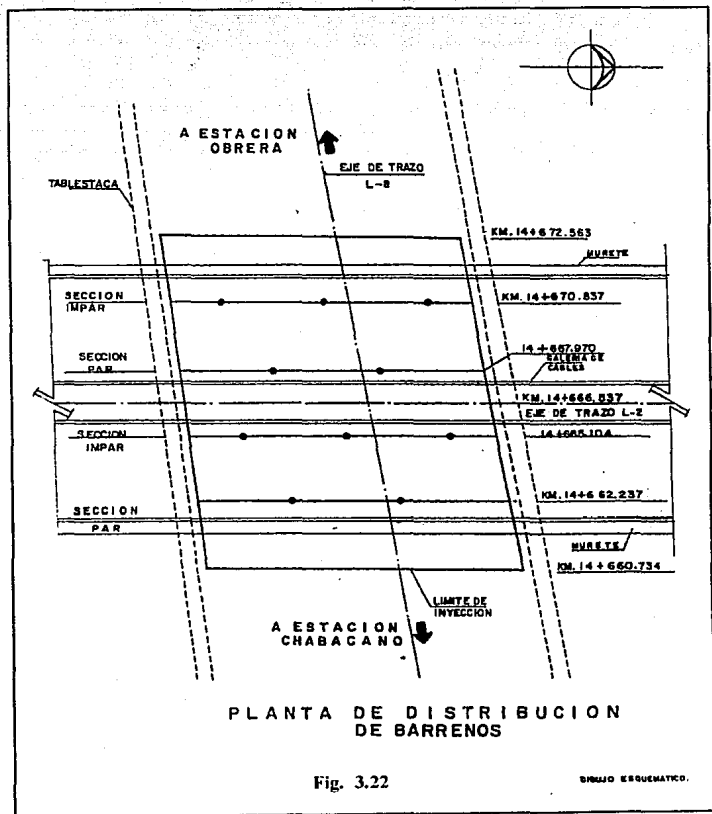
3.1.5.2.- 2a. FASE DE LA INYECCION.

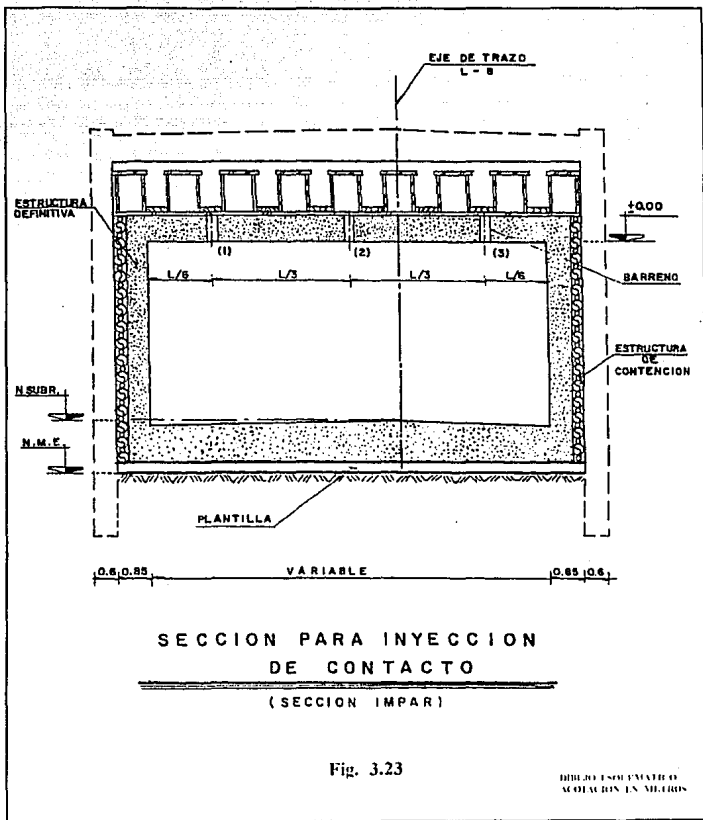
Después de haber transcurrido 3 días de haber terminado la 1a. fase de la inyección, se realizará una nueva inyección, pero de una lechada de cemento, en los mismos barrenos utilizados anteriormente. Es lógico pensar que estarán obstruidos por la 1a. inyección y es por esto que se deben de reperforar. Esta lechada será una proporción de 3 : 1 en peso del agua.

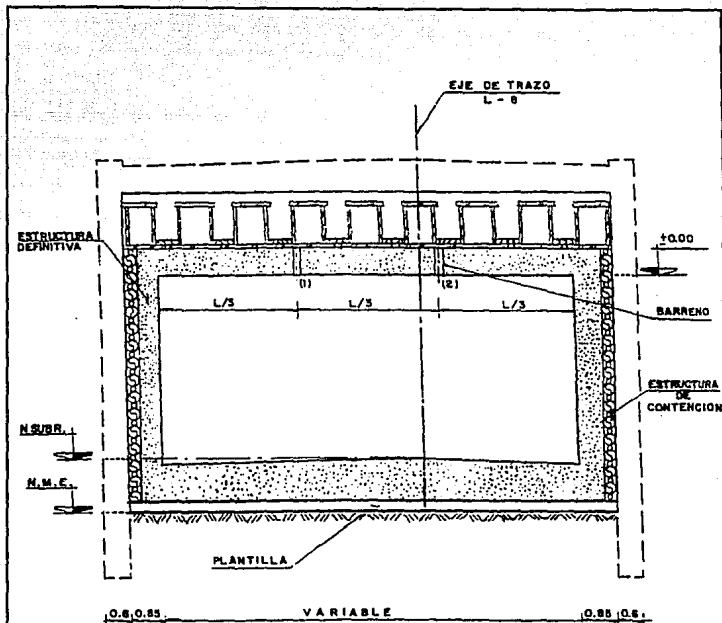
Se inyectará esta lechada hasta que ya no se tenga absorción de la misma en un lapso de un minuto a una presión de 0.36 kg./cm².

En las figuras 3.22, 3.23 y 3.24 se localizan la distribución de barrenos y las secciones para la inyección.

Es importante hacer resaltar que la presión de la inyección en ningún caso debe de sobrepasar 0.36 kg/cm².







**SECCION PARA INYECCION
DE CONTACTO**

(SECCION PAR)

Fig. 3.24

CAPITULO - IV

CONTROL DE CALIDAD

CAPITULO 4.- CONTROL DE CALIDAD.

En todo tipo de obra se requiere del uso de materiales para su construcción. Para la construcción del metro indudablemente se llevó un control de calidad para sus materiales.

La parte que se analizará aquí es la correspondiente a la obra civil y específicamente a los materiales usados en la construcción del cruce.

