

6-100



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROCESO CONSTRUCTIVO DEL METRO EN EL  
TRAMO DEL CRUCE CON LA GLORIETA "LA RAZA"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

OSCAR ALBERTO MONTERO BEZARES



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# "PROCESO CONSTRUCTIVO DEL METRO EN EL TRAMO DEL CRUCE CON LA GLORIETA "LA RAZA"

## I N D I C E

### Prólogo

TEMA I.- Justificación de la ampliación norte cruce "La Raza".	
1.- Antecedentes.	Pag. 1
2.- Plan Maestro del Metro	2
3.- Primera Ampliación del Metro	5
TEMA II. Programas y controles de obra.	
1.- Características del tramo. Problemas y soluciones.	Pag. 8
2.- Programa de obra. Organigrama y funciones.	11
3.- Estación piezométrica y el control de lecturas para medir el abatimiento.	20
4.- Especificaciones para la instalación y operación de un pozo punta.	23
5.- Especificaciones generales del acero de refuerzo.	27
6.- Especificaciones generales del torón para concreto presforzado.	34
7.- Especificaciones generales del concreto.	38
8.- Especificaciones para la impermeabilización de la losa superior del cajón.	50
9.- Especificaciones generales para la reconstrucción de pavimentos.	52
TEMA III. Construcción de la obra.	
1.- Descripción del proyecto de la solución integral de colectores.	60
2.- Construcción del sistema integral de colectores. Funcionamiento -- del Escudo. Procedimiento constructivo de las lumbreras V, VII y VIII.	64
3.- Estudios de Mecánica de Suelos y forma de proyectar el cajón. Análisis y diseño.	71
4.- Generalidades del procedimiento constructivo. Antecedentes. Procedimiento constructivo para los brocales y zanjas. Especificaciones de lodos para la estabilización de las paredes de -- los muros colados en sitio. Procedimiento constructivo para los muros de concreto colados en zanjas bajo lodo bentonítico. Procedimiento constructivo para la reconstrucción de pavimentos sobre el cajón.	78
5.- Procedimiento constructivo del cajón en los puntos de intersección -- con los colectores San Juan, Héroes y Consulado.	102
TEMA IV. Conclusiones.	104

## PROLOGO

En el presente trabajo se mencionan las técnicas constructivas y sus justificaciones que se emplearon en la construcción del METRO en la glorieta La Raza. Seguramente el lector se preguntará ¿Porqué este Tramo? . Bueno, -- porque precisamente en ese lugar se conjugaron los problemas más comunes a los que el Ingeniero se enfrenta en este tipo de trabajos.

El contenido se encuentra distribuido en los siguientes temas:

En el primero describo la necesidad de transporte en nuestra metrópoli en -- función de nuestra demografía y la solución en estos aspectos.

En el segundo tema incluyo las características del tramo, desde el trazo -- del cajón hasta sus dimensiones generales. Anexo también lo que corresponde a organización en todos los sentidos, y por último, transcribo las especificaciones de los materiales más empleados, ya que estas nos dan una idea de la importancia de la obra atravez de los criterios mencionados.

El tercer tema trata del porqué del sistema constructivo, con la descrip--- ción de los distintos estudios y proyectos que la componen. Al final del -- mismo entramos en materia con el proceso constructivo, pero visto de dos -- formas para mayor claridad del lector: una forma general y otra particular. En las particularidades se describe en que forma el tramo modifica a lo que usualmente se hace.

Al final están las conclusiones generales, necesarias después de cada tra-- bajo.

Para la descripción de todo lo anterior he procurado ser lo más objetivo -- posible con el fin de hacer comprensible lo que en palabras puede ser tedio so y cansado. Por último deseo expresar mi agradecimiento a los distintos Departamentos de ISTME y COMETRO por las facilidades prestadas para la rea-- lización del presente.

OSCAR MONTERO BEZARES.

## 1.- ANTECEDENTES

La Ciudad de México, es una de las Metrópolis más pobladas del mundo, ocupando uno de los primeros lugares en la escala mundial. Es el corazón y cerebro del país; en la cual están asentados los poderes de la unión, siendo el principal -- centro de operaciones bursátiles, industriales, comerciales y bancarias, ya sean nacionales o transnacionales; cuenta además con los centros educativos más importantes, con reconocimiento mundial. Su progreso, ha estado íntimamente correlacionado al del país, el que se ha efectuado en breve plazo, mientras en un lapso de cuarenta años la población del país se incrementó 2.6 veces, en la megalópolis se sextuplicó, representado a su vez, una quinta parte del total de la nación.

En ella viven desarrollando sus funciones dentro de un proceso simbiótico doce millones de seres, de los cuales existe un gran porcentaje de todos los obreros del país.

Implícito a lo anterior, la movilidad de habitantes dentro de la urbe, es sin lugar a dudas uno de los problemas que enfrenta la Ciudad de México, ya que su trazado obedece a características de modelos antiguos españoles y a un desordenado crecimiento urbano. Es por ello que en diferentes épocas, se han construido Via ductos y Vías Rápidas y se han mejorado los equipos de transporte masivo de diferentes tipos, así como los sistemas que tratan de perfeccionar la vialidad y fluidez del tráfico.

Cada vez se confirma aún más la filosofía de que en las ciudades congestionadas se desaliente el uso del automóvil; y contrariamente, como algo extraño, la industria automotriz se ha desarrollado extraordinariamente en grado tal que, en 1950 existía un automóvil para 42 personas, en 1970: 10 personas por automóvil y en 1975: 7 personas por automóvil.

De las medidas fundamentales que se deben tomar para lograr este desaliento - en el uso del automóvil es mejorar el sistema de transporte colectivo. Es -- bien conocido por los técnicos en esta materia que, la transportación masiva de pasajeros por medio de un ferrocarril con vía libre es el único medio - - capaz de transportar la cantidad de 60,000 pasajeros por hora. Por ello, el METRO debe ser la columna vertebral de un sistema integral de transportación de una ciudad. Los demás medios como autobuses, tranvías y trolebuses, - -- pueden servir a un máximo de 10,000 pasajeros por hora.

Es importante que, en la solución de un problema de esta magnitud, existen -- épocas durante las cuales, la demanda marca momentos críticos que parecían de características alarmantes; tal es el caso del inicio de la era del Ferrocarril metropolitano de la Ciudad de México en 1967, en donde prevalecían inmediatamente antes las siguientes características:

a).- Población de Ciudad de México	6'330,000	(1967)
b).- Viajes - Personas por día	8'383,120	
c).- Índice de Viajes por habitante	1.32 viajes	

En las anteriores circunstancias, las autoridades de la Ciudad afrontaron la - decisión de construir la primera etapa del METRO con la cual se podría captar desde 1'500,000 a 2'200,000 pasajeros por día; cifras que han sido rebasadas.- La operación de la red para 1977 llegó a 2'018,836 pasajeros por día laborable promedio, el índice de pasajeros por carro kilómetro de 9.6876 y un total de - 735 carros.

En el año de 1977 se efectuó una revisión del Plan Maestro y de las diversas - alternativas de ampliación, mediante la cual, las autoridades tomaron la decisión de realizar la primera ampliación del sistema.

## 2.- PLAN MAESTRO DEL METRO.

2.1 Conceptos generales.- En el tema anterior se indicó la necesidad de contar-

con un Plan Maestro del Metro, que permita programar una serie de acciones a corto, mediano y largo plazo, a fin de mejorar gradualmente las condiciones de transporte dentro de la urbe, sin descuidar la necesaria coordinación de este plan con el Desarrollo del Area Metropolitana y Regional de la Ciudad de México, considerando 12'000,000 de habitantes que generaban 20.4 millones de viajes-personas / día.

Las proyecciones de población consideran que en el área metropolitana habitarán 26 millones de personas al finalizar el siglo. Para el año de 2010 se tendrá que resolver 57 millones de viajes-persona/día.

2.2- Objetivos.- A efecto de realizar su ampliación, se han previsto etapas que a partir de la actual red, se estructuren paulatinamente para cubrir las necesidades crecientes en los próximos 30 años, las cuales han sido concebidas con el propósito de lograr los siguientes objetivos.

- a).- Definir una política sistemática de ampliación de líneas que induzcan a la utilización del transporte masivo.
- b).- Propiciar la coordinación con los otros medios masivos en forma específica y en general con los otros sistemas y servicios urbanos.
- c).- Establecer las reservas territoriales destinadas a las edificaciones necesarias para una adecuada operación del sistema.
- d).- Preservar derechos de vía para las líneas futuras.
- e).- Determinar las rutas por etapas, que permitan una programación realista de su ejecución.
- f).- Abatir tiempos de recorrido y mejora de la seguridad y comodidad.

- g).- Propiciar la reestructuración urbana y el ordenamiento del uso del suelo.
- h).- Optimizar el uso de los distintos medios de transporte y de la infraestructura existente.
- i).- Disminuir la contaminación ambiental.
- j).- Crear más opciones de traslado a los centros de trabajo, recreación y servicio, para democratizar el transporte.
- k).- Impulsar el desarrollo de la tecnología y de la industria nacional, relacionadas con la operación del sistema a fin de sustituir importaciones y generar empleos.
- l).- Elaborar una adecuada planeación económica-financiera, que equilibre la operación y administración del sistema.

2.3 Metas.- Construir a ritmo continuo 12 km. de líneas y fabricar cuando menos 16 trenes de 9 carros por año. Lograr que el sistema tenga una participación en el total de viajes personal/día del área metropolitana, del 15, 23, 28 y 33%, para los horizontes de planeación de los años 1980, 1990, 2000 y 2010 respectivamente.

Para 1980 se contará con una red de 95 km con 138 trenes, para transportar un volumen de 4'000,000 pasajeros en día laborable y tendrá un total de 86 estaciones.

Para 1990, una red de 205 km de longitud, con 188,000 pasajeros / día.

Para el año 2000, serán aproximadamente 325 km con 314 estaciones, el número necesario de trenes para su operación de 520.



3.- PRIMERA AMPLIACION

3.1 Principios fundamentales.- Los trazos ideales que se establecen para ubicar las ampliaciones y nuevas líneas de una red, están sujetas a modificaciones que son producto de la experiencia obtenida tanto del proyecto como de la construcción y la operación del sistema, tomando también en cuenta las prioridades de servicio a determinadas zonas urbanas, los tipos de subsuelo, las interferencias con las instalaciones municipales y su afectación a monumentos históricos.

Para la selección de esta etapa de ampliación del Metro, se determinaron los siguientes principios fundamentales:

- a).- Tender a cubrir las zonas de mayor densidad demográfica y servir a los estratos de bajos ingresos principalmente.
- b).- Permitir a los usuarios un ahorro de tiempo por medio de rutas e interconexiones múltiples mediante el conocimiento de las líneas de deseo.
- c).- Intercomunicar los principales centros de actividad.
- d).- Identificación con las corrientes establecidas de tránsito masivo de pasajeros.
- e).- Permitir la reestructuración progresiva de los transportes de superficie en coordinación con el Metro.
- f).- Ayudar a descongestionar las arterias de la ciudad; induciendo al usuario del automóvil a utilizar el sistema de transporte colectivo.
- g).- Las líneas no deben exceder de una distancia de 18 km para tener una óptima operación.

- h).- El trazo de las líneas no debe perjudicar o anular la vialidad existente.
- i).- En donde la latitud de la Avenida permita la integración de la solución vial con el Metro, se deberá de implementar.
- j).- El trazo de las líneas debe dar servicio en los lugares donde -- la demanda sea mayor de 10,000 pasajeros por hora.
- k).- Evitar la entrada de autobuses foráneos y suburbanos al centro -- de la ciudad.
- l).- Posibilidades físicas para la construcción de las estructuras.  
Tomando como base los principios enunciados anteriormente y complementándose con los estudios de origen y destino, estratos de ingresos y demográficos se llegó a la elección definitiva del -- trazo.

3.2 Descripción del trazo de la ampliación Norte de la línea 3.- La longitud anterior de la línea 3, impedía su máxima utilización; esto obligó a prolongarla hacia el norte en un tramo de 5.45 km-- que incluye 4 estaciones, a partir de la Estación Tlatelolco, -- de donde en solución subterránea, sigue el trazo de la Calle de Héroes, hasta la Glorieta La Raza, donde toma el trazo de la Ave-- nida de los Insurgentes Norte, transformándose a sistema de su-- perficie después de la Glorieta Potrero y continuando hasta los-- terrenos de los antiguos estudios Tepeyac, donde se localizan -- los talleres.

Cuenta con la estación subterránea La Raza, de correspondencia -- con la Línea 5, y las estaciones de superficie; Potrero, Montevi-- deo e Indios Verdes, esta última Estación Terminal y el Taller --

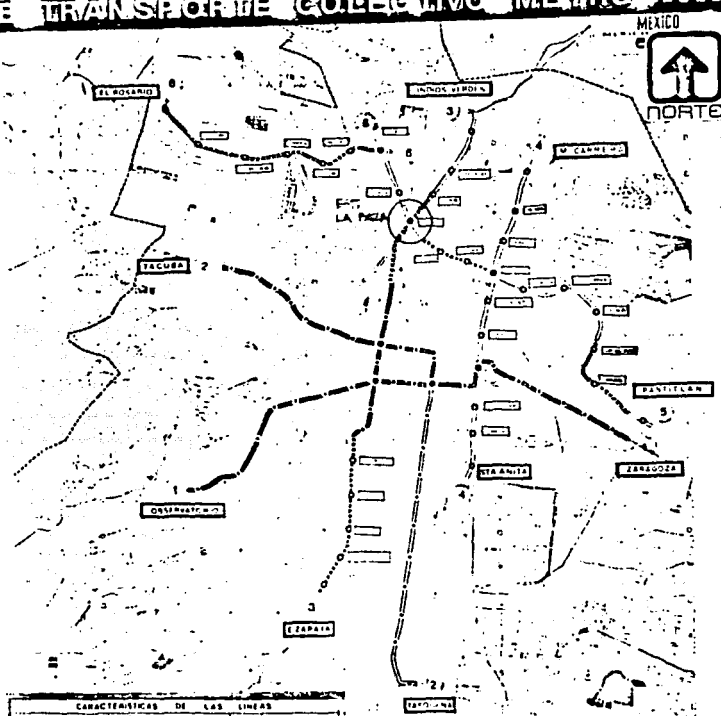
de gran revisión en Ticomán.

En vista de la ampliación a esta línea tendremos una mayor - -  
afluencia de pasajeros. A la Estación Balderas se está proyec-  
tando ampliarla ya que es de trasbordo, porque allí se intese-  
ta la línea 1 con la línea 3; con el propósito de brindar más-  
comodidad y seguridad al usuario se piensa dar mayor área en -  
andenes y pasillos.

Con ésta ampliación grandes núcleos habitacionales se comunican  
con importantes centros de trabajo de la zona Norte de la Ciu-  
dad. La densidad aproximada es de 250 habitantes por hectárea  
y el ingreso familiar promedio de \$ 5,000.00 mensuales. De --  
dónde se concluye que el Sistema de Transporte Colectivo tam-  
bién cumple con una función social.

**FALLA  
DE  
ORIGEN**

# AMPLIACION DE LA RED DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO



**CARACTERÍSTICAS DE LAS LINEAS**

LÍNEAS	ESTACIONES	ESTACIONES DE INTERCAMBIO	LÍNEAS DE SERVICIO ESPECIAL	TOTAL ESTACIONES
1	16.89	1	1	18
2	10.82	1	1	12
3	3.21	1	1	5
4	2.16	2.37	0.45	5
5	5.70	1	1	7
6	5.10	0.11	0.10	5.31
7	9.28	1	1	11
<b>TOTAL</b>	<b>61.52</b>	<b>20.60</b>	<b>10.37</b>	<b>124.42</b>

**SIMBOLOGIA**

LÍNEA SUBTERRANEA	—	ESTACION DE INTERCAMBIO	○
LÍNEA SUPERFICIAL	- - -	ESTACION DE SERVICIO ESPECIAL	●
LÍNEA EXPRESO	· · · · ·		
ESTACION DE PLANO	□		
ESTACION DE CORRESPONDENCIA	○		

1.- CARACTERISTICAS DEL TRAMO.

Para continuar la construcción de la Línea 3 Norte, de la Estación ~~████~~ - - <sup>7latelole</sup> ~~████~~ a la Estación La Raza, había que atravesar por la glorieta La Raza. Según el cadenamamiento del trazo del Metro, inicia en 4+057.43 al 4+399.10, con longitud de 341.67 m., zona conocida como "el plato" por ser un sistema de pasos a desnivel y el Monumento a la Raza. En este punto se intersectan la Avenida Insurgentes, la Avenida Río Consulado y la Calzada Vallejo, que tienen una primerísima importancia en la comunicación con la zona-norte de la Ciudad. También se planea construir un puente del circuito -- Inferior en fecha próxima. Confluyen también calles de segunda importancia, las que tuvieron una función importante en los desvíos posteriores. Existen además interferencias aéreas, como cables de alta tensión y puentes de peatones, como se muestra en el plano N°II.1.

Otras interferencias las constituyeron los colectores San Juan de Letrán - en el cadenamamiento 4+378.640 con un diámetro efectivo de 2.15 m, el colector Héroes 4+257.320 con un diámetro 2.50 m y el colector Consulado - - - 4+171.80 y un diámetro de 3.15 m. Estos conductos se intersectan directamente con el cajón y su solución se describe en el siguiente tema.

El trazo del cajón sobre la glorieta La Raza está integrado por dos curvas compuestas horizontales, que se le denominaron 4 y 5 respectivamente; los datos que a continuación refiero es con respecto al eje del cajón:

Curva 4

ET = 4+428.326	$\theta_e = 7^{\circ}38' 22''$
CE = 4+388.326	Le = 40,000
EC = 4+360.263	Xc = 39,928
PI = 4+374,981	Yc = 1.775
A = $25^{\circ}59' 54''$ (DER)	
Ac = $10^{\circ}43' 10.3''$	(Simétrico)
Gc = $7.63944^{\circ}$	

Lc= 28.063

Te= 54.718

R= 150.000

St= 14.072

Curva 5

ET= 4+190.361

$\theta_e = 7^\circ 38' 22''$

CE= 4+150.361

Le= 40.000

EC= 4+057.434

Xc= 39.928

TE= 4+017.434

PI= 4+108.817

Yc= 1.775

A=  $50^\circ 46' 27''$  (IZQ)

(Simétrico)

Ac=  $35^\circ 29' 43.33''$

Gc=  $7^\circ 38' 21.9''$

Lc= 92.927

Te= 91.383

Re= 150.000

ST= 48.008

En el eje vertical está compuesto por dos curvas también, los criterios - que se siguen para el trazo es que siga más o menos el perfil del terreno por concepto de ser una estructura sobre compensada y las pendientes - - estén dentro del rango permisible para ferrocarriles.

En este sentido se emplean cotas referidas con respecto al nivel medio -- del mar. Los datos de estas curvas son de 4+399.10 y con elevación - - 2225.90 m. a 4+129.687 con elevación 2226.395, una pendiente  $s = -0.2\%$  - - (sube). Entre esta curva y la siguiente hay un pequeño tramo horizontal con una longitud de 4.375 m.

Sigue inmediatamente otra curva con pendiente  $S = +0.15\%$  (baja) que se prolonga de nuestro cadenamamiento 4+125.312 y elevación 2226.396 más allá de mi tramo en descripción; al término del cadenamamiento 4+399.10 tiene una -

elevación 2226.30. Estas medidas están referidas a la subrasante del - -  
cajón.

Por tratarse de tramos en curva siempre a una parte del cajón se le aumen  
tan sus dimensiones para evitar el posible choque de las colas cuando es-  
té en funcionamiento el ferrocarril. En la figura N°II.2. se presenta - -  
una sección transversal del cajón típico de las curvas.

Cuenta además el cajón con un tramo de rejillas de longitud 20 m. para - -  
efectos de ventilación.

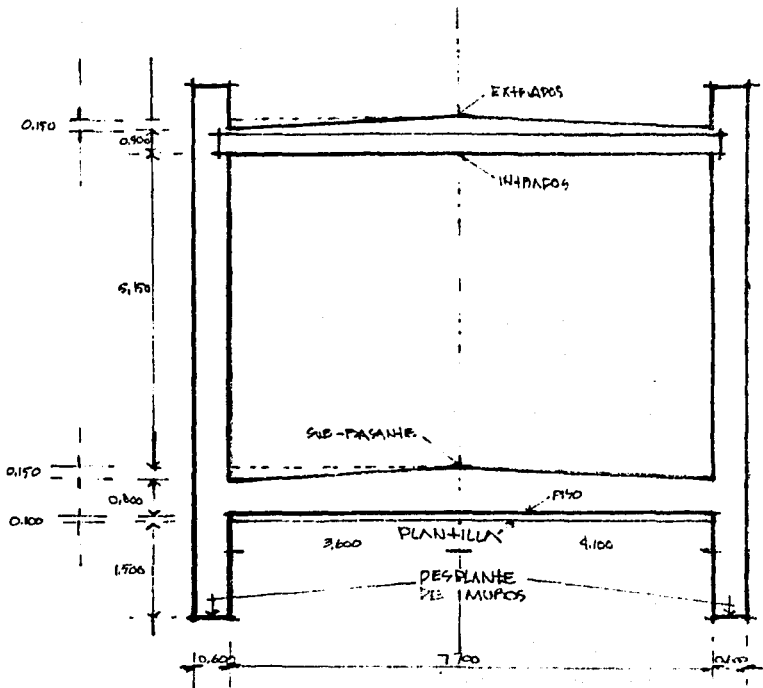
Para atacar el tramo se pensó en hacerlo en 9 etapas, a las que se le deno  
minó con letras. A continuación se define sus límites:

ZONA	LONGITUD (m)	CADENAMIENTO
E	40.00	4+057.436 - 4+097.436
C	45.00	4+097.436 - 4+142.436
H	32.40	4+142.436 - 4+174.836
A	49.30	4+174.836 - 4+224.136
F	22.00	4+224.136 - 4+246.136
I	19.00	4+246.136 - 4+265.136
D	29.00	4+265.136 - 4+294.136
BG	105.00	4+294.136 - 4+399.136





EJE DE TRAZO



KM. 4+320.2 AL KM. 4+422.3

FIGURA II.2. Sección transversal del cajón típico de las curvas.

## 2.- Programa de Obra. Organigrama y Funciones.

-----

La organización de obra es uno de los conceptos más importantes que hay - - que considerar antes de iniciar la producción, ya que de ella depende obtener mejores o iguales resultados a los presentados en nuestro presupuesto.

Esta organización comprenderá:

- 1).- Programa ejecutivo de la obra
- 2).- Conocimiento pleno del proyecto, especificaciones y normas.
- 3).- Organigramas del personal técnico.
- 4).- Organigramas del personal administrativo.

### 1).- Programa ejecutivo de la obra.

Este programa está basado en las especificaciones y contrato a realizar; el programa se formará por etapas llamadas partidas, cada partida estará subdividida en conceptos. Estas partidas se forman agrupando conceptos que ligan a la obra en una determinada etapa.

El programa lo representaremos por una gráfica de barras horizontales -- que nos indicarán el tiempo de duración de cada concepto, de todas las - partidas. Es deseable incluir en el programa un espacio para reportar - o indicar la cantidad real de trabajo terminado en cada operación en una fecha dada, como por ejemplo, al final de cada semana o mes. Si se indi ca el avance real, es posible determinar muy rápidamente si la cons---- trucción está progresando de acuerdo con los planes.

Teniendo el proyecto dividido en sus respectivas operaciones o etapas de construcción y sus cantidades, procederemos a elaborar nuestro programa, - el cual lo podemos obtener de dos formas:

- a).- Cuando se nos fija la terminación de obra; partiremos del cociente - - - volúmen contra tiempo, para determinar el volúmen por día, que tendremos que ejecutar en cada una de nuestras operaciones, basándonos en este vo-- lúmen obtendremos nuestra fuerza de trabajo necesaria para cubrir ese - -

volúmen diario, y percartarnos si se puede cubrir ese volúmen en una jornada normal de trabajo o será necesario cubrirlo en dos o tres turnos, por lo reducido de nuestra área de trabajo o por el proyecto mismo.

Debe tomarse en cuenta que habrá actividades que se puedan iniciar simultáneamente, o después de cierto tiempo de haberse iniciado una ó más actividades; dependiendo del orden de ejecución, puede ser posible.

b).- Cuando hay que determinar la fecha de obra; es obtener el tiempo óptimo de duración de cada operación y a su vez del programa. Para ello - buscaremos el tiempo óptimo de nuestra fuerza de trabajo en general, - pero al estimar la rapidez debe considerarse la economía de la construcción.

Es necesario hacer una comparación avance-programa por lo menos cada - semana, ya que de no estar cumpliendo con él, se hará una investigación, para saber las causas y poder corregir las fallas ya que de no - hacerlo así, estas fallas se irán alargando y provocando un período de duración en la obra mayor.

Teniendo en cuenta los conceptos anteriores y para nuestro caso muy -- particular, el Departamento de Planeación de ISTME en base a experiencias anteriores y a recomendaciones particulares de la compañía Constructora COMETRO se elabora un programa de trabajo con sus conceptos - correspondientes y se le pide a PSI (Procesos y Sistemas de Información) que lo codifique y programe en su computadora aplicando el programa PROYECT-1 en lenguaje Fortran IV que nos da los siguientes datos: define la secuencia de actividades através de un diagrama de barras, - en el que se incluye los días festivos, holguras e indica la ruta crítica a seguir. A continuación, en la figura N°11.3 se muestra el diagrama de barras proporcionado por la computadora. Se representa en -- las hileras verticales el número de actividad que en caso de ser crítico se indica con una C-, a continuación la descripción del evento y --

después su desarrollo en el tiempo, con una raya sencilla se indica la --  
iniciación y terminación más próxima, con doble raya la holgura libre y la --  
última fecha de terminación. Una vez conocidos los proyectos definitivos, --  
los condicionantes para elaborarlo fueron: la época de estiaje, que hay que  
considerar para el proyecto de colectores debido a que en este tiempo ten--  
drán un menor caudal; los problemas de vialidad, y las etapas de cons-----  
trucción.

El diagrama de barras se inicia el 16 de noviembre de 1977 y termina el - -  
20 de Agosto de 1978, con una duración total de 232 días hábiles. En reali--  
dad, los frentes se iniciaron y terminaron en las siguientes fechas con las  
siguientes características:

ZONA A: 13 de Diciembre al 6 de Febrero. Esta zona es la más fácil de ini--  
ciar por encontrarse en el centro de la glorieta y no existen muchos obstá--  
culos, solamente se desvió la avenida Insurgentes que va de sur a norte.

Ver plano N°II.4

ZONA B: 13 de Diciembre al 1°Julio. Esta fué la zona más conflictiva, de -  
allí su duración tan prolongada. En este punto se encuentra el colector --  
San Juan, la Calzada Vallejo con la unión del tráfico que viene de Insurgen--  
tes Sur y Rfo Consulado. Hubo necesidad también de demoler una parte de un  
paso de peatones y construir otro provisional con Andamios Tubulares.

La solución a la vialidad durante este proceso se hizo con dos curvas y de--  
molviendo el camellón antes existentes. En los planos N°II.4 y N°II.7 se --  
representa lo anterior. El tránsito de la Calzada Vallejo que iba por la -  
zona de la glorieta de Este a Oeste se desvió por la calle Debussy y por la  
calle de Clave.

ZONA C: 21 de Diciembre al 20 de Febrero. Para realizar este tramo hubo --  
necesidad de demoler un tramo de un paso de peatones y desviar el tránsito--  
que va de norte a sur en la Avenida Insurgentes. Ver plano N°II.5.

