



6  
24  
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ACATLAN**

**“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE  
MUROS MILAN Y EL DE MUROS PREFABRICADOS  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CAJÓN DEL  
SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO  
(METRO) LINEA 9”**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**I N G E N I E R O C I V I L**  
P R E S E N T A  
**ALFONSO DOMINGUEZ CHEVAN**

MEXICO, D. F.

1990



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

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

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

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

## INDICE

	Página
<b>INTRODUCCION</b>	1
<b>CAPITULO I GENERALIDADES</b>	
I.1 Antecedentes.....	6
I.2 Descripción de la zona.....	9
I.3 Tramo propuesto para la aplicación de los sistemas.....	14
I.4 Estratigrafía.....	15
I.4.1 Condiciones del nivel freático.....	20
<b>CAPITULO II MUROS COLADOS IN SITU (MUROS MILAN)</b>	
II.1 Procedimiento de construcción.....	23
II.2 Elementos complementarios.....	36
II.3 Programa de construcción.....	38
II.4 Análisis de rendimientos.....	41
II.4.1 Recursos (materiales, mano de obra y equipo).....	45
II.5 Costos.....	46
<b>CAPITULO III MUROS PREFABRICADOS</b>	
III.1 Procedimiento de construcción.....	63
III.1.1 Construcción de los brocales.....	65
III.1.2 Excavación de las zanjas.....	66
III.1.3 Colocación de los muros.....	71
III.2 Análisis de rendimientos.....	74
III.2.1 Recursos (materiales, mano de obra y equipo).....	76
III.3 Costos.....	77
<b>CAPITULO IV ANALISIS COMPARATIVO</b>	
IV.1 Comparativa entre los dos procedimientos constructivos.....	98
IV.2 Comparativa entre los rendimientos.....	97
IV.3 Comparativa entre costos.....	99
<b>CONCLUSIONES</b>	100
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	103
<b>ANEXO</b>	104

## INTRODUCCION

El problema del transporte colectivo es, al igual que el insuficiente abastecimiento de agua potable y la deficiencia del drenaje y alcantarillado, uno de los mayores problemas a los que se ha enfrentado la Ciudad de México en las últimas décadas.

Esto fue originado por varias causas, tales como: la explosión demográfica, la concentración de zonas industriales en el área metropolitana, grandes centros de estudios, etc; dando como uno de los resultados que la Ciudad de México no pudiera satisfacer la demanda del transporte colectivo.

Ante esta situación, se pensó en dar una solución inmediata, esta fue la de llevar a cabo varias obras de vialidad como: realización de ejes viales, viaducto, circuitos interiores, pasos a desnivel, etc.

Con el tiempo se notó claramente que estas alternativas iban a solucionar o aliviar únicamente algunos puntos importantes y además se dirigían en sí al transporte de cierto trato social.

Tratando de satisfacer la necesidad del transporte de las grandes masas, se empezaron a realizar estudios para la

construcción del sistema del transporte colectivo comunmente - denominado "METRO", lo cual fue encomendado para su planeación, construcción y operación al "Sistema de Transporte Colectivo, (STC, organismo descentralizado) que empleó como contratistas - para la elaboración y ejecución del proyecto a los grupos CO-METRO e ISTME.

En un principio se afrontaron cuatro problemas para llevar a cabo la construcción del Metro:

1. Técnico: Se refiere al gran problema del suelo - blando de la Ciudad de México.
2. Económico: El costo de la obra al ser muy elevado, sería un impedimento para su construcción.
3. Financiero: Analizando el proyecto, se observó - que éste requería de un alto costo, el que debería ser financiado por el gobierno, al igual que la - tarifa de los usuarios.
4. Políticos: Ya que no se tenía conocimiento del se- xenio en que se realizaría cada etapa.

Ya superados estos obstáculos, se procedió al trazo de las primeras líneas del proyecto METRO por medio de etapas constructivas de las cuales en la actualidad podemos referir-

nos a cuatro bien definidas (ver tabla # 1).

Estas cuatro se han realizado con distintos métodos constructivos y de acuerdo a las condiciones particulares de cada tramo, tales como los siguientes factores:

- Ancho de la avenida en donde se alojará la línea.
- Paisaje urbano, aspecto estético y barrera física.
- Características del suelo.
- Vialidad de la zona.
- Obras inducidas, como colectores, líneas telefónicas, etc.
- Costo de la obra civil por kilómetro.
- Tiempo de ejecución de la obra civil.
- Obstrucción de la vía pública.
- Futura disponibilidad vial y libramientos viales - perpendiculares inducidos.

Los métodos constructivos utilizados son los siguientes:

tes:

- a) Líneas superficiales
- b) Líneas elevadas
- c) Líneas subterráneas en túnel
- d) Líneas subterráneas en cajón
- e) Líneas combinadas (subterráneas y superficiales)

LÍNEA	1a. ETAPA	2a. ETAPA	3a. ETAPA	4a. ETAPA ①	LONGITUD TOTAL DE LA LÍNEA	LONGITUD TOTAL DE SERVICIO	No. ESTACIONES	TRANSBORDOS POR LÍNEA
1	17,346.803		1,648.208	1,230.000	19,113.064	18,599.292	20	0
2	19,205.788		4,212.216		23,418.002	20,718.787	24	0
3	5,482.287	11,600.637	6,534.947		23,608.871	21,276.019	21	0
4		10,711.998			10,711.978	9,363.196	10	0
5		14,773.492	902.590		15,676.082	14,430.673	13	0
6		9,284.343		4,685.160	13,969.503	11,434.373	11	0
7			13,186.867	5,597.378	18,784.245 ①	17,017.702 ①	14	3
8				20,787.928	20,787.928 ①	19,247.928 ①	19	7
9				16,460.881	16,460.881 ①	14,534.614 ①	13	0
TOTALES	42,014.676	46,358.470	26,464.528	48,769.047	162,496.974	144,621.554	144	

① DISTANCIA GRÁFICA

**SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO**  
**LONGITUD TOTAL POR LÍNEA Y ETAPA**

TABLA No 1

Nos referiremos en este trabajo exclusivamente a las líneas subterráneas en cajón, las cuales presentan dos alternativas:

- A base de muros Milán (método tradicional)
- A base de muros Prefabricados (método a prueba)

Esta Tesis tiene como objetivo principal, realizar un análisis comparativo de tiempos y costos entre ambos procesos o métodos constructivos; para tal efecto, se tomó en consideración el tramo Lázaro Cárdenas-Chabacano de la Línea 9 del Metro.



## **CAPÍTULO I**

### **GENERALIDADES**

## 1.1 ANTECEDENTES

El proyecto de la obra civil del Metro en la Ciudad de México en sus diferentes etapas de construcción, comprende una serie de estudios y actividades, dentro de las cuales las más importantes son las siguientes: Factibilidad, planeación general, ingeniería de tránsito, fotogrametría, topografía, mecánica de suelos, diseño estructural e hidráulica.

Para definir la localización de las líneas, fue necesario realizar estudios de planeación apoyados en modelos matemáticos de origen y destino; también en estudios de densidad de población tomando en cuenta los centros de atracción, los corredores tradicionales de tráfico y pasajeros, la factibilidad técnica, la estructura vial, el análisis de la infraestructura de la propia ciudad y las zonas donde se producen congestionamientos, que en mayor grado, una línea del Metro podría resolver.

Basándose en lo anteriormente mencionado, se empezaron a realizar estudios sobre la línea 9 del Metro, la cual en su esencia surge como desahogo a la línea 1, ya que esta línea estaba proyectada para transportar 60,000 pasajeros/hr/sentido, es decir, esta cifra nos indica la capacidad máxima del sistema en un intervalo de tiempo promedio entre cada estación de 1.5 Min., y a la fecha la línea se encuentra en el límite de -

su capacidad.

Por tales motivos, fue necesario proyectar una línea que fuera capaz de captar el incremento de la demanda de la línea 1 y además tener mayor capacidad para transportar un mayor número de pasajeros/hr/sentido, y con esto, aliviar en gran parte el transporte público entre las estaciones Tacubaya y Pantitlán que son los dos puntos en que ambas líneas coinciden.

El trazo de la línea 9, como anteriormente se mencionó, se realizó paralelamente al trazo de la línea 1 atravesando varias vías de tránsito importantes, entre estas tenemos José Peón Contreras, Avenida Central y Baja California, empleando durante el trayecto los diferentes métodos constructivos mencionados y de acuerdo al perfil mostrado en la fig. I.1.

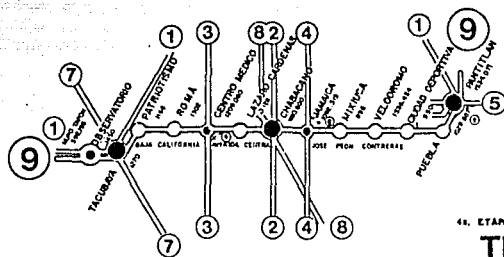
Cabe mencionar que el trazo de la línea 9 ofrecía problemas para su ejecución inmediata, debido a que se encontraron interferencias con colectores de gran diámetro, instalaciones hidráulicas e instalaciones telefónicas entre otras; a este tipo de interferencias se les conoce como obras inducidas.

En el tramo Lázaro Cárdenas-Chabacano, objeto de esta tesis, se encontraron durante su trazo obras inducidas, siendo el cruce de José Peón Contreras e Isabel la Católica el tra

mo más desfavorable para la ejecución, ya que se encontraron colectores de 1.52 m de diámetro en su rama principal y de 0.60 m de diámetro en su rama secundaria; tubería de abastecimiento de agua potable de 0.30 m de diámetro en su rama principal y secundaria, así como instalaciones telefónicas subterráneas (ver fig. 1.2).

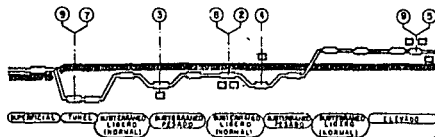
El procedimiento a seguir para solucionar este problema se llevó a cabo durante el transcurso de la excavación de la zanja, siendo la primera interferencia las instalaciones telefónicas, las que no presentaron mayor problema que pasar sus instalaciones de subterráneas a elevadas. La segunda fue la instalación hidráulica y la tercera y más profunda, fue el colector; estas dos últimas se solucionaron en primera instancia clausurándolas y enseguida, desviando sus tomas y conexiones, para lo cual fue necesario mantener éstas suspendidas por medio de tensores de cable de acero trenzado, con el fin de no suspender servicio a los usuarios y así, realizar simultáneamente la excavación, evitando con esto el retraso en la obra.

Es de gran importancia mencionar que las obras inducidas implican un aumento significativo en el costo y tiempo de ejecución total de la obra, por lo que siempre deben considerarse, tanto en el presupuesto inicial, como en el programa general de obra.



41. ETAPA OBSERVATORIO-PANTITLÁN

## TRAZO








## PERFIL

### INFORMACION TÉCNICA

LONGITUD DE SERVICIO 14,534.614m	Nº DE ESTACIONES	13
LONGITUD TOTAL 14,160.891m	DE PASO	7
LONGITUD 4ª ETAPA 14,160.891m	DE TRANSBORDO	6
ENLACE CON LINEA 3 390,000m		
ENLACE CON LINEA 5 424,000m		
ENLACE CON LINEA 8 289,000m		

### SIMBOLOGIA

ESTACION DE PASO   
 ESTACION DE TRANSBORDO   
 ENLACE   
 DISTANCIAS GRÁFICAS   
 TRIPLE TRANSBORDO 

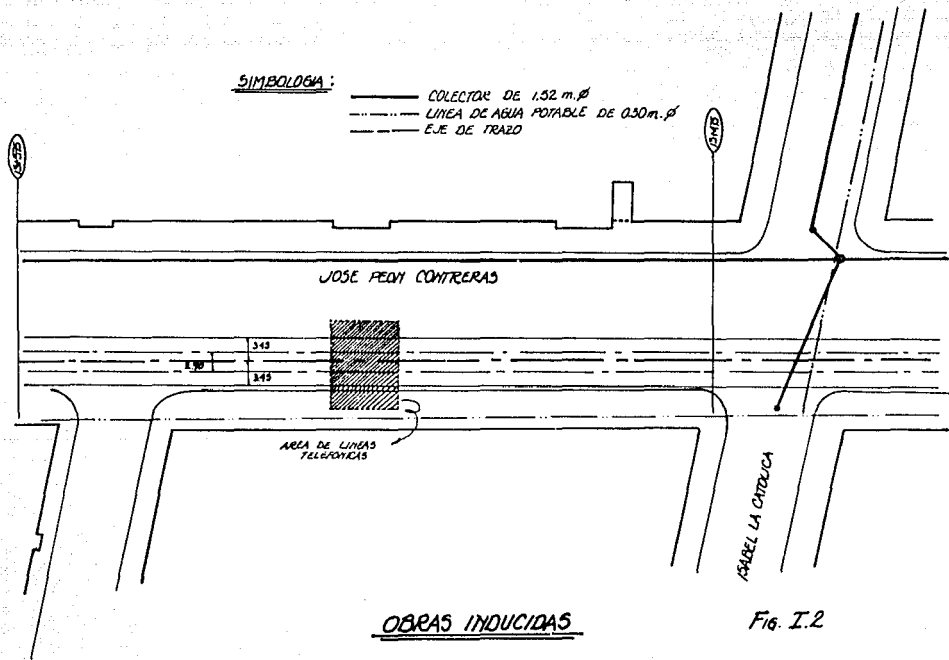
observatorio  
pantitlán

# LINEA 9

FIG. I.1

SIMBOLOGIA :

- COLECTOR DE 1.52 m.φ
- - - LINEA DE AGUA POTABLE DE 0.50 m.φ
- · - · EJE DE TRAZO



OBRAS INDUCIDAS

FIG. I.2

Ya ejecutada la excavación en la que se alojará el cajón del METRO; se procedió a la construcción de la estructura de este último, la cual está formada por tres elementos básicos que son: losa de fondo, muros tablaestacas y el último elemento que es la losa tapa, sobre la cual se colocará un relleno para llegar al nivel de desplante requerido por el proyecto, así mismo las obras inducidas quedarán entonces alojadas en el relleno, situándose finalmente en un punto intermedio entre la superficie de rodamiento y el cajón. (ver fig. I.3)

## I.2 DESCRIPCION DE LA ZONA

El Valle de México es una unidad geográfica limitada al Norte por las Sierras de Tepotzotlán, Tezontlapan y Pachuca; al Este por los llanos de Apan, los Montes del Río Frio y la Sierra Nevada; al Sur por las Sierras de Cauhtzin y Ajusco y al Oeste por las Sierras de Las Cruces, Monte Alto y Monte Bajo. La superficie total del Valle es del orden de  $7,160 \text{ Km}^2$ , de las cuales  $3,080 \text{ Km}^2$  corresponden a zona francamente montañosa,  $2,050 \text{ Km}^2$  a zonas bajas bien definidas y el resto a zonas indefinidas. La altura sobre el nivel del mar en la parte más baja es de 2,240 m. aproximadamente.