Generalmente para llevar un control de calidad de un determinado material es necesario, en primer lugar, tener bien determinado REQUISITOS y TOLERANCIAS requeridos para de esta forma comparar los resultados que se obtuvieron al hacer las pruebas a determinado material, con los requisitos y tolerancias.

Estos requisitos y tolerancias son normas que deben cumplir los materiales para ser aceptados.

Desde luego que para hacer estas pruebas se necesita tomar una muestra de los materiales. Esta muestra es, en general, una muestra representativa de la "población" estadísticamente hablando. Esta muestra se hace aleatoriamente para realizar las pruebas. No se aceptan muestras escogidas convenencieramente.

Los materiales que se utilizaron y que se llevo un control de calidad fueron los siguientes:

- a) CONCRETO.
- b) PAVIMENTOS.
- c) LODO ESTABILIZADOR.
- d) MATERIALES DE RELLENO.
- e) ESTRUCTURAS ESPECIALES.

A continuación explicaré como se realizó el control de calidad de estos materiales.

4.1.- CONCRETO HIDRAULICO.

El concreto hidráulico es la mezcla y combinación de cemento portland, agregados pétreos seleccionados, agua y adicionantes en su caso, en dosificación adecuada, que al fraguar adquiere características previamente fijadas.

El concreto empleado para fines estructurales puede ser de dos clases: clase 1 y clase 2. El 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 mínimo de 2200 kg/m³; el concreto clase 2, es un concreto con peso volumétrico superior a 1900 kg/m³.

El empleo de una u otra clase depende de las características de la obra, en las clasificadas como del grupo A ó B1, según se define en el artículo 174 del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal deberá de usarse concreto clase 1; en las obras subterráneas del metro que por sus características se clasifican

dentro del grupo A por no estar afectadas por los sismos, puede emplearse concreto clase 2.

El concreto premezclado es el concreto hidráulico dosificado y mezclado por el fabricante, que se entrega al comprador para su utilización en estado plástico no endurecido.

La elaboración del concreto debe cumplir con los requisitos de calidad siguiente:

- a) PROPORCIONAMIENTO DE LA MEZCLA.
- b) DOSIFICACION.
- c) MEZCLADO.

4.1.1.- PROPORCIONAMIENTO DE LA MEZCLA.

Los ingredientes que se utilicen se mezclarán adecuadamente para obtener un concreto homogéneo y trabajable que permita su colocación adecuada.

El tamaño máximo de agregado será menor de 1/5 pulgadas de la menor distancia horizontal entre caras de los moldes, 1/3 de pulgada del espesor de la losa ó 2/3 de pulgada de la separación horizontal libre mínima entre varillas, paquetes de varillas o tensores de presfuerzo.

La cantidad de agua empleada en la producción del concreto se regula para obtener la consistencia apropiada.

No se permitirá la adición de agua para compensar la trabajabilidad del concreto antes de ser colocado.

Lo más importante en lo que se refiere a la consistencia del concreto es el REVENIMIENTO .

Las pruebas del revenimiento se efectuaran en el sitio de la descarga del concreto, antes de ser colocado. Se efectuaron las pruebas de revenimiento por lo menos cada 5 metros cúbicos de concreto.

El revenimiento deberá hacerse en base a la siguiente tabla de tolerancias:

REVENIMIENTO ESPACIFICADO(cm).	TOLERANCIA
MENOS DE 5	± 1.5
DE 5 A 10	± 2.5
MAS DE 10	± 3.5

Tabla 4.1

En caso de que el revenimiento sea inferior al límite especificado, se puede aceptar el concreto si no existen dificultades para su colocación. El concreto debe estar dentro de los valores permisibles durante los primeros 30 minutos, medidos a partir de que el concreto llegue a obra a excepción del primero y último medio metro cúbico de la olla.

4.1.2.- DOSIFICACION.

Todo el concreto que se utilizó en la obra fue premezclado y se tuvo que llevar un control en los ingredientes que componen el concreto. Todos los ingredientes (cemento, agregados y aditivos) se determinarán por peso en forma independiente para cada revoltura del concreto. Esto se realizará con equipo especial llamadas unidades pesadoras. Este equipo debe ser capaz de controlar la entrada de materiales, de manera que las imprecisiones combinadas en alimentación y medición durante la operación normal, no exceda de $\pm 1\%$ para agua; $\pm 1.5\%$ para cemento; $\pm 3\%$ para aditivo; $\pm 2\%$ para arena, grava de 20 mm y grava de 40 mm.

4.1.3.- MEZCLADO.

El equipo y métodos empleados para la producción del concreto premezclado, serán los adecuados para obtener uniformidad en las mezclas, en cuanto a consistencia, contenido de agua y demás ingredientes.

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

Los requisitos de uniformidad de mezclado del concreto se muestran en la siguiente tabla:

P R U E B A	DIFERENCIA MAXIMA PERMISIBLE ENTRE RESULTADOS DE PRUEBAS CON MUESTRAS OBTENIDAS DE DOS PORCIONES DIFERENTES EN LA DESCARGA.
PESO VOLUMETRICO.	$\pm 15 \text{ kg/m}^3$.
CONTENIDO DE AIRE EN PORCENTAJE DEL VOLUMEN DEL CONCRETO PARA CONCRETOS CON AIRE INCLUIDOS.	$\pm 1 \%$.
REVENIMIENTO:	
SI EL REVENIMIENTO PROMEDIO ES MENOR DE 5 cm.	$\pm 1.5 \text{ cm.}$
SI EL REVENIMIENTO PROMEDIO ESTA COMPRENDIDO ENTRE 5 Y 10 cm.	$\pm 2.5 \text{ cm.}$
SI EL REVENIMIENTO PROMEDIO ES SUPERIOR A 10 cm.	$\pm 3.5 \text{ cm.}$
CONTENIDO DEL AGREGADO GRUESO RETENIDO EN LA MALLA NOM G 4.75 (4.75 mm), EXPRESADO EN PORCENTAJE DEL PESO DE LA MUESTRA.	± 6
PROMEDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A SIETE DIAS DE EDAD DE CADA MUESTRA, EN PORCENTAJE.	± 7.5

Tabla 4.2

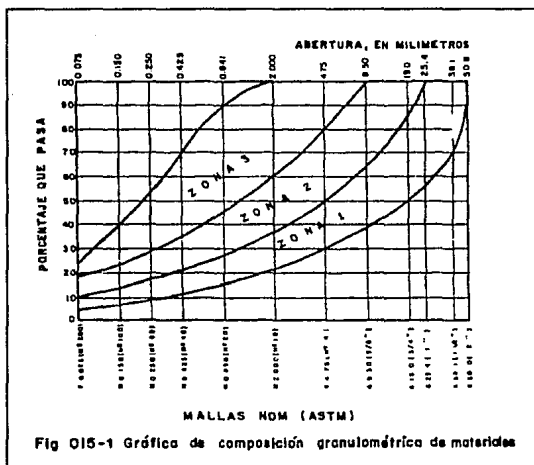
4.2.- PAVIMENTOS

La obra metro es una construcción grande y en su paso afecta mucho a inmuebles y vialidades de la ciudad. En lo referente al cruce se afecto la calzada de Tlalpan, por lo cual tuvo que removerse el pavimento de dicha calzada en esta zona. Al hacer esto tenía que restituirse el pavimento. El pavimento que se restituyó fue el de los llamados "pavimentos flexibles".