ZONA D: 26 de Diciembre al 15 de Febrero. Para esta zona hubo necesidad de hacer un desvío ya que nos encontrábamos sobre un carril de la glorieta. Ver plano N°II.5.

ZONA E: 7 de Enero al 29 del mismo mes. En esta zona hubo necesidad de -- demoler la sección de una rampa correspondiente al sistema de la glorieta y cerrar el tráfico en dicho carril; para comenzar esto se construyó otra rampa junto a la anterior y la circulación se estableció de acuerdo al -- plano N°II.6.

ZONA H: 1° de Mayo al 10 de Junio. Para esta etapa ya se encontraba fuera de servicio el antiguo colector Río Consulado, por eso este y los siguientes tramos tienen esta secuencia debido al tiempo de entrega de la obra -- inducida. La vialidad funcionaba por la rampa auxiliar ya mencionada, ver plano N°II.6.

ZONA F: 15 de Febrero al 15 de Marzo. Una de las zonas que menos trastornos ocasionó debido a su situación, casi en el centro de la glorieta. Ver plano N°II.7.

ZONA I: 20 de Mayo al 1° de Julio. Su fecha obedece, como antes ya mencioné, a la entrega del colector Héroes. Su forma de vialidad se muestra en el plano N°II.7.

Como última observación diré que uno de los criterios de vialidad fué la -- de conservar hasta donde las condiciones de espacio lo hicieron posible, -- las longitudes transversales de las avenidas originales.

## 2.- Conocimiento pleno del proyecto y especificaciones.-

Con anticipación se establecen en forma perfectamente definida las especificaciones, normas y criterios generales que servirán de base para el cálculo de los precios unitarios, los puntos de divergencia se reducirán al mínimo.

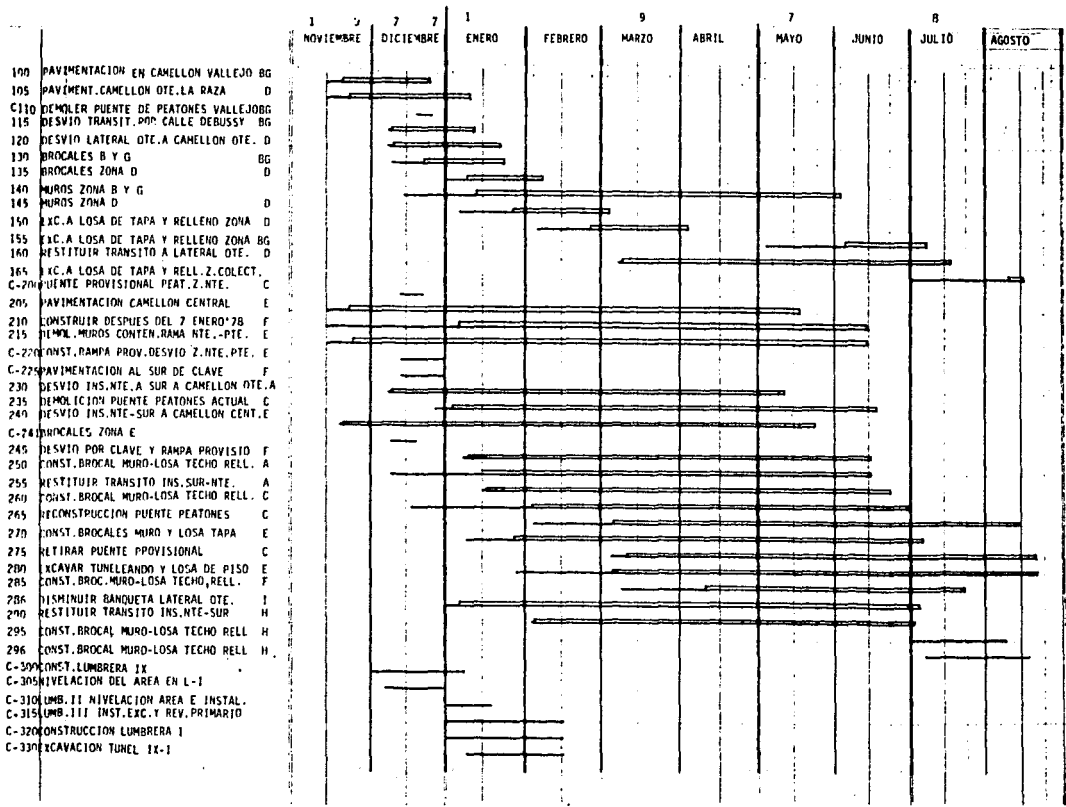
Es decir, entre mejor definidas estén las metas a lograr mayor será la exactitud del presupuesto. Hay una liga íntima entre precio unitario-

**A PARTIR DE**

**ESTA PAGINA**

**FALLA DE**

**ORIGEN**





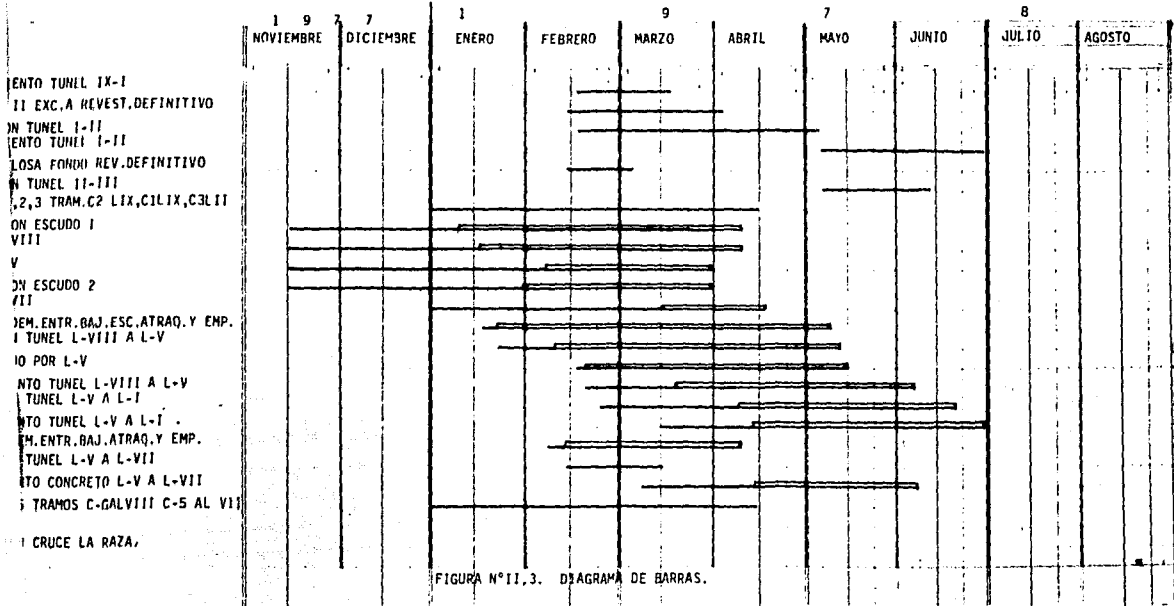


FIGURA N°11,3. DIAGRAMA DE BARRAS.

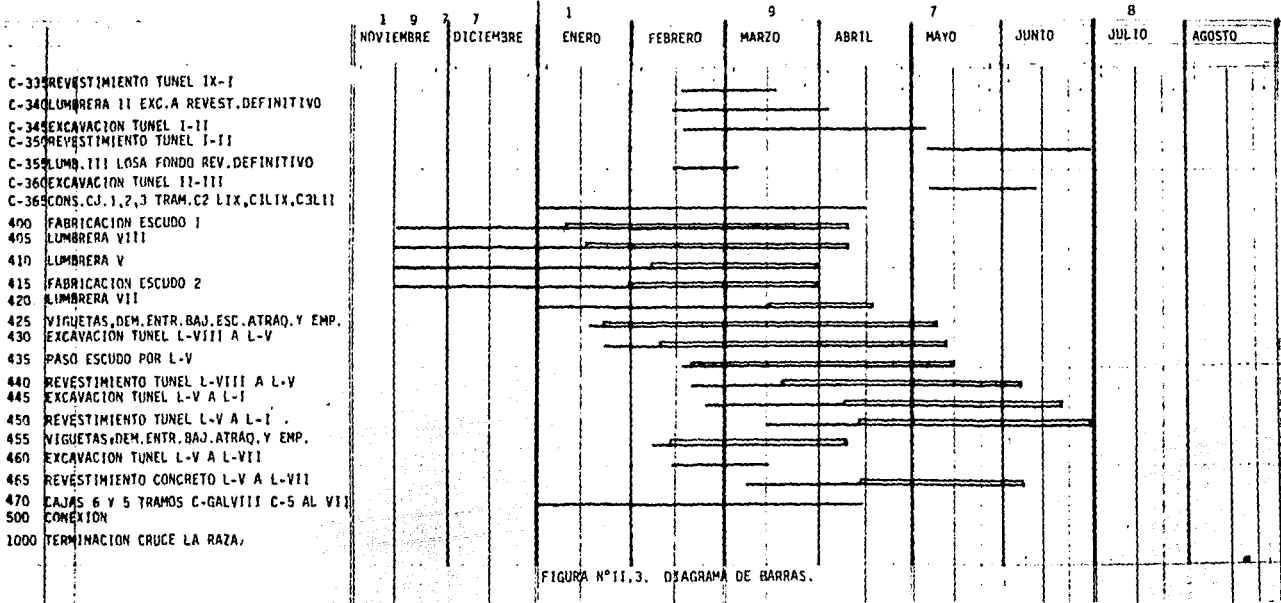
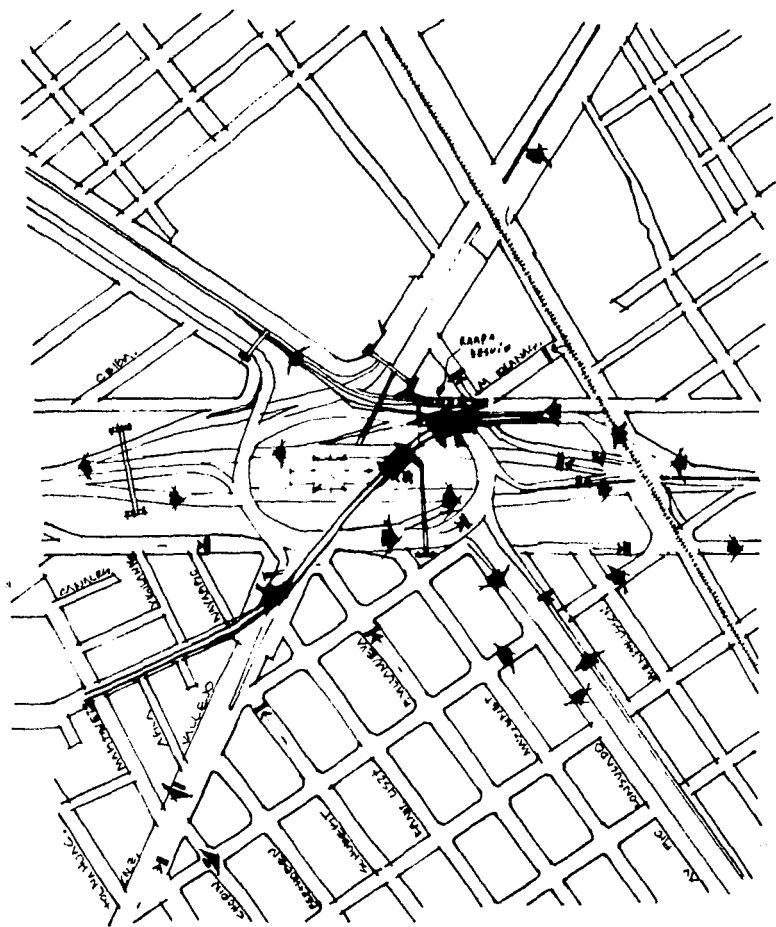


FIGURA Nº 11.3. DIAGRAMA DE BARRAS.

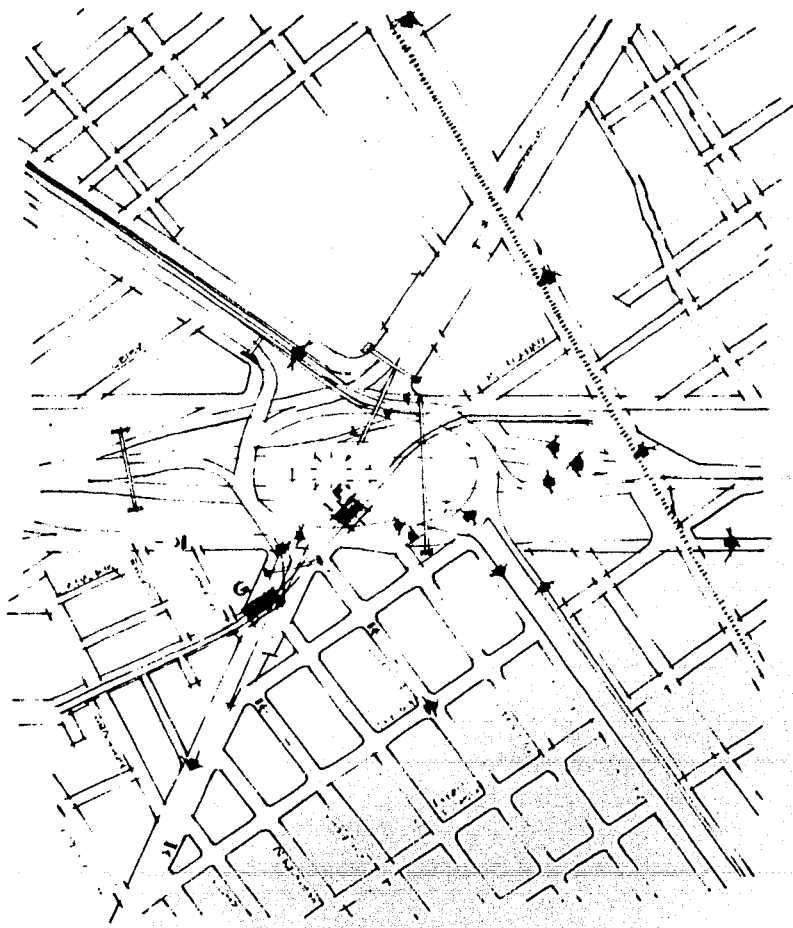






PLANO 11.6.

Plano de desvfos. Zonas E y H



PLANO II.7

Plano de desvfos. Zonas F, G e I

y las especificaciones, pues estas últimas son preponderantes en el aún -- cuando no sea la última que lo determine.

El conocimiento pleno del proyecto y especificaciones es muy importante -- ya que está íntimamente ligado a la obtención de los precios unitarios y-- el programa de obra depende mucho de ese conocimiento, para determinar --- los tiempos de ejecución, sistematizar el trabajo y referenciar este a los planos y especificaciones.

Las especificaciones de esta obra y el proyecto de la misma se localizaron los siguientes documentos:

#### ESPECIFICACIONES

a).- Condiciones generales:

Lista de confrontación

Calendario de trabajo

Unidad de medición

Estimaciones

Aceptación de la obra

Pago final

b).- Procedimiento Constructivo en general

c).- Movimiento de tierras y Reconstrucción de Pavimentos.

d).- Bombeo

e).- Acero de refuerzo y para concreto preesforzado

f).- Concreto

g).- Impermeabilización

h).- Albañilería

i).- Instalaciones Sanitarias, Hidráulicas y Pluviales

j).- Preparaciones para Equipos Especiales.

k).- Acabados

#### PROYECTO

a).- Planos Arquitectónicos y Detalles

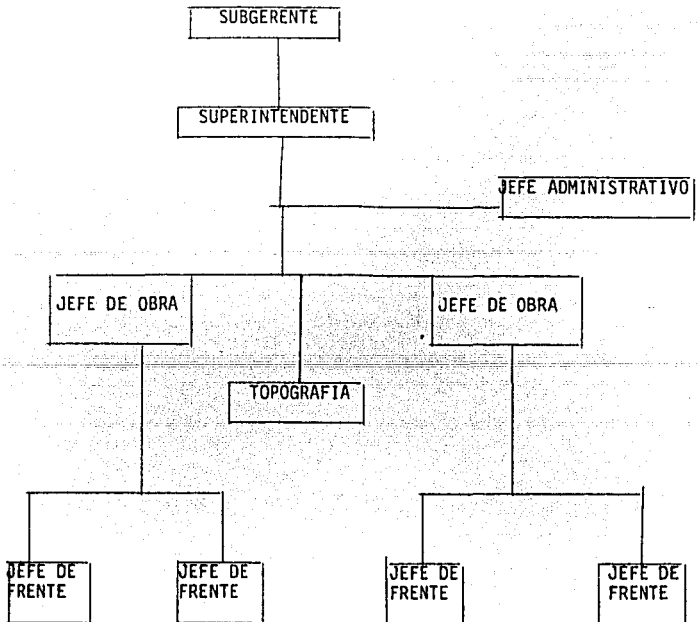
b).- Planos Estructurales.

Para nuestro proyecto se tuvo un especial cuidado en detallar cada una de las actividades comprendidas dentro del Procedimiento Constructivo, - en donde el tiempo tiene una importancia fundamental, así como un Control de Materiales estricto, que más adelante se describe.

### 3.- Organigrama de personal técnico.

El buen éxito de cualquier empresa se basa en la toma de decisiones correctas y oportunas, las cuales a su vez se fundamentan en una información actual y oportuna.

El problema más común que se presenta al elaborar un organigrama es el de la extensión que va a cubrirse. La necesidad de coordinar el Control de Producción y el personal, se hace siguiendo un orden de responsabilidades y de políticas de una empresa, representadas por gráficas y organigramas. En seguida se muestra el organigrama para el control de nuestra obra.





Mencionaré a grasomodo las funciones de cada puesto.

Subgerente.- El enlace directo con la gerencia general, tiene a su cargos - varias obras de un mismo tipo generalmente. Su función es primordialmente la de controlar ingresos, egresos, avances y promover nuevas obras. Lleva relaciones con el cliente.

Superintendente.- Supervisa y coordina los recursos para una o más obras; - informa a la Sub-gerencia del estado financiero, económico y técnica de la obra.

Jefe de Obra.- Es el responsable de la planeación, coordinación y ejecución de las demás actividades de producción, controla costos y mano de obra, - - supervisa los programas de utilización de recursos. Coordina la eficiencia de interacción de sus frente.

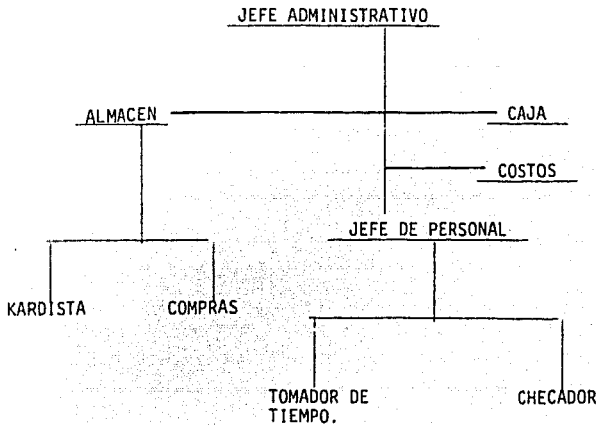
Jefe de Frente.- Interviene en la elaboración del programa de la obra en lo relativo a su frente, programa la utilización de recursos y avances, verifica calidad de trabajo, imparte instrucciones diarias a sobrestantes y supervisa el cumplimiento de ellas, coordina el trabajo de los subcontratistas.

Relaciones con maquinaria y control administrativo.

#### 4.- Organigrama de personal administrativo.

Una buena administración en toda la empresa proporciona un mejor desarrollo en las operaciones. Cualquiera que sea el estado actual de la administración parece evidente que su desarrollo debe fincarse en la comprensión de la jerarquía como estructura de la responsabilidad.

El equipo administrativo que llevará los estados financieros de nuestra -- obra, está representado por el siguiente organigrama:



Una descripción breve de funciones:

Jefe Administrativo.- Supervisa la contabilidad general de la obra, el control del departamento de personal y coordinación de almacén.

Jefe de Almacén.- Supervisión y control del trabajo que se elabora en el almacén de la obra, estará al pendiente de que se surtan las requisiciones de materiales oportunamente, controlará sus máximos y sus mínimos, informando diariamente al Superintendente o Jefe de Obra, formulará los inventarios de almacén físicos, coordinará las compras de contado.

Costos.- Será la persona encargada de recabar toda la información tanto de obra como oficina matriz semanalmente, que genera el costo de la obra, informará, semanalmente al superintendente, jefe de la obra y jefe administrativo el estado en que se encuentran las diferentes cuentas afectadas por los cargos de la semana y elaborará el resúmen de mano de obra semanal.

Kardista.- Recibirá, clasificará y valorizará los vales de salida por concepto de materiales entregados durante el día.

**Jefe de Personal.-** Será el encargado de elaborar las listas de raya, controlar las contrataciones de personal, checando que cumplan con los requisitos de Ley correspondientes.

**Tomador de Tiempo.-** Elaborará las libretas y tarjetas de tiempo, se encargará de pasar el control de asistencias a los tarjetones de impuestos.

**Chegador.-** Registrará la entrada al campo y salida de personal que labora en la obra, verificando que se cumpla con el horario establecido.

**Compras.-** Será la persona encargada de realizar compras de contado con - - proveedores conocidos por la empresa.

SUBGERENCIA NO.		<b>CONSTRUCTORA METRO, S. A.</b> CONTROL DE ESTIMACIONES A EMPRESARIOS MENORES			
LINEA .					
TRAMO .	CAD .	CONCEPTO: EXCAVACION		VOL. DE PROYECTO	
SUBTRAMO	CAD .				

NO. ESTIM.	FECHA	VOL. ESTIMADO A SUBCONTRATISTA			VOL. EST. A COVITUR		VOL. CARGADO A COSTO.	
		PARCIAL	ACUMULADO	SALDO	PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO

METRO <input type="checkbox"/> OBRAS INDUCIDAS <input type="checkbox"/> PERIODO DEL: _____ AL: _____	OBRA: AMPLIACION LINEA DEL METRO TIPO DE OBRA: _____ FRENTE: _____ CLAVE DEL FRENTE: _____	<div style="font-size: 2em; font-weight: bold; letter-spacing: 0.5em;">DF</div> COMISION DE VIALIDAD Y TRANSPORTE URBANO GERENCIA DE OBRA CIVIL
--	---	---

CLAVE	D.C.	CANTIDAD	C O N C E P T O	UNIDAD	OBSERVACIONES

Formato para cobranza de obra ejecutada

_____ COVITUR	_____ CONSTRUCTORA METRO S.A.de C.V.	_____ ECON, S.A.
		MEXICO, D.F A ____ DE ____ 78 HOJA ____ DE ____

3.- ESTACION PIEZOMETRICO Y EL CONTROL DE LAS LECTURAS PARA MEDIR EL --  
ABATIMIENTO.

-----

A continuación se indica la instrumentación o especificación que se instaló en el tramo 4+428.01 al 4+178.01 con el objeto de confirmar ó rectificar el periodo de abatimiento previo del nivel freático en las excavaciones subterráneas.

Piezómetros Neumáticos.- Se utilizaron 4 piezómetros a profundidades variables entre 10 y 15 m. según se indica líneas abajo y cuya distribución en planta se muestra en la figura N°II.8.

Estos piezómetros fueron alojados dentro de perforaciones de 6" de diámetro y embebidos en un filtro de arena bien graduada en la forma que se observa en la figura N°II.9.

Arriba del filtro se coloca un sello de 1.0 m. de espesor constituido por bolas de agua-cemento-bentonita, sobre el cual se coloca nuevamente material de relleno. Los piezómetros se alojan dentro de un ademe metálico o de PVC de 2" de diámetro. Todos los piezómetros deben calibrarse antes de su instalación.

Piezómetros Abiertos.- Se instalaron 2 piezómetros abiertos a las profundidades de 12.50 m, tal como se indica en la figura N°II.9.

Estos piezómetros están alojados dentro de perforaciones de 6" de diámetro y están embebidos en un filtro de arena bien graduada. Arriba del filtro se coloca un sello de 0.50 m. de espesor constituido por bolas de agua-cemento-bentonita, sobre el cual se coloca una lechada de bentonita y sobre éste, -- material de relleno. Los piezómetros se alojan dentro de un ademe de PVC de 2" de diámetro.

Bancos de Nivel Profundos.- Se instalaron 6 bancos de nivel profundos colocados a profundidades variables entre 15.0 y 11.0, como se indica en la figura N°II.8. Los bancos estuvieron constituidos por un tubo de 1" de diámetro y

encamisado con un tubo metálico galvanizado (de los usados para bajada - - pluvial), de 3" de diámetro; los cuales quedan fijos en el fondo de la -- perforación en que se instalen. Ver figura N°II.10.

Los bancos se van recortando cuidadosamente a medida que avance la excavación extremando las precauciones para que no sean dañados por las máquinas de excavación; el terreno que circunda el banco de nivel deberá excavar-se manualmente con pico y pala. Se hace hincapié en que debe tenerse cuidado de no mover el banco durante la excavación.

Bancos de Nivel Superficiales.- Se instalaron 20 bancos de nivel superficiales a cada lado de la excavación del cajón, localizados según se indica en la figura N°II.8. Estos bancos estarán constituidos por estacas, por clavos colocados en el piso señalados con pintura.

Inclinómetro.- Se instalaron un inclinómetro junto al muro en la parte exterior y al centro de un tablero, tal como se indica en la figura N°II.8.

#### FRECUENCIA DE LECTURAS.

a).- Piezómetros.- Según especificaciones, deben leerse diariamente durante una semana antes de iniciar el bombeo, dos veces al día durante el período de bombeo y durante el período de excavación y una vez al día -- durante las siguientes dos semanas posteriores del colado de la losa de piso.

Las lecturas se efectúan con un manómetro calibrado tipo Bourdon ó de mercurio y los resultados obtenidos deberán dibujarse en gráficas-tiempo contra presión del agua.

b).- Bancos de Nivel Profundo y de Nivel Superficial.- La frecuencia de las lecturas fué de una vez por día, durante los diez días anteriores al bombeo y durante el periodo de bombeo, dos lecturas diarias desde el inicio de la excavación hasta el colado de la losa de fondo y una lectura diaria dos semanas después el colado de dicha losa. Las lecturas dibujan en gráficas tiempo vs. movimientos (profundo y superficial)

- d).- Pozos de Bombeo.- En los pozos de bombeo deben tomarse las lecturas - - del nivel dinámico (espejo de agua), con las siguientes frecuencias; -- una vez por día durante el periodo previo al bombeo y dos veces por día desde el inicio de la excavación hasta el final del bombeo.
- e).- Inclínómetro.- Las lecturas de los inclinómetros deben de realizarse en los sentidos X y Y una vez al día. Se grafican profundidad contra desplazamiento.

PIEZOMETROS	TIPO	PROF. INSTALACION (m)*
PN-1	NEUMATICO	15.0
PN-2	NEUMATICO	11.0
PA-3	ABIERTO	12.5
PN-4	NEUMATICO	10.0
PN-5	NEUMATICO	15.0
PA-6	ABIERTO	12.50

BANCOS DE NIVEL

No.	TIPO	PROF. INSTALACION (m)
BP-1	PROFUNDOS	10.0
BP-2	PROFUNDOS	10.0
BP-3	PROFUNDOS	10.0
BP-4	PROFUNDOS	10.0
BP-5	PROFUNDOS	15.0

INCLINOMETRO 20.0m

SONDEO INALTERADO 20.0m

\* Estas profundidades deberán confirmarse en el campo durante la perforación para instalar los piezómetros.