Dentro del Valle de México está ubicado el Distrito Federal, cabecera política de la República Mexicana, el cual incluye a la Ciudad de México y ocupan un total de  $1,480 \text{ Km}^2$ ,

# CORTE LONGITUDINAL

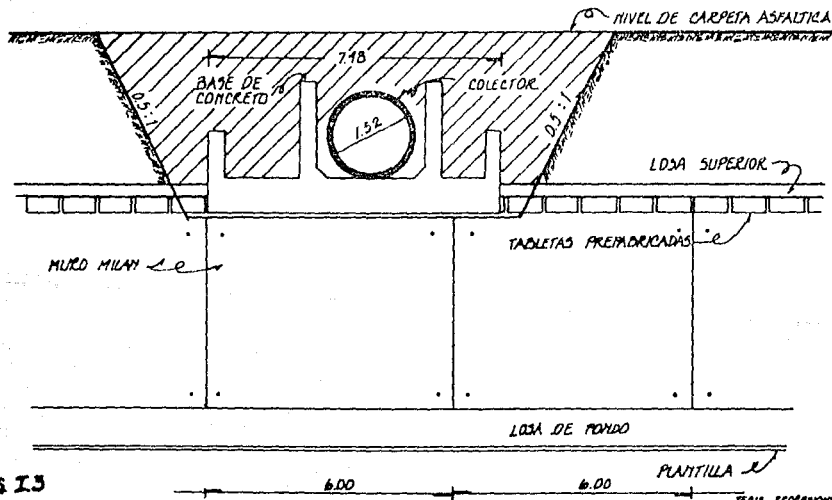


FIG I.3



de los cuales unos 500 Km<sup>2</sup> son zona urbanizada. Una buena parte de la Ciudad de México se encuentra construida sobre el fondo del ex-lago de Texcoco y a este hecho se deben los problemas de cimentación que en ésta se presentan.

Se puede decir que la Ciudad de México está situada en un área formada de terrenos compactos, arenolimosos, con una gran cantidad de grava y tobas pumíticas bien cementadas. Por el Sur nuestra ciudad invade el derrame basáltico del Pedregal, dicha zona es llamada ZONA DE LAS LOMAS, debido a su altitud, se caracteriza por su facilidad para la cimentación de estructuras, ya que la capacidad de carga del terreno es alta y no hay formaciones compresibles capaces de producir asentamientos de gran magnitud o en su caso, que puedan ser causas de asentamientos diferenciales.

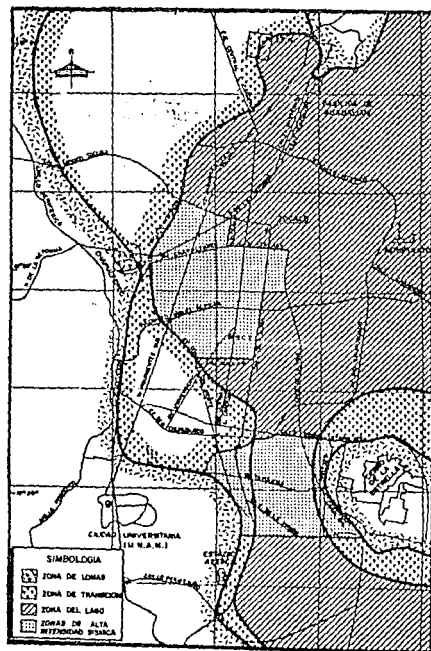
Existen depósitos eólicos de arena fina y uniforme hacia el norte de la ciudad, principalmente en las laderas de la Sierra de Guadalupe, lo que constituye un problema característico de esta zona, ya que estas formaciones pueden provocar asentamientos diferenciales erráticos e importantes en la estructura, por lo que es necesario el estudio para la cimentación adecuada, o bien, la elección de un sistema propio de compactación artificial.

Una segunda zona es la de TRANSICION, localizada en-

tre las Serranías del poniente y el fondo del Lago de Texcoco. Aquí la estratigrafía del subsuelo cambia de un lugar a otro del área urbanizada. Como puede observarse en el croquis I.4, esta zona abarca gran parte del Sector industrial de México, en donde los problemas de capacidad de carga y de asentamientos diferenciales pueden ser muy críticos, sobre todo en construcciones extensas sujetas a condiciones de carga dispares; lo que sucede frecuentemente en construcciones industriales.

La zona de Transición se caracteriza principalmente por depósitos arcillosos o limosos orgánicos de la formación Becerra (que es el único lugar en que se han encontrado huesos de mamíferos del Pleistoceno Superior y restos del hombre de Tepexpan), cubriendo a estratos de arcilla volcánica de gran compresión y variados espesores, a la vez intercalados con estratos de arena limosa compacta o arena limpia, los cuales descansan sobre gruesos mantos en los que predomina la grava y la arena.

Además de las dos zonas anteriores, existe una tercera zona llamada la zona del LAGO, la que se distingue de las anteriores por la formación de la parte centro y oriente de la ciudad levantada sobre el fondo del Lago de Texcoco. Esta zona, está constituida por cinco estratos descritos a partir de la superficie del terreno:



ZONAS DE SISMICIDAD EN EL ARCA METROPOLITANA

FIG. I.4

1. Depósitos areno-arcillosos, o limosos, o bien, rellenos artificiales de hasta 10 cms. de espesor.
2. Arcilla volcánica altamente compresible, de consistencia blanda y media, intercalada con pequeñas capas de arena.
3. La primera capa dura, de aproximadamente 3 m de espesor, está formada por suelos arcillosos o limo-arenosos compactos y rígidos y suele localizarse a una profundidad aproximada de 33 m
4. Arcillas volcánicas más comprimidas y resistentes con un espesor aproximado entre 4 y 14 m.
5. Depósitos de arena con grava, separadas por estratos de limo o arcilla arenosa.

El área o zona del lago, se subdivide en dos regiones, la primera abarca la antigua traza de la ciudad, en donde las propiedades medias de los estratos arcillosos puedan variar aún dentro de los límites de un predio. La segunda cubriendo aquella parte de la ciudad que no fue antes cargada con construcciones antiguas hoy inexistentes y que, por lo tanto, presenta mayor homogeneidad en propiedades mecánicas.

Es necesario recalcar entonces, que la zona de las Lomas es la más factible para cimentar estructuras y además,

ejecutarlas con mayor facilidad, gracias a las características del suelo con que cuenta esta parte de la ciudad.

La zona donde se ubicó el tramo a prueba Lázaro Cárdenas-Chabacano, objeto de la tesis, se localiza en la aquí denominada "Zona del Lago" que resulta ser la más peligrosa; y esto se debe a la doble equivocada intervención del ser humano en este sub-suelo.

La primera, cuando los españoles decidieron tapar o secar el Lago, transformaron una ecología natural en una artificial. Dispusieron de mayor terreno para fundar la Nueva España, pero el agua y los sedimentos lodosos quedaron bajo el nivel del aparente "Piso Firme".

La segunda, cuando en los últimos 100 años se ha sacado o extraído agua de abajo de la corteza terrestre mediante bombeo o pozos artificiales, se ha sacado el vital líquido en distintas áreas, formando cavernas o cavidades susceptibles de ser derrumbadas al venir ondas telúricas de lugares lejanos.

Esto quiere decir que el sub-suelo perteneciente al tramo a prueba mencionado, como hemos señalado, es muy suave o blando, por lo que se requiere anteriormente a la ejecución de la construcción del cajón del Metro, el haber realizado estudios minuciosos de mecánica de suelos basados en numerosos son

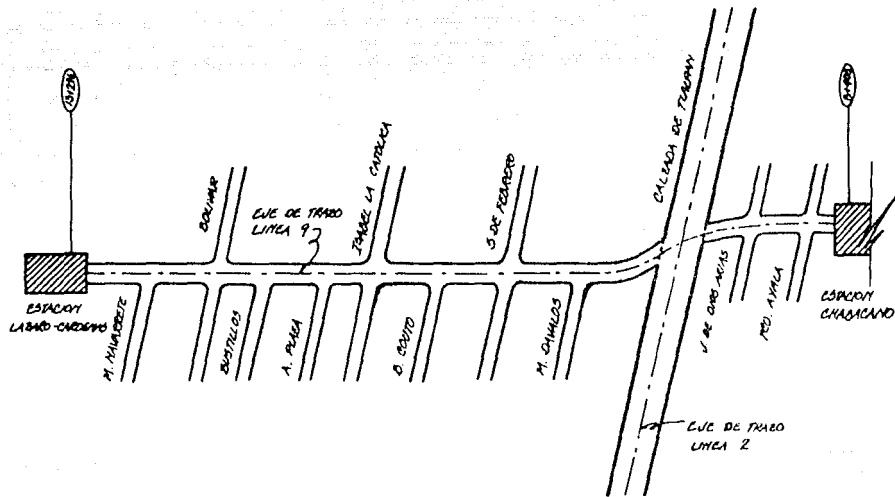
deos aplicados al terreno en cuestión.

### I.3 TRAMO PROPUESTO PARA LA APLICACION DE LOS DOS SISTEMAS

El tramo propuesto para poder realizar un análisis - comparativo confiable, fue el tramo Lázaro Cárdenas-Chabacano - (ver fig. 1.5) entre los cadenamientos 8 + 488 al 13 + 696; y dentro de este mismo se escogió el subtramo 5 de Febrero-Isabel la Católica, entre los cadenamientos 13 + 475 al 13 + 575, para la fabricación del cajón del metro a base de muros prefabricados (método a prueba).

Se eligió este tramo para hacer el análisis comparativo, debido a que como se mencionó en el tema anterior, en el suelo de la zona del lago (zona a la que pertenece el tramo en cuestión), por lo general no existe uniformidad en su estratigrafía, pero según estudios de Mecánica de Suelos, el terreno-descubierto presentó características muy parecidas en los sondeos realizados; lo cual nos permite suponer que existe uniformidad en las propiedades y características del terreno, y por lo tanto, podremos tener un análisis comparativo confiable sobre todo en la excavación, ya que muchas veces el terreno varía demasiado de un punto a otro y con esto, los tiempos y rendimientos de equipo.

Del mismo modo, es de vital importancia el nivel fre



TRAZO LAZARO CARDENAS - CHABACANO L-9

FIG. I.5

ático del terreno, ya que siendo similar en ambos casos por analizar, la comparativa fue más real, y por lo tanto, más confiable.

#### **I.4 ESTRATIGRAFIA**

Para determinar las características y propiedades del subsuelo, así como la estratigrafía de éste en el tramo Lázaro Cárdenas-Chabacano, perteneciente a la línea 9 del Metro, se efectuaron una serie de sondeos de exploración para la obtención de muestras del terreno. El número, tipo y profundidad de los sondeos que deban ejecutarse en un programa de exploración de suelos, dependen fundamentalmente del tipo del subsuelo y de la importancia de la obra, siendo los principales tipos de sondeos utilizados en Mecánica de Suelos los siguientes:

##### METODOS EXPLORATORIOS DE CARACTER PRELIMINAR

- a) Pozos a cielo abierto, con muestreo alterado o inalterado.
- b) Perforaciones con posteadora, barrenos helicoidales o métodos similares.
- c) Método de lavado.
- d) Métodos de penetración estandar.
- e) Método de penetración cónica.
- f) Perforaciones en boleos y gravas (con barrejonas, etc).



### METODOS DE SONDEO DEFINITIVO

- a) Pozos a cielo abierto con muestreo inalterado.
- b) Métodos con tubo de pared delgada.
- c) Métodos rotatorios para roca.

### METODOS GEOFISICOS

- a) Sísmico.
- b) De resistencia eléctrica.
- c) Magnético y gravimétrico.

Siendo estos últimos de aplicación en mayor escala - en la geología.

Los métodos utilizados en el tramo, fueron el de penetración estándar (de carácter preliminar) y el de tubo de pared delgada o Shelby (de carácter definitivo).

Por medio de estos sondeos, se obtuvieron dos tipos de muestras a lo largo del tramo, que son:

1. Alteradas: Este tipo de muestras son representativas del suelo en estudio, generalmente de los que presentan una mayor consistencia, siendo el método más aceptable en México para su obtención el -

### METODOS DE SONDEO DEFINITIVO

- a) Pozos a cielo abierto con muestreo inalterado.
- b) Métodos con tubo de pared delgada.
- c) Métodos rotatorios para roca.

### METODOS GEOFISICOS

- a) Sísmico.
- b) De resistencia eléctrica.
- c) Magnético y gravimétrico.

Siendo estos últimos de aplicación en mayor escala en la geología.

Los métodos utilizados en el tramo, fueron el de penetración estándar (de carácter preliminar) y el de tubo de pared delgada o Shelby (de carácter definitivo).

Por medio de estos sondeos, se obtuvieron dos tipos de muestras a lo largo del tramo, que son:

1. Alteradas: Este tipo de muestras son representativas del suelo en estudio, generalmente de los que presentan una mayor consistencia, siendo el método más aceptable en México para su obtención el -

de penetración estándar. El equipo necesario para aplicar este método, consta de un muestrador o penetrómetro estándar de dimensiones establecidas (ver fig. 1.6).

El penetrómetro se enrosca al extremo de la tubería de perforación y la prueba consiste en hacerlo penetrar a golpes; dados por un martinete de 63.5 Kg. (140 Lbs.) que cae desde 76 cms. (30 pulgadas) contando el número de golpes necesarios para lograr una penetración de 30 cms. (1 pie). En cada avance de 30 cms. debe retirarse el penetrómetro, removiéndolo al suelo de su interior, el cual constituye la muestra. Enseguida, el fondo del pozo debe ser limpiado de manera cuidadosa, usando posteadora o cuchara. Una vez limpiado el pozo, el penetrómetro se hace descender hasta tocar el fondo y seguidamente, a golpes, se hace que el penetrómetro entre 15 cms. dentro del suelo. Desde este momento deben contarse los golpes necesarios para lograr la penetración de los siguientes 30 cms. A continuación se procederá a usar el muestrador o penetrómetro en toda su longitud. Al retirar el penetrómetro, el suelo que haya entrado en su interior constituye la muestra.

de penetración estándar. El equipo necesario para aplicar este método, consta de un muestrador o penetrómetro estándar de dimensiones establecidas (ver fig. I.6).

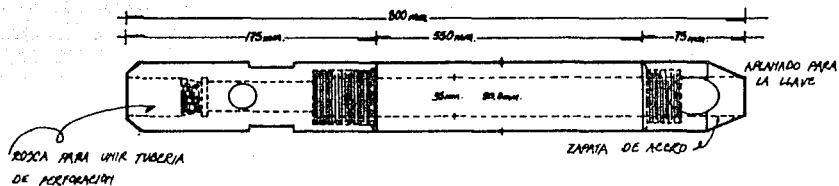
El penetrómetro se enrosca al extremo de la tubería de perforación y la prueba consiste en hacerlo penetrar a golpes; dados por un martinete de 63.5 Kg. (140 Lbs.) que cae desde 76 cms. (30 pulgadas) contando el número de golpes necesarios para lograr una penetración de 30 cms. (1 pie). En cada avance de 30 cms. debe retirarse el penetrómetro, removiendo al suelo de su interior, el cual constituye la muestra. Enseguida, el fondo del pozo debe ser limpiado de manera cuidadosa, usando posteadora o cuchara. Una vez limpiado el pozo, el penetrómetro se hace descender hasta tocar el fondo y seguidamente, a golpes, se hace que el penetrómetro entre 15 cms. dentro del suelo. Desde este momento deben contarse los golpes necesarios para lograr la penetración de los siguientes 30 cms. A continuación se procederá a usar el muestrador o penetrómetro en toda su longitud. Al retirar el penetrómetro, el suelo que haya entrado en su interior constituye la muestra.

La importancia de este método radica en las correlaciones realizadas en campo y el laboratorio con diversos suelos, sobre todo en arena, que permiten relacionar en forma aproximada la compacidad ( $c$ ), el ángulo de fricción interna ( $\beta$ ) y el valor de resistencia a la compresión simple ( $q_u$ ) en arcillas.

En la fig 1.8, podemos observar un ejemplo de una correlación que ha sido muy usada para arenas y suelos predominantemente friccionantes.