Como es sabido los pavimentos flexibles están constituidos por tres elementos importantes:

4.2.1.- SUB-BASE.

Los materiales para la construcción de la sub-base deberán cumplir o estar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 3 de acuerdo a la curva granulométrica mostrada a continuación: **fig. 4.1**



Además debe de cumplir con los siguientes requisitos adicionales de granulometría

- 1) La relación entre el porcentaje del peso que pasa por la malla de 0.074 mm (No. 200) y el que pase la malla de 0.420 mm no deberá de ser mayor de 0.65.
- 2) El tamaño máximo de partícula del material no deberá ser mayor de 50.8 mm (2").

Características.		Zona en que se clasifica el material de acuerdo a su granulometría.		
		1	2	3
Contracción lineal, porcentaje máximo.		6.0	4.5	3.0
Valor relativo de soporte estándar saturado, porcentaje mínimo.	Hasta 1000 vehículos pesados, al día.	50	50	50
	Más de 1000 vehículos pesados al día.	80	80	80
Equivalente de arena, porcentaje mínimo.		20	20	20

TABLA 4.3

4.2.2.- BASE.

La curva granulométrica del material deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 3 de la figura 0.015-1.

Además cumplirá con los siguientes requisitos:

- 1) Preferentemente deberán emplearse materiales cuya curva

granulométrica se encuentre en las zonas 1 ó 2, debiendo presentar una forma semejante a la de las curvas que limitan dichas zonas sin cambios bruscos en su pendiente.

- 2) La relación entre el porcentaje en peso que pase la malla de 0.074 mm (No 200) y el que pase la malla de 0.420mm no deberá ser mayor de 0.65.
- 3) El tamaño máximo de partículas no deberá ser mayor de 50.8 mm (2") para materiales que no requieran ningún tratamiento de disgregado, o de 38 mm (1 1/2") para materiales que requieren trituración parcial o total y/o disgregado en obra.

Los requisitos de los materiales pétreos para base de pavimentos se muestran en la siguiente tabla:

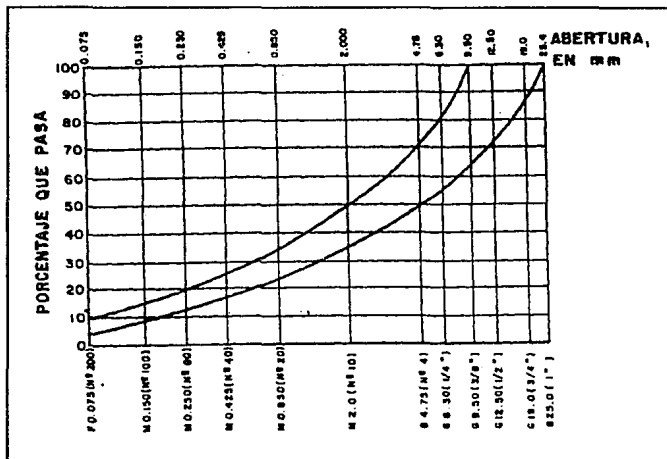
Características		Zona en que se clasifica el material de acuerdo a su granulometría.		
		1	2	3
Límite líquido, porcentaje máximo.		30	30	30
Contracción lineal, porcentaje máximo.		4.5	3.5	2.0
Valor relativo de soporte estándar, saturado, porcentaje mínimo.	Hasta 1000 vehículos pesados, al día.	80	80	80
	Más de 1000 vehículos pesados, al día.	100	100	100
Equivalente de arena, porcentaje mínimo.	Hasta 1000 vehículos pesados, al día.	30	30	30
	Más de 1000 vehículos pesados, al día.	50	50	50

TABLA 4.4

4.2.3 - CARPETA ASFALTICA.

La mezcla asfáltica es el producto obtenido mediante la incorporación y distribución uniforme de un material asfáltico en uno pétreo.

La curva granulométrica del material pétreo para concretos asfálticos, en términos generales deberá quedar en la zona limitada por las dos curvas de la fig. 4.2



La curva granulométrica del material pétreo para morteros asfálticos deberá quedar comprendida entre las curvas de la figura 4.3

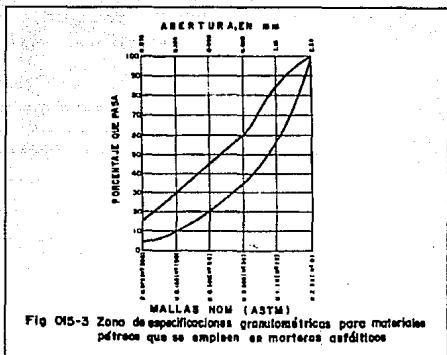


Fig. 4.3

4.3.- LODO ESTABILIZADOR.

El lodo estabilizador o lodo bentonítico es una suspensión estable de bentonita sódica con agua, de tipo tixotrópico por presentar resistencia al corte en reposo y no presentarla cuando está en movimiento.

Se dice que actúa como gel cuando esta en reposo y sol cuando esta en movimiento; el paso de sol a gel es reversible.

Los lodos bentoníticos se emplean para estabilizar las paredes de las excavaciones.

La bentonita es una arcilla Montmorilonítica de alto poder de hidratación, de estructura suelta, cuyas partículas son de tamaño coloidal (menos de 0.2 micras) con una relación silicio - alumina que varía de 3 a 5.

industrialmente a partir del mineral de arcilla natural, mediante un proceso de molienda y depuración o bentonita cálcica, la cual no es empleada en la elaboración de lodos bentoníticos debido a que reacciona químicamente con el cemento.

4.3.1.- REQUISITOS DE CALIDAD.

El lodo bentonítico debe cumplir con ciertos requisitos de calidad en:

- a) Los materiales.
- b) Elaboración y mezclado.
- c) Limpieza.
- d) Empaque de la bentonita.

4.3.1.1- MATERIALES.