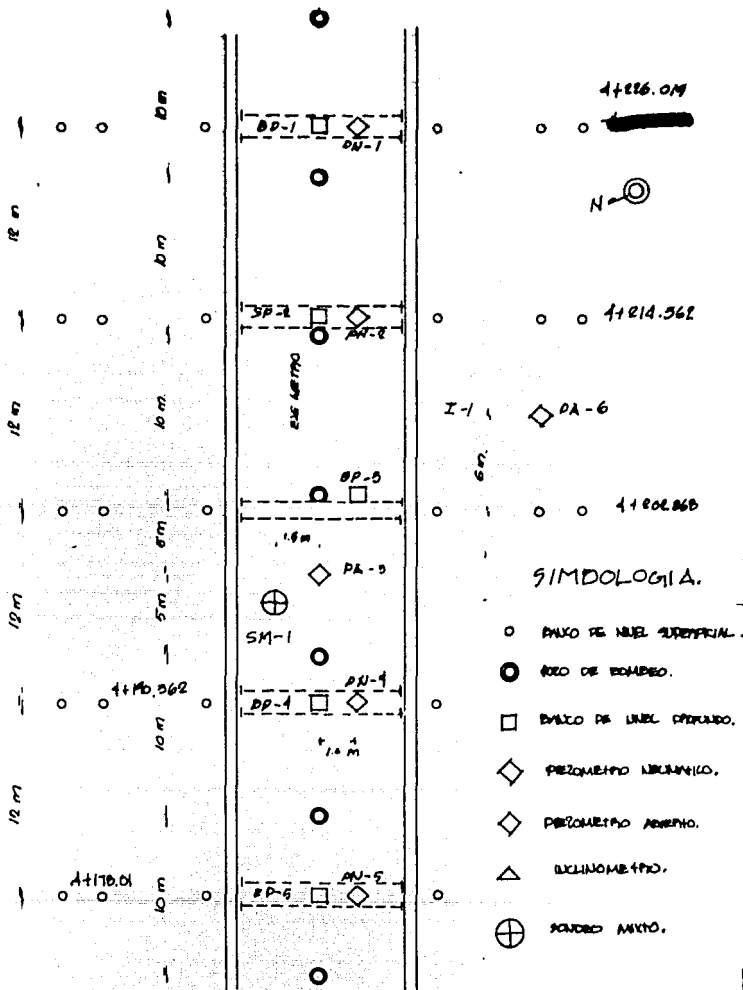


FIGURA II.8.-  
Distribución en planta de la Estación de Control

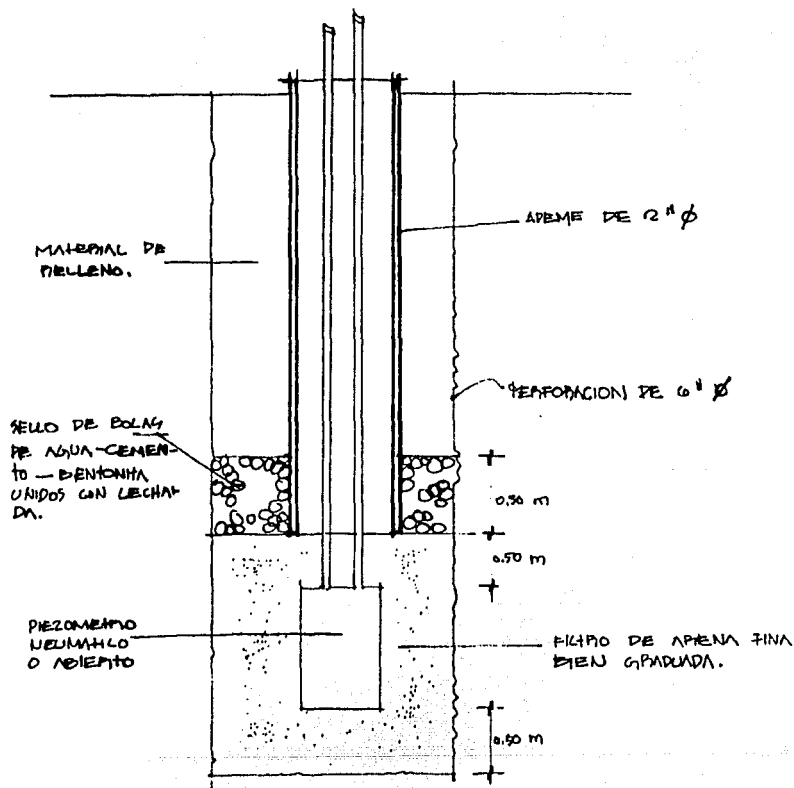
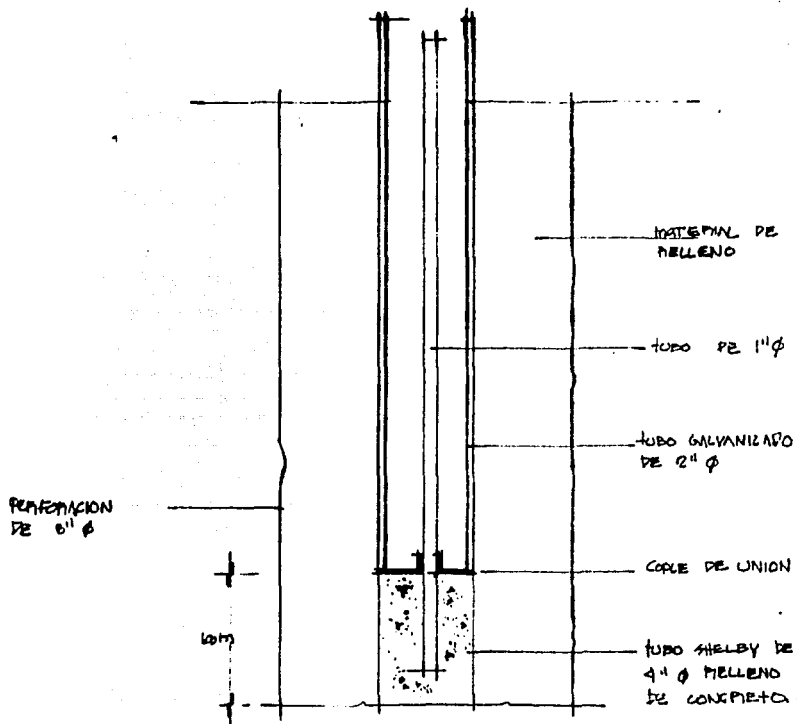


FIGURA II.9.  
CORTE DE PIEZOMETRO NEUMATICO O ABIERTO.



## BANCO DE NIVEL PROFUNDO.

FIGURA II.10.  
CORTE DE BANCO DE NIVEL PROFUNDO .

#### 4.- ESPECIFICACIONES PARA LA INSTALACION Y OPERACION DE UN POZO PUNTA.

---

Para la ejecución de cada pozo deben seguirse los siguientes pasos.

Perforación

Colocación de ademe

Colocación de filtro

Colocación de bombas eyectoras

- 1.- Localización de pozos de bombeo.

Variable en función de la naturaleza del suelo, se indica en el proyecto para cada tramo.

- 2.- Profundidad de los pozos de bombeo.

También variable, en función de la profundidad del cajón.

- 3.- Perforación de pozos de bombeo.

Los pozos tendrán un diámetro de 30 cm. y se perforarán con broca tricónica o broca de dientes. Con cualquiera de las dos herramientas que se use se debe utilizar en el lavado y limpieza de la perforación exclusivamente agua a presión; en ningún caso se empleará en la perforación herramienta que no utilice agua a presión en el lavado; en este caso están los botes de las perforadoras Caldwell y las espirales sólidas.

- 4.- Limpieza de las perforaciones.

Para tener las perforaciones en estado de poder instalar el equipo de bombeo dentro de ellas, deberán estar limpias y libres de azolve. Para la limpieza se emplearán cucharas de percusión para extraer el azolve. Para la limpieza se emplearán cucharas de percusión para extraer el azolve grueso y, después de terminar esta operación, se lavará la operación con agua a presión. Se considerará limpia ésta, hasta que el agua retorne libre de partículas.

Por ningún motivo se instalarán el ademe y el filtro dentro de perforaciones que no se hayan limpiado.

5.- Ademes de los pozos de bombeo.

Antes de ademar la perforación como adelante se explica, será necesario mantenerla llena de agua hasta rebosar, para evitar, que sus paredes se cierren. Los ademes de los pozos de bombeo serán tubos de fierro de 4" ó 6" de diámetro.

6.- Ranurado de los ademes.

Los ademes se ranurarán con el objeto de que el agua por bombear penetre libremente a su interior. Las ranuras serán de 30 cm. de longitud y 3mm. de ancho. El porcentaje de área de filtración del tubo no deberá ser menor de 3% ni mayor de 5% del área perimetral del tubo.

7.- Malla alrededor del ademe.

Para evitar que el filtro pase al interior del ademe, se deberá colocar una malla del # 8 alrededor del ademe. La malla deberá quedar sujeta firmemente al ademe con objeto de que no se vaya a desprender durante las maniobras de instalación y deberá cubrir perfectamente las ranuras.

8.- Filtro.

Entre las paredes del pozo y las del ademe, se colocará un filtro de arena gruesa y grava fina limpias, cuya granulometría esté comprendida los siguientes tamaños : 1.0 cm. para el máximo y 0,25 cm. para el mínimo. El material empleado deberá contener partículas de todos los tamaños intermedios y deberá lavarse y cribarse previamente a sus colocaciones para eliminar todos los materiales finos que contenga y que pueden obstruir el filtro durante su funcionamiento.

9.- Desarrollo del flujo hidráulico.

Con el fin de establecer el flujo hidráulico en el pozo y hacer con - - ello más eficaz el bombeo, después de colocado el ademe y el filtro, se agitará el interior del ademe con una cuchara de percusión.

Si esta operación no resulta suficiente para activar el flujo hidráulico, se arrojará hielo seco al fondo del pozo para que el monóxido de carbono liberado destape los espacios entre partículas que hayan sido bloqueadas.

10. Bombas.

Las bombas que se emplearán serán de pozo profundo del tipo eyector de 1" x 1.25" ó de 1.25" x 1.50", de acuerdo al diámetro del ademe en que se instalen, siendo la primera para el de 4" y la segunda para el de 6"

11. Profundidad de instalación de las bombas.

Profundidad de instalación de las bombas.

Se indicará en cada tramo, aunque usualmente sea del orden de 2 m. - - abajo del nivel de plantilla.

12. Presión de operación de las bombas.

Las bombas se operarán a una presión de 5 Kg/cm<sup>2</sup>, salvo casos particulares que indique la supervisión.

13. Control.

Para el control del abatimiento del NAF, se registrarán en cada turno, - la presión de operación de las bombas, el gasto de extracción, y el nivel dinámico en cada pozo, y con los datos registrados se elaborarán -- gráficas tiempo vs presión de operación, tiempo vs gasto extraído y - - tiempo vs nivel dinámico. Asimismo, en caso de que se instalen en el - tramo piezómetros para registrar el abatimiento del NAF, se tomará una - lectura diaria y con los datos obtenidos se elaborarán gráficas tiempo - vs nivel piezométrico.

14.- Tiempo de bombeo.

Salvo que se indique otro criterio en el caso particular de cada tramo, el bombeo se iniciará 10 días antes de empezar la excavación y se suspenderá en cada pozo después de que se haya colado la losa de piso correspondiente.

15.- Longitud de bombeo.

Salvo casos particulares, la longitud de bombeo fué de 30 m. medida a partir del frente donde se esté construyendo la losa de piso.

## 5.- ESPECIFICACIONES GENERALES DEL ACERO DE REFUERZO.

-----

Las especificaciones de calidad que se estipulan, están comprendidas en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, y consideran los métodos de ensaye aprobados por la Dirección General de Normas (DGN), la American Society Testing of Materials (ASTME) y la American Welding Society (AWS).

Con objeto de llevar a cabo un adecuado control de calidad del acero de refuerzo y presfuerzo, será necesario que un Laboratorio, autorizado por la Supervisión de Obra, efectúe las pruebas de control correspondientes, la cual gozará de plena autorización para exigir el cumplimiento de estas especificaciones; de juzgarlo conveniente, podrá ordenar la realización de ensayos adicionales, rechazo ó aceptación, limpieza y verificación de colocación del acero.

### REQUISITOS DE CALIDAD.-

1.- Procedencia y dimensiones.- Se admitirán varillas de acero de refuerzo obtenidas según lo indican las especificaciones de calidad de la Dirección de Normas.

Se utilizarán en donde los planos lo señalen, varillas de acero grado R-42 ( $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ), varillas de acero grado R-42 ( $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ), varillas de acero grado R-30 ( $f_y = 3000 \text{ kg/cm}^2$ ) y malla de alambre ( $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$ ). El acero de refuerzo, dependiendo de su procedencia, deberá cumplir con las normas siguientes:

PROCEDENCIA	NORMAS
Laminación de lingotes	DGN- B- 6
Laminación de lingotes torcidos en frío.	DGN- B- 294
Relaminación de rieles	DGN- B- 18



PROCEDENCIA	NORMAS
Laminación de materiales de ejes	DGN- B- 32

El alambre de acero estirado en frío para emplearse como tal, o en forma de malla para refuerzo de concreto, en diámetro no menores de 2 mm. ni mayores de 16 mm., deberá cumplir con los requisitos de la norma DGN-B-290. Las -- mallas de este material unidas con soldadura eléctrica deberán cumplir con la norma DGN-B-253 .

Las variaciones permisibles en peso unitario, en todos los tipos de varillas, serán las siguientes:

TABLA DE VARIACIONES PERMISIBLES EN LOS PESOS UNITARIOS.

CONCEPTO	LOTES, EN MAS O EN MENOS, EN PORCENTAJE	VARILLAS INDIVIDUALES EN MENOS EN PORCENTAJE.
Varillas corrugadas:		
Todos tamaños	3.5	6

Los pesos unitarios requeridos para cada diámetro de varilla serán señalados -- por las normas mencionadas anteriormente.

El área de cada muestra se calculará dividiendo el peso unitario por metro li-- neal de cada muestra, entre la densidad del acero, de 7.84 Ton/m<sup>3</sup>

CONTROL DE CALIDAD.-

- 1.- Acero de refuerzo.- Para determinar las propiedades y características del - acero de refuerzo, se emplearán los siguientes métodos:

PRUEBA	D. G. N.	ASTM
a).- Para varillas corrugadas para refuerzo de concreto.		
Determinación del peso - - unitario y el área transversal.	B-434	-
Determinación de requisitos a la tensión:	B-172	A-370
Resistencia mínima a la -- tensión, en kg/mm2.		A-615
Límite de fluencia mínimo, en kg/mm2.		A-616
Alargamiento mínimo, en -- porcentaje.		E-8
Determinación de requisitos de doblado.	B-172	A-370
Determinación de las características de las corrugaciones.	B-291	A-305
b).- Para malla soldada de alambre de acero, para refuerzo de concreto.	B-290	A-185
Determinación del peso - - unitario y área transversal.	B-434	-
Determinación de requisitos a la tensión:	B-172	A-370
Resistencia mínima a la -- tensión, en kg/mm2.		A-82 T
Reducción mínima de área - en porcentaje.	-	-
Determinación de requisitos de doblado.	B-172	A-82 T
Ensayos de tensión y corriente en la soldadura.	B-290	A-185

2.- Tolerancias.-

- a).- En colocación del refuerzo en losas y zapatas, 0.2 cm. verticalmente--- y 2.5 cm. horizontalmente, respetando el número de varillas por metro.- En colocación del refuerzo con los demás elementos, 0.5 cm.
- b).- En longitudes de bastones, corte de varillas, tralapes y dimensiones -- de ganchos, menos 1.0 cm.
- c).- En área transversal del acero de refuerzo, menos 4%
- d).- Si el esfuerzo de fluencia ( $F_y$ ), de un espécimen resulta mayor ó igual- que el mínimo especificado para ese grado en la norma DGN correspondien- te, y si además, cumple con los otros requisitos de la Norma, se podrá- usar el lote representativo por el espécimen. En caso contrario se - - rechazará.

3.- Soldadura.-

- a).- Requisitos.- La Supervisión de la Obra designará a la Supervisión Técni- ca para la aprobación de soldadores y deberán efectuarse un mñimo de - tres pruebas de tensión en varillas de diferentes diámetros a cada sol- dador antes de aceptarlo, debiendo ser las 3 pruebas satisfactorias, o- sea, resistencias mayores o iguales a las varillas de que se trata. Los trabajos deberán sujetarse a las normas de la AWS y de la SAHOP. Durante la ejecución se muestreará hasta un 5% de las varillas soldadas debiendo reforzarse adecuadamente por medio de soldadura o traslape la- zona donde se obtuvo la muestra. Si los resultados de ensaye no son -- satisfactorios la Supervisión de Obra podrá rechazar al soldador.
- b).- Calificación del soldador.- Las pruebas serán congruentes con el traba- jo por realizar tomando en cuenta las uniones especificadas en planos. Las pruebas consistirán básicamente en:  
Pruebas para soldaduras de ranura:
  - ).- Pruebas de tensión.
  - ).- Pruebas de doblado en la base.

).- Pruebas de doblado en la cara.

).- Prueba de doblado lateral.

Prueba para soldaduras de pilote:

Prueba de sanidad para soldadura de filete.

Las pruebas de doblado deberán hacerse con el dispositivo especial para pruebas de doblado guiado; después de doblar a la probeta - - ésta no deberá mostrar ninguna grieta u otro defecto de abertura - que exceda de 3.2 mm. medido en cualquier dirección.

El exámen de la sección atacada químicamente debe satisfacer las - especificaciones de los "Procedimientos estándar de Calificación"- (AWS.-B-3.0); así mismo, la preparación del material base, el tipo de electrodo, su inclinación, la posición de placas de pruebas - - para soldaduras planas, horizontales, verticales y sobrecabeza.

c).- Control Radiográfico.- La soldadura de campo será controlada me--- diante el exámen de radiografías o gammagrafías de las uniones sol- dadas, cuando sea solicitado por la Supervisión de Obra.

#### FRECUENCIA DE PRUEBAS

Durante la construcción de las diferentes obras, se realizarán prue- has de calidad cada vez que lo solicite la Supervisión de Obras, -- pero con una frecuencia no menor a la señalada.

---

PRUEBA

FRECUENCIA, CADA

---

1.- Para varillas de refuerzo de concreto.

Determinación del peso unitario y área transversal.

\*

PRUEBA	FRECUENCIA, CADA
Determinación de requisitos a la tensión; Carga máxima a la tensión, en - Kg/mm <sup>2</sup> .	*
Alargamiento mínimo en porcentaje.	
Determinación de las características - de las corrugaciones.	**
Determinación de los requisitos de doblado	*
2.- Para malla soldada de alambre de acero, - para refuerzo de concreto.	
Determinación del peso unitario y área - transversal.	***
Determinación de requisitos a la tensión: Resistencia mínima a la tensión en kg/mm <sup>2</sup> Límite de fluencia mínimo, kg/mm <sup>2</sup> .	***
Reducción mínima de área, en porcentaje.	
Determinación de requisitos de doblado.	***
Ensayes de tensión y cortante en la soldura.	****
* Una prueba de cada lote de 10 Ton. ó fracción, por cada uno de los -- diferentes diámetros, por cada uno de los fabricantes y por cada tipo de acero.	
Se permitirá efectuar un nuevo ensaye si el porcentaje de alargamiento de algún espécimen sometido a la prueba de tensión es menor que el requerido y además, alguna parte de la fractura queda fuera del tercio medio de la longitud de medición indicada por las marcas hechas - con punzón sobre el espécimen.	
** Se harán mediciones en puntos seleccionados de una varilla por cada - 10 Ton ó fracción, de varillas que tengan el mismo tipo de corrugación contenidas en un lote; el término lote se refiere, en este caso,	

a todas las varillas del mismo peso unitario nominal que forman una - -  
remesa.

\*\*\* Una prueba para verificar que se cumpla lo indicado para cada 8,000 m<sup>2</sup>-  
de malla ó fracción, por cada uno de los diferentes tipos con alambres,  
y por cada uno de los fabricantes.

\*\*\*Se deberá probar un espécimen por cada 30,000 m<sup>2</sup> de malla ó fracción, -  
para cada uno de los diferentes tipos con alambres, y por cada uno de -  
los fabricantes.

Soldadura en malla.- Los especímenes para determinar propiedades de sol-  
dadura al cortante se obtendrán cortando de la malla terminada una - -  
sección que incluya un alambre transversal y que abarque todo el ancho -  
de la hoja ó rodillo. De este espécimen deben seleccionarse al azar 4 -  
soldaduras para ensaye.

**ECON****LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

VERIFICACION DE CALIDAD DE ACERO DE REFUERZO



CONTRATISTA: <b>COMETRO</b>				LINEA: <b>5 ORIENTE DEL METRO</b>				MUESTREADAS EN:						
TRAMO: <b>HANGRES-AEROPUERTO</b>				FRENTE: <b>PUERTO AEREO INTER.</b>				IDENTIFICACION: <b>SICARTSA REMISION 20964</b>						
FECHA MUESTREO		29 mayo		19 79		FECHA ENSAYE		5 junio		1979		TONS. 31.660		
No. DE MUESTRA	DIAMETRO NOMINAL	MARCA Y GRADO	PESO Kg/m.	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA L. E. Kg.	CARGA MAXIMA Kg	ESFUERZO L. E. Kg/cm <sup>2</sup>	ESFUERZO MAX. Kg/cm <sup>2</sup>	ALARGA- MIENTO %	DOBLADO	CORRUGACIONES			
											SEPARACION mm	ALTURA mm	ANCHO COSTILLA mm	INCLINACION GRADOS
422	12.7	S-42	0.96U	1.22	5400	8400	4251	6614	15.5	PASA	8.9	0.9	1.8	54
ESPECIFICACION			0.960 <sub>min.</sub>	min.			4200 <sub>min.</sub>	6300 <sub>min.</sub>	9.0 <sub>min.</sub>		8.9 máx.	0.5 <sub>min.</sub>	5.0 máx.	45
423	12.7	S-42	0.972	1.24	5600	8900	4409	7007	14.5	PASA	8.9	0.9	1.8	54
ESPECIFICACION			0.96 <sub>min.</sub>	min.			4200 <sub>min.</sub>	6300 <sub>min.</sub>	9.0 <sub>min.</sub>		8.9 máx.	0.5 <sub>min.</sub>	5.0 máx.	45
424	12.7	S-42	0.966	1.23	5500	8800	4330	6929	14.5	PASA	8.9	1.0	2.0	54
ESPECIFICACION			0.96 <sub>min.</sub>	min.			4200 <sub>min.</sub>	6300 <sub>min.</sub>	9.0 <sub>min.</sub>		8.9 máx.	0.5 <sub>min.</sub>	5.0 máx.	45
ESPECIFICACION			min.	min.			min.	min.	min.		máx.	min.	máx.	
ESPECIFICACION			min.	min.			min.	min.	min.		máx.	min.	máx.	
ESPECIFICACION			min.	min.			min.	min.	min.		máx.	min.	máx.	
ESPECIFICACION			min.	min.			min.	min.	min.		máx.	min.	máx.	

OBSERVACIONES :  
**LAS PROBETAS PASAN ESPECIFICACIONES.**

REVISO: 	ENTERADO: 	ENTERADO:
ECON	CONTRATISTA	COVITUR
FECHA	6 junio	19 79
NUMERO DE INFORME		TH-0410

6.- ESPECIFICACIONES GENERALES PARA EL TORON EN CONCRETO PREESFORZADO

a).- PROPIEDADES MECANICAS.-

- 1.- Carga de ruptura.- Los torones terminados relevados de esfuerzos, -  
deben cumplir con los requisitos de resistencia a la ruptura indica  
dos en la Tabla I:

Requisitos de Resistencia

Tamaño Nominal	Diámetro hominal del torón en mm.	Resistencia a la ruptura del torón, mínima KG.	Area nominal de acero del torón mm <sup>2</sup> .	Peso nominal - aproximado -- del torón Kg/m
----------------	-----------------------------------	--	---	---

Grado 176

1/4	6.3	4080	23.23	0.182
5/16	7.9	6580	37.42	0.293
3/8	9.5	9070	51.61	0.405
7/16	11.1	12250	69.68	0.456
1/2	12.7	16330	92.90	0.729

Grado 190

3/8	9.5	10430	54.84	0.432
7/16	11.1	14060	74.19	0.580
1/2	12.7	18730	98.71	0.774



2.- Resistencia de fluencia.- La carga mínima en el límite de fluencia - para todos los torones, determinada por el método de deformación - especificada bajo carga y considerando una deformación del 1.0% no - debe ser menor del 85% de la resistencia de ruptura mínima especificada en tabla II.

La deformación unitaria bajo carga, debe determinarse con un extensómetro calibrado, cuya sensibilidad no sea menor de 0.0001.

La carga inicial indicada en la tabla II se debe aplicar al espécimen, y en ese momento, se fija el extensómetro ajustándolo a una lectura - de 0.001 cm. para cada cm. de longitud calibrada. Después la carga - se incrementa hasta el extensómetro indique una deformación unitaria - de 0.01. La carga para esta deformación, se registra y debe cumplir - con los requisitos estipulados en la tabla II.

TABLA II

Requisitos de resistencia de fluencia

Tamaño Nominal	Diámetro nominal del cable mm	Carga inicial en Kg.	Carga mínima para alargamiento del 1%, en Kg.
----------------	-------------------------------	----------------------	---

Grado 176

1/4	6.3	408	3470
5/16	7.9	658	5579
3/8	9.5	907	7709
7/16	11.1	1225	10433
1/2	12.7	1633	13880

Grado 190

---

3/8	9.5	1043	8867
7/16	11.1	1406	11952
1/2	12.7	1873	15921

---

3.- Requisitos de alargamiento.- El alargamiento total del torón bajo carga -- debe ser como mínimo de 3.5% y se debe medir en una longitud calibrada -- mínima de 610 mm. El alargamiento se determina por medio de un extensómetro que se coloca sobre el espécimen después de haberle aplicado una carga inicial. La carga inicial debe ser igual al 10% de la resistencia de ruptura mínima requerida, como se indicó en la Tabla II. Cuando se alcance un alargamiento de 1.0%, puede removerse el extensómetro y continuar cargando hasta la falla.

El valor del alargamiento se determina entonces, por el incremento de la longitud entre las mordazas, al cual debe adicionársele el valor de 1% -- determinado en el extensómetro.

b).-CONTROL DE CALIDAD.

1.- Muestreo.- Se debe tomar un espécimen de cada carrete de torón terminado.

Los especímenes de prueba se deben cortar de la parte exterior de los -- carretes o en cualquiera de los extremos de los rollos de torón. Cualquier espécimen en el que se encuentre una junta de alambre, se debe descartar -- y obtener un nuevo espécimen.

2.- Métodos de prueba.- Para verificar que el material suministrado cumple los requisitos especificados, deben seguirse los métodos de prueba indicados -- en la Norma Oficial Mexicana DGN-B-172, en vigor.

En la prueba de tensión los extremos de los especímenes deben sujetarse -- con mordazas que no permitan el deslizamiento o con otros métodos adecuados de anclaje.

Si cualquier muestra se fractura dentro de las mordazas o sujetadores de la máquina de prueba, los valores resultantes que sean inferiores a los límites especificados de resistencia a la ruptura, resistencia de fluencia o alargamiento, deben considerarse nulos y realizar un remuestreo.

3.- Rechazo.- En caso de que el torón no cumpla con alguno de los requisitos especificados anteriormente, se deben hacer dos pruebas adicionales, con muestras tomadas del mismo carrete o rollo; si ocurre una falla en cualquiera de estas dos nuevas pruebas, se debe rechazar el carrete.

7.- ESPECIFICACIONES GENERALES DEL CONCRETO.