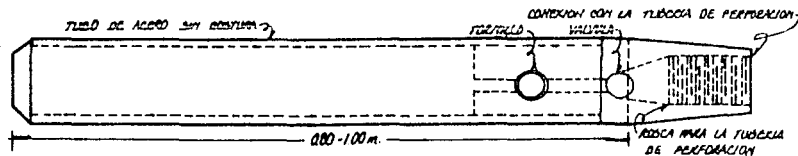
2. Inalteradas: El método más usual para obtener este tipo de muestras es el de tubo de pared delgada tipo Shelby, el cual consiste en obtener dicha muestra, tratando de hacer mínimos los cambios de su estructura durante la extracción. El procedimiento es muy sencillo y consiste en hincar un tubo a presión, con una velocidad constante, obteniendo su mejor aplicación en suelos cohesivos, donde los resultados son bastante aceptables ver fig. 1.7.

Cabe mencionar que, bajo ninguna circunstancia puede



PENETROMETRO ESTANDAR  
CORTE LONGITUDINAL

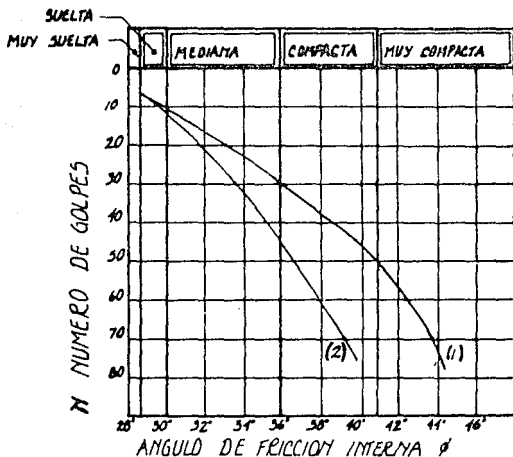
FIG. I.6



MUESTREADOR DE PARED DELGADA TIPO SHELBY  
CORTE LONGITUDINAL

FIG. I.7

## COMPACIDAD RELATIVA



- (1) ARENAS DE GRANO ANGULOSO O REDONDEADO DE MEDIANO A GRUESO.  
 (2) ARENAS FINAS Y ARENAS LIMOSAS

CORRELACION ENTRE EL No. DE GOLPES PARA 30 CM. DE PENETRACION ESTANDAR Y EL ANGULO DE FRICCION INTERNA DE LAS ARENAS.

obtenerse una muestra de suelo que puede ser rigurosamente considerada como inalterada, ya que siempre que se utilice una herramienta para su extracción, ésta alterará inevitablemente las condiciones.










Las muestras extraídas se clasifican en laboratorios para determinarles las propiedades índice y mecánica, entre - las que podemos mencionar las siguientes:

- a) Contenido natural de agua.
- b) Peso volumétrico húmedo y seco.
- c) Límites de consistencia.
- d) Consolidación unidimensional o expansibilidad.
- e) Resistencia al esfuerzo cortante, bajo diferentes condiciones.

La estratigrafía resultante de los diferentes son- deos a lo largo del tramo, se presenta en la fig. 1.9 en la que se puede observar un alto porcentaje de agua, ya que el nivel de aguas freáticas (N.A.F) se encontró a 1.85 m por debajo de - la superficie del terreno, también se puede observar la presencia a lo largo de todo sondeo, de arenas, limo y arcillas; siendo estas últimas las de mayor abundancia, por lo que se consi- dera un suelo arcilloso.



**SIMBOLOGIA :**

-  RELLENO
-  ARCILLA
-  ARENA
-  LIMO
-  FOSILES
-  VIDRIO VOLCANICO
-  FIN SONDEO
-  CONTENIDO DE AGUA DEL SUELO
-  NUMERO DE GOLPES

CORTE ESTRATIGRAFICO DEL TERRENO  
ENTRE CAD. 13+975 A 13+575

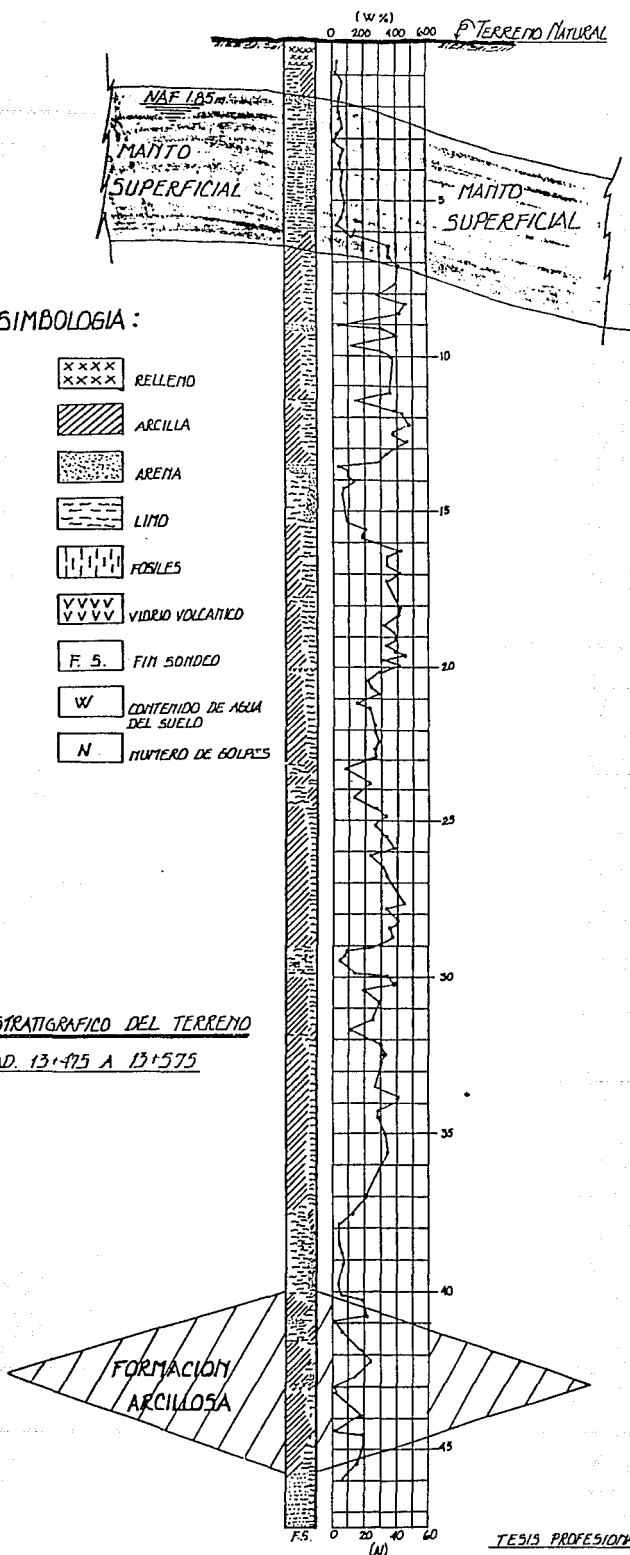


Fig 1.9

#### I.4.1 CONDICIONES DE NIVEL FREÁTICO

Como se mencionó en el tema anterior, el nivel de aguas freáticas (N.A.F.) se encontró a una profundidad promedio de 1.85 m por lo que fue necesario abatirlo mediante la utilización de bombeo electrosmótico, con objeto de reducir las expansiones del fondo de la excavación; controlar las fuerzas de filtración, mejorar la estabilidad de los taludes y realizar la excavación en seco.

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

Es de suma importancia que antes de iniciar la perforación de cualquier pozo, se verifiquen en campo la posición de las instalaciones municipales (obras inducidas), tales como: colectores existentes, tuberías de agua potable, ductos de alta tensión, etc.

Para la extracción del agua del interior de los pozos, se utilizarán bombas de pozo profundo del tipo eyector de

1" x 1 1/4" operadas a una presión de 5.0 Kg/cm<sup>2</sup>. El nivel de succión de las bombas se colocará 1.00 m. arriba de la cota correspondiente al fondo de la perforación.

El bombeo deberá programarse de tal manera, que para iniciar la excavación de cualquier etapa, deberá contarse con un período previo de bombeo de 8 días en todos los pozos que se localicen dentro del área de excavación de la etapa en cuestión y en todos aquellos pozos que se encuentren a 10.0 m de distancia, medidos a partir del hombro de los taludes que lo delimitan.

El bombeo sólo podrá iniciarse cuando hayan sido construidos los muros tablaestaca correspondientes a la zona por bombear; en una longitud de 50.00 m como mínimo medidos en el sentido de avance.

Con objeto de observar las pérdidas de presiones hidrográficas en el subsuelo, las expansiones inmediatas provocadas por las excavaciones y detectar los movimientos que se pudieran provocar en las construcciones vecinas, deberán colocarse los siguientes instrumentos de medición: piezómetros neumáticos, piezómetros abiertos y además, bancos de nivel profundo para referencias.

## **CAPITULO II**

### **MUROS COLADOS IN SITU (MUROS MILAN)**

Desde la primera etapa de la construcción del sistema del transporte colectivo, la estructura en "Cajón" a base de muros tablaestaca y muros de acompañamiento (Muros Milán y muros estructurales), ha sido la solución típica para alojar tramos de una, dos y ocasionalmente tres vías, y en su caso, hasta enlaces con futuras líneas del metro.

La experiencia adquirida durante la construcción de la 1a. etapa, ha enriquecido los procedimientos de construcción que con algunas diferencias y modificaciones, se han ido aplicando en la ejecución de la 2a., 3a. y 4a. etapas de ampliación del "Metro".

Cabe mencionar que durante la ejecución de estas últimas se han venido utilizando 2 variantes en la construcción del cajón subterráneo, que han sido:

- El método a base de Muros Milán con muros de acompañamiento (estructurales).
- El método a prueba a base de tablaestacas estructurales prefabricadas.

Presentando estas últimas, especificaciones diferentes de acuerdo con su localización en la zona urbana.

Hablaremos en este capítulo únicamente de la estruc-

tura del cajón a base de Muros Milán y Muros Estructurales, para lo cual comenzaremos describiendo el procedimiento de construcción.

## II.1 PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION

El método de construcción del cajón del Metro a base de Muros Milán, ha sido hasta la fecha uno de los más eficientes en cuanto a tiempos y costos se refiere y para llevar a cabo su correcta ejecución se desarrollaron las actividades siguientes:

- a) Desvíos de tránsito.
- b) Desvíos de colectores y obras inducidas.
- c) Construcción de brocales.
- d) Construcción de Muros Milán.
- e) Construcción de la estructura del cajón.
- f) Rehabilitación de pavimentos.

Los desvíos de tránsito se realizaron de acuerdo al avance de la obra y a su ubicación dentro de la zona, mediante estudios previos de vialidad en dicha zona.

Los desvíos de colectores y obras inducidas, se solucionaron de la manera descrita en el inciso I.1. Es de gran importancia señalar que durante las excavaciones que se realizaron, se cuidó no pasar de una profundidad de 3.50 m aproximada-

damente, ya que en la mayoría de los casos, a esta profundidad se encuentran localizadas las obras inducidas, por lo que se realizaron excavaciones a cielo abierto, efectuadas a mano utilizando pico y pala, o en su caso, pistolas o taladros neumáticos (si el terreno es duro), con la finalidad de prevenir algún daño.

Solucionados los puntos anteriores, se procederá a iniciar los trabajos para la construcción del muro milán, comenzando como en toda obra, por la limpieza en el tramo e inmediatamente después de ésta, se continuará con la excavación para la construcción de los brocales que generalmente son de 2.50 m de profundidad y de 0.80 m de ancho.

La función de los brocales será la de retener los rellenos sueltos superficiales y servir como soporte y guía al equipo de excavación, su forma es la de un ángulo recto y son colados en obra. En el capítulo III se complementarán más datos acerca de los brocales.

Concluida la construcción de estos elementos, se procederá a aislar tramos de longitud aproximada a los 6.00 m (comúnmente denominados tableros), por medio de compuertas de madera o acero, obteniendo de esta manera los llamados tramos de zanja guía. Con esto, se continuará con la excavación de las zanjas, la que se realizará en forma alternada y no -

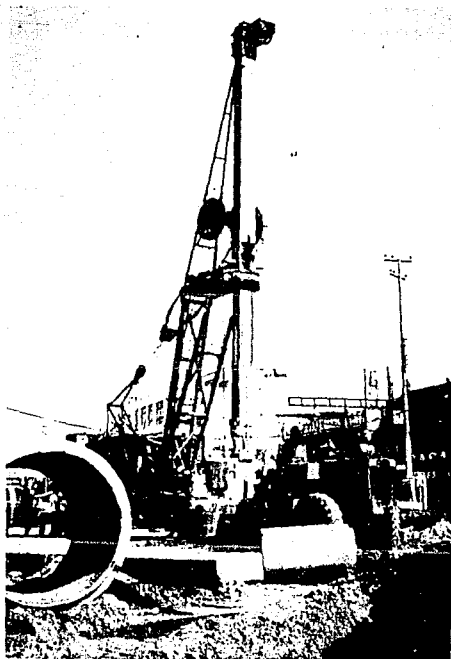
simultánea: ésta se hará por medio de una draga con equipo guiado con cucharón de almeja, esto es con la finalidad de que se garantice la verticalidad, alineamiento e integridad de las paredes de la zanja, ver fig. II.1. Paralelas a la actividad anterior, se realizarán perforaciones con una máquina rotativa de 0.60 m de diámetro separadas entre sí 1.20 m de centro a centro, efectuadas en seco con el fin de atravesar los estratos de material duro.

La excavación para la construcción del muro milán, se continuará hasta el nivel de desplante y conforme se vaya realizando ésta, se inyectará lodo bentonítico con el fin de servir como ademado a las paredes de la excavación, tratando de mantener su nivel 0.80 m abajo del borde superior del brocal. Las características y especificaciones del lodo empleado en el tramo de Lázaro Cárdenas-Chabacano, se mencionarán en el inciso III.1.2.

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

En vista que la herramienta de excavación de la zan-





ZANJADORA CON CUCHARON DEL TIPO GUIADO

FIG. II.1

ja es curva, la profundidad de la excavación deberá ser la indicada en el proyecto más 20 cms. Terminada la excavación deberá procederse a la limpieza del azolve del fondo, utilizando un tubo eyector que se pasará por todo el piso de la zanja o de otra manera, recolectar el producto con la almeja.

Cuando se haya concluido la excavación y verificado la profundidad de la zanja según el proyecto, se procederá a introducir las juntas metálicas ver fig. 11.2.

Las juntas son tubos metálicos huecos en forma semi-circular o rectangular, que en una de sus caras tienen la forma de macho o hembra, la que contiene integrada una banda de PVC. 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.

A la cara de la junta que quedará en contacto con el concreto, se le aplicará una película de grasa o poliéster de 1 mm. de espesor para facilitar su extracción posterior.

Deberá evitarse que se introduzca el concreto en el interior del tubo junta, por lo que deberá tener sus extremos cerrados y en su parte inferior tendrá una caja metálica que se hincará y asentará firmemente en el fondo de la zanja para evitar que se mueva o deforme durante el colado.

INTRODUCCION DE  
JUNTAS METALICAS.