- 1) La bentonita empleada en los lodos bentoníticos deberá ser sódica, en polvo con partículas de tamaño menor de 0.2 micras y deberá cumplir con lo establecido en la tabla 4.5

Concepto	Especificación.
Viscosidad plástica en N.s/m ² (centipoises), mínimo.	0.008 (8.0)
Filtrado, en cm ³ , máximo.	14.0
Finura, porcentaje que pasa la malla de 0.075 mm (NOM F 0.075; ASTM No. 200), mínimo.	97
Humedad, porcentaje máximo.	10

Tabla 4.5.

- 2) El agua empleada en la elaboración de los lodos bentoníticos podrán ser aguas tratadas o similares siempre y cuando el representante autorice su empleo, con base en estudios comparativos entre el agua tratada y otra de calidad reconocida y se hayan obtenido resultados satisfactorios.
- 3) Los lodos bentoníticos se deberán sujetar a lo siguiente:
- a) El lodo deberá formar una película impermeable en la frontera con el suelo.
 - b) En el lodo no deberá haber sedimentación o floculación de las partículas de bentonita y deberá ser capaz de aceptar que se le añada un material inerte de más peso, sin que se sedimente la bentonita.
 - c) Para que el lodo tenga una mayor densidad, se le añadirá barita, en la proporción que señale el proyecto y apruebe el representante.
 - d) Los lodos bentoníticos deberán de tener una mayor densidad que la del agua y cumplir con lo establecido en la tabla 4.6

Concepto.	Valores especificados.
Viscosidad plástica, en N.s/m ² . (centipoises).	Entre 0.010 y 0.015 (10 y 15).
Límites de fluencia, en kg/m ² (lb/ft ²).	Entre 0.24 y 1.22 (0.05 y 0.25).
Viscosidad Marsh, en segundos.	55
Contenido de arena, en porcentaje máximo.	3.5
Volumen de agua filtrada, en cm ³ , máximo.	25
Densidad, en g/cm ³ .	Entre 1.03 y 1.07
Espesor de la costra (cake), en mm.	Entre 1.0 y 2.0
Potencial de hidrógeno (pH).	Entre 7 y 10.

Tabla 4.6

- 4) Los aditivos se usaran principalmente cuando haya la presencia de agua salada. Los aditivos más usuales son Polisulfuros, Taninos, Lignitos y Lignosulfatos; el proyecto determinará cuando y en que proporción se emplearan los aditivos.

4.3.1.2.- ELABORACION Y MEZCLADO.

La proporción agua - bentonita será aquella que cumpla con los requisitos de la tabla 4.6

El mezclado será en un tanque que tenga una capacidad de 5 metros cúbicos y contará con una tolva y aspas accionadas por un motor de baja velocidad. A medida que se introduzca la bentonita en la tolva se iniciará el mezclado cuya duración mínima será de 30 minutos. Para que se pueda continuar con el proceso de la elaboración de un lodo, éste deberá cumplir con los requisitos de viscosidad y densidad ya señalados. En caso de que no cumpla con los requisitos, el lodo se puede volver a mezclar adicionándole agua o bentonita.

4.3.1.3.- LIMPIEZA.

Los tanques deberán limpiarse periódicamente cuando el sistema no este operando; lo mismo se hará con la tolva de la mezcladora.

4.3.1.4.- EMPAQUE DE LA BENTONITA.

La bentonita será envasada en sacos de papel con forro de plástico interior; cada saco tendrá una capacidad de 50 kg. con una tolerancia de \pm 750 gramos.

El muestreo para pruebas se realizará en un saco escogido al azar, de cada 100 que se vayan a emplear.

Las bases para aceptar el material son la siguientes:

- 1) Si el contenido de arena es menor del 3% en peso, el lodo pasará directamente al tanque de reposo; en caso de que el contenido sea mayor al 3% en peso, el lodo se recirculará para volverlo a desarenar hasta que quede dentro del límite especificado.
- 2) El número de usos que se le dé al lodo bentonítico estará limitado al cumplimiento de los requisitos de calidad, por lo que el lodo bentonítico que no cumpla con los requisitos deberá desecharse y utilizarse otro nuevo.
- 3) Durante su utilización para construir muros colados en sitio deberá efectuarse un control de las propiedades del lodo bentonítico; este control consistirá en efectuar las pruebas necesarias para confirmar que sus propiedades cumplen con los

límites especificados. Se llevaran a cabo cuando menos 2 pruebas de lodo por cada tablero, la primera al vaciar el lodo en la zanja al iniciar la excavación y la segunda inmediatamente antes de introducir la parrilla de refuerzo. Si los resultados de las pruebas indican que no cumple con algunas de las propiedades especificadas, el lodo deberá recircularse desde la zanja hasta la batería de los hidrociclones desarenadores. Es conveniente que en caso de ser necesaria esta recirculación se cuente con las instalaciones necesarias (toma y descarga) para mantener en funcionamiento continuo la batería de los hidrociclones durante todo el proceso de recirculación.

4.4.- MATERIALES DE RELLENO.

El material utilizado para la formación de los rellenos no debe contener ramas, raíces y en general debe estar libre de materia orgánica.

No debe de tener cascajo, fragmento de materiales extraños, ni piedras mayores de 70 mm de tamaño medio.

El material predominante deberá ser ARENO-LIMOSO.

El porcentaje máximo de partículas que pasen por la malla No. 200 no deberá ser mayor del 50%.

El tendido del material se realizará con un equipo capaz de garantizar una buena incorporación, al material térreo, del agua requerida para alcanzar la humedad óptima.

4.4.1.- COMPACTACION DEL MATERIAL.

Los rellenos deberán efectuarse con los grados de compactación y los espesores de cada capa indicada en el proyecto. La compactación se hace por capas y estarán sujetas a lo siguiente:

- a) PRIMERA CAPA.- La primera capa que se forme directamente sobre las trabes que techaran el cajón subterráneo tendrá un espesor compactado no menor de 0.30 metros y deberá alcanzar un grado de compactación del 90% cuando el espesor total del relleno sea de 3 metros o menor. Salvo donde se indique lo contrario, podrán admitirse espesores de la primera capa mayores de 0.30 metros y hasta de 0.60 metros cuando la profundidad o espesor total del relleno sea hasta de 8 metros el cual deberá alcanzar un grado de compactación mínimo de 85%.
- b) Después de la primera capa, los rellenos deberán hacerse por capas con espesor compactado no mayor de 0.30 metros; en cada capa deberá alcanzarse por lo menos el 90% de grado de compactación del material. Cuando el relleno total tenga alturas mayores de 3 metros podrán admitirse capas con espesores de más de 0.30 metros y grado de compactación mínimo de 85%, que variará según se indique en el proyecto.
- c) Cuando la subrasante esté constituida por relleno colocado sobre el cajón subterráneo del metro, los últimos 0.30 metros deberán compactarse al 90% de su peso volumétrico seco máximo y se colocará en capas no mayores de 0.15 metros de espesor. El valor

relativo de soporte de la capa debe ser como mínimo del 20%. Lo anterior debe respetarse excepto cuando el proyecto indique otros valores.