Las normas de calidad del concreto que a continuación se describen, -- están comprendidas en su totalidad en las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcción para el Distrito Federal, y consideraran los métodos de ensaye aprobados por la Dirección General de Normas -- (D G N), y la American Society Testing and Materials (ASTM); en todo --- lo referente a las normas de calidad de los materiales componentes, de -- elaboración, transporte, colocación, acabado y curado. Por tal motivo -- transcribiré solamente las características más particulares, como compo-- sición química, física, sanidad y almacenamiento.

Del concreto, revenimientos usados, muestreo y criterios de control de -- calidad.

C E M E N T O

El cemento empleado será Portland Tipo I ó III, y debe cumplir con la -- Norma Mexicana DGN-C-1-1976. Debe cumplir además con los siguientes requi-- sitos:

a).- Requisitos Químicos.- Según la Norma DGN-C-131-1976, vigente:

COMPUESTOS Y CARACTERISTICAS	T I P O	
	I	II
Oxido de Magnesio, (MgO) máx %	5.0	5.0
Anhídrido Sulfúrico, (SO <sub>3</sub> ), máx. %		
Cuando (3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) es 8% ó menor	3.0	3.5

COMPUESTOS Y CARACTERISTICAS	T I P O	
	I	II

Cuando $(3CaO.Al_2O_3)$ es mayor de 8%	3.5	4.5
Pérdida de calcinación, máximo %	3.0	3.0
Residuo insoluble, máximo %	0.75	0.75
Aluminato Tricálcico $(3CaO.Al_2O_3)$ máx. %		15

b.- Requisitos Físicos.-

Finura, superficie específica,  $cm^2/g$ . 2800 -----  
 (método de permeabilidad al aire, min)

Sanidad, (prueba de Autoclave)

Expansión máxima en % 0.80 0.80

Tiempo de fraguado, método Vicat:

Fraguado inicial en mins. no menos de 45 45

Fraguado final en horas, no más de 8 8

Resistencia a la compresión,  $kg/cm^2$  en cubos de mortero 1:2.75 en peso (arena-graduada estándar), relación agua / cemento constante 0.485

Valores mínimos:

A las 24 Horas. ----- 130

A los 3 días 130 250

A los 7 días 200 -----

A los 28 días -----

c).- Almacenamiento.- Se hacen recomendaciones especiales en cuanto a la ventilación. Tratando de evitar la absorción de humedad. En cuanto --

a los silos se recomienda limpiarlos periódicamente para evitar la - -  
formación de costras de cemento en las paredes del mismo. En cuanto -  
a la estibación del cemento en sacos para periodos menores de 60 días,  
se debe evitar superponer más de 14 sacos y para periodos mayores no -  
más de 7 sacos. El lugar del almacén será autorizado por la Supervi--  
sión.

d):- Control del Cemento.- Las marcas a emplearse deben ser de calidad - --  
reconocida y no se permite mezclar dos marcas diferentes para elaborar  
un mismo concreto.

#### A G U A

La utilizada que se utilice en la fabricación del concreto deberá ser-  
limpia y libre de cantidades perjudiciales de ácidos, álcalis, sales,-  
materia orgánica y demás sustancias que pueden ser nocivas. Los lími-  
tes se indican en la tabla siguiente:

Sulfatos (SO <sub>4</sub> ), máximo en ppm	300
Cloruros (como Cl <sup>-</sup> ), máximo en ppm	300
Magnesio (como MgO), máximo en ppm	150
Materia orgánica (oxígeno consumido- en medio ácido), máximo, en ppm	10
Sólidos totales en solución, máximo en ppm	1500
PH no menor de	7

Cuando exista duda en emplear un tipo determinado de agua sobre la cual-  
se dude de su calidad, se harán 2 mezclas comparativas de mortero. Una-  
usando el agua en estudio y otra con agua destilada. Se considerará que  
el agua en estudio es aceptada cuando sus especímenes produzcan a 7 y 28  
días, resistencias a compresión, mayores del 90% de las correspondientes  
a los especímenes elaborados con la mezcla testigo, y los tiempos de - -  
fraguado inicial y final, no difieran en  $\pm$  60 mints.

### A G R E G A D O S

Deberán estar limpios y libres de contaminaciones nocivas. En general - - deben cumplir con los siguientes requisitos:

a).- ARENA.- Debe cumplir con la siguiente granulometría:

MALLA	AGREGADO FINO QUE - PASA, EN PORCENTAJE.
9.51 mm. (3/8 pulg.)	100
4.76 mm. (No. 4)	95 a 100
2.38 mm. (No. 8)	80 a 100
1.19 mm. (No.16)	50 a 85
595 (No.30)	25 a 60
297 (No.50)	10 a 30
149 (No.100)	2 a 10

Los porcentajes señalados serán tomados en la dosificadora, en caso de faltar algún tamaño, se le agregarán los tamaños necesarios. El módulo de finura estará comprendido entre 2.3 y 3.1. La arena no tendrá más de 45% retenido entre 2 mallas consecutivas, de las indicadas anteriormente.

Los límites de otros requisitos de calidad, en agregado fino para concreto, serán los siguientes :

MATERIAL	Máximo en Porcentaje del peso total de la muestra.
Partículas desmenuzables	1.0
Material que pasa la malla- No. 200 (74 u):	5.0
Carbón y Lignito	1.0
Pérdida por Sanidad al Sulfato de sodio.	10.0

El peso específico de la arena (para muestra seca), deberá ser mayor ó igual a 2.3 y una absorción máxima de 6.0 %.

b).- GRAVA.-

1.- Tamaño máximo del agregado.- El tamaño nominal máximo será menor que - un quinto que la menor distancia horizontal entre caras de los moldes, un tercio del espesor de las losas, dos tercios de la separación horizontal libre mínima entre barras, paquetes de barras, o tensores de -- pre-esfuerzo, pero en ningún caso mayor de 40 mm (1.5").

Otros requisitos de calidad, cuyos límites máximos abajo se indican:

MATERIAL	PORCENTAJE MAXIMO DEL PESO TOTAL DE LA MUESTRA.
Partículas desmenuzables	0.25
Partículas suaves	5.0
Material que pasa la malla No. 200 (74 u)	1.0
Carbón y Lignito	1.0

Además, deberá cumplir con los siguientes requisitos de sanidad y abrasión:

CONCEPTO	GRAVA NATURAL, TRITURADA - O PIEDRA TRITURADA
----------	---

Sanidad, pérdida máxima en cinco ciclos,- peso, en porcentaje:

Sulfato de Sodio	12
Sulfato de Magnesio	18

Abrasión, pérdida máxima, peso en porcentaje

	50
--	----

El peso específico de la grava (para muestra seca), deberá ser mayor o igual a 2.3, con una absorción máxima de 6%.

2.- Almacenamiento.- Se recomienda no colocar agregado directamente en el - terreno natural, sino construir una plantilla de concreto pobre o grava -



compactada. Evitar la combinación de tamaños diferentes, separándolos en forma efectiva.

Cuando los agregados se almacenen en montones se evitará depositarlos a - volteo, sino colocarlo en capas horizontales o suavemente inclinados.

C O N C R E T O

a).- Muestreo de concreto fresco.- Las muestras que han de realizarse, se sujetarán a los procedimientos de muestreo de la Norma DGN-C-161, -- C-160, en las cuales se describe el procedimiento para obtener muestras representativas del concreto fresco tal y como se descarga en - la obra, sobre las que se realizarán pruebas para determinar si cumplen con los requisitos de calidad de las especificaciones del con- creto; además de tener en consideración las siguientes recomendacio- nes:

- 1.- El tiempo que transcurra entre la obtención de la primera y de la -- última porción de las muestras compuestas deberá ser tan corto como sea posible, y en ningún caso deberá excederse de 15 min.
- 2.- Las mezclas individuales se transportarán al lugar donde vayan a - - realizarse las pruebas sobre concreto fresco, o donde se moldeen los especímenes de prueba; después, deberán combinarse y remezclarse con una pala lo necesario para asegurar uniformidad.
- 3.- Las pruebas de revenimiento, de contenido de aire, o ambas, deberán iniciarse dentro de los primeros 5 min. después de completar el mues- treo. Luego, deberán completarse tan rápidamente como sea posible. El moldeado de especímenes para pruebas de resistencia tendrá que - comenzarse dentro de los primeros 15 min. después de que se haya fa- bricado la muestra. Deberá contarse con resultados apropiados para- almacenarlas.

b).- Pruebas de Calidad.- Los métodos de prueba, para determinarla, serán:

PRUEBA	DGN	ASTM
Revenimiento de concreto hecho - con cemento Portland	C-156	C-143
Peso volumétrico, rendimiento - y contenido de aire (gravimétrico) del concreto.		C-138
Contenido de aire en concreto - - fresco, por el método de presión .	C-157	C-231
Contenido del aire, el peso uni--- tario y el rendimiento del concreto.	C-162	
Tiempo de fraguado de mezclas de - concreto, por medio de resistencia a la penetración.	C-166	C-403

PRUEBA	DGN	ASTM
Sangrado de concreto		C-232
Resistencia a compresión de - cilindros moldeados de concreto.	C-83	C- 39
Resistencia a la flexión del -- concreto.	C-74	C- 78
Resistencia de especímenes, - - cilindros de concreto a tensión indirecta.	C-163	C-496
Cambio de longitud de concreto.	C-172	C-157
Módulo de Elasticidad estática y relación de Poisson, en compre- sión de especímenes cilíndricos- de concreto.	C-173	C-469

c).- Frecuencia de Pruebas.- Debido a que el concreto empleado en la obra tiene diferentes resistencias de proyecto, revenimientos, tamaño máximo de agregado y diferentes procedencias por lo que respecta a su fabricación, se realizarán determinaciones de la calidad del concreto, mediante los ensayos correspondientes, cada vez que la Supervisión lo solicite, pero con una frecuencia no menor a la señalada a continuación:

PRUEBA	FRECUENCIA, CADA
Consistencia de las mezclas mediante la prueba de revenimiento	5 m3
Resistencia a la compresión. Los primeros 5000 m3 para cada tipo y -- fuente de abastecimiento:	
Una muestra de 2 cilindros por	20 m3 ó fracción
Una muestra de 4 cilindros por	40 m3 ó fracción
-Después de 5000 m3 para cada tipo y <u>fuen</u> te de abastecimiento.	
Una muestra de 2 cilindros por	40 m3 ó fracción
Una muestra de 4 cilindros por	80 m3 ó fracción
Peso volumétrico, rendimiento y contenido de aire (gravimétrico) del concreto.	*
Tiempo de fraguado de mezclas de concreto.	*
Sangrado de concreto	*
Resistencia a la flexión del concreto.	*
Cambio de longitud del concreto	*
Módulo de Elasticidad estático y relación - de Poisson, del concreto.	*

Las pruebas señaladas con \*, se realizarán con la frecuencia que juzgue con  
veniente la Supervisión de Obra.

CRITERIOS DE CALIDAD.-

Todo el concreto que se emplee en la construcción del cajón del Metro - - deberá cumplir con los requisitos especificados, en las Normas Técnicas - Complementarias del Reglamento de Construcción del Distrito Federal, las cuales nos indican lo siguiente:

a).- Resistencia a la compresión.-

- 1.- Se admitirá que las características de resistencia del concreto - - correspondiente a un día de colado cumplen con la resistencia especi- ficada,  $f'c$ , si ninguna pareja de cilindros da una resistencia media inferior a  $f'c = 50 \text{ kg/cm}^2$ , y, además, si los promedios de resisten- cia de todos los conjuntos de tres parejas consecutivas de ese día - no son menores que  $f'c = 17 \text{ kg/cm}^2$ .
- 2.- Los materiales de concreto deberán proporcionarse para una resisten- cia,  $fcr$ , mayor que la especificada  $f'c$ ; para tal fin, dependiendo - de la desviación estándar ( $\sigma$ ) que logre el proveedor al elaborar - su concreto  $f'c$ , de acuerdo con la siguiente expresión:

$$fcr = f'c + 0.85 \sigma$$

ó

$$fcr = f'c + 2.33 \sigma - 50$$

Donde:  $fcr$  = Resistencia promedio  $\bar{X}$  que debe utilizarse como base para elegir las proporciones del concreto, en  $\text{kg/cm}^2$ .

$f'c$  = Resistencia especificada según planos.

$\sigma$  = Desviación estándar de las pruebas de resistencia a compresión del concreto, en  $\text{kg/cm}^2$ . Su valor se determinará a partir de antecedentes de no menos de 30 parejas de cilindros que representen un concreto cuya resistencia no difiera en más de  $70 \text{ kg/cm}^2$  de la especificada para el - trabajo propuesto, y fabricado con materiales, procedimientos y control similares a las del trabajo en cuestión. Si no se cuenta con tales an- tecedentes, la desviación estándar podrá tomarse de la siguiente tabla:

DESVIACION ESTANDAR DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO  
EN KG/CM2.

PROCEDIMIENTO DE FABRICACION	f'c 200	200 f'c 300
Mezclado mecánico, proporcionamiento por peso, corrección por humedad y absorción de los agregados. Agregados de una misma fuente y de calidad controlada.	30	35
Mezclado mecánico, proporcionamiento en peso.	35	45
Mezclado mecánico proporcionamiento por volúmen; volúmenes cuidadosamente controlados.	60	70

b).- Curado.- La Supervisión de Obra, puede solicitar pruebas de resistencia de muestras curadas en condiciones de campo, de acuerdo con el -- "Método de Fabricación y Curado en Campo de Muestras de Concreto para Pruebas de Flexión y Compresión".

(ASTM C-31), a fin de comprobar el curado y la protección del concreto en la estructura. Para que el concreto sea aceptable, tales muestras deben moldearse al mismo tiempo y provenir del mismo volúmen de concreto que las muestras curadas en el laboratorio. Cuando la resistencia de los cilindros curados en campo, a la edad de prueba designada para medir f'c, sea menor de 85% de la de los cilindros correspondientes curados en el laboratorio deberán de mejorarse los procedimientos de protección y curado del concreto.

Cuando las resistencias de los cilindros curados en el laboratorio -- sean claramente mayores que f'c, las resistencias de los cilindros curados en el campo no necesitan exceder de f'c, en más de 35 kg/cm2, - aún no se cumpla el criterio del 85%.

c).- Pruebas de corazones.- Si las pruebas individuales de muestras curadas en el laboratorio producen resistencias inferiores en más de - 50 kg/cm<sup>2</sup> a f'c, o si las pruebas de los cilindros curados en el - campo indican deficiencias de protección y curado, deben tomarse medidas para asegurar que la capacidad de carga de la estructura no -- quede comprometida. Si se confirma que el concreto es de baja resistencia, y los cálculos indican que la capacidad de carga se ha reducido significativamente, se puede requerir la prueba de corazones -- extraídos de la zona en duda, de acuerdo con el "Método de Obtención y Prueba de Corazones de Concreto Extraídos con Broca y de Vigas Ase rradas de Concreto" (ASTM-C-42). Deben tomarse tres corazones por - cada resultado de prueba de cilindros que esté por debajo de f'c en más de 50 kg/cm<sup>2</sup>.

Si el concreto de la estructura va a estar seco durante las condiciones de servicio, los corazones deben secarse al aire ( temperatura - entre 15 y 30°C; humedad relativa menor de 60%), durante 7 días antes de la prueba, y deben probarse secos, si el concreto de la estructura va a estar más que superficialmente húmedo durante las condicio-- nes de servicio, los corazones deben sumergirse en agua por lo menos durante 48 horas y probarse húmedos.

d).- Pruebas de carga.- El concreto de la zona representada por los corazones se considera estructuralmente adecuado si el promedio de los - tres corazones es por lo menos igual al 80% de f'c, y ningún corazón tiene una resistencia menor del 70% de f'c, (Para comprobar la Preci-- sión de la prueba se pueden volver a probar los lugares que represen-- ten las resistencias dudosas de los corazones). Si estos criterios-- de aceptación de la resistencia no se cumplen mediante las pruebas - de corazones, y si las condiciones estructurales permanecen en duda, la Dirección de la Obra, podrá ordenar que se hagan pruebas de carga,

como se expone en el Capítulo LVI, Artículo 360, del R.C.D.F., para la parte dudosa de la estructura, o tomar otra decisión adecuada a las circunstancias.

e).- Clasificación del Muestreo.- Para la evaluación de las resistencias a la compresión en muestras de concreto, se aceptará como máximo -- coeficiente de variación 5.0%.

**ECON**

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
CONTROL DE CONCRETO FRESCO Y VERIFICACION DE OBRA**

E - SUP - 8



CONTRATISTA :				LINEA :				DATOS DE PROYECTO					
TRAMO:				FRENTE:				f'c:	Kg/m <sup>2</sup>	$\frac{N}{R}$	REV:	cm	T.M.:
FECHA				19		COLADO DE :				HOJA Nº			
Núm. Camión	Remisión	Proveedor	H O R A				Rev. Cm.	Vol. m <sup>3</sup>	Núm. Muestra	LOCALIZACION	VERIFICACION		
			Salida	Llegada	Inicia	Termina							
											Eje		
											Niveles		
											Altura		
											Peralte		
											Separación entre elementos		
											Juntas metálicas		
											Bentonita (Laboratoric)		
											Refuerzo estructural		
											Protecc var poliestireno		
											Rechubimientos		
											Vibradores		
											Cimbra		
											Picado juntas		
											Limpieza		
											Acabado		
											Acabado		
											Lonas		
Volumen Calculado			m <sup>3</sup>		Volumen total colocado			m <sup>3</sup>		Personal contratista		Equipo contratado	
<b>OBSERVACIONES</b>													
NOMBRE Y FIRMA DEL MUESTREADOR				NOMBRE Y FIRMA SUPERVISOR				ENTERADO POR EL CONTRATISTA		ENTERADO POR COVITUR			
_____				_____				_____		_____			



## 8.- ESPECIFICACIONES PARA LA IMPERMEABILIZACION DE LA LOSA SUPERIOR DEL CAJON.

-----

Para impermeabilizar la losa superior en la zona del cajón del Metro, se deberá observar el proceso que se indica a continuación.

### 1.- Preparación de la losa.-

Se barrerá la superficie de la losa superior hasta dejarla libre de polvo o cualquier otra materia extraña a la impermeabilización y no deberán existir humedades en ella.

### 2.- Imprimación.-

Se aplicará sobre la superficie de la losa una emulsión asfáltica (primer) diluida en agua en proporción 1:1 y cuya aplicación podrá ser con brocha, cepillo o equipo mecánico; el rendimiento será de 4.00 m<sup>2</sup> por litro.

Será necesario dejar secar completamente el material de imprimación antes de continuar con la impermeabilización. El tiempo de secado oscila entre 6 y 24 horas dependiendo del producto a utilizar.

### 3.- Impermeabilización.-

La impermeabilización podrá ser en caliente o en frío según lo que se expone a continuación:

#### a).- Aplicación en Caliente.

Se aplicará un riego de asfalto oxidado de alta penetración que reúna las características siguientes:

	1 Min.	Máx.
Punto de ablandamiento R y B ASTM D-36 en C	85	95
Temperatura de aplicación	195°C	215°C

Esta aplicación será en caliente y con un rendimiento de 1.5 kg/m<sup>2</sup>.

El asfalto a utilizar no se sobrecalentará de las temperaturas de aplicación.

b).- Aplicación en frío.

Se aplicará una emulsión asfáltica coloidal, con rellenos minerales y fibras clasificadas de asbesto, que deberán tener las siguientes propiedades:

	Min.	Máx.
Penetración con cono - ASTM D-217-52-T		
50 gm 5 seg. 25°C	310	330
Sólidos, % en peso	45	55

Su aplicación será, directamente del envase extendiéndolo con un cepillo de raíz, con un rendimiento de 2 a 2.5 lts. por m2.

## 9.- ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA RECONSTRUCCION DE PAVIMENTOS.

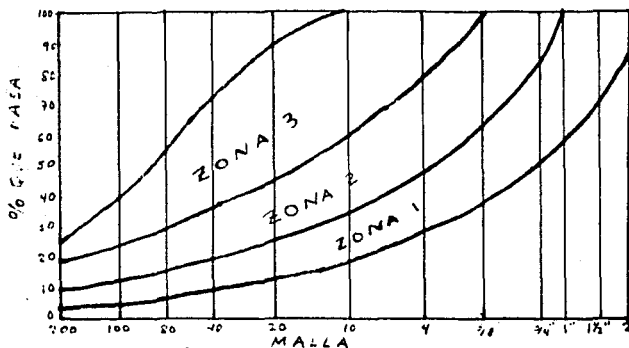
---

Las especificaciones generales para la reconstrucción de pavimentos nos definen los requisitos de calidad de los materiales, así como los criterios de control de calidad.

### Requisitos de Calidad.-

#### a).- Materiales para Base.-

- 1.- La granulometría del material deberá quedar comprendida entre -- las curvas mostradas en la tabla N°II.1. Se dará preferencia al uso de material cuya granulometría esté contenida en las zonas - 1 y 2. La granulometría no deberá tener cambios bruscos de pendiente. El porcentaje de material que pase la malla No. 200 no deberá ser mayor de 2/3 del que pase la malla No. 40



- 2.- Dependiendo de la zona en que se aloje la curva granulométrica -- del material, se deberán satisfacer los requisitos establecidos en la tabla No. 2 en lo que respecta al límite líquido (%), contrac-- ción lineal (%), valor cementante (kg/cm<sup>2</sup>), valor relativo de so-- porte estándar (%) y equivalente de arena (%).

Tabla No. 2

ESPECIFICACIONES DE CALIDAD PARA MATERIALES DE BASE

CARACTERISTICAS	ZONAS EN QUE CLASIFICA EL-MATERIAL DE ACUERDO CON SU GRANULOMETRIA.		
	1	2	3
Límite líquido, en %	3.0 Máx.	3.0 Máx.	3.0 Máx.
Contracción lineal, en %	4.5 Máx.	3.5 Máx.	2.0 Máx.
Valor cementante para materiales redondeados en kg/cm <sup>2</sup> .	3.5 Mfn.	3.0 Mfn.	2.5 Mfn.
Valor cementante para materiales redondeados y lisos kg/cm <sup>2</sup> .	5.5 Mfn.	4.5 Mfn.	3.5 Mfn.
Valor relativo de soporte estándar.	80 Min.		
Equivalente de arena.	30 Min.		

b).- Materiales Petreos para Concreto Asfáltico.-

Los materiales pétreos que se utilicen para la elaboración del concreto asfáltico deberán cumplir como mínimo con los siguientes puntos:

1.- La composición granulométrica del material deberá quedar comprendida entre las curvas mostradas en la tabla No. 3.

El tamaño máximo de las partículas será de 3/4" (19 mm).

- 2.- La contracción lineal será menor del 2%
- 3.- El desgaste en prueba "Los Angeles" será menor de: 40%
- 4.- Las partículas que tengan forma alargada o de laja no excederán - - de: 35% del total.
- 5.- El equivalente de arena será mayor de: 55%
- 6.- En lo que respecta a la afinidad del material pétreo con el asfalto- usado, se deberán cumplir satisfactoriamente.

Dos de las tres siguientes especificaciones:

- El desprendimiento por fricción no excederá de: 25%
- El cubrimiento con asfalto, determinado por el Método Inglés no será menor de: 90%
- La pérdida de estabilidad por inmersión en agua, no será mayor de: - 25%.

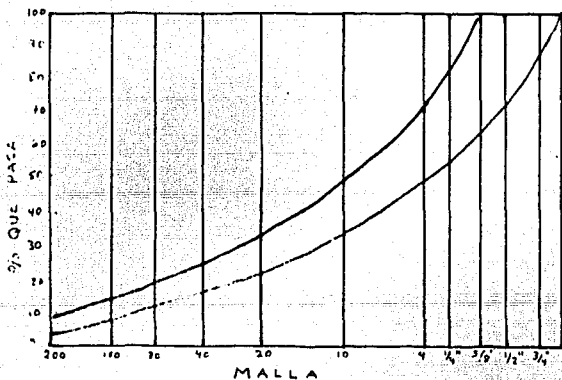


TABLA N° 3.

La granulometría del material cumple, si está dentro de las siguientes tolerancias.

TAMAÑO DEL MATERIAL PETREO		TOLERANCIA POR CIENTO EN PESO DEL MATERIAL PETREO.
MALLA QUE PESA	RETENIDO EN MALLA	
Correspondiente al tamaño máximo.	4.76 mm (#4)	+ 5
4.76 mm (#4)	2.00 mm (#10)	+ 4
2.00 mm (#10)	0.420 mm (#40)	+ 3
0.420 mm (#40)	0.074 mm (#200)	+ 1
0.074 mm (#200)	-----	+ 1

c).- Mezcla Asfáltica.-

El concreto asfáltico que se utilice en la construcción de la cerpeeta, deberá ser elaborado a base de cemento asfáltico de calidad garantizada por el fabricante. Su transporte a la obra se hará evitando la contaminación con materiales extraños y la pérdida de calor durante el trayecto. El concreto asfáltico para la carneta deberá cumplir con los siguientes requisitos, determinados por el Método Marshall -- en especímenes compactados con 50 golpes por cara:

- 1.- Estabilidad: 450 Kg mínima
- 2.- Flujo 2 a 4,5 mm
- 3.- Por ciento de vacíos en la mezcla, -  
respecto al volumen del espécimen: 3 a 5
- 4.- Por ciento de vacíos en el agregado-  
mineral (VAM) respecto al volumen --  
del espécimen de mezcla: 14 mínimo

PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD Y TOLERANCIAS EN LA CONSTRUCCION.

Durante la construcción de los pavimentos deberán efectuarse las pruebas de control que en número mínimo adelante se establecen en este capítulo.

También, deberán llevarse a cabo mediciones de espesores de capas y nivelaciones, para constatar que la geometría obtenida en el pavimento está dentro de las tolerancias establecidas.

a).- Pruebas en Materiales de Bancos de Préstamo.

Se llevarán a efecto las pruebas detalladas anteriormente de acuerdo a la utilización posterior. La frecuencia con que se realicen estos muestreos dependerá del cambio de homogeneidad que se observe en el material del frente de explotación en el banco, a juicio de la Supervisión de Obra. Sin embargo, deberá efectuarse como mínimo una serie de pruebas por semana.

b).- Mediciones en Bases Compactadas.-

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

1.- Profundidad máxima de las depresiones observadas colocando una regla de 3 metros de longitud, paralela y normalmente al eje. - - 1 1/2 cm.

2.- En los puntos de verificación de espesores por sondeo y nivelación, situados como se indica en la figura N° 11.11, los espesores medidos de la base, deberán cumplir las siguientes restricciones:

Para la base:

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

y  $|e_r - e| \leq 0.2 e$  en el 90% de las mediciones realizadas, como mínimo.

En donde:

e=Espesor de proyecto

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

$\bar{e} = \frac{e_1 + e_2 + \dots + e_n}{n}$  = Espesor real promedio correspondiente a todos los puntos de prueba.

n= Número de verificaciones del espesor.

En las nivelaciones para verificar los espesores, se nivelará la corona de la subrasante terminada en cada una de las secciones transversales indicadas en la figura N°II.11, se deberá emplear un nivel fijo y se comprobará la nivelación.

Una vez terminada la base, se volverán a nivelar los mismos puntos en las secciones anteriormente señaladas. A partir de las cotas de ambos seccionamientos, se obtendrán los espesores de la base compactada.

3.- La distribución de los sitios donde se lleven a cabo los sondeos para las verificaciones simultáneas de compactación y de espesor de capas, deberá ser la indicada en la figura N°II.11

Al realizar los sondeos no deberá dañarse la zona contigua del pavimento.