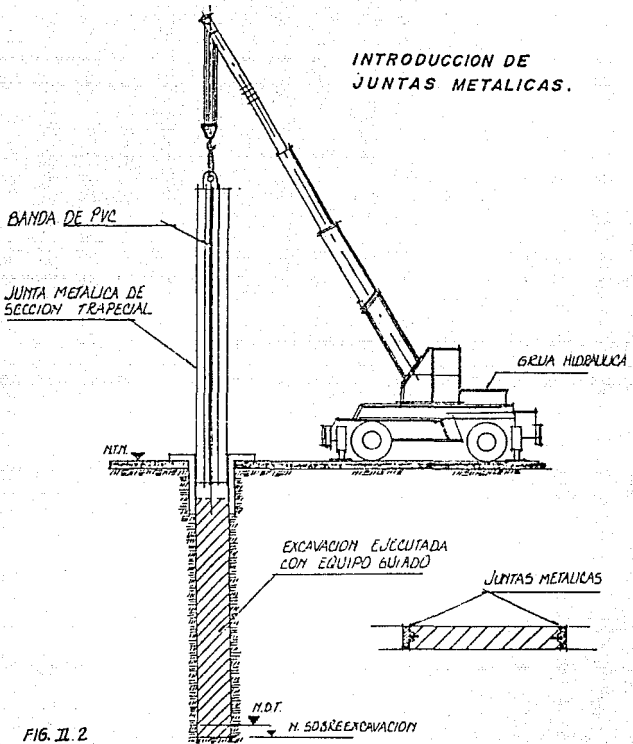


FIG. II. 2

Una vez instaladas las juntas, se procederá de inmediato a introducir las parrillas de armado dentro de las zanjas ademadas con lodo; estas irán contraventeadas con rigidizadores descendiendo por su propio peso por medio de una grúa, tomando las debidas precauciones con respecto a la verticalidad, el alineamiento y la profundidad. Ver fig. II.3.

Para evitar la tendencia a la flotación de la parrilla de armado y garantizar que permanezca en su lugar, se empujará durante su descenso y una vez colocada en su lugar, se instalarán dos gatos en la superficie apoyados en el brocal que impedirán que la parrilla se mueva durante el colado, retirándose éstos en el momento de finalizar el proceso.

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 hrs. ya que periodos mayores favorecen la formación del "cake", que es una especie de membrana que se forma sobre el acero, la cual reduce la adherencia entre el concreto y el acero durante el colado; por esta razón, el colado del muro deberá iniciarse inmediatamente después de introducir la parrilla del armado.

Con el 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 princi

INTRODUCCION DE  
PARRILLA DE ACERO

PARRILLA DE ACERO

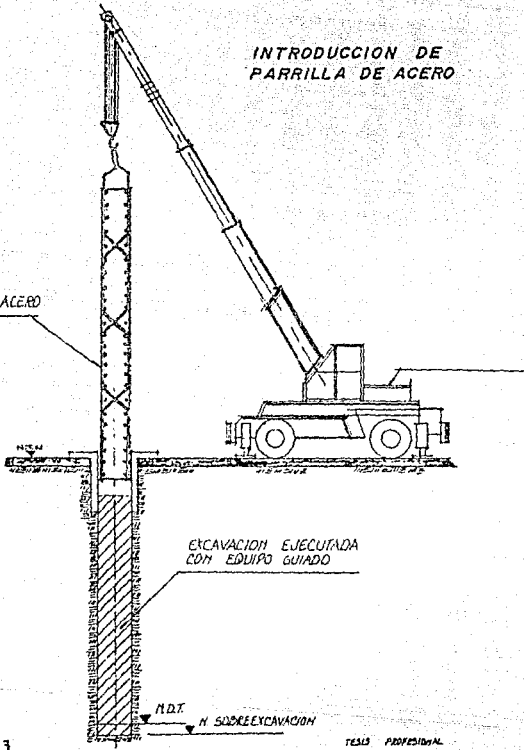


FIG. II.3

TESIS PROFESIONAL

pal de la parrilla por medio de varillas de 3/4" localizadas en ambas caras y de manera equidistante.

En el armado de la parrilla será necesario dejar espacios libres de 60 x 60 cms. con varillas verticales de guía para el paso de las trompas de colado, las cuales se introducirán en la parrilla una vez que ésta esté colocada, centrada y nivelada.

La trompa será colocada en el fondo del tablero y se instalarán tramos de no más de 2 m de largo. Al tramo que sobresale en la superficie se le conectará un embudo o una tolva con el fin de descargar directamente desde las revolvedoras. Ver fig. II.4 colado de Muro Milán y extracción del lodo.

Todo el conjunto se subirá y bajará durante el colado, por lo tanto, se deberá contar con el equipo necesario para realizar estos movimientos.

Los tramos de tubo deberán ser lo suficientemente fuertes para soportar su manejo y no salir a flote cuando se encuentren vacíos.

El extremo inferior de la trompa o boca de descarga, deberá quedar apoyado en el fondo de la zanja antes de iniciar el colado; posteriormente se colocará entre la tolva y el tubo

# COLADO DE MURO MILAN Y EXTRACCION DE LODO

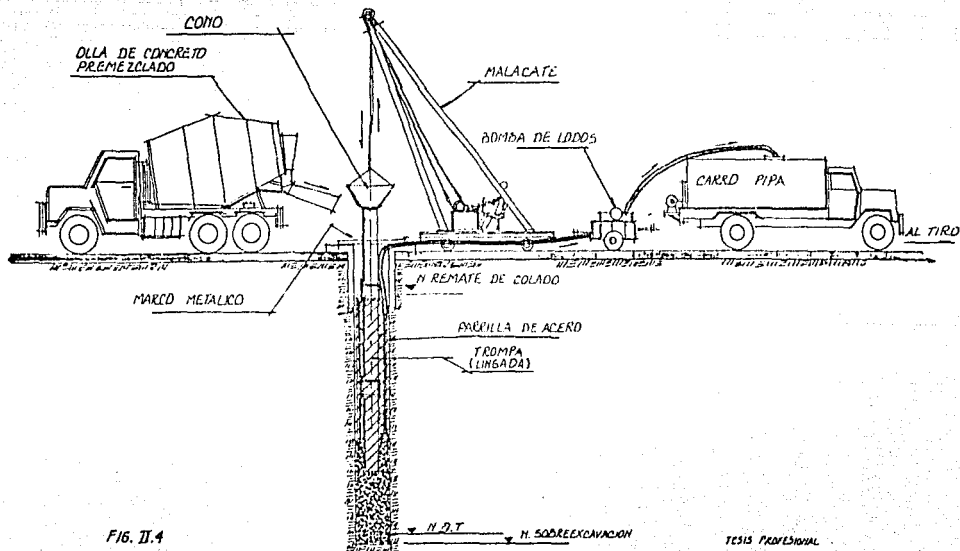


FIG. II.4

TESIS PROFESIONAL

un tapón, el cual al recibir el peso del concreto descenderá lentamente, evitando en esta forma la segregación y contaminación del concreto y a la vez no permitir se mezcle con el lodo. Para iniciar el flujo del concreto, la trompa deberá levantarse una distancia de 30 cms. del fondo de la zanja y al llegar éste al fondo, botará el tapón y se iniciará la descarga suavemente.

El concreto debe ser lo suficiente fluido para que sin necesidad de vibrarlo penetre y se distribuya uniformemente por el tablero. Para facilitar su flujo, se desplazará la trompa verticalmente hacia arriba y hacia abajo, vigilando que permanezca ahogada siempre en el concreto, esto es, que se conserve a 1.50 m como mínimo por debajo de su nivel superior.

A medida que el concreto fluye, se seguirá alimentando 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 las diferencias de densidades, prácticamente sin necesidad de mover la tubería y a su vez, éste será bombeado para ser utilizado en tableros subsecuentes.

Un detalle importante, es que el concreto de los muros debe llegar a un nivel de 30 cms. arriba del nivel superior



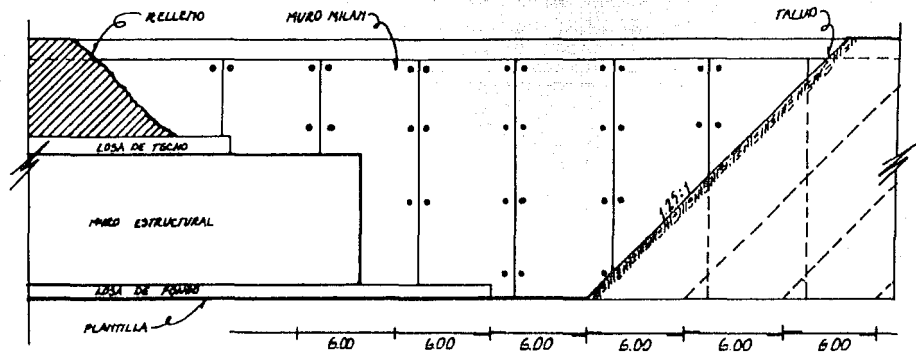
indicado en el proyecto, ya que estos 30 cms. se consideran contaminados, por lo que no contribuyen al trabajo estructural del cajón.

Debido a que la función de los muros es la de trabajar como tablaestacas en el sentido vertical y losas en el sentido longitudinal, la excavación del núcleo no podrá iniciarse hasta que haya transcurrido el tiempo necesario para que el concreto adquiera la resistencia del proyecto (14 días para concreto tipo III y 28 días para concreto tipo I).

Ya alcanzada la resistencia, se procederá a la excavación del núcleo en donde se desplantará la estructura del cajón, la cual se hará por etapas en la forma que se describe a continuación.

El avance de los tramos de excavación será de 6.0 m. de longitud, para colar tramos de losa con la misma medida (ver fig. No. II.5). Es recomendable que durante la construcción de cada tramo, deberá respetarse siempre en el frente de ataque un talud con una inclinación de 1.25:1 (Horizontal a vertical).

Una vez cumplido el tiempo de bombeo especificado (el cual se efectuará iniciando el sistema de abatimiento de aguas freáticas en forma simultánea al comienzo de la excavación), se iniciará ésta última a partir del nivel del terreno



CORTE LONGITUDINAL

FIG. II.5

natural y a medida que se vayan descubriendo los niveles de puntales, éstos deberán colocarse de inmediato, de tal manera que se vayan realizando excavación y apuntalamiento hasta lograr la máxima profundidad de proyecto.

Todos los puntales deberán colocarse con una precarga de 30 Ton. como mínimo, debiéndose llevar un riguroso control en la aplicación de la misma, así mismo, conforme se coloquen éstos, se asegurarán a la superficie mediante estrobos.

Alcanzada la máxima profundidad de proyecto, se deberá colar inmediatamente una plantilla de 10 cms. de concreto a la cual se le agregará un aditivo acelerante de fraguado, dos horas después, se efectuará el armado y colado de la losa de piso dejando las preparaciones necesarias para la liga estructural con los muros y con las losas adyacentes. El tiempo máximo a transcurrir a partir del momento en que se alcance el fondo de la excavación y la terminación del colado de la losa de piso, no deberá exceder de 36 hrs.

Una vez colada la losa de piso y habiendo transcurrido veinticuatro horas, se procederá a retirar el último nivel de puntales, siguiendo el mismo proceso para los siguientes niveles, esto es con el fin de continuar con el armado, cimbrado y colado de los muros estructurales; dejando las preparaciones necesarias para la liga con la losa de techo, la que estará -

construida por medio de elementos precolados (tabletas) y un firme de compresión, reforzado con un armado adicional.

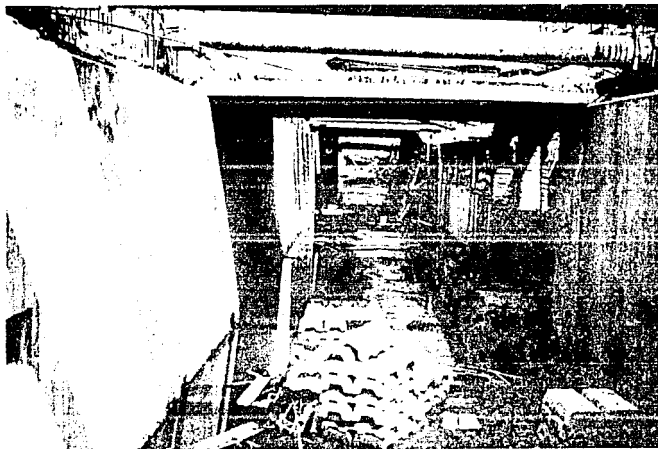
Transcurridas 24 horas de haber colado el firme de compresión, se retirará el último nivel de puntales; y con eso, se procederá a colocar el material de relleno y la restitución del pavimento. Ver fig. II.6.

Es de gran importancia destacar el uso de las palas mecánicas durante la ejecución de la excavación y actividades derivadas de ésta, tales como: colocación de troqueles, izaje de tableros, excavación, etc.

Las palas mecánicas son máquinas de movimiento de tierra de "carga estacionaria" debido a que éstas excavan, cargan y depositan los materiales estando paradas aunque cuentan con un dispositivo de propulsión que sólo sirve para su transporte y para proporcionarle una cierta movilidad en el lugar de trabajo. Ver fig. II.7.

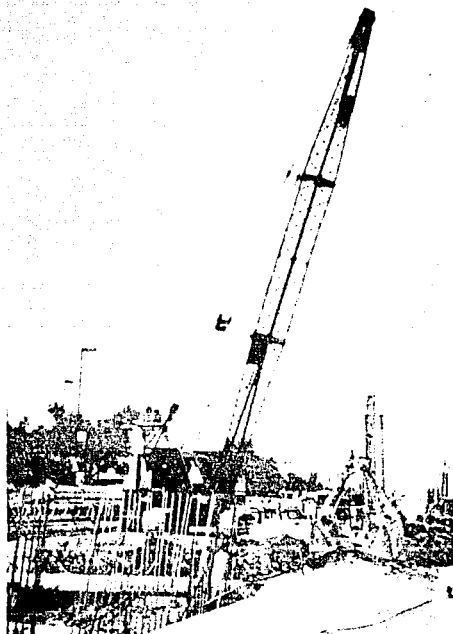
Las palas vienen montadas sobre orugas o sobre neumáticos y se distinguen cinco tipos:

1. La pala normal o pala frontal: Utilizada en la excavación de bancos o préstamos, excavación de cortes (trabajos de afine); carga de unidad o vehículo



VISTA DEL CAJON FORMADO CON MUROS MILAN Y MUROS DE  
ACOMPANAMIENTO, ASI COMO EL ULTIMO NIVEL DE  
TROQUELAMIENTO

FIG. II.6



DRAGA CON CUCHARON DE ALMEJA UTILIZADA  
PARA LA EXCAVACION DEL NUCLEO

FIG. 11.7

lo de acarreo, descarga en tolvas, cribas o bandas, zanjas, pozos profundos y excavación en plano horizontal, siendo estas últimas no recomendables.

2. La pala retroexcavadora: Esta máquina es propia para la apertura de zanjas y relleno de ellas; el perfilado del terreno en plano horizontal; limpieza de cunetas, así como descarga de material sobre pilas y carga de unidades de acarreo.
3. La pala rastreadora: Utilizada para trabajos de afine.
4. La draga o excavadora con balde de arrastre: Propia para actividades tales como: dragado de ríos para extraer grava o arena y formar pilas; excavación y limpieza de canales y zanjas; para despejar la capa vegetal; alimentación de bandas transportadoras; carga de depósitos de arcilla o materiales sueltos.
5. La excavadora con cuchara de almeja o bivalva: Utilizada para excavaciones verticales abajo del nivel del terreno (zanjas profundas para alcantarillado, canalizaciones, pozos y excavaciones de cimientos para pilares), para excavaciones sumergi-

das, así como para el traslado de materiales sueltos a tolvas y a camiones.

6. La grúa: En resumen, no es sino una excavadora con cuchara bivalva o una dragalina adaptada a ciertas necesidades particulares como utilizada para hincar pilotes, izaje de parrillas y muros, adaptación de bolas rompedoras, etc.