- d) La compactación se considerara satisfactoria cuando el material de relleno alcance el grado de proyecto.

Se acepta que no más del 20% del número de pruebas de compactación especificado con una tolerancia de -2%, siempre y cuando el promedio de las pruebas sea mayor o igual al especificado.

Respecto al muestreo de calidad de material que constituye una muestra, debe ser suficiente para realizar todas las pruebas de laboratorio y aun repetir las incorrectas o aquellas cuyos resultados sean dudosos.

En general conviene formar muestras de 40 a 50 kg.

El siguiente esquema da una idea de como se reparte una muestra en el laboratorio y de las cantidades que se necesitan para cada prueba.

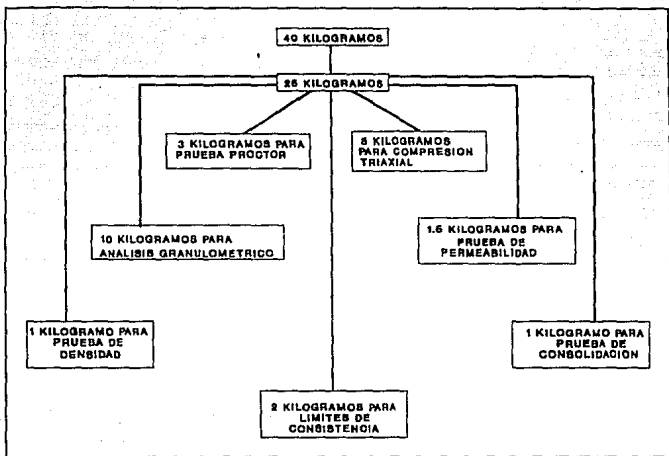


Fig. 4.4

4.5.- ESTRUCTURAS ESPECIALES.

En la construcción del cruce se tuvo que utilizar algunas estructuras especiales de acero, a saber, los cajones metálicos TM - 1 y TM - 2.

Estos cajones metálicos fueron formados por 4 placas metálicas las cuales debieron haber cumplido con determinados requisitos de calidad.

4.5.1.- REQUISITOS QUIMICOS.

El acero de las láminas deberá cumplir con los requisitos químicos establecidos en la tabla 4.7

Elemento	Clase	Laminado en caliente, uso estructural		Laminado en frío, uso estructural		Laminado en frío, uso común.
		A, B, C	D y E.	A, B, C y E.	D	
Carbono, porcentaje máximo.		0.25	0.25	0.20	0.20	0.15
Magnesio, porcentaje máximo.		0.25 a 0.60	0.60 a 0.90	0.60	0.90	0.60
Fósforo, porcentaje máximo.		0.04	0.04	0.04	0.04	0.035
Azufre, porcentaje máximo.		0.04	0.04	0.04	0.04	0.040
Cobre, porcentaje máximo		0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

Tabla 4.7

4.5.2.- REQUISITOS DE TENSION.

Las láminas para uso estructural deberá cumplir con los requisitos establecidos en las tablas 4.8 y 4.9

Clase	Límite de fluencia mínimo, en MPa (kg/cm ²).	Resistencia a la tensión mínima, en MPa (kg/cm ²).	Alargamiento en 50.0 mm, mínimo en porcentaje.
A	177 (1800)	294 (3000)	26
B	206 (2100)	314 (3200)	24
C	226 (2300)	333 (3400)	22
D	275 (2800)	363 (3700)	20
E	549 (5600)	569 (5800)	--

Tabla 4.8 Requisitos de tensión (lámina laminada en frío).

Clase	A	B	C	D	E
Resistencia a la tensión máxima, en MPa (kg/cm ²).	314 (3200)	333 (3400)	353 (3600)	382 (3900)	402 (4100)
Límite de fluencia mínimo, en MP (kg/cm ²).	177 (1800)	206 (2100)	226 (2300)	275 (2800)	294 (3000)
Alargamiento en 50 mm, mínimo en porcentaje para los espesores siguientes: De 1.219 a 4.7 mm.	23.0	21.0	18.0	15.0	13.0
Alargamiento en 200 mm, mínimo en porcentaje, para los espesores siguientes: De 1.219 a 3.42mm.	18.0	17.0	16.0	14.0	12.0

Tabla 4.9 Requisitos de tensión (lámina laminada en caliente).

4.5.3.- REQUISITOS DE DOBLADO.

La probeta para la prueba de doblado debe resistir un doblado de 180

grados a la temperatura ambiente, en cualquier dirección, sin agrietarse en la parte exterior de la porción doblada.

En la tabla 4.10 se indica la relación del diámetro del mandril al espesor de la probeta, que es aplicable a las láminas para usos estructurales.

CLASE	RELACION DEL DIAMETRO DEL MANDRIL AL ESPESOR DE LA PROBETA
A	0
B	1
C	1.5
D	2
E	2.5*

TABLA 4.10

* No es aplicable la prueba de doblado para la lámina en frío de la clase E.

4.5.4.- MUESTREO Y ACEPTACION.

- 1) COMPOSICION QUIMICA.- Se deberá hacer un análisis de cada colado.
- 2) REQUISITOS MECANICOS.- Se deben hacer 2 pruebas de tensión y dos de doblado de cada colada, o de cada lote de 50 toneladas se deberá hacer una prueba de tensión y una de doblado.

- 3) REPETICION DE PRUEBAS.- Si falla una prueba, deberán hacerse dos pruebas adicionales en probetas extraídas del mismo lote. En caso de que ambas pruebas no cumplan con los requisitos especificados, el lote deberá ser rechazado.

4.5.5.- VARILLAS DE ACERO.

La varilla corrugada es una barra de acero que se usa como refuerzo del concreto con superficie provista de rebordes o salientes llamados "corrugaciones" las cuales inhiben el movimiento relativo longitudinal entre la varilla y el concreto que la rodea.