Después de la medición de compactación y espesor deberá rellenarse el hueco con los materiales y características originales.

c).- Pruebas en la Carpeta de Concreto Asfáltico

1.- Para que pueda considerarse adecuado el tendido y compactación de la carpeta asfáltica se deberán cumplir los siguientes requisitos:

a).- El contenido de cemento asfáltico en el material tendido no variará más de 5% con respecto al dosificado en la planta de elaboración.



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

c).- La mezcla no contendrá disolventes.

2.- La mezcla asfáltica usada para la carpeta deberá tener un valor de permeabilidad menor de 10% determinado según el Capítulo CXII, -- parte novena, de las Especificaciones Generales de Construcción - SOP. Ed. 1971. La distribución de los puntos en donde deberán -- efectuarse las pruebas de permeabilidad se muestran en la figura N°II.11. Las pruebas deberán efectuarse inmediatamente después - de que la carpeta se haya terminado de construir.

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

a).- Profundidad de las depresiones observadas colocando una regla de 3 metros de longitud paralela y normalmente al eje de vialidad -- 0.5 cm.

b).- En los sondeos para verificación de espesor y en los puntos donde se realicen las nivelaciones para determinar espesores y que deberán situarse con la distribución que se indica en la figura N° los espesores medidos en la carpeta deberán cumplir las siguientes restricciones:

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

Además  $|e_r - e| \leq 0.2 e$

En el 93% de los casos, como mínimo.

e= Espesor de proyecto

donde:

$e_1, e_2, \dots, e_n, e_r$  = Espesores reales medidas en los sondeos y nivelaciones.

$\bar{e} = \frac{e_1 + e_2 + \dots + e_n}{n}$  = Espesor real promedio correspondiente a todos los puntos de medición.

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

En las nivelaciones para obtener espesores de la carpeta, se nivelará -- la superficie terminada de dicha carpeta en las secciones transversales -- indicadas en la figura N° II.11, coincidiendo con los puntos en que se -- niveló la base terminada. El espesor de la carpeta se obtendrá de la -- diferencia de cotas obtenidas en las dos nivelaciones mencionadas, las -- cuales deberán ser cerradas y verificadas.



## SECRETARIA DE OBRAS Y SERVICIOS PUBLICOS

## COMISION CONSTRUCTORA DE OBRAS VIALES

## GERENCIA DE CONSTRUCCION

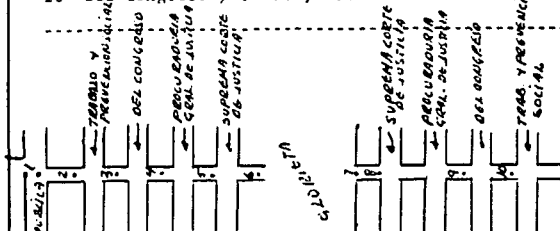
## FORMA GENERAL DE REPORTE

DEPARTAMENTO  
DEL  
DISTRITO FEDERAL

LINEA 5 OTE.	CONTRATISTA	COMETRO	FECHA MUESTREO	MAYO 28/79
MATERIAL	CORAZONES EN ASFALTO (SOBRE TUBERIA) 36" d		FECHA INFORME	JUNIO 6/79
FRENTE	ASISTENCIA PUBLICA Y TRAB. Y PREV. SOCIAL		INFORME	TM-0405
TRAMO	SALUBRIDAD Y HACIENDA Y CREDITO PUBLICO			

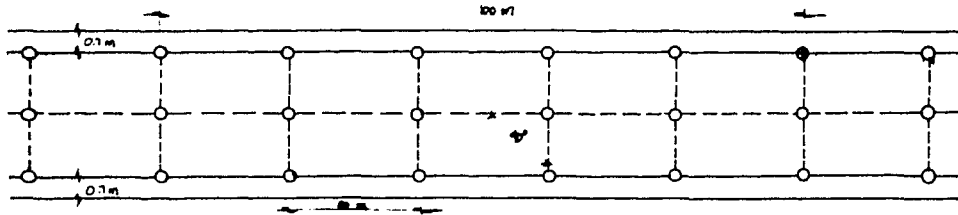
C O R A Z O N E S

CORAZON No.	LOCALIZACION	ESP. cm.	P.V. MARSHALL Kg/m3	PESO ESPECIFICO EN EL LU GAR Kg/m3	% COMPACTACION
SALUBRIDAD ENTRE:					
1	Asistencia Pub. y Trab. y Prev. Social	8.0	2355	2176	92.4
2	" "	9.05	"	2256	95.8
3	Trab. y Prev. Social y Congreso	13.05	"	2295	97.4
4	Congreso y Proc. Gral. de Justicia.	9.0	"	2185	92.8
5	Proc. Gral. de Justicia y Suprema Corte de Justicia	8.0	"	2196	93.2
6	Suprema Corte de Justicia y Glorieta	8.05	"	2153	91.4
HACIENDA Y CREDITO PUBLICO ENTRE:					
7	Glorieta y S. Corte de Justicia	9.0	"	2189	92.9
8	" "	8.05	"	2111	89.6
9	Proc. Gral. de Justicia y Congreso	10.0	"	2286	97.0
10	Del Congreso y Trab. y Prev. S.	10.0	"	2114	89.7



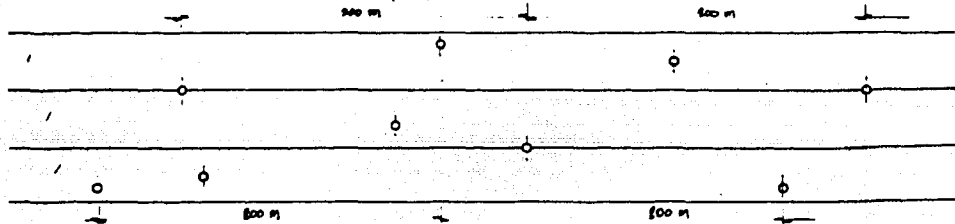
FORMULO SALUBRIDAD	REVISO	ENTERADO D. D. L. 0097777	ENTERADO
ECON	ECON	CONTRATISTA	COCOV

DISTRIBUCION DE LOS SONDEOS PARA VERIFICAR EL ESPESOR Y COMPOSICION DE LA SUB Y6 BASE HIDRAULICA.



⊙ PUNTO DE SONDO Y NIVELACION  
○ PUNTO DE NIVELACION

DISTRIBUCION DE LOS PUNTOS PARA EFECTUAR LA PRUEBA DE PERMEABILIDAD EN LA CAPRETA.



Líneas de unión en el fondo de la capota asfáltica

Líneas de unión en el fondo de la capota asfáltica

- sitios para prueba de permeabilidad.
- sitios para sondeos de composición y espesor.

FIGURA 11.11.  
Planta de sondeos.

1.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE LA SOLUCIÓN INTEGRAL DE COLECTORES.

-----

Una vez que se tomó la decisión de hacer pasar el Metro por la glorieta -- La Raza, entre otros problemas surgió la existencia de que en esa zona confluyen tres grandes ductos de aguas negras, que en una determinada profundidad se intersectaban con el cajón a construir. Ellos eran el colector -- Río Consulado con un diámetro de 3.15 m, el interceptor Héroes con un diámetro de 2.50 m. y el interceptor San Juan de Letrán con un diámetro de 2.13m, en la forma que se indica en la figura N°III.1

Inmediatamente se pensó en construir un sistema de sifones invertidos, que era la obra más barata de construir, pero la Dirección General de Construcción y Obras Hidráulicas no lo creyó conveniente, porque si bien es cierto es una obra barata en su construcción, es una estructura muy costosa a largo plazo por concepto de desaholtes y dificultades en su mantenimiento, ya que la experiencia indica la formación de gruesas capas de "nata" muy -- difícil de evacuar, constituida principalmente por asfalto, aceites, etc. Entonces se pensó en trazar nuevamente otro sistema de alcantarillado a más profundidad, pero en este nuevo trazo hubo que hacer un alarde de ingenio, pues la zona se encuentra llena de obstáculos como zapatas de puentes, zapatas de torres de alta tensión, el mismo cajón del metro. Había que preveer también la prolongación futura del Circuito Interior, por eso se observa -- en el desvño del interceptor San Juan de Letrán a la altura de Río Consulado una curva extraña.

Dentro del proyecto de la Red también se consideró un nuevo caudal de aportación de aguas negras con la futura incorporación del gasto de la zona de Nonoalco, y por ésta razón se aumentó ligeramente el diámetro del colector -- Río Consulado.

Ahora bien el trazo era forzado para concurrir a un punto, al cárcamo de bombeo ubicado en la Avenida Insurgentes y la Avenida Río Consulado, debido a la casa de Máquinas allí ubicada que funciona como obra de control. Para explicar la forma en que trabaja esta planta, hay que mencionar el destino que se le da a estas aguas negras. Existe un compromiso con el Estado de Hidalgo en proporcionarle un determinado gasto hidráulico anual que se destina para riego de la entidad; éste caudal le llega a través del gran canal que sale por Río Consulado con dirección Este en obras de derivación localizadas aguas abajo.

Pues bien, la lumbrera L-IX funciona como compuerta para distribuir el caudal antes mencionado y el que va a incorporarse al Drenaje Profundo. En época de estiaje, las compuertas desvían todo el caudal hacia la caja de conexión CC-2 y de ahí va al cárcamo de bombeo, que está integrado por 5 bombas de 2 m<sup>3</sup>/seg cada una, que integran la aportación al Colector original Río Consulado y cumplir el compromiso contraído. En época de lluvias el exdente de agua simplemente se deja pasar al drenaje profundo.

Por cierto éste compromiso está por terminar dentro de 7 años, que es cuando se eliminará la estación de bombeo y las aguas irán a dar completamente al Drenaje Profundo.

Este proyecto hidráulico tiene varios detalles que pueden ser comentados aunque quizás sin la profundidad que merezcan por no ser el objetivo de este trabajo. El caso de la lumbrera L-II, donde se unen el Colector Río Consulado (Q1) y la futura aportación de Nonoalco Colector 5 (Q2), que aún se construye; para mayor comprensión de lo que adelante se expone dividiremos en dos etapas.

Siendo la primera etapa la actual, cuando aún no se encuentra en funcionamiento la nueva aportación, se consideraron:

para época de estiaje:  $Q_1 = 4 \text{ m}^3/\text{seg}$ ;  $Q_2 = 0$

para máxima avenida:  $Q_1 = 18 \text{ m}^3/\text{seg}$ ;  $Q_2 = 0$

para la segunda etapa:

para época de estiaje:  $Q_1 = 2 \text{ m}^3/\text{seg}$ ;  $Q_2 = 2 \text{ m}^3/\text{seg}$

para máxima avenida:  $Q_1 = 9 \text{ m}^3/\text{seg}$ ;  $Q_2 = 16 \text{ m}^3/\text{seg}$

Si a lo anterior agregamos que tenemos una caída libre de 8.07 m para unirse al colector Rfo Consulado, no resultaba suficiente un simple colchón de agua como amortiguamiento para absorber la energía de  $Q_1$ , ya que tendríamos problemas de socavación por los vórtices resultantes y una vibración excesiva en el Colector Consulado. Las dimensiones del problema real no podían resolverse por las fórmulas de diseño corrientes, entonces se recurrió al modelo hidráulico hecho a escala que fué estudiado en Instituto Politécnico Nacional.

La solución propuesta fué la siguiente:

Colocar dos losas horizontales con tubos verticales de aireación y dentellones en las paredes como se muestra en la figura N° III.2. El mecanismo que sigue el agua es el siguiente: el agua desciende chocando con las paredes, losas horizontales y dentellones, como muestra en la figura. La función de los tubos aereadores es la de eliminar la cavitación bajo las losas originadas por presiones negativas.

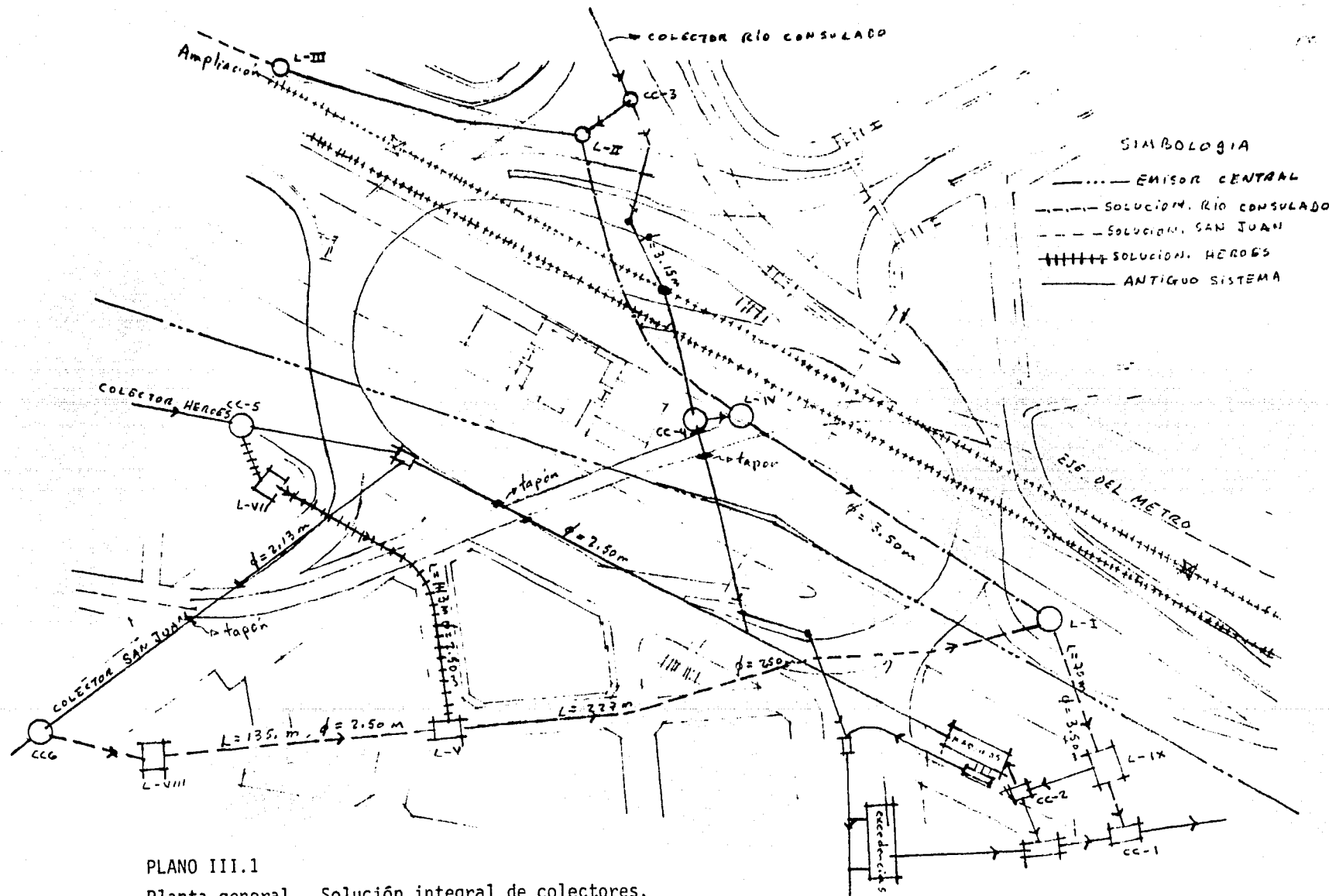
En la lumbrera L-IV se tuvo el mismo problema, aunque en este caso éstas es de carácter provisional, como en el capítulo siguiente se explica, y también la caída es ligeramente menor: 6.89 m.

En este caso bastó con unas viguetas metálicas horizontales de forma I -- como amortiguadoras de la caída libre.

Otro detalle que vale la pena mencionar es que en el tramo de la lumbrera L-I a la lumbrera L-IX, se proyectó en contrapendiente de 1.05 m, así que siempre estará trabajando a tubo lleno.

En cuanto al cálculo hidráulico este se realizó teniendo cuidado en los -  
perfiles de flujo y las secciones de control. Se utilizó una rugosidad de-  
Manning de 0.013. Como se podrá notar las secciones transversales de los -  
conductos son circulares y cuadradas, estas obedecen al procedimiento cons-  
tructivo, como se explicará adelante.





PLANO III.1  
 Planta general. Solución integral de colectores.



## 2.- CONSTRUCCION DE LA SOLUCION INTEGRAL DE COLECTORES.

Para lograr la construcción de los conductos de aguas negras se emplearon - dos sistemas de excavación: a cielo abierto para construir ductos rectangulares y circulares; con escudo (tuneleando) para ductos circulares colados- en sitio. En cuanto a la elección de uno y otro obedece a las circunstan- cias siguientes: el sistema a cielo abierto es más barato, pero tiene la -- desventaja de que para llevarlo a cabo es preciso cerrar la circulación en el tramo. Es necesario entonces construir una zanja con tablaestaca de - concreto con su sistema de bombeo correspondiente y hay necesidad de hacer- un movimiento de tierras más grande. Un corte transversal se muestra a - continuación, en la figura N° III.3. El sistema de escudo es más caro, apro- ximadamente en un 250% más, el avance es más rápido, con un promedio diario de 5 m., no se interrumpe el tráfico por ser subterráneo 100% y las inter-- ferencias aéreas (como cables de alta tensión, puentes, etc.) no son de to- marse en cuenta, así como las posibilidades de dañar estructuras vecinas -- son menores.

Para su sistema de operación es preciso hacer una Lumbreira en su inicio o - caja de conexión y en su salida que puede ser rectangular, circular o penta- gonal según se disponga.

Esta lumbreira o caja de conexión sirve aparte de su finalidad hidráulica - (donde existe un cambio brusco de dirección), como ozo de rezaga, por donde se extrae el material producto de excavación, para movimientos de personal - al túnel y suministro de materiales. Precisamente por ahí se baja el Escudo que pesa aproximadamente 50 ton., se baja con tres grúas simultáneamente y - se fija el rumbo que ha de seguir.

Los desvíos de los tres conductos fueron hechos por las compañías Solum y -- Estrella.

A la compañía Solum le tocó hacer la obra correspondiente al Colector - - Rfo Consulado, el cual a continuación se detalla la forma de avance, datos geométricos del conducto y sistema de excavación.

-De CC-2 (ya construída) a L-IX, de sección 2.50 x 2.50, con muros de - - acompañamiento, longitud 27.00 m. y  $s = 0.0000$

-De CC-1 a L-IX, de sección 3.50 x 3.50, con muros de acompañamiento, longitud 9.00 m. y  $s = 0.0000$

-De L-IX a L-I, de sección circular  $d = 3.40$  m., con Escudo, longitud - - - 156.74 m. y  $s = 0.0005$ .

-De L-IV a CC-4 (ya construída), de 2.00 x 2.00, a cielo abierto con muros de acompañamiento, longitud 16.36 y  $s = 0.0010$ . Este desvío fué con el - - cual para esta fecha ya se encontraba terminado en todos sus frentes, y -- con esta obra se ponía en servicio la L-IV y el nuevo sistema aguas abajo a la vez que se colocaban los tapones aguas abajo de la CC-4. Con este -- desvío se lograron 2 meses ventaja en la entrega del cajón del metro.

A continuación de la lumbrera L-IV se hizo junto a ella otro pozo de reza-ga de carácter provisional puesto que la L-IV se encontraba trabajando hi-dráulicamente. De ahí a la L-II, de sección circular  $d = 3.40$  cm, con Escu-do, longitud 129.80 m. y  $s = 0.0005$ .

-De L-II a CC-3, de 3.50 x 2.75 a cielo abierto, con tablaestaca de madera, longitud 30.91 m. y  $s = 0.0050$ .

-De L-II a L-III, de 3.40 x 4.00 a cielo abierto, con tablaestaca estructu-ral, longitud 130.60 m. y  $s = 0.0005$ . De ahí en adelante está la futura - ampliación con la nueva aportación de Nonoalco.

A la compañía Estrella le asignaron el Desvío Interceptor San Juan de - - Letrán y el Desvío Interceptor Héroes. Su ataque fué el siguiente:

- De CC-6 (ya construido) a L-VIII, de sección circular precolada - -- -  
d= 2.13 m., a cielo abierto con tablaestaca de madera, longitud 40.86 m -  
y  $s = 0.0010$
- De L-VIII a L-V, de sección circular d= 2.50 m., con Escudo, longitud - -  
137.13 m. y  $s = 0.0005$
- De L-VII a L-V de sección circular d= 2.50 m., excavación con Escudo, - -  
longitud 143.03 m. y  $s = 0.0005$
- De L-VII a CC-5, conducto circular d= 2.44 m. precolado, a cielo abier- -  
to, longitud 14.44 m. y  $s = 0.0050$ .
- De L-V a L-I (excavada por Solum), de sección circular d= 2.50 m, con - -  
Escudo, longitud 248.58 m. y  $s = 0.0005$ .

Con estas secuencias se terminaba la solución integral del proyecto.

#### FUNCIONAMIENTO DEL ESCUDO.-

El mecanismo del Escudo empleado en esta obra, es de los más sencillos -- en su tipo, ya que trabaja a la presión atmosférica y el goteo y escurri- miento del nivel freático no es crítico, tampoco existen muchos proble--- mas con derrumbes ya que son suelos arcillo-limosos. Una vez instalado-- se le imparte un movimiento oscilatorio a las paletas cortadoras de  $70^\circ$ , - esto, combinado con un empuje logrado por 12 gatos hidráulicos que reaccio- nan contra el revestimiento primario, permite el avance del Escudo. El-- material de excavación es recogido por una banda transportadora que lo -- deposita sobre los botes colocados sobre una bagoneta montada sobre rie-- les, según se ilustra en la figura N°III.4.

Conforme avanza el Escudo se va colocando el revestimiento primario, el - cual consiste en dovelas metálicas de acero de  $3/8"$  de espesor y una lon- gitud de 40 cm (secciones de circunferencia), las que son colocadas y - -

atornilladas a mano. Más atrás del avance se viene inyectando mortero a presión de modo que llene el espacio entre la dovela metálica y el suelo, de esta forma se logra un contacto directo entre ambos materiales y se da la estabilización necesaria al túnel.

Después se procede a colar el revestimiento definitivo, el cual tiene por objetivo reforzar el revestimiento primario, así como el de presentar una superficie uniforme y resistente a los agentes erosivos que sobre el vayan a circular. Se coloca un armado siguiendo la forma del túnel (circular) y se procede a su colado,  $f'c = 200$  con cemento tipo V resistente a los sulfatos el cual se hace en dos etapas, para lo cual se "divide" al túnel en 3 partes iguales, como se muestra en la figura N° III.5, siendo el tercio inferior o cubeta el primero en colarse, se hace por los métodos tradicionales de bombeo de concreto ya que no presenta problemas de escurrimiento como acontece en los otros dos tercios la clave restantes.

El colado de estos es con el sistema de concreto lanzado, el cual requiere entre otras cosas de un control exacto de materiales, para el que se usa arena sílica graduada, grava, agua, cemento y un aditivo fijador, ya que este nos permite usar un concreto de poco revenimiento. Con este sistema nos evitamos el colocar cimbra y realizar un trabajo laborioso.

Dentro de los aspectos más importantes a cuidar dentro de la construcción con Escudo cabe mencionar a los siguientes:

Mecánicos.- El sistema de escudo es su energía de trabajo Hidráulica, y la falla más común son la rotura de mangueras que no son comunes en el mercado, por ello debe prevenirse este renglón así como un mantenimiento continuo.

Terreno.- Es común en suelos no uniformes ni consistentes tener muchos desprendimientos en el frente de ataque.

**Personal.-** El estar bajo una determinada profundidad sin contacto con el exterior y realizar un trabajo en cierto modo rutinario - ejerce influencia psicológica pudiendo surgir cansancio y - accidentes, es por ello necesario estimularlo.

**Materiales.-**No deben faltar en ningún momento ya que la ausencia de alguno de ellos es necesario detener la excavación.

**Transporte.-**En la superficie debe tenerse un ciclo continuo del traslado de rezaga fuera de la obra, por lo que deben considerarse -- probables descomposturas de los camiones.

Cuidando los anteriores puntos podemos optimizar el avance con una disminución en el costo.

Las dos Compañías constructoras usaron un solo escudo respectivamente, - siendo el de la Estrella de un diámetro de 3.25 m. y el de Solum de 4.00m.

El precio total de la obra en su conjunto es de \$ 95'000,000.00 aproximadamente.

#### PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS LUMBRERAS V Y VIII DEL INTERCEPTOR SAN-JUAN DE LETRAN Y VII DEL DESVIO INTERCEPTOR HEROES.

La construcción de lumbreras y cajas de conexión obedece principalmente - a motivos de índole hidráulico y constructivo como se especificó anteriormente .

Para llevar a cabo la construcción de ellas debe tenerse especial cuidado en cuanto a su verticalidad y evitar posibles desvíos, para ello es preciso llevar un control diario de nivelaciones en gráficas movimiento vs - tiempo, los bancos fueron situados en la periferia de la excavación y en las banquetas vecinas, debido a los efectos que puede tener en las construcciones vecinas.

La construcción y excavación de estas lumbreras se hizo mediante el - - proceso de hincado, para lo cual fué necesario construir un brocal que sirvió de guía y apoyo al cajón que constituye la lumbrera.

En la primera etapa se excavaron zanjas perimetrales de 4.0 m. de profundidad las cuales se ademararon en sus paredes con muros de tabique de 28 cm. de espesor, para esto, todas las instalaciones municipales que interfirieran en la excavación se desviaron fuera de la zona de construcción.

En vista de la presencia del nivel freático fué necesario efectuar un control de filtraciones durante la excavación de las zanjas, mediante la excavación de un pequeño cárcamo en el fondo de la zanja desde la cual se extrae el agua con una bomba autocebante de 2".

Una vez alcanzada la máxima profundidad de la excavación de las zanjas, se procede de inmediato a la construcción de los muros de tabique, que contendrán ambas paredes con objeto de evitar desprendimientos y fallas locales.

La segunda etapa consistió en el colado de las paredes y del alero del brocal, apoyando éste último directamente contra el terreno según se indica en la figura N° III.6. Durante el colado de los brocales se procedió a la colocación y anclado de los marcos de carga, que servirán para el hincado del cajón de la lumbrera.

A continuación se procedió a la excavación de la parte central de la lumbrera hasta la profundidad de 4.00 m. con respecto al nivel del terreno natural. En esta zona se efectuó un control de las filtraciones con objeto de trabajar en seco, del mismo modo usado que en las zanjas.

La tercera etapa consistió en la colocación del marco metálico inferior del cajón en el fondo de la excavación; se procedió a continuación al colado de los muros del cajón de la lumbrera hasta una profundidad igual



a la indicada para cada caso. El cemento usado es el tipo III. Durante este colado debe preverse en la zona donde penetrará el Escudo, unas viguetas horizontales ahogadas en el concreto.

Terminado el colado del cajón hasta la altura del brocal se suspende el control de las filtraciones y se procede al hincado de esta parte del cajón, con el auxilio de dos gatos hidráulicos apoyados en los marcos fijados previamente al brocal.

Se procedió posteriormente al colado de un segundo tramo adicional de cajón. Se excavó en el fondo de la caja y simultáneamente se sigue hincando el nuevo tramo de cajón., ver figura N°III.7. La operación se sigue repitiendo hasta alcanzar la profundidad de proyecto, una vez alcanzada esta, se procede al afine y colado de una losa-tapón de 1.00 m. de espesor.

El colado se hace con una "trompa de colado", el cual no tendrá lapsos mayores de 15 minutos y la trompa estará siempre embebida dentro del concreto una longitud mínima de 30 cm., la que no debe trasladarse a través del concreto sino extraída y vuelta a colocar más adelante, esto es debido a la presencia del agua freática.