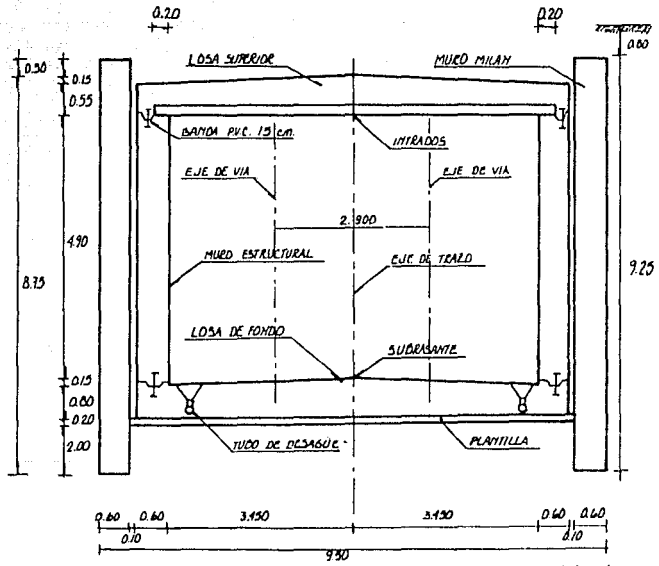
La selección de una máquina excavadora, en cuanto a su capacidad, debe basarse en:

- |                           |   |  |
|---------------------------|---|--|
| 1. Tipo de materiales     | {<br>Duros<br><br>Suaves  | Máquinas grandes faci-<br>litan la excavación.<br><br>Máquinas chicas, por<br>representar mayor mo-<br>vilidad.    |
| 2. Profundidad del banco. | {<br>A profundidades<br>grandes<br><br>Cortes poco<br>profundos | Máquinas grandes<br><br>Máquinas chicas, que<br>tienen avances fre-<br>cuentes para que el<br>bote pueda llenarse. |
| 3. Movilidad              | {<br>Sobre orugas<br><br>Sobre neumáticos                       |  |
| 4. Otras consideraciones  |   | {<br>Colocación de la<br>máquina<br><br>Altura máxima de<br>descarga   |

## II.2 ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

Como se ha mencionado en los incisos anteriores, la opción de construir el cajón del Metro por el método de Muros-Milán, consiste en utilizar estos últimos como ademes del terreno para que en conjunto con los troqueles de apuntalamiento, permitan realizar la excavación del núcleo en donde se alojará la estructura del cajón, la cual además de estar formada de muros estructurales o de acompañamiento, cuenta con ciertos elementos para su correcta ejecución a los que les llamaremos elementos complementarios, y son los siguientes: (Ver fig. II.8).

1. Plantilla de Concreto: Al finalizar la excavación del núcleo, se procederá a realizar un "afine" en el fondo de esta para poder colar el concreto pobre de  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$  de 10 cms. de espesor sobre el cual descansará la losa de fondo. Este elemento no tiene ninguna función estructural.
2. Losa de Fondo: Este elemento estructural de 20 cms. de espesor está formado de concreto de  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$  y acero de  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  de  $1/2'' \phi$  y de  $3/4'' \phi$  en su armado. Su función es la de recibir el empuje hidrostático del suelo, servir como guía y apoyo a los muros estructurales. Cabe mencionar que en la losa de fondo se colocarán en



CORTE DEL CAJON CON MURO MILAN Y ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

FIG. II. 8

sus extremos bandas de PVC de 15 cm. ahogadas a la mitad del colado (7.5 cm. dentro del concreto), con el fin de que la otra mitad quede ahogada en el muro estructural y con esto, evitar filtraciones, aunque si llegaran a presentarse éstas, existirán en la losa preparaciones por medio de tubería de desagüe, las cuales canalizarán el agua hacia cárcamos de bombeo para ser extraída posteriormente.

3. Muros Estructurales o Muros de Acompañamiento: Es otro elemento estructural de concreto de  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$  y acero de  $1/2''\phi$  y  $3/4''\phi$  de  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  en su armado. Su función es formar parte de la estructura del cajón, dando la seguridad requerida, satisfaciendo las necesidades de diseño, del proyecto. Estos elementos al igual que la losa de fondo, deben llevar la cantidad de varillas necesaria en sus extremos para tener un adecuado "amarré" con el elemento que le preceda y de acuerdo a las especificaciones del proyecto (ver detalle fig.II.8).

4. Losa Superior: Este elemento estará formado de dos partes, la primera de tabletas precoladas a las que se les dejará en la parte superior un ar-

mado externo de acero y una superficie rugosa, para que al ser colocadas entre ambos "muros" se obtenga un amarre perfecto, tanto de acero, como de concreto. Y la segunda parte, se formará de un armado adicional, ya sea de varilla de  $1/2" \phi$  o malla electrosoldada del cal. 44-11-E y de un firme de compresión de concreto de  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$  con un T.M.A. de  $3/4" \phi$ , con el cual queda finalizada la estructura del cajón.

Con esto tenemos que los elementos complementarios son imprescindibles para la construcción de la estructura del cajón y es necesario señalar, que las juntas estructurales juegan un papel determinante en su comportamiento, por lo que se deben seguir al detalle las especificaciones para su correcta ejecución.

### II.3 PROGRAMA DE CONSTRUCCION

El método de construcción del cajón del Metro a base de Muros Milán, se ha venido utilizando desde años atrás, lo cual ha permitido con la experiencia que se ha tenido en diferentes tramos, mejorar la técnica de construcción de éste, obteniendo así modificaciones o especificaciones particulares para cada línea.

Con esto, tenemos que para llevar a cabo la ejecución de un proyecto del Metro, deberá entrar éste previamente a un proceso de análisis, en el que se estudiarán varios puntos como factibilidad del Proyecto, costos, especificaciones, tiempos de ejecución, etc., a este proceso de análisis le llamaremos "Planeación".

Visto como una función el proceso de planeación, incluye la identificación de los objetivos organizacionales y la selección de políticas, procedimientos y métodos diseñados para lograr estos objetivos. En términos de la habilidad que está implicada, la toma de decisiones, incluyendo la creatividad, juega un papel importante para determinar el éxito de la planeación.

Cabe mencionar que si la planeación se realiza erróneamente, por consiguiente la ejecución de la obra se llevará a cabo de una manera errónea.

El ciclo de la planeación comprende los siguientes pasos:

1. Conocimiento Profundo de si mismo.
2. Determinación de Políticas.
3. Conocimiento y Jerarquización de necesidades.
4. Análisis de alternativas.
5. Control de Ejecución de Obra.
6. Verificación de resultados en operación.

Dentro de este ciclo de planeación, el punto más importante para realizar el proyecto es el control de ejecución de la obra, en el que se analizarán y estudiarán tres variables principales que son: el Programa de Obra, las especificaciones particulares del proyecto y el presupuesto de la obra, esto es con el fin de tener parámetros a los cuales nos apegaremos, procurando que éstos no se desvirtúen.

La programación de la obra a su vez, está en función de las especificaciones particulares y del proyecto de la obra, siendo las actividades más importantes en ésta el establecer prioridad, secuencia y pasos a seguir para lograr nuestro obje-

tivo final que es la ejecución de la obra.

El programa de obra para el tramo Lázaro Cárdenas--Chabacano, fue elaborado con el método del diagrama de barras o diagrama de Gantt, el cual consiste en los siguientes puntos:

1. Se determinan los trabajos o actividades principales del proceso constructivo.
2. Se realiza una estimación de la duración efectiva de cada actividad.
3. Se efectúa una lista de actividades, estableciendo prioridades, ocupando un renglón por actividad.
4. Se sitúa una barra que representa el tiempo (a escala) de duración de esa actividad.
5. Se convierte la escala a tiempos efectivos en una escala de "días de calendario", haciendo coincidir el origen de la escala con la fecha de iniciación del proceso, se ajustan enseguida las posiciones de las barras que representan a las actividades; teniendo en cuenta los días no laborables, días de descanso y días efectivos y el estado probable del tiempo en las diferentes épocas del año.



6. Si la fecha de terminación del proceso resulta satisfactoria, se acepta el diagrama; en caso contrario, se puede recurrir a la experiencia y el criterio para su nueva revisión y ajuste.

Para el tramo citado anteriormente, se realizó un programa general ver fig. II.9 y un programa específico para cada subtramo. Ver fig. II.11. Estos programas fueron elaborados de acuerdo a las condiciones particulares de cada tramo.

En la parte de este trabajo correspondiente a los anexos, se incluye un diagrama de flujo auxiliar en caso de retraso en la programación de la obra, el cual es utilizado como apoyo y guía para la resolución de problemas que se presentan durante la ejecución de una obra.

#### II.4 ANALISIS DE RENDIMIENTOS

Para poder referirnos a este punto, es importante señalar que el costo de cualquier actividad en relación con la construcción del cajón del Metro, está en función principalmente de los rendimientos que se obtengan para realizar este mismo, tanto de materiales, mano de obra y equipo. A su vez, los rendimientos de estos últimos están en función de varios factores como:

**PROGRAMA DE OBRA GENERAL**  
**TRAMO LAZARO CARDENAS - CHAUACANO**  
**DE LA LINEA 9 DEL METRO 83-86.**

PERIODO			1 9 8 3							1 9 8 6								
CONCEPTO	UNI.	CANT.	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
CEPA	ML.	1.346	_____															
MURO MILAN	PZA.	304	_____															
EXCAVACION DE NUCLEO	M <sup>2</sup>	34.384	_____															
LOSA INFERIOR	M <sup>2</sup>	3.878	_____															
MURO ESTRUCTURAL	M <sup>2</sup>	3.818	_____															
TABLETAS	PZA.	625	_____															
LOSA DE COMPRESION	M <sup>2</sup>	1.316	_____															
RELLENOS	M <sup>3</sup>	11.000	_____															
OBRA EXTERIOR	LOTE	1	_____															
OBRA INDUCIDA	LOTE	1	_____															
COLECTOR DE 1.05m.	ML.	243	_____															

TEXIV PROFESIONAL

FIG. II.9

**PROGRAMA DE OBRA**  
**SUBTRAMO 3 FEBRERO-LAZARO CARDENAS**  
**DE LA LINEA 3 DEL METRO 83-86.**

CONCEPTO	UNIDAD	CANT.	AGO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAYO
AVESN	PIEZA	39										
EXCAVACION	M <sup>2</sup>	37.305										
INFERIOR	M <sup>2</sup>	2.314										
ESTRUCTURAL	M <sup>2</sup>	2.327										
TABLETAS	M <sup>2</sup>	442										
ESCRIBIA	M <sup>2</sup>	1.016										
RELLENOS	M <sup>3</sup>	10.700										
ANOS IND.	LOTE	1										
COLECTOR DE	ML.	20										
INFERIOR	LOTE	1										
COLECTOR DE	ML.	159										
MONTO		1882	794									
			194	132	139	110	110	97	40	16	11	3

TERMINADO

Fig. II.9.1

- a) En la mano de obra, el rendimiento depende de las condiciones de trabajo en que se encuentren los trabajadores, grado de dificultad de la obra, condiciones climatológicas, etc.
- b) En maquinaria, su rendimiento depende de la habilidad del operador, condiciones de operación, mantenimiento, buen uso y aplicación de ésta, etc.

En adición a lo anterior, tenemos un factor determinante para los análisis de rendimientos: "LA EXPERIENCIA", la cual nos va a permitir cada vez que se realice una actividad, cualquiera que esta sea, detectar errores, obstáculos e impedimentos que nos provocarían un rendimiento menor.

En la construcción del cajón del Metro, se han venido aplicando un gran número de variantes a los procedimientos de construcción de acuerdo a las características de cada tramo y en base a experiencias obtenidas en obras anteriores.

Para realizar el análisis comparativo de tiempos y costos entre ambos métodos, se considerarán en este trabajo las mismas condiciones generales, esto es con la finalidad de que, teniendo datos reales del método a base de Muros Milañ, podremos realizar una comparación con el método de muros prefabricados del cual se obtuvieron los datos reales tomados de la obra. (Método ejecutado en el subramo 5 de Febrero-Isabel la Católica.)

Los rendimientos utilizados en la programación de la construcción del cajón del Metro con Muros Milán son los siguientes:

<u>CONCEPTO</u>	<u>RENDIMIENTO</u>
Cepa	37 ml/sem
Muro Milán	6 pza/sem
Excavación del Núcleo	1700 m <sup>3</sup> /sem
Losa de fondo	140 m <sup>3</sup> /sem
Muro Estructural	160 m <sup>3</sup> /sem
Tabletas	20 pza/sem
Losa Superior	40 m <sup>3</sup> /sem

Con estos datos, se obtiene un avance de construcción del cajón del Metro por el método de Muros Milán de 4.28 m/día.

#### II.4.1 RECURSOS (MATERIALES, MAÑO DE OBRA Y EQUIPO)

Los recursos necesarios para la fabricación del cajón del Metro por el Método de Muros Milán, se clasificarán en tres primordialmente:

- Materiales
- Maño de Obra
- Equipo

Para poder tener una idea clara de las cantidades que se necesitan de cada uno de los recursos anteriormente mencionados, se tomará (para efectos de análisis) un tramo de 30 ml de cajón.

A continuación se presentarán estos datos por medio de las siguientes tablas:

- Tabla No. 2: En esta tabla se presentan los conceptos y cantidades de obra correspondientes a los MATERIALES.
- Tabla No. 3: En esta tabla se presentan los conceptos y los tiempos correspondiente a la MANO DE OBRA.
- Tabla No. 4. En esta tabla se presentan las actividades y las cantidades de obra correspondiente a el EQUIPO.

## II.5 COSTOS

Empezaremos mencionando que el costo de una obra cualquiera; está en función de la técnica y materiales empleados en ésta y del tiempo que se tarde en ejecutar. Con esto tenemos que si una obra es costeable en cierta época, es posible realizar la misma, utilizando o mejorando las técnicas empleadas consecuentemente, si es posible reducir la duración de cada actividad, puede minimizarse el costo.