Los requisitos de calidad que deben cumplir son :

- 1) COMPOSICION QUIMICA.- El acero para la fabricación de varillas procedentes de lingotes debe cumplir con el contenido de fósforo máximo de 0.05%.
- 2) DIMENSIONES Y CORRUGACIONES.- Deberán cumplir con los requisitos establecidos en la tabla 4.11
- 3) REQUISITOS DE TENSION Y ALARGAMIENTO.- Las varillas deberán cumplir con los requisitos de tensión y alargamiento establecidos en la tabla 4.12
- 4) REQUISITOS DE DOBLADO.- Las probetas en la prueba de doblado deben doblarse a la temperatura ambiente, pero en ningún caso menor a 16 grados centígrados, alrededor de un mandril, sin agrietarse en la parte exterior de la zona doblada. Los requisitos que deben cumplir para el ángulo de doblado y los

tamaños del mandril se indican en la tabla 4.13

- 5) ACABADO.- Las varillas de acero deberán tener una buena apariencia, sin presentar defectos perjudiciales exteriores como grietas, traslapes, quemaduras y oxidación excesiva.
- 6) TOLERANCIAS.- Las tolerancias en la disminución de peso de las varillas corrugadas de acero con relación a los pesos teóricos indicados en la tabla 4.11, no excederán del 6% para varillas individuales y de 3.5% para lote de varilla.

Número de designación (k)	Peso y dimensiones nominales (a).				Requisitos de corrugación.		
	Peso unitario, en K.m (kg/m).	Díámetro en mm.	Área de la sección (transversal) en cm ² .	Perímetro en mm.	Espaciamiento mínimo promedio en mm.	Altura mínima promedio, en mm.	Distancia mínima entre extremos de corrugaciones transversales (cuerdas), en mm.
2	7.43 (2.748)	6.4	32	70.0	4.5	0.2	2.5
2.5	3.77 (0.385)	7.9	49	74.8	5.6	0.3	3.1
3	5.69 (0.560)	9.5	71	79.6	6.7	0.4	3.7
4	8.75 (0.894)	12.7	127	89.9	8.9	0.5	5.0
5	15.22 (1.527)	15.9	198	80.9	11.1	0.7	6.3
6	21.92 (2.235)	19.0	286	80.0	13.3	1.0	7.5
7	29.83 (3.047)	22.7	368	89.7	15.5	1.1	8.7
8	38.06 (3.873)	25.4	407	78.8	17.8	1.3	10.0
9	48.36 (5.033)	28.6	642	89.8	20.0	1.4	11.2
10	61.05 (6.275)	31.8	784	99.9	22.3	1.6	12.5
11	73.58 (7.503)	34.8	957	109.8	24.4	1.7	13.7
12	87.85 (8.938)	38.1	1140	119.7	26.7	1.9	15.0

Tabla 4.11 Número de designación, pesos, dimensiones nominales y requisitos de corrugación para las varillas.

Características	Varillas procedentes de lingotes			Varillas procedentes de rieles		Varillas procedentes de ejes		Varillas torcidas en frío		
	Grado 30	Grado 42	Grado 52	grado 35	grado 42	grado 30	grado 42	Grado 42	grado 50	grado 60
Límite de fluencia, mínimo en MPa (kg/cm ²)	294 (30)	412 (42)	510 (52)	343 (35)	412 (42)	294 (30)	412 (42)	412 (42)	490 (50)	588 (60)
Resistencia a la tensión, mínima en MPa (kg/cm ²)	490 (50)	618 (63)	686 (70)	549 (56)	618 (63)	490 (50)	618 (63)	510 (52)	588 (60)	686 (70)
Alargamiento en 203.2 mm mínimo en porcentaje varilla No.										
2, 2.5 y 3	11	9	8	6	6	11	8	8	8	8
4, 5 y 6	12	9	8	7	6	12	8	8	8	8
7	11	8	7	6	5	11	8	8	8	8
8	10	8	7	5	4.5	10	7	8	8	8
9	9	7	7	5	4.5	9	7	8	8	8
10	8	7	7	5	4.5	8	7	8	8	8
11 y 12	7	7	5	5	4.5	7	7	8	8	8

Tabla 4.12 Requisitos de tensión y alargamiento.

Número de designación de las varillas.	Varillas procedentes de lingotes. Dobleces a:			Varillas procedentes de rieles. Dobleces a:		Varillas procedentes de ejes. Dobleces a:		Varillas torcidas en frío. Dobleces a:		
	180°		90°	180°		180°		180°		
	grado 30	grado 42	grado 52	grado 35	grado 42	grado 30	grado 42	grado 42	grado 50	grado 60
2, 2.5, 3, 4 y 5	D=4d	D=4d	D=5d	D=6d	D=6d	D=4d	D=4d	D=4d	D=6d	D=6d
6	D=5d	D=5d	D=6d	D=6d	D=6d	D=5d	D=5d	D=5d	D=7d	D=7d
7 y 8	D=5d	D=6d	D=7d	D=6d	D=6d	D=5d	D=6d	D=5d	D=7d	D=7d
9, 10, 11 y 12	D=5d	D=6d	D=8d	D=8d	D=8d	D=5d	D=6d	D=6d	D=8d	D=8d

D = Diámetro del mandril.
d = Diámetro nominal de la varilla.

Tabla 4.13 Requisitos para la prueba de doblado de varillas corrugadas.

CAPITULO - V

MAQUINARIA UTILIZADA PARA LA CONSTRUCCION DEL CRUCE

CAPITULO 5.- MAQUINARIA UTILIZADA PARA LA CONSTRUCCION DEL CRUCE.

En toda obra grande es necesario utilizar maquinaria para su construcción. Para la construcción del cruce de la línea 8 con la línea 2 se utilizó también maquinaria. Es curioso darse cuenta que para esta construcción no se utilizó mucha maquinaria, como veremos a continuación.

En este capítulo me limitaré a mencionar los nombres de las máquinas utilizadas y sus características técnicas.

5.1.- IDENTIFICACION Y CARACTERISTICAS.

5.1.1.- EQUIPO GUIADO MODELO KRC 2/30 (CASA GRANDE).

El equipo guiado va montado en una excavadora modelo LS - 108 por cubrir la capacidad y fuerza necesaria. Este equipo es usado para excavar muros de tipo diafragma hasta una profundidad de 40 metros. Tiene como peculiaridad el poder rotar hasta 45 grados sin modificar la posición de la excavadora .

El KELLY KRC esta compuesto fundamentalmente por una barra telescópica con estructura de tipo modular. En la tornamesa se encuentran los tambores (carretes) que contienen las mangueras que van instaladas en la columna de válvulas que reparten la presión hidráulica para su funcionamiento de la almeja así también un pistón que efectúa el giro de la estructura del KELLY. Bajo la tornamesa se encuentran soportando la estructura de la barra guía dos pistones hidráulicos para dar la inclinación del KELLY.

Para los movimientos de bajar completamente el equipo y bajar-subir la barra se usan los cables de sostén y levante, éste último instalado en la polea que se encuentra en la primera extensión la cual entra en la parte alta de la almeja sujeta por cuatro pernos modelo K2500 x 600 mm.