Cinco días después de colada la losa-tapón, se procedió a la extracción del agua del interior de la lumbrera y al armado y colado de la losa de fondo, la cual se ligó estructuralmente a las paredes del cajón.

Terminada la construcción de la losa de fondo se procede a la colocación de una cama de madera en el fondo, donde se apoyará el Escudo.

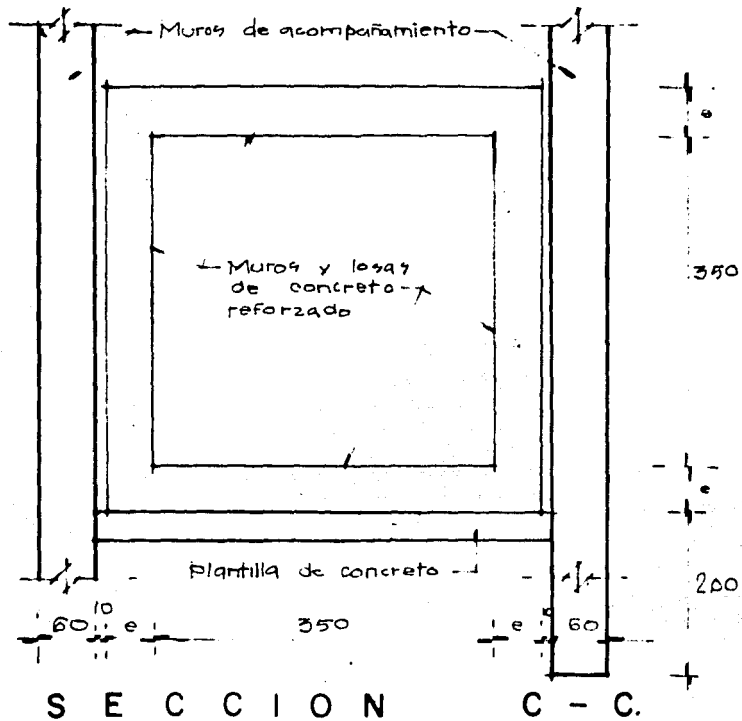


FIGURA III.3. Sección transversal de un conducto cuadrado. Excavación - cielo abierto.

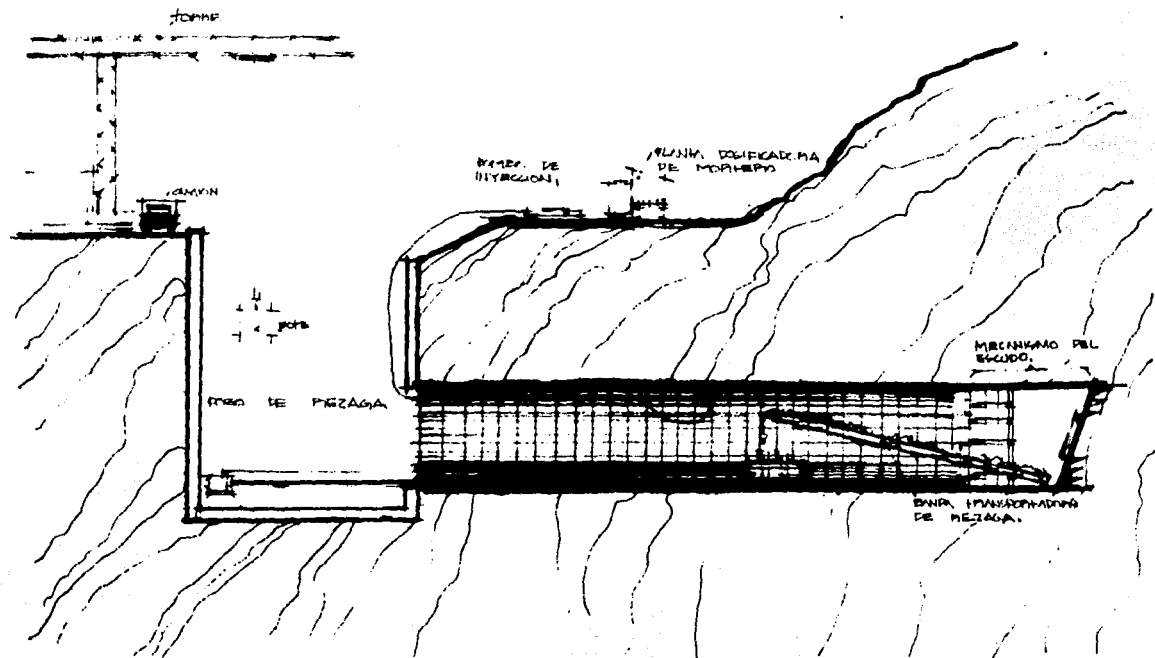
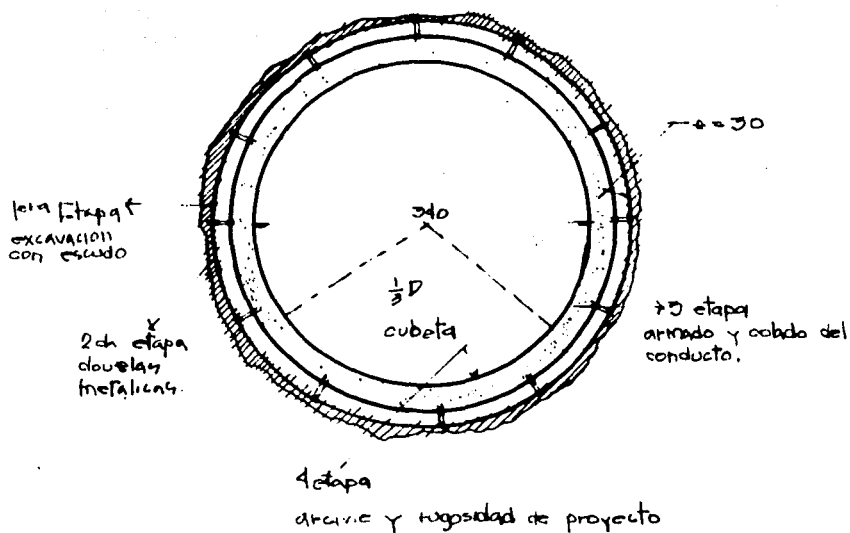


Figura III.4.- Etapas de trabajo del Escudo.



## S E C C I O N A - A

FIGURA III.5. Corte de un conducto circular excavado con - Escudo. Etapas de trabajo.

## CONSTRUCCION Y EXCAVACION DEL BROCAL.

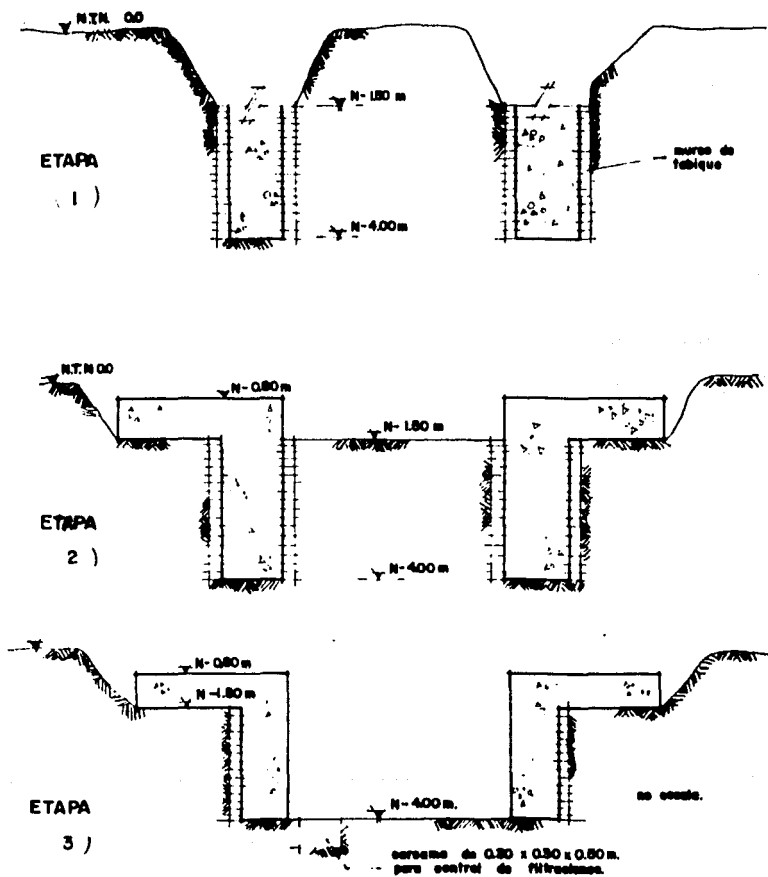


FIGURA III.6.

Construcción y Excavación del brocal.

# PROCESO DE HINCADO.

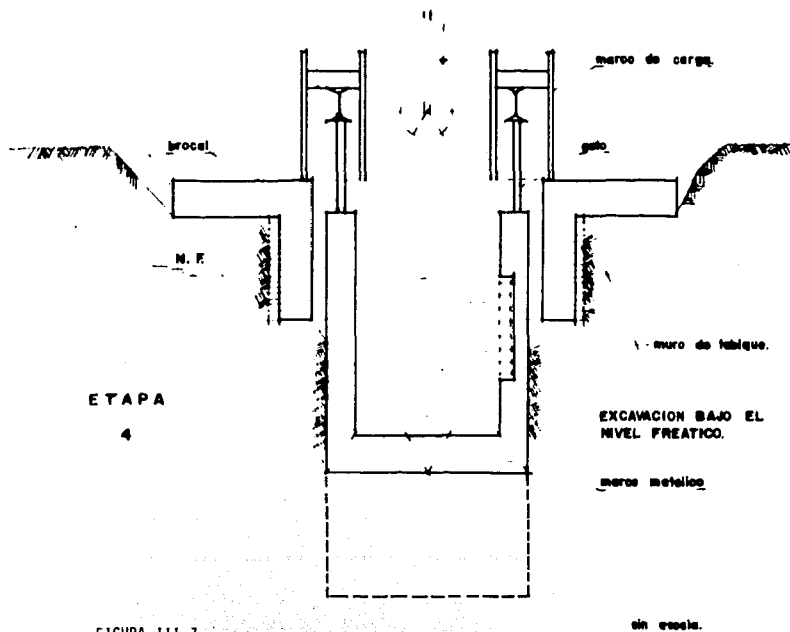


FIGURA III.7

Proceso de hincado.

### 3.- ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y FORMA DE PROYECTAR EL CAJÓN.

El objetivo del estudio de Mecánica de Suelos en esta área es el de obtener información del suelo y de este modo conocer el comportamiento a corto y largo plazo de la estructura (en este caso el cajón subterráneo del metro), con el suelo y las estructuras vecinas o colindantes.

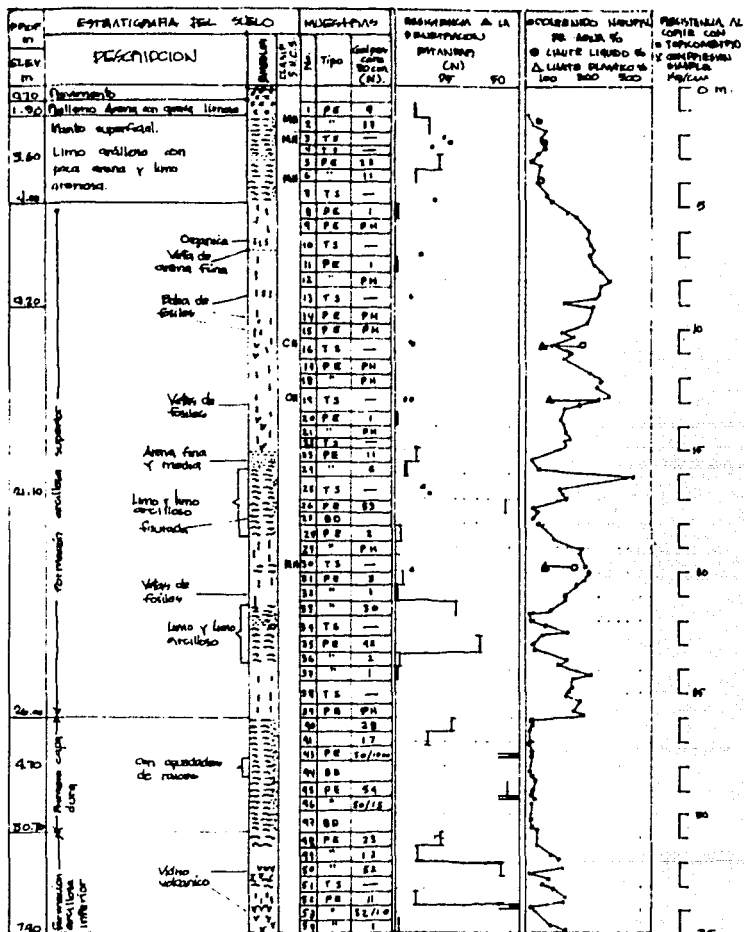
El reglamento de construcciones del Distrito Federal divide el subsuelo de la ciudad en cuatro zonas, división que se hace en base a las características generales del terreno; para esta zona III se considera el espesor de material compresible mayor de 20 m.

Para conocer las propiedades particulares del suelo se realizaron muestreos en campo, de dos clases: para el muestreo inalterado se utilizaron el tubo Shelby y el Barril Dénison, para el muestreo alterado la prueba de penetración estandar. Para obtener el valor de la resistencia al corte se empleó el torcómetro.

En las pruebas se siguieron las especificaciones del Manual de Mecánica de Suelos, de la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

En la figura N° III.8. se presenta un perfil estratigráfico llevado a cabo en el eje del metro en la esquina de Vallejo y Felipe Villanueva, este perfil puede considerarse como representativo de la zona, puesto que con respecto a otros sondeos cercanos solo hay pequeñas diferencias en cuanto a espesores, todas las demás características son muy similares. El suelo en general está constituido por limos inorgánicos, elásticos (MH) y Arcillas inorgánicas de alta plasticidad (CH). Los sondeos fueron realizados por la compañía Solum, S.A.

Pues bien, ya con la información anterior, en el gabinete del Departamento de Mecánica de Suelos de ISTME se procede a la determinación del tipo de cajón, profundidad del mismo, determinación del tipo y forma de bombeo, etapas de excavación y recomendaciones al proceso constructivo.



**SIMBOLOGIA**

- XXXX PELLONDO
- XXXX APICULA
- XXXX LIMO
- XXXX ARENA
- XXXX FOLIOLES
- XXXX VETNO VOLCANICO

T.S. = TUCO SHELBY.  
 B.D. = BORAX DE NIXON.  
 P.E. = PENETRACION ESTIMADA.  
 P.H. = PESO APLAMAMIENTO.  
 E.M. = DE 60 GOLDFY.

10 1.8 200  
 PESO VOLUMENAL  
 NAUTAL TON/M<sup>3</sup>

FIGURA III.8.  
 Perfil estratigráfico



Tipo de cajón. - La cimentación del ferrocarril subterráneo es una cimentación sobrecompensada, esto es que debemos procurar que el suelo no resienta la pérdida de peso por el volumen de tierras extraídos dentro de ciertos límites de descarga que adelante se definen.

Expresado en forma algebraica, la sobrecompensación (SC) se define como:

$$SC = \text{Peso Excavado} - \text{Peso Colocado}$$

$$\text{con límites de: } 1.5 \leq SC \leq 2.0 \text{ Ton/m}^2 \uparrow$$

Haciendo un simplista y aproximado ejemplo numérico que nos ejemplifique -- lo anterior. Peso Colocado:

-Muro sencillo (Tablaestaca estructural).  $e = 60 \text{ cm.} \downarrow$

-Losas de piso y techo.  $C = 60 - 75 \text{ cm (piso). } e = 40 - 55 \text{ cm. (techo)} \downarrow$

-Relleno sobre losa superior (tepetate).  $e = 1.0 - 2.00 \text{ m.} \downarrow$

-Vía y balasto  $\downarrow$

nos dan un peso aproximado:  $w = 10 - 9.5 \text{ Ton/m}^2 \downarrow$

Peso excavado:

estimado en  $11.5 \text{ Ton/m}^2 \uparrow$

Que substituyendo en la ecuación anterior:

$$SC = 11.5 - 10.0 = 1.5 \text{ Ton/m}^2 \uparrow$$

resultado que nos indica que estamos dentro de los límites preestablecidos - y por lo tanto podemos esperar un emersamiento máxima del cajón a largo plazo entre 15 - 18 cm que es razonable. Lo ideal en el cálculo interior es -- que  $sc = 0$  ó muy próximo a él ya que el suelo no resintirá ningún desequilibrio y quedará al mismo nivel. Puede observarse del cálculo anterior que no se considera la carga del tren ni de pasajeros por ser de muy corta duración. Los cálculos de éste tipo se verifican cada 20 m. de longitud.

Analizaremos entonces que pasaría si el peso colocado fuera menor que el peso excavado, la solución a seguir es aumentar el peso colocado colando muros

de acompañamiento paralelos al muro original y de esta forma evitar que -  
el cajón emerja más de lo previsto.

En las zonas de rejillas, en las que no se dispone de relleno sobre la --  
losa superior, para compensar la falta de este peso se le coloca un col--  
chón de grava bien acomodada bajo la losa inferior con un espesor que ga--  
rantice el lastrado correcto.

La profundidad del cajón.- Está definida con la probabilidad de una falla  
de fondo ya que esta aumenta con la profundidad y cuestión de economía --  
en los volúmenes a excavar y trasladar.

Bombeo.- El objetivo del bombeo es reducir la presión en el fondo de la -  
excavación de modo que en este no se presenten deformaciones y filtracio--  
nes debido a la subpresión, y en forma secundaria tener un movimiento de--  
tierras libre de aguas freáticas.

La presión se mide con los piezómetros neumáticos, el que justifica su --  
empleo en relación a los piezómetros abiertos en cuanto a que proporcio--  
nan un valor más apegados a la realidad, en virtud de la poca velocidad -  
del agua al concurrir al piezómetro abierto, cosa que el neumático hace -  
directamente gracias a su mecanismo.

En cuanto a la elección del sistema de bombeo este se hace principalmente  
de acuerdo a las características de permeabilidad del suelo, para arcil--  
las y limos (permeabilidad  $10^{-6}$  en adelante) se emplea el sistema elec--  
trosmótico, en cambio en suelos menos finos como la arcilla-arena y limos  
arenosos se emplea el sistema por gravedad; aunque hay que mencionar que--  
el sistema electrosmótico presenta serios inconvenientes que requieren --  
un estudio, más profundo ya que usa la corriente eléctrica que cambia las  
condiciones iniciales del suelo, consolidándolo en forma irreversible, --  
impermeabilizándolo y si se tienen estructuras cercanas pueden sufrir da--  
ños muy serios, por eso su uso es muy delicado.

El bombeo por gravedad utiliza la diferencia de presiones para su funcionamiento. El sistema es el siguiente, por un tubo de entrada se le inyecta agua a presión, en el extremo inferior tiene una bomba con una reducción de sección que funciona como un Venturi donde adquiere mayor velocidad y en esta sección se incorpora el agua freática para seguir por el tubo de salida.

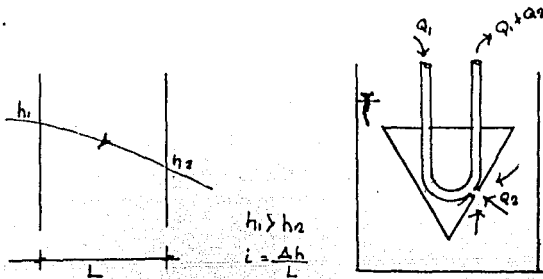
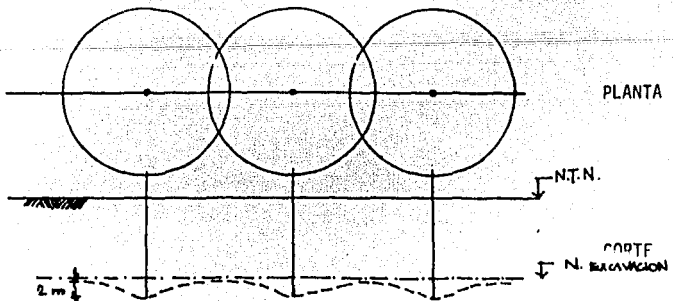


FIGURA III.9.  
Gradiente hidráulico y pozo punta

La separación de los pozos punta está en función de los radios de abatimiento y estos en función de la permeabilidad, se busca que entre dos pozos - - estas circunferencias se intersecten.

La profundidad de los pozos se define de acuerdo a la profundidad del cajón más 2 metros con el propósito de que la mitad de la distancia entre ellos - - la curva de abatimiento sea ligeramente menor de la superficie de fondo, - - como se muestra en la figura N°III. 10:



Con el tiempo de bombeo para el inicio se hace 8 días antes de la excavación se persigue que en este tiempo se desarrollen "conductos" de mayor área en el suelo y con ello que se establezca el gradiente hidráulico hacia el pozo punta, es por ello que es importante llevar un control del gasto bombeado y lecturas de piezómetros neumáticos diarios, ya que un sobrebombeo puede ser contraproducente puesto disminuiríamos el contenido de agua y con ello la presión efectiva dando origen a asentamientos diferenciales en el área. También es importante el bombeo en los taludes cabeceros ya con ello obtienen menor probabilidad de falla.

Excavación.- El tiempo de excavación es muy importante, y va íntimamente ligado al tiempo y distancia de bombeo, ya que una excavación abierta más de lo debido puede presentar una falla de fondo, por este motivo, es importante que una vez que se llegue a la profundidad de proyecto, se procede inmediatamente al afine, plantilla, y colocación del armado y colado en la losa inferior, los tiempos límites para este ciclo se incluye en las generalidades de proyecto.

#### ANÁLISIS Y DISEÑO.-

Una vez obtenida la estratigrafía y las presiones adicionales exteriores debidas a estructuras vecinas así como los empujes dinámicos debidos al tránsito local y maquinaria de construcción, se procede a la determinación del diagrama de empujes redistribuidos. Con este diagrama se calculan los Momentos actuantes en el muro durante las fases de excavación, considerando la profundidad de la misma y el nivel de puntales sugeridos por el Departamento de Mecánica de Suelos. Aquí se grafica una envolvente general con los momentos máximos.

Los otros análisis que se llevan a cabo son el peso propio (únicamente) - al cual llamaré condición Z, el cual considera el cajón completamente terminado.

La condición 2 será el cajón con su losa inferior terminada y los puntales superiores ya que el puntal inferior no se considera porque la losa inferior actúa como tal; no se considera la losa superior ni el relleno, pero sí se considera el empuje lateral redistribuido.

La condición 3 considera el cajón terminado con sus cargas vivas y el relleno superior.

Para el análisis definitivo se toma el más crítico de: etapas de excavación ó la combinación de 1+3 ó 2+3, el que resulte mayor. Todo este análisis puede efectuarse con el programa de computado STRESS.

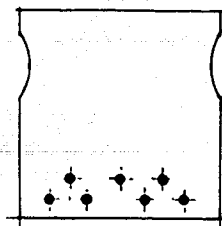
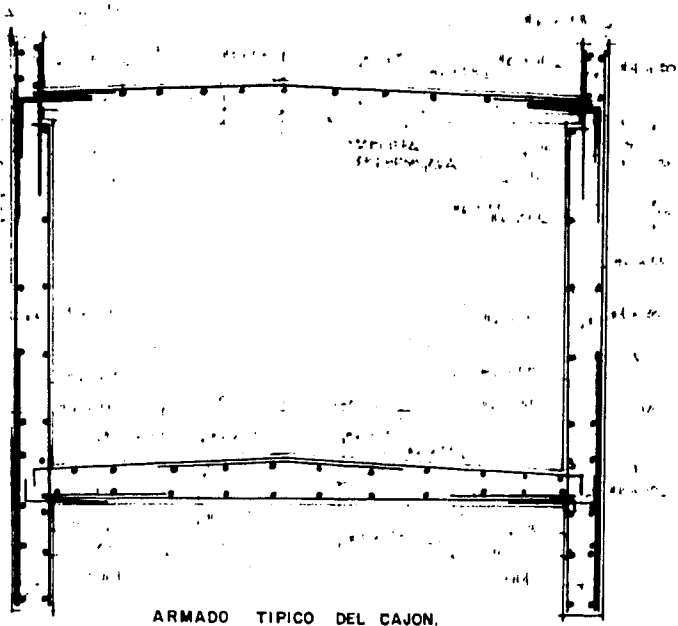
Toda la estructura del cajón es armada y colada in situ a excepción de la losa superior que está compuesta por una trabe de concreto presforzado y su parte de compresión es colada in situ, con el fin de presentar continuidad en toda la longitud del cajón. La tableta presforzada tipo está constituida por concreto  $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$  y acero en sus estribos  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ . En el sentido longitudinal lleva 7 torones de diámetro  $1/2"$ , con resistencia mínima a la ruptura de  $16,330 \text{ kg}$  y un presfuerzo inicial de  $11,500 \text{ kg}$  para cada torón. El valor de la contraflecha calculada es de  $2.6 \text{ cm}$ , con tolerancia de  $-0.5 \text{ cm}$  a  $+2.0 \text{ cm}$ . Su longitud es variable, pero tiene un valor medio de  $8.10 \text{ m}$ . En la figura N° III.10A se muestra datos geométricos.

En todo el trayecto del cajón lleva tabletas presforzadas salvo en las zonas de rejillas que llevan un armado especial colado in situ.

Para el Diseño Estructural del resto del cajón, se considera como vigas empotradas en sus extremos y se calcula como tal. Para revisar este diseño se hace investigando los esfuerzos actuantes comparándolo con los esfuerzos permisibles. En la figura N° III.10A se muestra un corte transversal típico del cajón. Usa un concreto  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$  en losa y tablaestaca, el acero de refuerzo es de  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  y  $f_y = 2300 \text{ kg/cm}^2$  en las-

preparaciones que han de doblarse;

Tamaño máximo del agregado grueso en tablaestaca: 3/4", y en losas 1.5".



SECCION  
TRANSVERSAL  
DE LA  
TABLETA  
PRECOLADA.

FIG. III.19 A. Armado típico del cajón y sección transversal de la tableta precolada.

#### 4.- GENERALIDADES DEL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

---

##### ANTECEDENTES:

La técnica de ejecución de muros pantalla es muy moderna, pues sus orígenes - se remontan a los años 50, habiendo experimentado posteriormente un gran desarrollo en Europa.

El procedimiento tiene su origen en Italia donde dos Ingenieros - Veder (1952) y Marconi (1953) - lo descubrieron casi simultaneamente.

La idea esencial consiste en ejecutar una trinchera profunda sin entibación -- de las paredes, gracias a la utilización de lodos de perforación, una vez - - rellena la excavación con el lodo se llena inmediatamente de hormigón, colocado bajo el lodo mediante un conducto de alimentación, que permite la ejecución continua del muro enterrado.

Al principio, el muro enterrado en el suelo apareció como un perfeccionamiento de las pantallas realizadas con pilotes. Posteriormente la nueva técnica ha - eliminado prácticamente este procedimiento.

##### Ventajas del procedimiento:

La técnica de los muros realizados en zanja es el procedimiento que actualmente permite construir pantallas de contención estancas con un mínimo de descompresión del terreno. Permite además, atravesar estratos en los cuales no es posible el hincado de tablestacas.

En zonas urbanas la ausencia de vibraciones importantes y del ruido que provoca el hincado son ventajas considerables.

Se pueden alcanzar grandes profundidades.

##### Preparación de la obra:

Una obra preparada para ejecutar muros pantalla requiere una gran mecanización. Los equipos de maquinaria representan una parte muy importante del costo.



Es, pues, indispensable una buena preparación y planificación.