## M A T E R I A L E S

C O N C E P T O	CANTIDAD POR TRAMO DE 30 ML.	CANTIDAD POR ML.
CONCRETO Pobre $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ TMA = 40 mm.; REU. = 10 cms.	51.00 M <sup>3</sup>	1.70 M <sup>3</sup>
CONCRETO NORMAL $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$ TMA = 20 mm.; REU. = 10 cms.	838.60 M <sup>3</sup>	27.62 M <sup>3</sup>
CONCRETO NORMAL $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$ TMA = 20 mm.; REU. = 10 cms.	20.20 M <sup>3</sup>	0.67 M <sup>3</sup>
CIMBRA DE CONTACTO	450.00 M <sup>2</sup>	15.00 M <sup>2</sup>
ACERO DE REFUERZO $f_u = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$	45.891.00 Kg	1,529.71 Kg
EXCAVACION DE SANJA	354.60 M <sup>3</sup>	11.02 M <sup>3</sup>
EXCAVACION DE NUCLEO	1,071.10 M <sup>3</sup>	62.37 M <sup>3</sup>
LODO BENTONITICO	354.60 M <sup>3</sup>	11.02 M <sup>3</sup>
TROQUELES	80.00 PZA/USO	2.67 PZA/USO
MOLDES METALICOS ( MACHO - HEMBRA )	10.00 PZA/USO	0.33 PZA/USO

T E R M I N O S P R O F E S I O N A L

TABLA 2

## M A N O D E O B R A

CONCEPTO	CATEGORIA < TNO - >							
	CABO	PIERR	ALB.	BARRE-	FRON	SKAP.	RE-	MONI-
BROCAL QUIA PARA SANJA	4.98	7.73	4.78	39.61	4.78	27.74		
MURO MILAN	11.58	38.78		93.58	23.84			
EXCAVACION DEL NUCLEO	6.83			39.27	1.42			8.11
PLANTILLA	2.11		8.45		12.49			
LOSA DE FONDO	4.88	13.16		37.88	18.78			
MURO ESTRUCTURAL	3.58	12.67		45.71	18.38	6.28	6.17	
LOSA TAPA	6.59	3.27		18.75	2.66			1.8
CANTS. TOT. POR 38 ML (TNO)	41.51	67.61	13.23	386.68	67.29	34.81	6.17	1.11
CANTS. TOTALES POR ML (TNO)	1.38	2.25	0.44	9.55	2.25	1.13	0.21	0.04

TESIS PROFESIONAL

TABLA 3



## E Q U I P O

R E Q U I S I T O	CANTIDADES DE EQ. NECESARIAS POR 30ML.	CANTIDADES DE EQ. NECESARIAS POR ML.
WILLIAMS C/ALMEJA DE 1 1/2 Vd <sup>o</sup>	71.00 Hr.	2.40 Hr.
DRAGA S/ORUGAS LS-100 PARA ALMEJA DE 1 1/2 Vd <sup>o</sup>	109.20 Hr.	3.64 Hr.
PLANTA DE RECIRCULACION DE LODOS	134.77 Hr.	4.49 Hr.
PLANTA PARA FABRICACION Y TRATAMIENTO DE LODO	101.07 Hr.	3.37 Hr.
MOTO GRUA HIDRAULICA MCA. GROVE MOD. RT 222 DE 20 TON.	124.29 Hr.	4.14 Hr.
VIBRADOR DE CONCRETO MOD K-21	13.54 Hr.	0.45 Hr.
EQUIPO DE CORTE OXI-ACETILENO	607.25 Hr.	20.24 Hr.
DOBLADORA PERFECT 50	601.16 Hr.	20.04 Hr.
CORTADORA SIMPLEX 50	601.16 Hr.	20.04 Hr.
CAMION VOLTEO 6M <sup>3</sup> ( OCIOSO )	01.64 Hr.	0.05 Hr.
CAMION VOLTEO 6M <sup>3</sup> ( ACTIVO )	39.64 Hr.	1.32 Hr.
GRUA LINK BELT HC-60	10.00 Hr.	0.33 Hr.
ARTEBA DE MADERA ( DEPOSITOS DE 2.40 X 3.00 X 0.60 M)	0.09 PZA.	0.003 PZA.

TERES PROFESIONAL

TABLA 4

De acuerdo a el concepto de costo según el Ing. Carlos Suárez Salazar en el texto "costo y tiempo en edificación", tenemos los siguientes conceptos:

"Dado que el análisis de costo es, en forma genérica, la valuación de un proceso determinado, sus características serán:

- a) El análisis de costo es aproximado, ya que no existen dos procesos constructivos iguales, los consumos, insumos, desperdicios, habilidad de la gente, clima, etc, es diferente en cada obra.
- b) El análisis de costo es específico; por consecuencia del punto anterior, el costo se va a referir únicamente a la obra en proceso.
- c) El análisis del costo es dinámico, ya que constantemente son cambiados los materiales, las técnicas constructivas, incrementos de los materiales, impuestos, prestaciones sociales, etc.
- d) El análisis de costo puede realizarse inductiva o deductivamente; esto es, si la integración de un costo se realiza por partes conocidas y con esto inferimos un resultado, estaremos hablando de análisis de costo inductivo; por el contrario, si en base al razonamiento y experiencia llegamos a lo desconocido, estaremos hablando de análisis de -

costo deductivo.

- e) El costo está precedido de costos anteriores; y éste a su vez, es integrante de costos posteriores; esto se refiere a que el costo de cierta actividad está formado de varios costos y a su vez, éste puede formar parte de otro costo.

Ahora bien, el costo de cierta actividad, está formado por dos partes, el Costo Directo y el Costo Indirecto.

- El Costo Directo es la suma del material, mano de obra y equipo para la realización de un proceso productivo.
- El Costo Indirecto es la suma de gastos técnicos-administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso productivo.

Con esto tenemos que, el costo final de un proceso cualquiera, será la suma del costo directo más el indirecto más la utilidad.

$$\text{Costo} = \text{CD} + \text{CI} + \text{Utilidad}''$$

A continuación se presentarán los análisis de precios más representativos en el proceso de Construcción del Cajón del Metro en general, y posteriormente a éstos, la tabla 5 en la que se hará un resumen general del costo del cajón del Me-

tro por medio de Muros Milán, obteniendo finalmente el costo del tramo de 30 ml y el costo/ml.

# ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

CONCEPTO	CIMBRA PARA BROCAL				
UNIDAD: KG					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE	TOTALES
<b>* MATERIALES *</b>					
-MADERA DE PINO PARA CIMBRA	P.T.	4.14	1,900.	4,135.	
-TRIPLAY DE 19MM	M <sup>2</sup>	0.22	26,283.	5,660.	
-VARILLA DE REFUERZO DE 5/8" Ø	KG.	0.13	1,114.	139.	
-VARILLA DE REFUERZO DE 3/4" Ø	KG.	0.32	1,183.	353.	
-ALAMBRE RECOCIDO DEL No. 18	KG.	0.83	2,290.	66.	
-CLAVO DE 2 1/2"	KG.	0.39	2,478.	753.	
-DIESEL	LIT.	0.35	406.	142.	
					11,256.
<b>* MANO DE OBRA *</b>					
<b>* HABILITADO</b>					
-CABO	TMO.	0.002	30,631.	61.	
-OFICIAL CARPINTERO	TMO.	0.02	30,574.	611.	
-AYUDANTE GENERAL	TMO.	0.02	22,940.	459.	
<b>* CIMBRADO</b>					
-CABO	TMO.	0.013	30,631.	403.	
-OFICIAL CARPINTERO	TMO.	0.13	29,404.	3,869.	
-AYUDANTE GENERAL	TMO.	0.13	22,940.	3,018.	
<b>* DESCIMBRADO</b>					
-CABO	TMO.	0.003	30,631.	182.	
-OFICIAL CARPINTERO	TMO.	0.03	29,404.	989.	
-AYUDANTE GENERAL	TMO.	0.03	22,940.	765.	
					19,268.
<b>* MERMANTENTA *</b>					
	M.O.	0.02	10,268.	398.	
					398.
<b>COSTO DIRECTO</b>				\$	21,832.00
<b>INDIRECTO + UTILIDAD (31%)</b>				\$	4,768.00
<b>PRECIO UNITARIO</b>				\$	26,600.00

## ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

CONCEPTO	CIMBRA PARA MURO DE ACOMPAÑAMIENTO (MURO ESTRUCTURAL), INCLUYE TODOS LOS MATERIALES PARA SU CORRECTA COLOCACION.				
UNIDAD: M2	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE	TOTALES
<b>* MATERIALES *</b>					
-TRIPLAM DE 16 mm.	M <sup>2</sup>	0.13	22,171.	2,949.	
-MADERA DE PINO PARA CIMBRA	P.T.	1.37	1,000.	1,370.	
-CLAVO DE 2 1/2"	Kg.	0.20	2,478.	496.	
-DIESEL	LTO.	0.18	406.	41.	
-VARILLAS DE 3/4" Ø	Kg.	0.37	1,105.	414.	
-ALAMBRE DE 1/4" Ø	Kg.	0.11	1,228.	138.	
-TABLERO METALICO DE ACERO A-36	Kg.	0.52	1,594.	2,423.	
-TUBO MECANICO DE 2" Ø	Kg.	0.11	1,594.	176.	
-RUEDAS DE HULE MACIZO DE 6" Ø	Pza.	0.05	30,850.	1,530.	
-VARILLA DE 1" Ø	Kg.	0.33	1,295.	422.	
<b>* MANO DE OBRA *</b>					<b>9,952.00</b>
<b>* HABILITADO, TRANSPORTE Y ARMADO DE ESTRUCTURA.</b>					
-CABO	TMO.	0.002	30,631.	63.	
-OFICIAL SOLDADOR	TMO.	0.021	30,402.	627.	
-AYUDANTE GENERAL	TMO.	0.021	22,940.	472.	
<b>* HABILITADO Y REPARACIONES MADERA DE CONTACTO</b>					<b>1,162.00</b>
-CABO	TMO.	0.001	30,631.	32.	
-OFICIAL CARPINTERO	TMO.	0.011	29,404.	305.	
-AYUDANTE	TMO.	0.011	22,940.	241.	
<b>* CIMBRADO Y DESCIMBRADO</b>					<b>582.00</b>
-CABO	TMO.	0.001	30,631.	32.	
-OFICIAL CARPINTERO	TMO.	0.011	29,404.	305.	
-AYUDANTE	TMO.	0.011	22,940.	241.	
<b>* REPARACIONES DE CAMPO/12 USOS DE MATERIALES</b>					<b>613.00</b>
-MATS.	MATS.	0.004	9,952.	35.	
<b>* HERRAMIENTA *</b>					<b>71.00</b>
					<b>71.00</b>
<b>COSTO DIRECTO</b>				\$	<b>12,389.00</b>
<b>INDIRECTO + UTILIDAD (31%)</b>				\$	<b>3,830.00</b>
<b>PRECIO UNITARIO</b>				\$	<b>16,219.00</b>

# ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

CONCEPTO	ACERO DE REFUERZO GRADO PURO DE fy= 4,200 kg/cm <sup>2</sup> de 3/4" Ø, PARA UTILIZARSE EN LOSAS, MUROS DE ACOMPAÑAMIENTO Y MURO MILAN.				
UNIDAD: KG.					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE	TOTALES
<b>* MATERIALES *</b>					
-VARILLA DE REFUERZO 19.1mm.(3/4") Ø	KG.	1.05	1,185.	1,185.	
-ALAMBRE RECOCIDO DEL No. 18	KG.	0.02	2,200.	44.	
					1,204.
<b>* MANO DE OBRA *</b>					
<b># DESCARGA EN OBRA</b>					
-CABO	TMO.	0.00004	30,631.	1.	
-PIOM	TMO.	0.0004	20,094.	8.	
<b># ENTONGADO</b>					
-CABO	TMO.	0.00003	30,631.	1.	
-PIOM	TMO.	0.0003	20,094.	6.	
<b># ACARREO DENTRO DE LA OBRA HASTA 300 m.</b>					
-CABO	TMO.	0.00004	30,631.	1.	
-PIOM	TMO.	0.0004	20,094.	8.	
<b># CORTE DOBLADO Y COLOCACION</b>					
-CABO	TMO.	0.00013	30,631.	4.	
-OFICIAL FIERRERO	TMO.	0.0013	20,354.	20.	
-AYUDANTES EN GENERAL	TMO.	0.0013	22,940.	31.	
					98.
<b>* EQUIPO *</b>					
-BANCO DE HABILITADO	M.O.	0.0065	98.	1.	
-EQUIPO DE CORTE OXI-ACETILENO CON DOS MANGUERAS DE 20 m. C/U.	HORA	0.0134	4,668.	62.	
-DOBLADORA PERFECT 50	HORA	0.0134	8,246.	110.	
-CORTADORA SIMPLEX 50	HORA	0.0134	6,884.	92.	
					265.
<b>* HERRAMIENTA *</b>					
	M.O.	0.02	98.	2.	
					2.
					2.
<b>COSTO DIRECTO</b>				\$	1,569.00
<b>INDIRECTO + UTILIDAD (31%)</b>				\$	484.00
<b>PRECIO UNITARIO</b>				\$	2,053.00

## ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

CONCEPTO	CONCRETO NORMAL PARA PLANTILLA DE RESISTENCIA $f'c = 100$ kg/cm <sup>2</sup> DE TAA = 3/4"Ø Y REVENIMIENTO DE 10 CMS.				
UNIDAD: M3					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE	TOTALES
<b>* MATERIALES *</b>					
-CONCRETO DE $f'c = 100$ kg/cm <sup>2</sup> TAA = 20 mm Y REV. = 10 cm.	M <sup>3</sup>	1.03	106,360.	109,551.	
					109,551.
<b>* MANO DE OBRA *</b>					
-CABO	TMO.	0.041	30,531.	1,268.	
-OFICIAL ALBANIL	TMO.	0.16	30,754.	5,064.	
-PEON	TMO.	0.25	20,094.	4,993.	
					11,325.
<b>* HERRAMIENTA *</b>					
-HERRAMIENTA	M.O.	0.03	11,325.	340.	
					340.
					=====
<b>COSTO DIRECTO</b>				\$	121,216.00
<b>INDIRECTO + UTILIDAD (31%)</b>				\$	37,577.00
<b>PRECIO UNITARIO</b>				\$	158,793.00



## ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

CONCEPTO	CONCRETO NORMAL PARA BROCAL DE RESISTENCIA $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ , $TMA = 20 \text{ cms}$ Y REVENIMIENTO DE 10 cms.				
UNIDAD: M3					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE	TOTALES
<b>* MATERIALES *</b>					
-CONCRETO DE $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ , $TMA = 20 \text{ cms}$ Y REVENIMIENTO DE 10 cms.	M <sup>3</sup>	1.03	111,170.	115,123.	115,123.
<b>* MANO DE OBRA *</b>					
-CADO	TMO.	0.047	30,431.	1,448.	13,469.
-OFICIAL ALBANIL	TMO.	0.24	30,754.	7,271.	
-PEON	TMO.	0.24	20,894.	4,751.	
<b>* EQUIPO *</b>					
-VIBRADOR DE CONCRETO MOD. K-91	HR.	0.67	1,596.	1,070.	2,548.
-ARTESA DE MADERA (DEPOSITOS DE 2.4x3.0x0.6m.).	PIA.	0.004	364,882.	1,478.	
<b>* HERRAMIENTA *</b>					
	M.O	0.03	13,469.	404.	404. =====
<b>COSTO DIRECTO</b>				\$	131,544.00
<b>INDIRECTO + UTILIDAD (31%)</b>				\$	40,779.00
<b>PRECIO UNITARIO</b>				\$	172,323.00

# ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

CONCEPTO	CONCRETO NORMAL PARA MURO COLADO IN SITU (MURO MILAH) DE RESISTENCIA $f'c=150$ kg/cm <sup>2</sup> , TMA=20mm. Y REVENIMIENTO DE 18 cms.				
UNIDAD: M3					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE	TOTALES
<b>* MATERIALES *</b>					
- CONCRETO DE $f'c=150$ kg/cm <sup>2</sup> , TMA=20mm. Y REV.=18 cms.	M <sup>3</sup>	1.85	111,770.	117,358.	
- REVENIMIENTO DE 18 cms.+3.5 cms. APTO PARA BOMBEO.	M <sup>3</sup>	1.85	15,155.	15,955.	
- MADERA DE PINO PARA CIMBRA.	P.T.	0.83	1,800.	34.	
- GRILLETES DE 7/8" PARA ESTROBOS.	PZA.	0.001	51,369.	63.	
- TUBO TREMIE DE 18" Ø	M.	0.004	38,462.	153.	
- CABLE DE ACERO DE 3/4" Ø.	M.	0.0007	12,113.	9.	
- PERROS DE 7/8".	PZA.	0.001	13,868.	17.	
- MARCO DE ANGULO DE 1 3/4"x3/16".	KG.	0.004	2,499.	11.	
- PLACA DE ACERO A-36 PARA TOLVAS METALICAS.	KG.	0.07	1,594.	117.	
<b>* MANO DE OBRA *</b>					133,717.
<b>* ENSAMBLI, EMBASADO Y COLOCACION DE TUBERIA DE CONCRETO.</b>					
- CABO.	TMO.	0.011	30,631.	335.	
- AYUDANTE GENERAL.	TMO.	0.119	22,940.	2,500.	
					2,844.
<b>* EQUIPO *</b>					
- MOTO GRUA HIDRAULICA MCA. GROVE MOD. RT.222 DE 20 TON.	HR.	0.15	96,497.	14,628.	
					14,628.
<b>* HERRAMIENTA *</b>					
	M.O.	0.83	2,844.	85.	85.
					=====
<b>COSTO DIRECTO</b>				\$	151,274.00
<b>INDIRECTO + UTILIDAD (31%)</b>				\$	46,895.00
<b>PRECIO UNITARIO</b>				\$	198,169.00

## ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

CONCEPTO	EXCAVACION EN ZANJA PARA MURO COLADO IN SITU (MURO MILAN), INCLUYE EL SUMINISTRO Y LA COLOCACION DEL TODO BENTONITICO.				
UNIDAD: M3					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE	TOTALES
<b>* MATERIALES *</b>					
-BENTONITA	KG.	112.75	160.	18,040.	
-DIESEL	LTO.	0.029	406.	12.	
-GASOLINA NOVA	LTO.	1.14	430.	313.	
					18,565.
<b>* MANO DE OBRA *</b>					
-CADO	TMO.	0.006	30,631.	186.	
-AYUDANTES EN GENERAL	TMO.	0.061	22,940.	1,399.	
					1,585.
<b>* EQUIPO *</b>					
-EQUIPO WILLIAMS DE ALMEJA DE 1 1/2 YDS DE CAPACIDAD	HORA	0.203	44,237.	9,067.	
-DRAGA SOBRE ORUGAS LS-100 DE 1 1/2 YDS DE CAPACIDAD	HORA	0.203	120,733.	24,473.	
-CAMION DE VOLTEO DE 6 M <sup>2</sup> (ACTIVO)	HORA	0.033	24,951.	813.	
-CAMION DE VOLTEO DE 6 M <sup>2</sup> (OCIOSO)	HORA	0.125	11,959.	1,491.	
-PLANTA PARA FABRICACION Y TRATAMIENTO DE LODOS	HORA	0.29	61,178.	17,742.	
-PLANTA DE LODOS, EQUIPO DE RECIRCULACION (SE INCLUYE EL 1.3 % POR CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA Y MATERIALES ELECTRICOS EN TRABAJOS NOCTURNOS.	HORA	0.30	28,600.	10,871.	
					64,357.
<b>* HERRAMIENTA *</b>					
	M.O.	0.03	1,585.	40.	
					40.
					=====
<b>COSTO DIRECTO</b>				\$	84,353.00
<b>INDIRECTO + UTILIDAD (31%)</b>				\$	26,212.00
<b>PRECIO UNITARIO</b>				\$	110,767.00

## ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

CONCEPTO	EXCAVACION DEL NUCLEO.			
UNIDAD: M3				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
<b>* MANO DE OBRA *</b>				
-CAPO	TNO.	0.0332	38,631.	97.
-AVANANTE	TNO.	0.032	22,948.	720.
				825.
<b>* EQUIPO *</b>				
-DRACA LS-180 SOBRE ORUCAS DE 1 1/2 VRS	HORA	0.82	120,733.	2,415.
-CAMION VOLTEO DE 6 M <sup>3</sup> (OCIOSO)	HORA	0.82	11,959.	239.
-CAMION VOLTEO DE 6 M <sup>3</sup> (ACTIVO)	HORA	0.213	24,951.	374.
				3,028.
<b>* PORCENTAJE POR CABLE MANILA, GRILLETES, ETC.</b>	H.O.	0.82	825.	16.
<b>* HERRAMIENTA *</b>	H.O.	0.83	825.	25.
				41.
				-----
<b>COSTO DIRECTO</b>			\$	2,974.00
<b>INDIRECTO + UTILIDAD (31%)</b>			\$	1,307.00
<b>PRECIO UNITARIO</b>			\$	3,101.00

## COSTO DEL CAJON DEL METRO

METODO DE MURO MILAN (TRAMO DE 30 ML.)

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P. U.	IMPORTE	TOTALES
* BROCAL GUIA PARA ZANJA *					
-CIMBRA.	150.0	M <sup>2</sup>	23,600.	4'290,000.	
-CONCRETO DE f'c=150 kg/cm <sup>2</sup>	20.2	M <sup>3</sup>	172,323.	3'498,925.	
-ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm <sup>2</sup> .	1,310.0	KG.	2,401.	2'985,210.	
					18'676,135.
* MURO MILAN *					
-EXCAVACION DE ZANJA INCLUYENDO LODO BENTONITICO.	354.6	M <sup>3</sup>	110,767.	39'277,970.	
-ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm <sup>2</sup> .	22,971.0	KG	2,055.	47'285,655.	
-CONCRETO DE f'c=150 kg/cm <sup>2</sup> , TMA=20mm Y REV.=10 cms.	349.7	M <sup>3</sup>	190,169.	69'299,699.	
					153'783,082.
* EXCAVACION DEL NUCLEO *					
-TRAQUELAMIENTO.	80.0	PZA/US	733,736.	58'714,880.	
-EXCAVACION	1,871.1	M <sup>3</sup>	5,101.	9'544,401.	
					68'259,361.
* PLANTILLA *					
-CONCRETO Pobre DE f'c=100 kg/cm <sup>2</sup> .	51.0	M <sup>3</sup>	158,793.	8'183,207.	
					8'183,207.
* LOSA DE FONDO *					
-ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm <sup>2</sup> .	9,819.0	KG.	2,055.	20'178,043.	
-CONCRETO DE f'c=150 kg/cm <sup>2</sup> , TMA=20mm Y REV.=10 cms.	223.3	M <sup>3</sup>	190,169.	44'251,130.	
					64'429,183.
* MURO ESTRUCTURAL *					
-CIMBRA.	300.0	M <sup>2</sup>	16,218.	4'865,400.	
-MOLDES METALICOS (PACHO-MEMBRA), PARA AISLAMIENTO DE TRAMOS EN SENT. TRANSU.	10.0	PZA/US	390,468.	3'904,680.	
-ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm <sup>2</sup> .	9,452.0	KG.	2,853.	19'423,860.	
-CONCRETO DE f'c=150 kg/cm <sup>2</sup> , TMA=20 mm Y REV.=10 cms.	188.1	M <sup>3</sup>	190,169.	37'275,589.	
					65'469,529.
* LOSA TAPA *					
-TABLETAS PRECOLADAS.	30.0	PZA.	1'473,010.	44'190,540.	
-ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm <sup>2</sup> .	2,439.0	KG.	2,401.	5'856,039.	
-CONCRETO DE f'c=150 kg/cm <sup>2</sup> , TMA=20 mm Y REV.=10 cms. (FIRME DE COMPRESION).	67.5	M <sup>3</sup>	190,169.	13'376,407.	
					63'422,986.
					=====
COSTO DEL TRAMO DEL CAJON (30 ML.)				\$	436'143,483.
COSTO DEL CAJON CON MURO MILAN/MJ..				\$	14'538,116.

TESIS PROFESIONAL  
TABLA 5

## **CAPITULO III**

### **MUROS PREFABRICADOS**

Los Muros Prefabricados o Precolados son, como su nombre lo indica, estructuras de concreto preesforzado, los cuales van a estar constituidos en su interior por cajas de poliestireno (ver fig III.1) y cuya función principal va a ser la de mantener la estabilidad del terreno natural, para que en conjunto con los elementos complementarios (losa de fondo, planilla, tabletas, etc.), proporcionen al cajón la seguridad y eficiencia requeridas en el proyecto.

El procedimiento para la fabricación de las tablaestacas prefabricadas, consta de tres etapas, las cuales son las siguientes: (ver fig. III.1).

- Primera Etapa: Limpiar y nivelar la mesa de trabajo donde se colará la tablaestaca.
- Segunda Etapa: Habilitar armado de la losa de la cara "B", así como el armado de las nervaduras, previniendo la posición de las placas guías, anclas, placas de apoyo del gancho, ganchos para izaje, banda de P.V.C y por último se colará 10 cm. de concreto de la manera que muestra la fig. III.1.a.
- Tercera Etapa: Colocar las cajas de espuma de poliestireno como se indica en la figura, habilitar el armado de la cara "A", así como el armado faltante de las nervaduras, anclaje de gancho de izaje, placa -

guía, y por último, se terminará de colar la pieza.

Una vez fabricada la tablaestaca y transcurrido el tiempo para obtener la resistencia de proyecto (28 días) se procederá a realizar la excavación de la zanja en donde se alojarán los muros prefabricados.

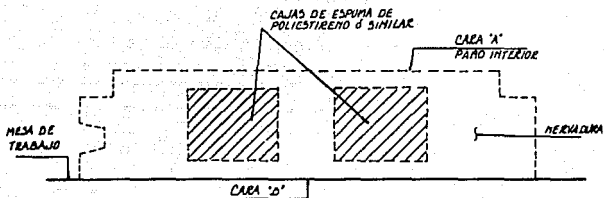
Cabe mencionar que, el realizar la fabricación de las tablaestacas prefabricadas fuera del lugar de la obra, nos proporciona algunos beneficios importantes como: mayor limpieza en el lugar de la obra, menor número de gente y por consiguiente mayor rapidez en cuanto al avance de obra se refiere.

### III.1 PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION

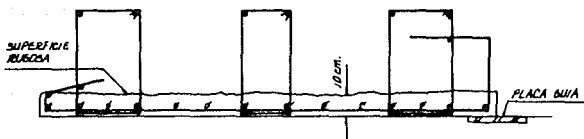
Ya conocida la estratigrafía del suelo (tramo propuesto Lázaro Cárdenas-Chabacano, entre cadenamientos 13 + 475,000 a 13 + 575,000) y una vez realizada la excavación de las zanjas en donde se alojarán los muros, se procederá a la construcción del cajón subterráneo del Metro por el método de Muros Prefabricados, el cual va a comprender cinco etapas básicas de construcción (ver fig. III.2), siendo éstas las siguientes:

- Primera Etapa: Llevar a cabo el hincado de las tablaestacas o Muros Prefabricados.

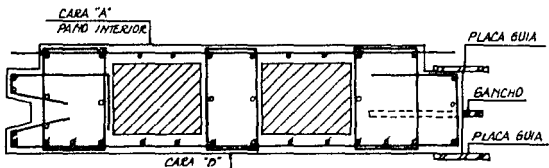




a) 1a ETAPA



b) 2a ETAPA



c) 3a ETAPA

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE  
TABLA ESTACAS PREFABRICADAS

FIG. III.1

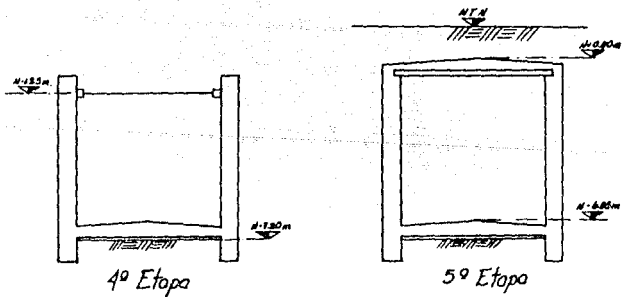
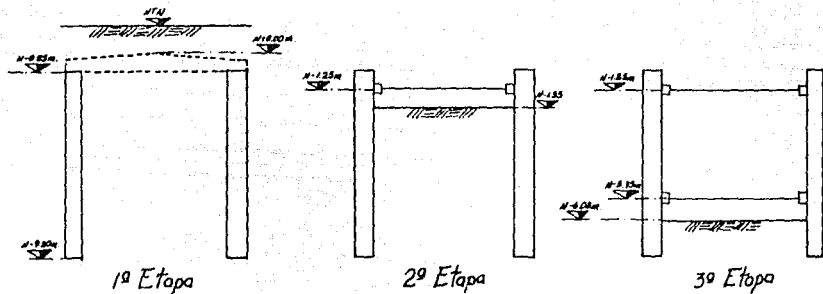


Fig. III.2

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION

- Segunda Etapa: Excavar hasta el nivel N-1.55m, así como colocar vigueta madrina y el primer nivel de troqueles en el nivel N-1.25 m.
  
- Tercera Etapa: Excavar hasta el nivel N-6.05 m, repitiéndose el paso anterior, colocar vigueta madrina y segundo nivel de troqueles en el nivel N-5.75 m.
  
- Cuarta Etapa: Excavar hasta el nivel N-7.20 m. colar plantilla, habilitar armado de la losa de fondo, realizar el "amarre" entre la tablaestaca y la losa; y por último colar ésta, 24 hrs., después del colado se retirará el segundo nivel de troqueles.
  
- Quinta Etapa: Colocar tabletas prefabricadas para la losa de techo, habilitar el armado del firme y colarlo; cuando el concreto alcance la resistencia especificada, se retirará el primer nivel de troqueles y se iniciará el relleno sobre la losa superior, y ya sobre éste, se colocará la carpeta asfáltica.

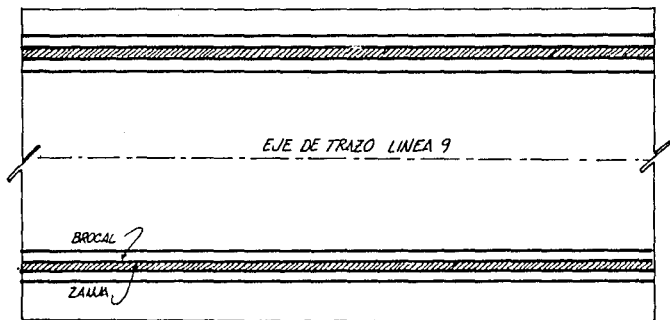
En los siguientes incisos, se dará una descripción detallada de los procedimientos, materiales, mano de obra, así como el equipo y herramienta necesarios para su correcta ejecución.

### III.1.1 CONSTRUCCION DE LOS BROCALES

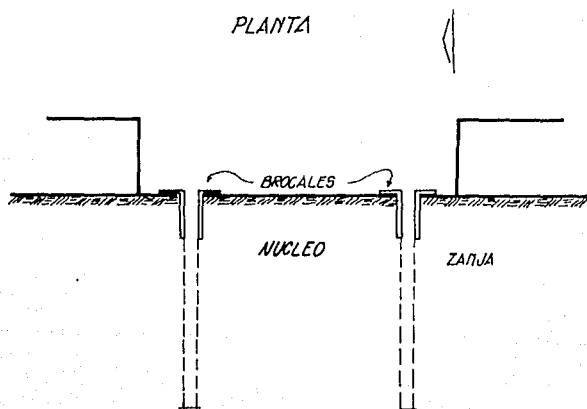
Una vez definido el trazo de la zona donde se colocarán los muros de concreto precolados, se procederá a la construcción de los brocales, que como ya se mencionó en el capítulo II., son estructuras de concreto cuya función es la de retener los rellenos sueltos superficiales y servir como soporte y guía al equipo de excavación, su forma es la de un ángulo recto y se cuelan en obra a lo largo de todo el trazo. (ver fig. III.3).

Cabe mencionar, que en algunos casos, dependiendo de la maquinaria que se utilice, la parte horizontal del brocal funcionará como una losa pequeña en la que podrán rodar máquinas excavadoras, su ancho será de 1.00 m aproximadamente, el cual podrá modificarse en la obra de acuerdo con las condiciones de apoyo que presente el terreno. La parte vertical o faldón, será aproximadamente 1.80 m. Los materiales utilizados para la construcción del brocal fueron concreto de  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$  y varilla de  $3/8" \phi$ ,  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .

Es sumamente importante que durante la construcción de los brocales, se mantenga siempre el alineamiento requerido, de acuerdo al trazo de la línea antes mencionado, así como la verticalidad (a plomo) del faldón, el cual va a servir de guía a la maquinaria, ya que el no seguir correctamente dichas con-



PLANTA



CORTE

Fig. III 3

diciones; afectará el trazo o la colocación de las tablaestacas prefabricadas acarreado con esto una mala ejecución de la obra, y por lo tanto, un retraso en el programa de esta misma.