5.1.1.2 CENTRAL HIDRAULICA.

Es del tipo K-70 la cual permite el funcionamiento y energía necesaria para la operación del equipo hidráulico. Compuesto fundamentalmente por un motor diesel provisto con acelerador oleodinámico de una o más bombas hidráulicas de válvulas y electroválvulas, intercambiador de calor, filtros y tanques de aceite y diesel.

Los controles de la central (eléctrica y manualmente) están agrupados dentro de la cabina de operación, así como los instrumentos indicadores para el control de los parámetros del circuito.

CARACTERISTICAS TECNICAS.

Motor :	tipo F4L 912	(2000 r.p.m) 60 HP.
Bomba principal:	tipo D31PA0274	
Bomba auxiliar:	tipo PE20H20/11SX	
Batería:	tipo 12 AMP/HR.	
Presión máxima de la válvula del equipo :	AP-200 bar BP90 bar.	

Presión máxima de la almeja:	80/120 bar.
Presión máxima de la válvula doble:	350 bar.

DIMENSIONES.

Largo:	3 metros.
Ancho:	1.15 metros.
Altura:	1.90 metros.

PESO

Central hidráulica:	1935 kilos.
Soporte de central:	340 kilos.

CAPACIDADES.

Sistema de lubricación del motor:	12 litros.
Sistema hidráulico:	600 litros.
Tanque de combustible:	200 litros.

PRESIONES.

Profundidad:	20 metros	85 bar.
Profundidad:	30 metros	100 bar.
Profundidad:	40 metros	115 bar.

5.1.2.- CARGADOR S/N MODELO 926E (CATERPILLAR).

CARACTERISTICAS TECNICAS.

MOTOR: Caterpillar diesel de 4 cilindros modelo 3204 turbocargado con 110 HP de potencia (2400 r.p.m.) sistema de arranque eléctrico de 24V y alternador de 50 amp.

SERVOTRANSMISION: Con cuatro velocidades de avance y cuatro de marcha atrás.

Una sola palanca a la izquierda de la columna de dirección controla la velocidad y el sentido de marcha. Se hace girar el mango de la palanca para escoger las velocidades. Se mueve hacia adelante o hacia atrás para avanzar o retroceder.

Convertidor de par monofásico y de una sola etapa.

VELOCIDADES MAXIMAS CON NEUMATICOS: 17.5 - 25,12 TELAS.

AVANCE:	1a	2a	3a	4a
km/hr.	6.6	12.1	21.3	34.2
m.p.h	4.1	7.5	13.3	21.2

MARCHA ATRAS:	1a	2a	3a	4a
km/hr.	7.1	13.1	23.0	36.8
m.p.h.	4.4	8.1	14.3	22.9

EJES: El eje delantero es fijo; el eje trasero oscila \pm 15 grados, un total de 30 grados.

MANDOS FINALES: Tracción en todas las ruedas con reducción planetaria en cada rueda.

FRENOS: De servicio, freno de disco y horquilla en las cuatro ruedas, de activación oleoneumática.

Circuitos separados para los frenos del eje delantero y del trasero.

Dos pedales de frenos: el pedal derecho frena únicamente y el izquierdo frena y a la vez neutraliza la transmisión.

De estacionamiento.- Aplicado por resorte, desconectado por aire, de zapata y tambor tipo seco. Una alarma sonora y una luz roja advierten al operador si la transmisión esta en cambio con el freno estacionario conectado.

Freno secundario.- Utiliza el freno de estacionamiento en la caja del engranaje de transferencia.

Si baja la presión del aire a menos de 65 lb/pulg² con la transmisión conectada se enciende una luz roja y suena una alarma, si baja la presión a 40 lb/pulg² el freno se

aplica automáticamente para parar la maquina gradualmente.

SISTEMA HIDRAULICO: Caudal de la bomba a 2400 r.p.m.

1000 lb/pulg² a 62 grados centígrados ---- 152 lt/min.

CILINDROS (de doble efecto)

DE LEVANTAMIENTO - CALIBRE Y CARRERA 121 x 675 mm.

DE INCLINACION 140 x 520 mm.

TIEMPO DEL CICLO HIDRAULICO, EN SEGUNDOS, CON CUCHARON CON CARGA NOMINAL:

Levantamiento	5.9
Descarga	1.6
Descenso(vacío bajada libre)	3.6

Total 11.1

CAPACIDADES:

Tanque de combustible	150 litros.
Sistema de enfriamiento	27 litros.
Carter	14 litros.
Transmisión y convertidor	34 litros.
Diferenciales y mandos D	25 litros.
Diferenciales y mandos T	25 litros.
Sistema hidráulico	92 litros.
Tanque hidráulico	48 litros.

DIMENSIONES:

Distancia entre ruedas	1.85 metros.
Ancho (neumáticos inclusive)	2.32 metros.
Altura -cabina a piso	3.21 metros.
Longitud (sin cucharón)	4.87 metros.
Altura total	3.75 metros.

5.1.3.- GRUA HIDRAULICA. MODELO RT522 (GROVE).**CARACTERISTICAS:**

Motor Caterpillar de 8 cilindros mod. 3208 con 140 HP de potencia (2800 r.p.m.) sistema eléctrico de 24V en su arranque.

SERVICIO DE TRANSMISION: Con 6 velocidades de avance y 6 de retroceso. (4 x 4)
Tres velocidades de alto rango para dos ruedas.
Tres velocidades de alto rango para cuatro ruedas.

Velocidad.	Km/hr.	Rango.	Avance.
1a.	3.9	Bajo	Cuatro ruedas
2a.	8.9	Bajo	Cuatro ruedas
3a.	24.5	Bajo	Cuatro ruedas
1a.	8.7	Alto	Dos ruedas
2a.	18.8	Alto	Dos ruedas
3a.	38.8	Alto	Dos ruedas

CAPACIDADES:

MAQUINA: 22 toneladas cortas (20 toneladas métricas) con giro de 360 grados de la pluma.

MALACATE: Mod. 15H - 16B con capacidad de 4.157 kg (9.165 lbs) con almacenaje para 137.2 m de cable de 13 mm.

PLUMA: De 7.5 metros - 18.2 metros de longitud.

LUBRICACION DEL MOTOR (CAP. DEL CARTER) 19 litros.

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO. 48 litros.

CAPACIDAD DEL TANQUE DE DIESEL: 222 litros.

SISTEMA HIDRAULICO: 326 litros.

DIMENSIONES DE LA UNIDAD:

NEUMATICOS: 16 x 25

ANCHO DE LA MAQUINA: 2.43 metros.

ALTURA DEL PERNO DE ZAPATA
DE BASE A PISO: 0.47 metros.

ALTURA DE PARTE SUPERIOR
DE PLUMA A PISO: 3.30 metros.