Esta preparación requiere en primer lugar el establecimiento de un plan de ejecución de paneles o módulos. En este plan se indicarán todos los paneles a realizar con su orden de ejecución, las cotas de enrase del hormigón, el tipo de armaduras o parrillas, etc. Se deberá realizar el estudio teniendo en cuenta el desarrollo real de los trabajos, con previsión de la evacuación de las tierras, colado y colocación de las parrillas.

En este aspecto, no se podrá olvidar que al utilizar lodo, la obra estará muy sucia y podrá presentar problemas para la circulación de las máquinas. No se podrá olvidar, por ejemplo, la importancia de los trabajos preparatorios u obras inducidas. El tajo puede pararse o retrasarse considerablemente si no se dispone al principio de una longitud suficiente de zanja guía. Será aconsejable prever las posibilidades de modificar el orden de ejecución de los entrepaños o módulos en el caso de una dificultad técnica imprevista (pérdida de lodo, conductos desconocidos, cableados, etc.)

## PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LOS BROCALES Y ZANJAS.

Los brocales tienen como finalidad de retener los rellenos sueltos superficiales y de servir de guías a las herramientas de excavación de los muros colados del cajón. Para cumplir adecuadamente con esta última función se deberá dejar espacio libre de 65 cm. (para muros de 60 cm. de espesor), ó 85 cm. (para muros de 80 cm. de espesor) y su alineamiento debe ajustarse exactamente al trazo.

Para construir estos brocales habrá que excavar primero la parte superior de las zanjas donde se van a alojar los muros, hasta una profundidad variable de acuerdo con el espesor de los rellenos, pero no menor de 1.50 m. ni mayor que la profundidad a la que se encuentra el nivel freático. La profundidad del faldón del brocal para cada tramo se indica en los planos estructurales correspondientes.

En virtud de que dentro de los primeros metros bajo la superficie, se encuentran la mayoría de los tubos y ductos de los servicios municipales, la excavación de las zanjas guía deberá hacerse con precaución ya sea a mano o con máquina, para no dañarlos.

Los brocales son piezas en forma de ángulo recto ó "delantales" de concreto, colados en el lugar. Para colar las ramas verticales o "faldones" del brocal se tiene que cimbrar. La cimbra de un lado se apoyará contra la del otro por medio de puntales, de manera que se eviten las irregularidades o los abolsamientos. En el sentido vertical se colocarán en dos niveles cuando la altura del brocal sea de 1.50 m. y en tres niveles cuando sea mayor.

Las ramas horizontales de los brocales, constituyen pequeñas losas sobre las cuales se podrán rodar las máquinas de excavación. El ancho mínimo de

estas ramas horizontales será de 0.50 m. pero podrá modificarse a criterio, de acuerdo con las condiciones que presente el terreno de apoyo, de tal manera de garantizar siempre que el brocal quede bien apoyado sin peligro de voltearse durante la excavación.

Una vez que se han colado los brocales y las zanjas han quedado libres de estorbos, se deberán colocar compuertas de madera o de acero para aislar tramos de zanja guía correspondientes a la longitud del tablero del muro que se va a construir.

#### ESPECIFICACIONES DE LODOS PARA LA ESTABILIZACION DE LAS PAREDES DE LAS ZANJAS DE LOS MUROS COLADOS EN EL SITIO.

Las paredes de los tableros que se excavarán para construir dentro de ellos los muros de concreto reforzado colados en el lugar no son estables por sí solas aún cuando se conserve un tirante de agua equivalente al del nivel freático o mayor. Para evitar que estas paredes se derrumben se deberá estabilizar con lodo tixotrópico.

Propiedades y características que debe cumplir el lodo estabilizador.

El lodo estabilizador deberá ser una suspensión estable de bentonita sódica en agua. Se dice que es tixotrópico porque presenta una cierta resistencia al corte en reposo, que es cuando actúa como un gel, mientras que en movimiento, cuando se agita o bombea, que es cuando actúa como un sol no la presenta. El paso de sol a gel es reversible.

El lodo estabilizador deberá tener una densidad mayor que la del agua con objeto de que el empuje hidrostático que ejerza sobre las paredes sea mayor que el de ésta. El lodo se deberá vaciar en el interior de los tableros excavados hasta alcanzar un nivel superior al nivel freático con objeto de generar un gradiente de presiones sobre las paredes de la excavación que ayude a detenerlas o a mantenerlas estables. El gradiente además producirá infiltraciones del lodo hacia el interior de las paredes; por lo que deberá contro

larse la proporción agua-coloides, con objeto de que dicha infiltración sea mínima. Al producirse la infiltración, se va formando en la frontera lodo-suelo una película de pequeño espesor de moléculas de lodo que constituyen una verdadera membrana impermeable y resistente, conocida en la terminología inglesa como "cake". La lixotropía del lodo al pasar de sol a gel y las fuerzas electroquímicas y de tensión capilar que se generan entre lodo y suelo en la frontera de los dos materiales durante el filtrado, contribuyen a la formación de esta película y a la adquisición de su resistencia. Esta resistencia se suma a la presión hidrostática del lodo, para estabilizar las paredes de los tableros excavados.

Para que el lodo estabilizador cumpla adecuadamente su función se requiere - que:

a).- Forme una película impermeable en la frontera con el suelo.

Si no se forma o si se forma gruesa y poco resistente, el lodo penetrará por los poros del suelo y no se logrará la estabilización.

Para garantizar la formación de la película, el lodo deberá contener una cantidad importante de bentonita sódica. Las características de la película cambian notablemente por pequeñas variaciones en el proporcionamiento agua-bentonita o por la contaminación del lodo con arena u otras partículas sólidas no coloidales.

La cantidad de bentonita sódica que deberá contener el lodo será tal que el lodo producido cumpla con las características que se mencionan más adelante; una proporción inicial agua-bentonita que se recomienda tomar como base para la dosificación del lodo varía entre 12:1 y 15:1 en peso, sin embargo la dosificación definitiva será aquella que de un lodo cuyas propiedades queden comprendidas dentro de los límites que se mencionan más adelante. No deberá usarse en la elaboración del - -

lodo, bentonita cálcica ya que esta reacciona con el concreto, lo cual - - no es deseable para los fines que se persiguen con el empleo del lodo.

b).- Que la suspensión de bentonita sódica en agua sea estable. Es decir, no deberá haber sedimentación o floculación de las partículas de bentonita. El lodo deberá ser capaz de aceptar que se le añada un material inerte de más peso sin sedimentarse, como puede ser la barita, - material que permite lograr un lodo de mayor densidad, útil en la estabilización de tableros próximos a construcciones o sobrecargas que imponen a las paredes de la excavación esfuerzos de compresión y de corte mayores que los de su peso propio.

Los límites dentro de los cuales deberán mantenerse las propiedades - de los lodos son los siguientes:

1.- Viscosidad plástica	Entre 10 y 15 centipoises
2.- Límites de fluencia	Entre 5 y 25 ■ libras/100 ft <sup>2</sup>
3.- Viscosidad Marsh	Entre 35 y 50 seg.
4.- Contenido de arena	Máximo 3%
5.- Volúmen de agua filtrada	Máximo 20 cm.3
6.- Densidad	Entre 1.03 y 1.06 gr/cm3
7.- Espesor de la costra (cake)	Entre 1.0 y 1.5 mm
8.- P.H.	Entre 7 y 10

Todas las propiedades deberán controlarse en laboratorio para establecer la relación agua-arcilla recomendable y verificarse periódicamente en las muestras obtenidas de los lodos que se estén manejando en el - - campo.

El lodo se prepara con un mezclador de chiflón y se bombeará a los recipientes de almacenamiento que tendrán amplia capacidad para las necesidades diarias de la obra. De los recipientes se trasladará el lodo a -

**ECON**
**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**  
**ANALISIS DE LODO BENTONITICO**

E-LAB-12

COVITUR

CONTRATISTA:		LINEA:		PANEL N°:		LADO:	
TRAMO:		FRENTE:		MUESTREO EN PLANTA		MUESTREO EN ZANJA	
PLANTA:	DOSIFICACION:	CADENAMIENTO:		FECHA:		ID	INFORME N°
<b>C O N C E P T O</b>		<b>R E S U L T A D O</b>		<b>L I M I T E S   E S P E C I F I C A D O S</b>			
VISCOSIDAD PLASTICA (centipoises)				5 - 25			
LIMITE DE FLUENCIA (lb/100 ft <sup>2</sup> )				10 - 15			
VISCOSIDAD MARSH (segundos)				35 - 50			
CONTENIDO DE ARENA (%)				3 max.			
VOLUMEN DE AGUA FILTRADA (c m <sup>3</sup> )				20 max.			
DENSIDAD				1.03 - 1.06			
ESPESOR DE LA COSTRA (m.m.)				1.0 - 1.5			
pH				7 - 10			
OBSERVACIONES:							
FORMULO:		REVISO:		ENTERADO:		ENTERADO:	
_____		_____		_____		_____	
ECON		ECON		CONTRATISTA		COVITUR	

las zanjas con una bomba centrífuga para lodos.

Mediante desarenado o regeneración y recirculación se le podrá dar al lodo - varios usos, la recirculación podrá efectuarse pasando por la planta central de fabricación y almacenamiento, o bien, mediante una batería portátil de - hidrociclones; en este último caso se puede recircular localmente de un - tramo de zanja a otro.

El número de usos de que se de al lodo estará limitado al cumplimiento de - las propiedades ya mencionadas, por lo que cuando el lodo haya perdido - - - dichas propiedades deberá regenerarse, desecharse ó utilizarse un lodo nue- vo.

Hay que mencionar que en cada proceso de regeneración se pierde aproximada- mente el 30% el volúmen total extraído, por este motivo se considera económi- co hacer solo una regeneración y desecharse.

En todos los casos, el nivel del lodo en la zanja o tablero estabilizado - - deberá quedar 0.80 m. abajo del nivel superior del brocal.

#### PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA MUROS DE CONCRETO COLADOS EN ZANJAS BAJO - LODO BENTONITICO.

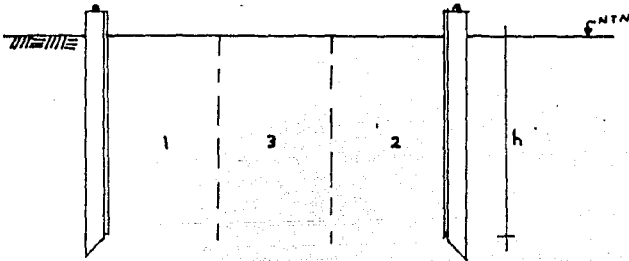
La excavación de los muros es, por especificaciones, con equipo ó Maquinaria- cuya herramienta de corte sea guiada, con objeto de ofrecer una mayor garan- tía en la verticalidad, alineamiento e integridad de las paredes de la zanja; pero para este tramo se usó la almeja libre, debido a los obstáculos de la -- zona, como cables de alta tensión, los puentes y pasos a desnivel de automó- viles.

En cuanto al modo de operación de este equipo se recomienda que deba deslizar- se con suavidad, sin chicoteos ni golpes, hincarla sin dejarla que choque o - caiga libremente sobre el lodo, cortar firmemente la arcilla hincando la he- rramienta a presión sin sacudir ni arrancar de súbito. Si se siguen estas - indicaciones, tendremos como resultado muros mejores acabados, sin problemas-

de verticalidad y alineamiento, también se ahorrará problemas posteriores - de rellenos.

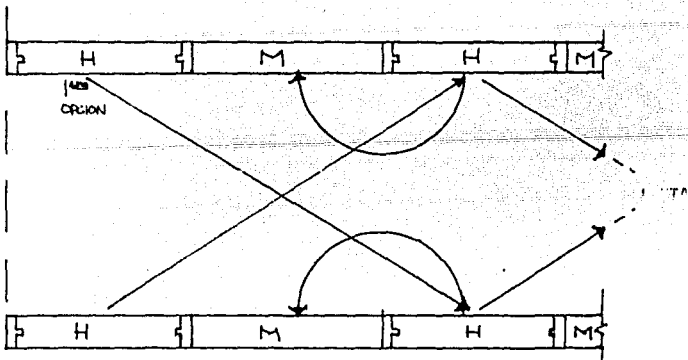
Las posiciones para atacar con la almeja libre, son tres, debido a la longitud de la almeja abierta, la cual es de 2.47 m.

En la figura # III.11 se indica el modo de ataque:



En la fotografía # III.2 se observa una junta metálica.

Las excavaciones de las zanjas se harán en forma alternada, es decir, no se excavarán tableros continuos en forma simultánea, por la siguiente razón: - - al iniciar la excavación del frente, los llamados muros cabeceros, por la - - naturaleza de junta son llamados hembras, le siguen los "machos" y se repite la secuencia hasta terminar el frente como se indica en figura # III.12.





Como se podrá observar, únicamente utilizamos las juntas en los muros denominados "hembras". Los muros "macho" serán más fáciles de excavar y colar - debido a una menor cantidad de maniobras. La longitud de los muros se indican en los planos estructurales, pero en ningún caso será mayor de 6.00 m. Las juntas son tubos metálicos huecos de forma rectangular que en una de sus caras tienen la forma macho o hembra y que contienen la banda de PVC integro da.

Una parte de esta banda queda ahogada en el momento del colado y la otra - parte queda libre en el interior del tubo para ahogarse durante el colado -- del muro contiguo. La banda PVC tiene como objeto evitar al máximo las filtraciones de aguas freáticas al cajón. La cara de la junta que quedará en - contacto con el concreto deberá engrasarse para facilitar su extracción - - posterior.

Durante la excavación deberá efectuarse un control de las propiedades del -- lodo de perforación por el personal especializado. Se llevarán a cabo cuando menos dos pruebas de lodo por cada tablero, la primera al vaciar el lodo - en la zanja antes de iniciar la excavación y la segunda inmediatamente antes de introducir la parrilla de refuerzo. Si los resultados de las pruebas de - lodo indican que no se cumple con algunas de las propiedades especificadas, - (lo más común es que el contenido de arena del lodo se incremente por arriba del límite fijado por efectos de contaminación), el lodo deberá recircularse desde la zanja hasta la batería de los hidrociclones desarenadores, por esta razón es conveniente que durante el proceso de excavación y limpieza de la - zanja se cuente con las instalaciones necesarias (toma y descarga) para mantener en funcionamiento continuo la batería de hidrociclones y mantener - - durante todo el proceso el lodo en circulación.

El nivel del lodo dentro de la zanja a 80 cm. abajo del borde superior de los brocales.

Por ningún motivo deberá permitirse abatir el nivel arriba indicado de la bentonita se pena de causar succiones y gradientes en el manto freático que favorezcan la desintegración y el derrumbe de las paredes. Deberán preverse las instalaciones de preparación y regeneración de lodos y la capacidad de almacenamiento suficientes para cubrir ampliamente las necesidades diarias de la obra; esta amplitud cubrirá un 50% en exceso del volúmen de las zanjas por rellenar en el día, para absorber el consumo adicional que se tenga por fugas o pérdidas de lodo a través de las fisuras y grietas en las arcillas, o de los poros en los materiales más permeables. Cuando las fugas se notan extraordinarias podrá usarse aserrín en el lodo para rellenar las grietas. El aserrín debe añadirse en los recipientes de mezclado y no después, para evitar que se formen grumos.

Por ningún motivo se admitirá colar en un tramo donde se hayan percibido fugas y no se hayan tratado adecuadamente hasta asegurarse de que hayan desaparecido.

Asimismo, no deben transcurrir más de seis horas entre el momento que se alcance la máxima profundidad de excavación y el inicio del colado.

En vista de que la herramienta de excavación de la zanja es curva, la profundidad de la excavación deberá llevarse a la que indica el proyecto, en cada caso más 20 cm.

Cuando se haya concluido la excavación y se haya verificado la profundidad de la zanja y las profundidades del lodo se procederá a introducir las juntas metálicas y la parrilla de refuerzo.

Las parrillas irán contraventeadas con rigidizadores y se harán descender por su propio peso por medio de una grúa, tomando las debidas precauciones con respecto a la verticalidad, el alineamiento y la profundidad.

Para evitar la tendencia a la flotación de la parrilla de armado y garantizar que permanezca en su lugar se instalarán dos gatos en la superficie apoyados contra el brocal que impida que la parrilla se mueva durante el colado. Estos gatos se retiran hasta que haya terminado el colado. Es muy importante verificar cuidadosamente que la parrilla a pesar de la tendencia -- de flotación ha quedado en su lugar, y por ningún motivo se permitirá el -- colado del muro con la parrilla flotando o fuera de su lugar.

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

Con objeto de garantizar el recubrimiento de los muros, las parrillas de -- armado deberán habilitarse con roles de concreto de 5" de diámetro que irán fijados al acero principal de la parrilla y tres niveles equidistantes en el sentido vertical. Cada una de las varillas llevará cuatro roles ubicados -- también equidistantes en el sentido horizontal.

Asimismo, será necesario dejar dentro de la parrilla espacios libres de -- 60 x 60 cm. con varillas verticales de guía para el paso de las "trompas de colado". Para impedir el paso de concreto en la unión posterior con la losa de piso, se hará una caja de 1.25 m. de altura y 15 cm. de espesor, a lo -- largo de la parrilla, con espuma de plástico amarrada con tela de gallinero. Debe cuidarse, en el descenso y colocación de la parrilla, que la caja no -- se deforme, para no perder la posición y el anclaje previsto.

Después de colada, centrada y nivelada la parrilla se introducirá, en el es-

pacio respectivo, la trompa de colado, por tramos. Los coples de unión - - de cada tramo de la trompa deben ser perfectamente herméticos para impedir que la succión de la columna de concreto, al bajar, chupe aire o lodo del exterior. Cada tramo será de no más de 2 m. de largo y tendrá un diámetro no menor de 30 cm. Al tramo que sobresale en la superficie se le conecta un embudo o una tolva. La boca de esta tolva debe quedar a una altura conveniente para que se pueda descargar directamente el concreto desde las ollas revolventoras. Todo el conjunto se subirá o bajará durante el colado por lo tanto deberá contarse con el equipo necesario para efectuar estos movimientos. Los tramos de tubo deberán ser lo suficientemente fuertes y pesados para soportar el manejo y evitar que se aflojen al estar vacíos. El extremo inferior de la trompa, o boca de descarga, debe quedar apoyado en el fondo de la zanja antes de iniciar el colado. Esta boca va cerrada por un tapón en el momento de hacer descender la trompa dentro del lodo. Este tapón debe tener un diseño adecuado para que impida la entrada del lodo al interior de la trompa y para que retenga el concreto en la trompa, hasta que este haya formado una columna cuya altura sea suficiente para botar el tapón e iniciar el flujo suave del concreto. En esa forma se evita la descarga de concreto con el lodo. Para iniciar el flujo de concreto la trompa deberá levantarse una distancia de 30 cm. del fondo de la zanja. Al descender la trompa con el tapón dentro de la zanja, ésta tiende a flotar, tendencia que habrá de contrarrestar lastrando o sujetando la tubería durante el descenso.

Otro sistema consiste en utilizar un balón de latex especialmente diseñado para esta maniobra, el cual, antes de empezar a vaciar el concreto se coloca en el embudo situado en la parte superior de la trompa de colado, en el momento de que el concreto desciende lo hace también el balón. Este sistema tiene analogía con un pistón; el balón asciende posteriormente a la superficie.

El concreto debe ser suficientemente fluido para que sin necesidad de vibrarlo penetre y se distribuya uniformemente por todo el tablero.

La boca de descarga de la trompa de colado no debe quedar nunca ahogada -- a menos de 1.50 m. en el concreto que se esté colando. Para ayudar el -- concreto a fluir al principio, puede desplazarse la trompa verticalmente -- hacia arriba y hacia abajo vigilando que permanezca siempre suficientemente ahogada en el concreto para que no exista contaminación del lodo en el concreto. A medida que el concreto fluye se agregará concreto a la tolva, manteniendo la columna a una altura conveniente para regular la rapidez -- del flujo, en esta forma, el lodo de la zanja será desplazado hacia la -- superficie por la diferencia de densidades prácticamente sin necesidad de mover la tubería. El impulso que lleva la primera mezcla al salir por la boca de descarga producirá un efecto de arranque en el fondo del tablero -- y lo deja limpio de lodo. Con un buen procedimiento de colado el lodo no se mezclará con el concreto, sino que éste lo llevará siempre por delante -- hasta rebosar, bien sea un recipiente colector o bien el tablero vecino; -- también puede irse succionando con una bomba de lodos.

El concreto no deberá ser vaciado de golpe dentro de la tolva para lograr un flujo suave y continuo, por lo que no deberán tenerse recesos ó suspensiones mayores de 15 minutos, para evitar el fraguado inicial y problemas en el flujo del concreto.

Dos trompas de colado de la zanja serán suficientes para el colado de 6 m. de longitud, debido a las pendientes que desarrolla el concreto fluido -- dentro del lodo. Las dos trompas de colado deberán usarse en forma simultánea y una vez iniciado el colado no deberán desplazarse lateralmente -- dentro del tablero.

Resumiendo, un buen procedimiento de colado representa:

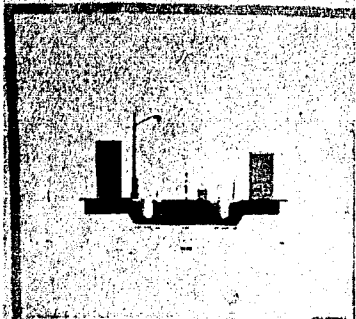
- a) Tener un lodo bajo control que cumpla con todas las características - - especificadas.
- b) Tener un concreto fluido, de acuerdo a especificaciones.
- c) Dejar la trompa ahogada siempre en el concreto; no menos de 1.50 m. - - durante el colado y asegurarse de que los coples de unión de los tramos de la trompa sean herméticos, es decir, que impidan la entrada del lodo hacia el interior.
- d) Hacer un colado continuo que por ningún motivo sea interrumpido más de 15 min.
- e) Evitar todo movimiento brusco de la trompa y todo vibrado y picado, ya que ello favorece la mezcla del lodo con el concreto, dando por resultado oquedades y zonas contaminadas de muy baja resistencia en el muro.
- f) Verificar durante el colado el volumen de concreto que entra en el tablero y el volumen de lodo que se desplaza y compararlos con los volúmenes calculados de acuerdo con la geometría del tablero. Si hay diferencias notables puede significar que está habiendo fugas o que hay mezcla del lodo con el concreto.

El concreto de los muros debe llegar a un nivel 30 cm. arriba del nivel superior indicado en el proyecto. Estos 30 cm. en exceso se consideran contaminados y que no contribuyen al trabajo estructural del cajón.

Se puede utilizar, si se requiere, un aditivo retardante.

Una vez colados los muros pantalla, se procede al bombeo y la excavación.

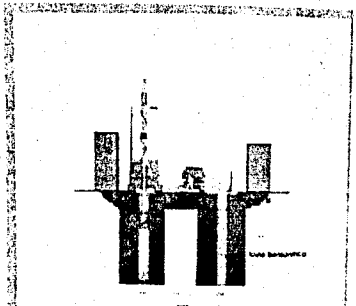
**AMPLIACION DE LA RED DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO "METRO" III**



**TRAZO Y COLADO DE BROCALES**

**PROCESO CONSTRUCTIVO LINEA SUBTERRANEA**

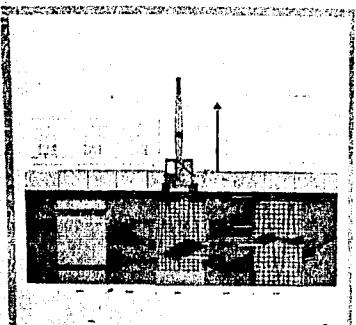
**AMPLIACION DE LA RED DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO "METRO" III**



**EXCAVACION PARA MUROS**

**3ª ETAPA PROCESO CONSTRUCTIVO LINEA SUBTERRANEA**

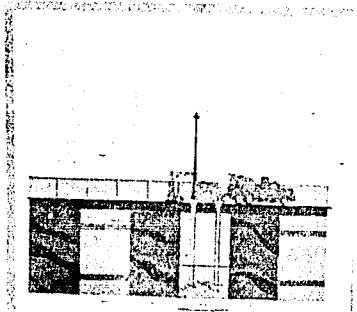
**AMPLIACION DE LA RED DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO "METRO" III**



**COLOCACION DE ARMADO**

**4ª ETAPA PROCESO CONSTRUCTIVO LINEA SUBTERRANEA**

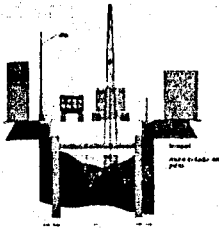
**AMPLIACION DE LA RED DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO "METRO" III**



**COLADO DE MURO**

**5ª ETAPA PROCESO CONSTRUCTIVO LINEA SUBTERRANEA**

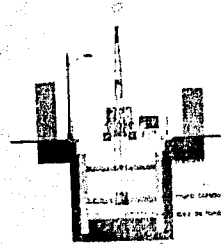
AMPLIACION DE LA RED DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO



EXCAVACION Y COLOCACION DE TROQUELES

6.º ETAPA PROCESO CONSTRUCTIVO LINEA SUBTERRANEA

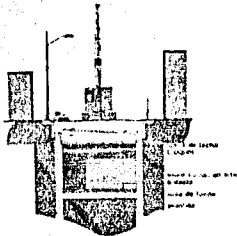
AMPLIACION DE LA RED DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO



LOSA DE FONDO Y EXCAVACION

7.º ETAPA PROCESO CONSTRUCTIVO LINEA SUBTERRANEA

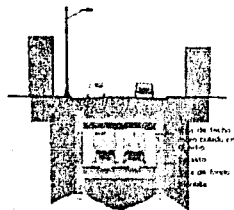
AMPLIACION DE LA RED DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO



COLOCACION DE LOSAS DE TECHO

8.º ETAPA PROCESO CONSTRUCTIVO LINEA SUBTERRANEA

AMPLIACION DE LA RED DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO



CAJON TERMINADO

PROCESO CONSTRUCTIVO LINEA SUBTERRANEA



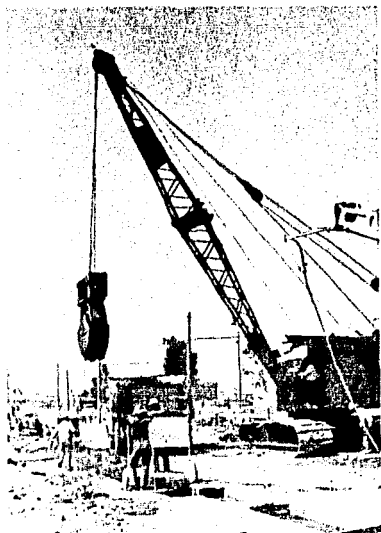


FOTO III.2.  
Excavación de muros con Almeja libre.

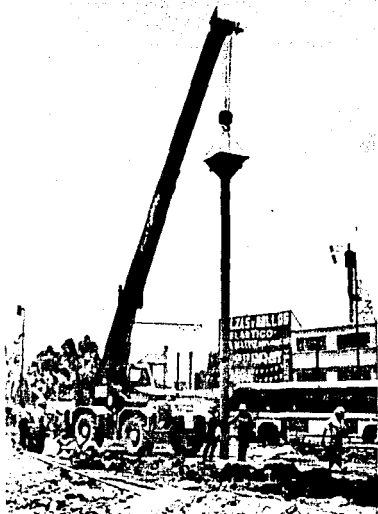


FOTO III.3.  
Transporte de una trompa de colado.