LONGITUD DE PLUMA DE CABEZAL
A PARTE TRASERA DE TOLVA DE
RADIADOR: 10 metros.

LONGITUD DE PARTE DELANTERA

A. CABEZAL:

4 metros.

5.1.4.-EXCAVADORA MOD. LS 108 (LINK BELT S.)

CARACTERISTICAS:

MOTOR: General Motors Diesel mod. GM6 - 71N de 6 cilindros con 125 HP de potencia (1990 r.p.m.) sistema eléctrico 12V.

PLUMA: Tipo angular, normalmente esta compuesta por una base, extensión intermedia y extensión superior y/o cabezal (esta compuesta por 3 poleas de baleros). Cada extensión mide 20 pies. Por norma se ensambla con 60 pies (18 m).

Para el sostén de pluma usa 90 metros de cable 3/4 "

Para el arrastre usa 65 metros de cable de 7/8 "

Para el levante usa 65 metros de cable de 7/8 "

El tipo de cable usado por experiencia se mide 6 x 19

Filler por ser resistente a la abrasión y al mismo tiempo ser bastante flexible. Este cable se identifica como tipo BOA cuando tiene alma de acero.

CAPACIDADES:

Carter lubricación de motor	32 litros.
Sistema hidráulico	30 litros.
Sistema de transmisión	60 litros.
Caja de engranes de Swin	22 litros.
Tanque de combustible	225 litros.
Sistema de enfriamiento	50 litros.

DIMENSIONES:

Tránsito con zapatas de	0.61 metros.
Tránsito abierto	3.86 metros.
Tránsito retraído	3.33 metros.
Distancia entre carriles	3.25 metros.
Longitud de tránsito	4.57 metros.
Altura con mástil parado	4.57 metros.
Altura con mástil bajado	3.55 metros.

RANGO DE VELOCIDAD:

Baja	1.27 km/hr.
Alta	2.86 km/hr.

5.1.5.- RETROEXCAVADORA MOD. 416 (CATERPILLAR).

CARACTERISTICAS.

MOTOR: Diesel marca Perkins modelo 4.236 de 4 cilindros con 46 kw - HP de potencia (2400 r.p.m.) sistema eléctrico de 12V.

TRANSMISION: Con 4 velocidades hacia adelante y 4 velocidades de reversa.

<u>AVANCE:</u>	1a.	2a.	3a.	4a.
km/hr	5.6	10.5	20.3	31.7
<u>RETROCESO:</u>	1a	2a.	3a.	4a.
km/hr	5.6	10.5	20.4	31.8

CAPACIDADES:

Sistema de enfriamiento	21 litros.
Tanque de combustible	83 litros.
Aceite de motor y filtro	7 litros.
Transmisión	10 litros.
Eje trasero	18.8 litros.
Tanque hidráulico	38 litros.
Sistema hidráulico	79 litros.
Eje delantero con 4 ruedas motrices	7.5 litros.

PESOS: Con cucharón de uso general de 0.76 m3.

Para el cargador, cucharón de 610 mm.

Para el retroexcavador, neumáticos estándar dos ruedas motrices.

DIMENSIONES:

Largo total de transporte	6.83 m.
Largo total cucharón en el suelo	6.84 m.
Alto total de transporte	3.44 m.
Ancho total con cucharón	2.26 m.
Despejo sobre el suelo	0.30 m.

CAPACIDAD DEL CUCHARON DEL CARGADOR:

Tipo	Uso general
Ancho	2.26 m.
Colmado	0.76 m.
Capacidad de levantamiento máximo	2381 kg.
Fuerza de arrancamiento	3402 kg.
Angulo de descarga altura máxima	45 grados.
Altura de descarga a 45 grados	2.63 m.
Alcance a altura máxima a 45 grados	0.74 m.
Profundidad de excavación	0.10 m.
Peso	367 kg.

CAPACIDAD DEL CUCHARON PARA EL RETROEXCAVADOR:

Ancho		0.61 m.
Capacidad colmado		200 lt.
a ras		160 lt.
Peso		133 kg
Cantidad de dientes		4.

5.6.- COMPRESOR PORTATIL MOD. SPKVA - SPQVA (GARDNER DENVER).

CAPACIDAD (pies³/min) 325 600

PRESSION NORMAL DE OPERACION:

(lb/pulg²) 100 100

VELOCIDAD CON CARGA (r.p.m.): 1850 1850

VELOCIDAD SIN CARGA (r.p.m.): 1250 1250

CAPACIDADES:

Compresor capacidad aceite	75 litros	170 litros
Cople - transmisión directa	tipo engrane	tipo araña
Motor Perkins (83 HP)	6.354	
Motor Cummins (196 HP)		NH-250-CL

Capacidad aceite carter motor	18	22
Tanque de combustible	196	370
Sistema de encendido	12-16V	12-16V

DIMENSIONES DE LA UNIDAD:

Largo	3.14 m	3.68 m
Ancho	1.67 m	1.82 m
Altura	1.72 m	2.13 m
Distancia entre ruedas	1.42 m	1.52 m
Peso neto aproximado	2676 kg.	4173 kg

OBSERVACIONES DE OPERACION:

Ajuste de la presión en el tanque calibración normal
90 - 105 lb/pulg².
Máxima presión de operación 115 lb/pulg².

PESO DE LA UNIDAD DE COMPRESION:

Modelo	SPKVA	363.3 kg.
Modelo	SPQVA	636.4 kg.

CAPITULO - VI
CONCLUSIONES

CAPITULO VI- CONCLUSIONES.

El realizar obras de estas dimensiones no es cosa fácil. Desde el momento en que se proyecta, empiezan una serie de problemas los cuales tienen que resolverse de la mejor manera. Planteando alternativas de solución y analizándolas para tomar la más favorable, puesto que los cruces en el metro son los puntos donde se complica el procedimiento constructivo de cualquier tramo en construcción.

Estos puntos tienen su propio procedimiento constructivo, diferente a los demás del tramo y esto lo he descrito con detalle en este trabajo escrito.

La elaboración de este cruce es parte vital de la línea 8 del metro, por eso se tuvieron las máximas normas de seguridad y de control para su ejecución.

Quiero hacer ver que la solución estuvo bien pensada, analizada y ejecutada por los ingenieros.

Realmente resulta interesante ver la forma en que contribuye un cruce en la elaboración de un medio de transporte que mueve a un número muy grande de usuarios todos los días y que en gran parte soluciona el problema de transporte en la Ciudad de México.

Bibliografía

- 1- Programa Maestro del Metro
Departamento del Distrito Federal. Secretaría General de Obras.
Comisión de vialidad y transporte urbano (Covitur 1985).

- 2- Especificaciones para el proyecto y construcción de las líneas
del metro de la Ciudad de México. Volumen III