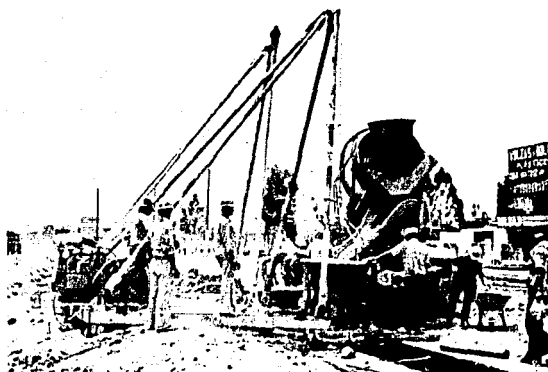


FOTO III.4.  
Colado de un muro con dos malacates.  
Se aprecia la "trompa" en su posición.



FOTO. III.5.  
Excavación del cajón y troqueles. Se -  
aprecian los pozos de bombeo y el des-  
prendimiento del brocal interior.

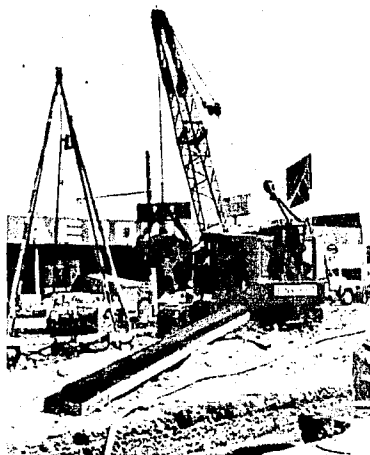


FOTO III.6.  
Junta metálica. Malacate para colado.

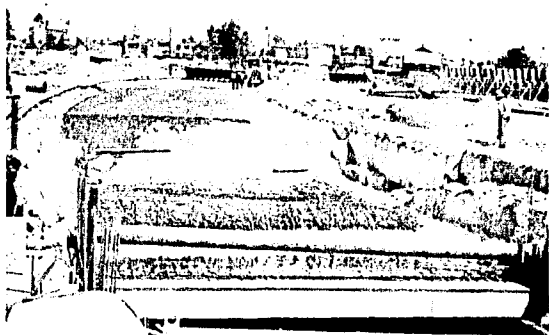


FOTO III.7  
Proceso de colocación de terracerías. Se aprecia la table  
ta y el armado sobre ellas.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA RECONSTRUCCION DE PAVIMENTOS SOBRE EL -  
CAJON SUBTERRANEO DEL METRO.

- 1.- Subrasante.- La última capa de los rellenos sobre los que se construyeron los pavimentos, fué compactada al 95% de su peso volumétrico seco -- máximo. Independientemente del tipo de material empleado para el relleno, el espesor de la capa compactada a grado especificado, fué de 30 cm.
- 2.- Base.- Sobre la subrasante se construyó la capa de base hidráulica, -- cuyo espesor compacto es de 20 cm y la calidad del material se describió en los controles de obra ya anotados. El material de base se tendió y -- compactó hasta alcanzar el 100% de su peso volumétrico seco máximo en -- prueba Pórtler Estándar.
- 3.- Riegos Asfálticos.-
  - a).- Riego de impregnación.- Sobre la base hidráulica superficialmente-seca y barrida, se aplica un riego de impregnación usando un producto -- asfáltico del tipo FM-1, a razón de 1.5 lt/m<sup>2</sup>. El riego del material -- asfáltico se realiza en las horas más calurosas del día. La superficie -- impregnada debe presentar un aspecto uniforme y el material asfáltico -- debe estar superficialmente adherido al material de la base hidráulica;- la penetración del riego no será menor de 4 mm y la absorción total debe -- rá presentarse en no más de 24 horas.  
Aún sin presentarse depresiones en la superficie de la base hidráulica,- el material asfáltico regado puede presentar charcos, cuando esto sucede, el exceso de material asfáltico acumulado se debe retirar inmediatamente por medio de cepillos.  
La base impregnada se cerró el tránsito por un lapso de 50 horas.
  - b).- Riego de liga.- Previo al tendido de la carpeta y 48 horas después del riego de impregnación, se aplicó un riego de liga con producto asfáltico FR-3 a razón de 0.7 lt/m<sup>2</sup> aproximadamente.

Antes de aplicar el riego de liga sobre la base impregnada, ésta debe - ser barrida para dejarlo exenta de materias extrañas y polvo. Antes del tendido de la carpeta, se debe dejar transcurrir un tiempo de 30 minutos para que el material asfáltico del riego de liga adquiera la viscosidad - adecuada.

4.- Carpeta de concreto asfáltico.- Se construyó la carpeta de concreto asfáltico cuyo espesor fué de 7.5 cm. por tratarse de calles de prime ra importancia. El material que se empleó para ésta carpeta fué un - petreo triturado y cribado a tamaño máximo de 19.1 mm (3/4") con ce- mento asfáltico No. 6. Esta capa se compactó al 95% de su peso volu- métrico determinado por el procedimiento Marshall. El concreto as- fáltico se tendió a una temperatura no menor de 110°C con un espesor- uniforme, inmediatamente después del tendido se planchó uniformemente por medio de una aplanadora tipo Tandem de 6 a 8 ton. de peso para -- dar acomodo inicial la mezcla, este planchado debe efectuarse longitu- dinalmente a "media rueda". A continuación se compacta la carpeta -- en formación utilizando compactadores de llantas neumáticas de 8 ton; inmediatamente después se emplea una plancha de rodillo liso de 10 ton. para borrar las huellas que dejen los compactadores de llantas neumá- ticas.

La compactación de la carpeta debe terminarse a una temperatura no --- menor de 70°C.

5.- Riego de sello.- Se aplicó un riego de sello sobre la carpeta constru- ida con lechada de cemento Portland Tipo I. La dosificación del riego- de sello fué de 0.75 kg de cemento por metro cuadrado.

5.- PARTICULARIDADES DEL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

El procedimiento que a continuación se describe es para el tramo de la - -  
glorieta La Raza exclusivamente (km 4+428.32 al 4+017.43).

La excavación de este subtramo se hizo a cielo abierto entre una estructura  
de contención integrada por muros de concreto colados en sitio.

A excepción del tramo entre los cadenamientos 4+095.00 al 4+060.00 donde se  
excavó por debajo de unas losetas preesforzadas (tuneleando) que fueron - -  
colocadas con objeto de no interrumpir la circulación en la rampa Vallejo -  
Jacarandas.

La construcción de los muros de concreto en zanja se efectuaron de acuerdo -  
al método descrito anteriormente.

En la zona vecina a los cables de alta tensión localizada aproximadamente -  
entre los cadenamientos 4+060 y 4+130, así como en la zona donde se ubican -  
los cables de telégrafos aproximadamente en el cadenamiento 4+350 la excava-  
ción de los muros de concreto se realizó con almeja libre, ya que esta es de  
menor altura de pluma y no se corre el riesgo de hacer contacto con los men-  
cionados cables.

En el cruce con el túnel de desvío del colector Consulado, la construcción -  
del muro de concreto colado en sitio, se suspendió a una distancia de 7.50 m.  
a cada lado del eje de dicho túnel; asimismo en el cruce con el colector - -  
existente Humboldt, la construcción del muro se suspendió a una distancia de  
4.00 m. ambos lados de dicho colector. Estas distancias se midieron sobre -  
los ejes del metro y de los colectores.

En los tableros de muros de concreto colados en el sitio que queden cercanos  
a la cimentación de las torres de alta tensión se utilizó barita para lograr  
una densidad mínima del lodo de 1.15, a fin de garantizar la estabilidad de-  
las zanjas, la longitud de dichos tableros fueron de 3.50 m.

La construcción de brocales en estos tramos quedan descritos dentro de las -

generalidades de Proyecto, solamente cabe agregar que la profundidad del faldón de los mismos en todo este tramo quedaron 50 cm. abajo del paño superior del muro de concreto colado en sitio.

La excavación de este tramo se describe a continuación.

#### I.- Abatimiento del nivel Freático.

Para lograr lo anterior se instalaron pozos de bombeo, con las siguientes características especiales: se localizaron sobre el eje del trazo con una separación entre sí de 10.00 m.

Se perforaron hasta 4.00 m. abajo de la profundidad máxima de excavación, indicada en perfil topográfico.

Los ademes de los pozos fueron de tubo de fierro de 4" de diámetro, ranurados en toda su longitud excepto 1.50 m. en ambos extremos y estuvieron provistos de tres aletas de 1.00 m. de longitud, formadas por varillas de 3/4" cuyo diámetro circunscrito debe ajustar a la perforación, estas aletas se localizan en tres puntos equidistantes a lo largo del ademe.

Para la extracción del agua del interior de los pozos se emplearon bombas de pozo profundo del tipo eyector de 1" x 1.25" operadas a una presión de 5 kg/cm<sup>2</sup>. La profundidad de succión de las bombas fué de 2.00 m. abajo de la profundidad de excavación.

Se empezó a bombear en una longitud de 30.00 m. diez días antes de iniciarse la excavación, continuándose el bombeo de tal manera que el tramo que se estuviera bombeando no sobrepasara, en ningún caso, la longitud antes indicada medida a partir del frente donde se está construyendo la losa de piso.

El bombeo se suspende, obviamente, después de que se haya colado la losa de piso correspondiente.

#### II.- Excavación, apuntalamiento y construcción.

- 1.- El avance máximo de la excavación fué de 8.00 m. a lo largo del eje del metro para construir tramos de losa de fondo de 7.00 m. de longitud.

2.- La excavación, colocación de puntales y colado de la estructura del - -  
Metro se hizo por etapas, en la forma que a continuación se describe.

En lo sucesivo se considerará como nivel 0.00 a la parte más alta del -  
locho superior de la losa de techo (extradós).

1a. ETAPA. Se excavó hasta la profundidad que se indica en la siguiente - -  
tabla y se colocará el primer nivel de puntales en las elevaciones que-  
se indican a continuación:

CADENAMIENTO	EXCAVACION ( m )	1er.NIVEL DE PUNTALES (m)
4+428,327 - 4+255.80	0.00	+ 0.30
*4+255.80 - 4+222.80	- 1.35	- 1.05
4+222.80 - 4+095.00	0.80	0.50(abajo paño de tablaes
4+060.00 - 4+041.136	0.00	+ 0.30 taca).
4+041.136 - 4+033,736	- 1.35	- 1.05

\* ZONA DE REJILLAS

Estos puntales fueron colocados por pares separados entre si 1.00 m. de dis--  
tancia centro a centro, de manera que queden simétricamente colocados respec-  
to a las juntas de construcción de los muros como se indica en la siguiente -  
figura N° III.12A.

2a. ETAPA. Se excavó hasta la elevación indicada en la siguiente tabla y se -  
colocaron pares de puntales en la elevación que a continuación se-  
indica.

CADENAMIENTO	EXCAVACION (m)	2DO. NIVEL (m)
4+428,327 - 4+320,264	- 2.75	- 2.75
4+320,264 - 4+255.80	- 5.25	- 4.50
*4+255.80 - 4+222.80	- 3.80	- 3.50
4+222.80 - 4+190,362	- 2.15	- 1.85
4+190,362 - 4+095,00	- 1.95	- 1.65

CADENAMIENTO	EXCAVACION ( m )	2DO. NIVEL ( m )
4+060.00 - 4+041.136	- 2.75	- 2.45
4+041.136- 4+033.736	- 5.30	- 5.00
4+033.736- 4+017.436	- 2.75	- 2.45

\* ZONA DE REJILLAS

3a. ETAPA. Se excavará hasta las elevaciones indicadas en la siguiente Tabla y se colocaron pares de puntales en la elevación que se indica a continuación.

CADENAMIENTO	EXCAVACION (m)	3a.NIVEL DE PUNTALES ( m )
4+428.327 - 4+320.264	- 5.50	- 4.70
4+320.264 - 4+255.80	----	-----
*4+255.80 - 4+222.80	- 6.25	- 5.95
4+222.80 - 4+190.362	- 5.40	- 5.10
4+190.362 - 4+060.00	- 5.65	- 5.35
4+060.00 - 4+041.136	- 5.50	- 4.70
4+041.136 - 4+033.736	-----	-----
4+033.76 - 4+017.436	- 5.50	- 4.70

\* ZONA DE REJILLAS

Exclusivamente en la zona de rejillas comprendida entre el cadenamiento - 4+255.80 y el 4+222.80 se retirará el 2o. Nivel de Troqueles después de colocado el 3er. nivel.

4a. ETAPA. Se excavó hasta la máxima profundidad de excavación e inmediata se coloca una plantilla que puede ser de concreto pobre o de grava compactada con pisón de mano, cuyo espesor se indica a continuación. Donde el espesor de la plantilla fué mayor que 0.10 m. se utilizó concreto pobre.

CADENAMIENTO	ESPESOR DE PLANTILLA
4+428.327 - 4+255.80	0.10 m



CADENAMIENTO

ESPESOR DE PLANTILLA

4+255.800 - 4+222.80

1.00 m \*

4+222.80 - 4+017.436

0.10 m

\* ZONA DE REJILLAS.

Cuando se usa plantilla de grava y haya exceso de agua por cualquier causa en el fondo de la excavación, es necesario proteger la plantilla colocando un mortero en los 3 cm. superiores.

Se procede al armado y colado de la losa inferior del cajón 6 Hrs. después de colada la plantilla de concreto pobre; en caso de utilizar plantilla de grava se procederá al armado y colado de la losa inferior del cajón inmediatamente después de colocada ésta.

Será condición necesaria que el colado de la losa inferior del cajón se haga dentro de las 24 Hrs. siguientes contadas a partir del momento en que se alcance la máxima profundidad de excavación.

5a. ETAPA. Después de transcurridas 24 Hrs. de colada la losa de piso se podrán retirar los niveles inferior e intermedio de puntales.

6a. ETAPA. Se procede a la colocación de las losetas presforzadas y al armado y colado de la losa superior.

El primer nivel de puntales se puede retirar 24 hrs. después de colada la losa de techo.

7a. ETAPA. Se coloca el material del relleno; será necesario que transcurra el tiempo adecuado para que la losa de techo alcance su máxima resistencia, lo cual ocurre a los 14 días si se utiliza cemento tipo III ó a los 28 días si se utiliza cemento tipo I. El procedimiento de relleno se describió en las generalidades del proyecto.

El peso volumétrico del relleno que se colocó sobre la losa de techo es variable y su magnitud se indica a continuación.

CADENAMIENTO

4+428.327 - 4+320.264  
4+320.264 - 4+260.00  
4+260.00 - 4+222.80  
4+222.80 - 4+095.00  
4+095.00 - 4+060.00  
4+060.00 - 4+017.00

RELLENO

1.75 Ton/m3  
1.75 Ton/m3  
1.90 Ton/m3  
1.75 Ton/m3  
1.45 Ton/m3  
1.75 Ton/m3

Durante la construcción de este subtramo, se respetó siempre, en el frente de ataque de la excavación el talud de corte que se muestra en la figura - N° III.12A, en la que se observa que después de colado un tramo de losa debe existir una excavación de 1.00 m. de longitud y un talud 1:1 hasta la superficie del terreno.

III.- Excavación en túnel entre km 4+060 y 4+095

En este cadenamiento se procedió a construir el cajón en la siguiente forma:

Bombeo.- La construcción y colocación de los pozos de bombeo fué durante la noche utilizando el procedimiento y la separación ya indicados.

El ademe de los pozos y las tuberías de la bomba eyectora se dejaron a 1.00 m. abajo de la superficie del terreno.

Las tuberías y mangueras del sistema de bombeo de este tramo se localizaron entre los muros de concreto colados en el sitio y por debajo de las losetas preesforzadas que serán colocadas posteriormente para dar continuidad al paso de vehículos.

1a. ETAPA. Se procedió a construir los brocales durante la noche colocando planchas metálicas para no interrumpir el tráfico durante el día.

2a. ETAPA. Se procedió a la construcción de los muros de concreto colados - en sitio durante la noche, debiendo quedar el paño superior del muro de concreto 60 cm. abajo del nivel del terreno natural.

3a. ETAPA. Se procede a excavar hasta la profundidad necesaria para apoyar sobre los muros las losetas preesforzadas.

Estas deben apoyarse sobre concreto sano, para lo cual es necesario demoler la parte superior de los muros en la forma ya antes mencionada.

4a. ETAPA. Colocadas las losetas, se procede al colado del firme de compresión y a la restitución del pavimento.

Las etapas 3 y 4 anteriores se ejecutaron en el periodo necesario para no impedir el paso de vehículos, en días no laborables.

Una vez colocadas las losetas preesforzadas que permiten la circulación continua de vehículos, la excavación en ese tramo se efectuó en la forma llamada "tuneleando".

Los niveles de excavación y de colocación de puntales se indican a continuación.

Estos niveles están referidos al nivel 0.00 considerando como punto más alto de la losa de techo del cajón (extradós).

Excavación hasta el nivel.	Colocación de puntales en el nivel.
+ 1.60 m.	1er. nivel + 1.90 m.
- 1.50 m.	2do. nivel - 1.20 m.
- 5.65 m.	3er. nivel - 5.35 m.

Colocado el tercer nivel de puntales, se excavó hasta alcanzar la máxima profundidad de excavación. Todo el proceso posterior de construcción es igual al descrito anteriormente.

**NOTAS IMPORTANTES.**

- 1.- Los puntales se colocan inmediatamente después de que la excavación descubre los puntos de aplicación, no debiéndose continuar ésta si -- los puntales no han sido colocados.
- 2.- Todos los puntales se colocan con una precarga de 30 ton. como mínimo, a travez de un gato hidráulico con manómetro.
- 3.- Ninguna excavación debe quedar abierta por más de 24 hrs. sin colar -- la losa de piso.

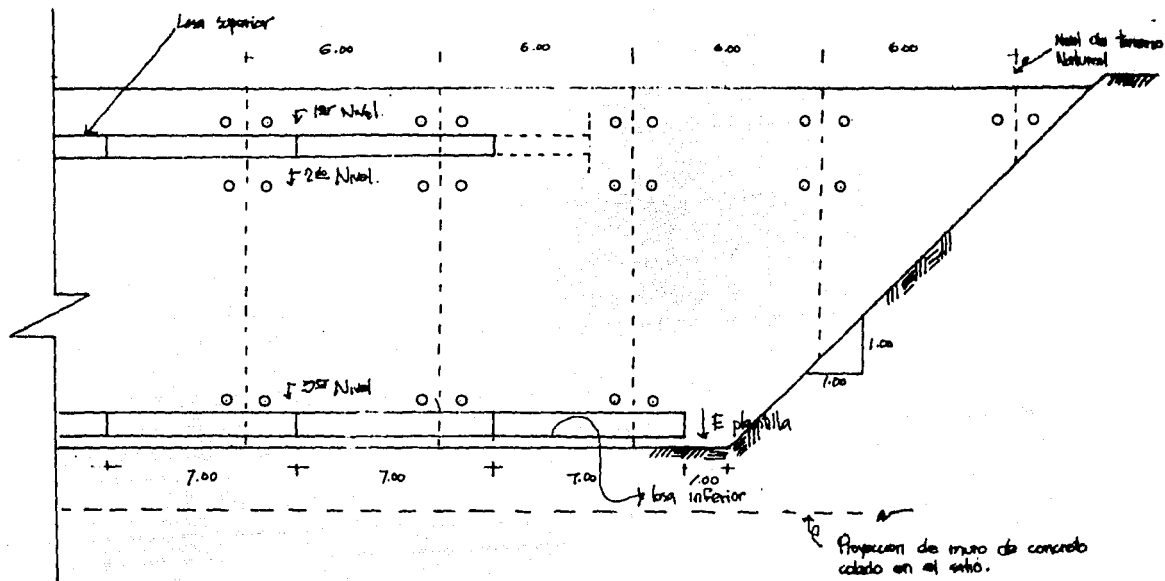


FIGURA III.12 A.

Colocación de puntales y talud de avance.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL CAJON DEL METRO EN LOS PUNTOS DE INTER--  
SECCION CON LOS COLECTORES SAN JUAN DE LETRAN, HEROES Y CONSULADO .

Los tramos de las intersecciones fueron dejados para lo último, mientras se trabajaba en dichos frentes en las obras de desvío ya mencionadas. Al iniciar el ataque a los colectores, estos ya se encontraban fuera de servicio.

Para construir en estos puntos se siguió el siguiente procedimiento:

- 1.- Exclusivamente en la zona de interferencia con los colectores, se construyó únicamente el lado exterior de los brocales.
- 2.- Durante el proceso de excavación de cada tramo, es importante respetar la inclinación del talud especificado. Cuando el hombro de este talud alcanza el punto "A" indicado en la figura N° III.13. además de continuar el ataque del talud, se inició la excavación de una berma hasta una profundidad suficiente para que se descubra el lomo del tubo, El talud de avance se continúa en el extremo donde termina la berma, según se indica en la misma figura.
- 3.- Simultáneamente con la excavación y a medida que se van descubriendo los muros que se localizan a ambos lados de los colectores, se demuele el concreto hasta descubrir las varillas que integran el armado de dichos muros, a las que se soldaron viguetas de acero I-4" colocadas horizontalmente a cada metro de profundidad. Conforme se fueron colocando las viguetas se pusieron inmediatamente entre estas y las paredes de la excavación, un tupido de tabloncillos de 2" de espesor que sirvió; para contener al terreno y funcionó como cimbra perdida, según se indica en la figura N° III.14.
- 4.- Descubierto el lomo del colector, se procedió a la demolición del mismo y se construyó en su interior un muro-tapón constituido por tabiques los cuales se juntaron con mortero.

Una vez que los muros-tapón se construyeron se continuó la excavación y -- colocación de viguetas en la forma descrita para las etapas anteriores.

5.- Habiendo alcanzado la máxima profundidad de excavación se procedió a - colocar la plantilla correspondiente y enseguida se inició el armado - y colado de la losa de piso dejándose las preparaciones correspondien- tes para construir los muros laterales en la zona donde se localizan - las viguetas de acero. Estos muros no llevan pata y su construcción - se efectuó en forma convencional una vez que transcurrieron cuando - - menos 24 horas de colada la losa de piso.

6.- La colación de las losetas preesforzadas y el armado de la losa supe-- rior se realizó cuando los muros en la zona de interferencia hubieron- alcanzado su resistencia de proyecto.

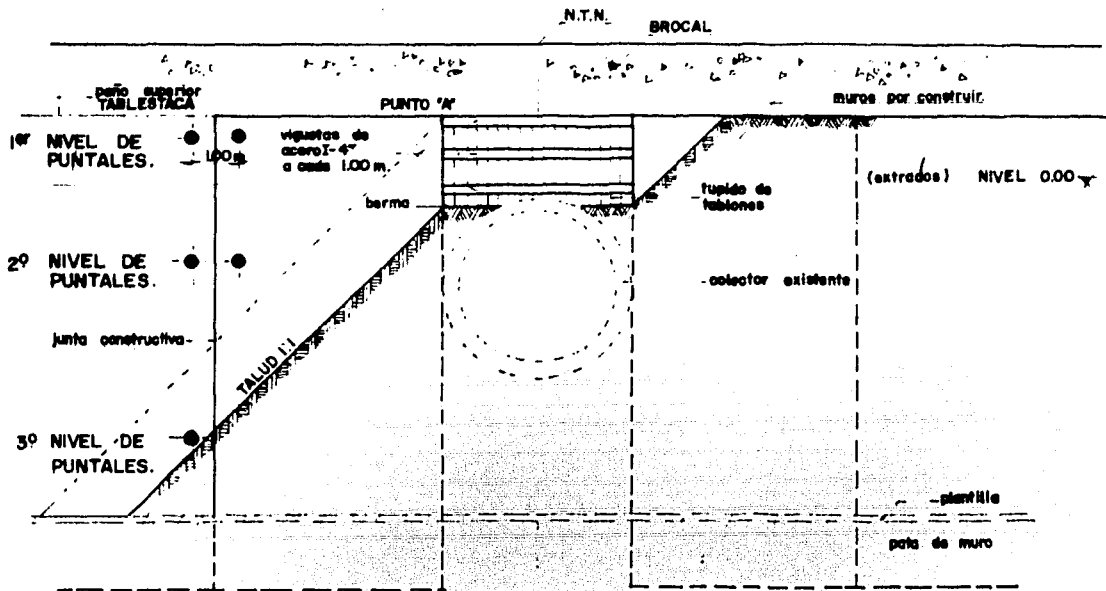


FIGURA III.13

Forma de iniciar la excavación sobre el Colector.



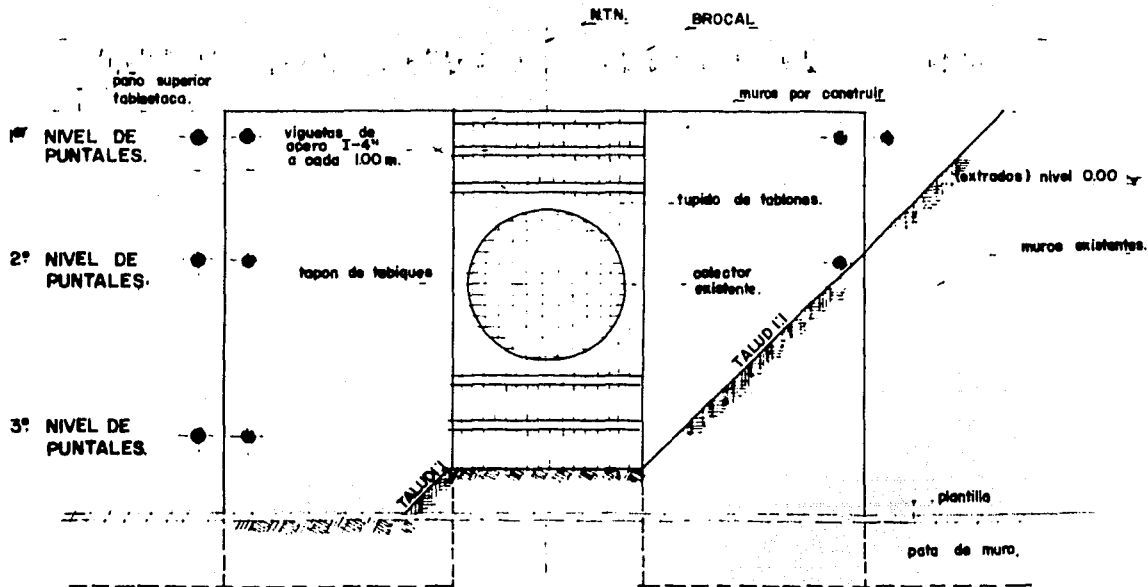


FIGURA III.14

Avance de excavación de zonas de cruces de Colectores.

#### IV.- Conclusiones.-

De todo el trabajo anterior se concluye que el procedimiento constructivo - en esta ocasión estuvo supeditado a las interferencias de la zona y al tiempo de entrega de la obra más que a factores económicos, esto no quiere - decir que el aspecto económico no se haya considerado en el tiempo de construcción sino que no fué determinante en la solución definitiva.

Lo que se pretendió fué que al usuario de esa zona evitarle en lo más mínimo las molestias por obras y no alterar en forma negativa la ya crítica viabilidad en el área, esta fué la premisa fundamental y punto de partida para la elaboración del proyecto y procedimientos constructivos. Por los motivos anteriores, el Lector puede visitar la glorieta La Raza y no encontrará vestigios de los pasados trabajos.

Otro factor de éxito fué la organización y coordinación entre las compañías constructoras ya que todas las actividades entre sí se encontraban relacionadas y el retardo de alguna repercutía en todas las subsecuentes. Por - otra parte el control de las actividades y calidad de los materiales fueron observados rigurosamente por el Personal Técnico de Supervisión (ECON).

Para terminar, solamente espero que este trabajo aumente nuestro acervo - bibliográfico universitario y sea un testimonio más de la capacidad Técnica de los Ingenieros Mexicanos.