### III.1.2 EXCAVACION DE LAS ZANJAS E INTRODUCCION DE LOS LODOS

Concluida la construcción de los brocales, se iniciará la excavación de las zanjas que alojarán a los muros prefabricados (Muros de concreto precolado).

El proceso es muy simple y consiste en realizar dos actividades distintas de manera simultánea y sincronizada, esto es, en el momento en que se empieza a llevar a cabo la excavación, el suelo se irá aflojando proporcionalmente a la profundidad a la que se realice ésta; y por consiguiente, tiende a desmoronarse; para contrarrestar este efecto, cuando la excavación llega a cierta profundidad en la que se prevenga el desmoronamiento del terreno, se introducirá en la zanja un elemento cuyo peso específico sea igual o mayor al peso específico del terreno citado, produciendo con esto un equilibrio entre las paredes de la zanja y el elemento que va a ser llamado "Lodo Bentonítico" (ver fig. III.4).

Es decir, el objetivo de emplear el lodo bentonítico en el proceso de excavación de las zanjas que alojarán a los muros prefabricados es, de que éste sirva como estabilizador

de las paredes de la excavación, por lo que el lodo, además de tener un peso específico mayor que el del terreno, deberá tener una densidad mayor a la del agua, con lo que se propiciará un empuje hidrostático en las paredes de la excavación, mayor al ejercido por el agua.

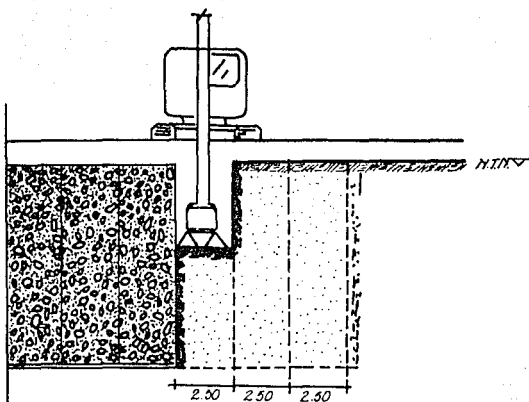
La cantidad de bentonita contenida en el lodo, será aquella para la que dicho lodo cumpla con las siguientes características o propiedades:

1. No deberá existir sedimentación o floculación de las partículas de bentonita.
2. El lodo será capaz de aceptar que se le añada material inerte de más peso sin sedimentarse.
3. Se controlará el límite de fluencia del lodo, debido a que el radio de penetración de éste en los poros del suelo así como el tamaño de las partículas sólidas (limo, arena) que pueda mantener en suspensión, están en función de dicho límite.

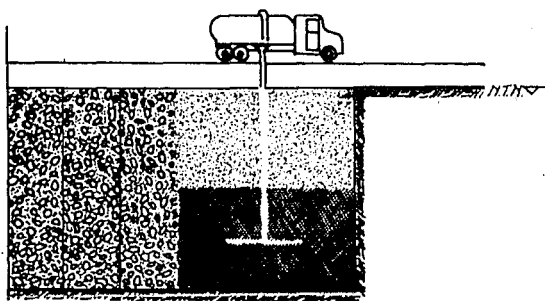
Las propiedades antes mencionadas fueron controladas en laboratorio en donde se obtuvo el proporcionamiento adecuado que fue de la siguiente manera:

a) Materiales utilizados.



- Cemento Tolteca extra puzolana Portland tipo C-2



EXCAVACION DE LA ZANJA



SIMBOLOGIA

-  LODO BENTONITICO
-  TERRENO NATURAL

INTRODUCCION DE LODOS

Fig. III.4



- Bentonita marca "Minerales no metálicos", S.A.
- Aditivo Acelerante Fragusil de Sealcret, S.A.
- Agua Potable

b) Las dosificaciones usadas son las siguientes:

- Agua - 924 lts.
- Cemento - 180 kgs.
- Bentonita - 96 kgs.
- Aditivo - 3.6 kgs.

Este será el proporcionamiento que se utilizará en las zanjas que alojarán a los muros prefabricados.

Para la excavación de las zanjas será necesario, como ya se mencionó en el capítulo II inciso 1, que se cuente con el equipo o maquinaria cuya herramienta de corte será guiada, esto es con el fin de garantizar la verticalidad, alineamiento y limpieza en el corte de las paredes de las zanjas, así como poder alcanzar sin problemas la profundidad de los muros indicada en el proyecto.

Para poder cumplir con las características de excavación, la herramienta guiada deberá satisfacer las siguientes recomendaciones:

- a) Se deslizará con suavidad, sin chicoteos ni golpes.
- b) Se hincará evitando que choque o caiga libremente

contra el lodo o contra las paredes de la zanja para evitar desprendimientos o caídas.

- c) Se deberá meter y sacar sin brusquedad, para evitar efectos de émbolo en el lodo.
- d) Cortará firmemente el material hincándola a presión sin sacudirla repentinamente.

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

La excavación de cada zanja deberá ser un proceso continuo desde el momento de su inicio hasta la colocación y plomeo del muro de concreto precolado dentro de la misma.

La duración total desde el momento en que se inicia la excavación hasta la introducción y plomeo del muro prefabricado dentro de la zanja totalmente excavada además con lodo bentonítico, no deberá ser mayor de 6 hrs.

Las zanjas se excavarán en tramos de 7.5 m de longitud de tal forma que se obtenga el espacio correspondiente para colocar tres tableros (ver fig. III.5).

La profundidad de las zanjas excavadas que alojarán a los muros precolados del cajón será de 2.00 m por debajo de la profundidad máxima de excavación correspondiente a esa zona. Esto es, la profundidad de la zanja de los muros precolados, va a estar 2.00 m abajo del nivel de excavación del núcleo del cajón para que en cierta manera quede el muro prefabricado, enterrado como si fuera una estaca.

En virtud de que la herramienta de excavación de las zanjas es curva, la máxima profundidad será de 20 cms. adicionales a la indicada por el proyecto.

No se podrá iniciar la excavación de la zanja, si no se tienen en el sitio los tableros de muros precolados correspondientes.

Una vez iniciada la excavación de la zanja, se introducirá el "lodo bentonítico" a través de una tubería de 6" de diámetro.

Este lodo tiene la función de, como ya se mencionó, ademar el terreno hasta el momento en que se introduzcan las tablaestacas precoladas.

Conforme se introduzcan éstas últimas, se tendrá que retirar simultáneamente el lodo, el cual va a ser bombeado por

medio de una moto-bomba para después volver a ser utilizado en un tramo subsecuente.

El volumen de lodo bentonítico por introducir, será de  $5.5 \text{ m}^3$  por cada zanja, equivalente a tres tableros precolados. Ver fig. III.5b.

Durante la excavación, se efectuará un control de las propiedades del lodo bentonítico. Dicho control consistirá en realizar las pruebas necesarias para confirmar si las propiedades mencionadas quedan dentro de los límites especificados.

Los lodos con las propiedades citadas, deberán fraguar y alcanzar la resistencia de  $0.7 \text{ kg/cm}^2 \pm 10\%$  en un lapso no mayor de 4 hrs. por lo que será necesario para cumplir con este objetivo agregar un aditivo acelerante de fraguado.

### III.1.3 COLOCACION DE MUROS PRECOLADOS

Una vez concluida la excavación de la zanja y habiendo introducido en ella el lodo bentonítico, se procederá de inmediato a la colocación de los muros prefabricados de acuerdo a la secuencia que se indica a continuación:

1. Se izará el tablero, de tal manera que tenga in-

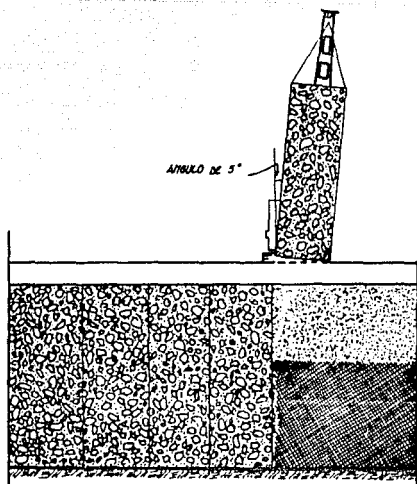
clinación de 5 grados respecto a la vertical tal como se muestra en la fig. III.5A, esto es con objeto de garantizar que el gancho situado en el extremo inferior del muro (ver planos de detalla de tableta precolada) quede alojado en la preparación correspondiente del muro contiguo previamente colocado y descienda por dicha preparación hasta ensamblar con la placa correspondiente.

Así mismo, deberá mantenerse centrado el eje del tablero con respecto al eje de la excavación durante las maniobras de introducción.

2. Una vez que el tablero alcance su nivel de desplante indicado en el proyecto, girará hasta la posición vertical, cuidando que las placas guías ensamblen con el muro contiguo previamente colocado.

Ya terminado el evento anterior, deberá centrarse el tablero con el interior de la zanja y dejarse suspendido mediante un puente (tal como se muestra en la fig. III.6 DETALLE).



El puente estará constituido por una viga IPR 8" x 5 1/4" (W = 29.8 kg/m), además de un cable de -



AL COLOCACION DE MUROS PRECOLADOS.  
PRIMERO Y SEGUNDO TABLERO.  $\triangle$

AL COLOCACION DE MUROS PRECOLADOS  
TERCER TABLERO  $\triangle$

SIMBOLOGIA

-  LODO BENTONITICO
-  TERRENO NATURAL

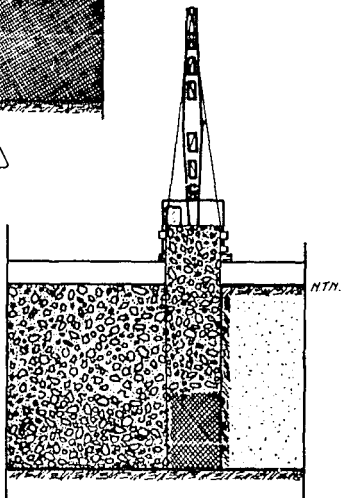


FIG. III. 5

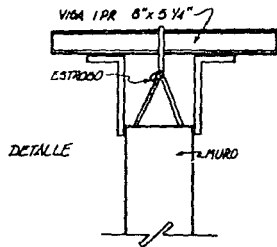
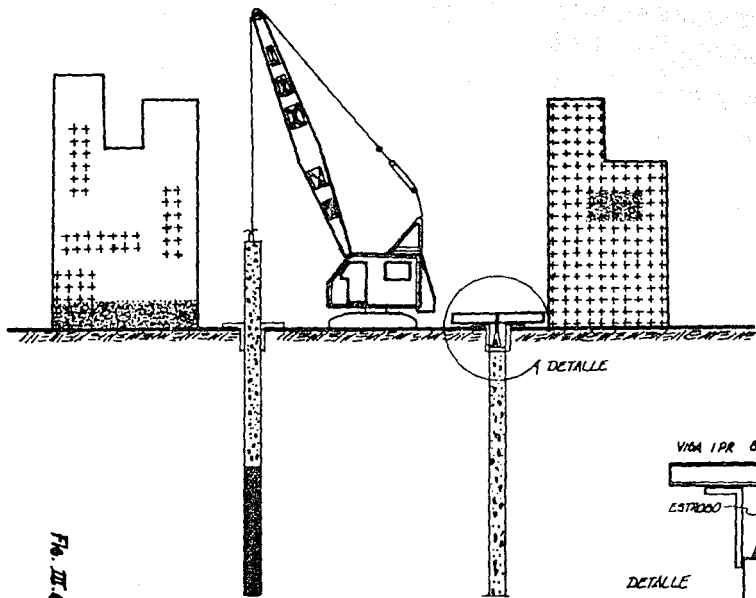


Fig. III.6

SUSPENSIÓN DE TABLAESTACAS

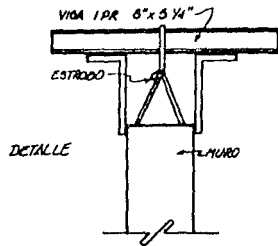
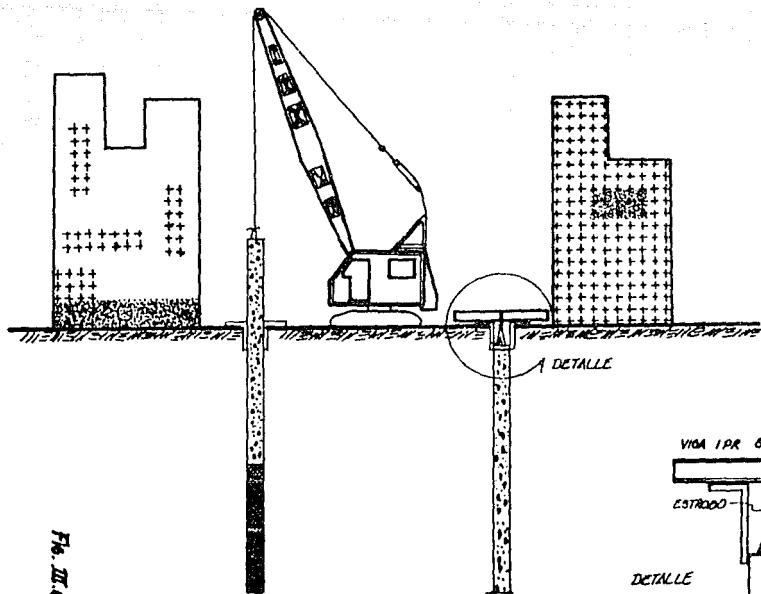


Fig. II.6

SUSPENSIÓN DE TABLAESTACAS



acero trenzado con un gancho en el extremo inferior con el fin de poder sostener el muro por medio del estrobo.

3. Durante la colocación de cada tablaestaca deberá tenerse especial cuidado en el alineamiento a nivel de remate respecto a los muros previamente colocados, para lo cual se pintarán referencias en las varillas que servirán de liga estructural con el firme de compresión de la losa de techo que se construirá posteriormente.
4. Finalizando la colocación de la primera tablaestaca, se iniciará la colocación del segundo muro - prefabricado de acuerdo con las indicaciones antes mencionadas.
5. Una vez colocadas la primera y segunda tablaestaca, se iniciará la colocación del tercer muro, el cual se introducirá en la zanja en forma perfectamente vertical (ver fig. III.5.B), cuidando que el gancho de amarre mencionado en el punto No.1. - descienda en la preparación correspondiente, y que las placas guías ensamblen con el muro adyacente-anteriormente colocado.

Previamente a la introducción de los muros prefabricados, deberá verificarse la profundidad de las zanjas. Así mismo, la colocación de las tablaestacas a todo lo largo del tramo correspondiente se realizará en un solo sentido, es decir, no deberá efectuarse la colocación en más de un frente de trabajo por lado de la excavación.

### III.2 ANALISIS DE RENDIMIENTOS

Los rendimientos se obtuvieron de acuerdo a varios factores, entre los cuales el más importante es la capacitación del personal a cargo de la colocación requerida, para que éstos mantengan la verticalidad y la posición adecuada.

El plan de trabajo o programa de obra que se elaboró fue el siguiente, teniendo en cuenta que se fabricaron tablaestacas para dos frentes diferentes para el lado sur y para el lado norte.

Fecha de inicio: Viernes 12 de julio de 1985.

Tablaestacas colocadas al 21 de julio de 1985

Viernes	12	3 Piezas Norte (N)
Sábado	13	0
Lunes	15	3 Piezas (N)
Martes	16	3 Piezas (N)
Miércoles	17	3 Piezas (N)



Posteriormente y conforme se fue avanzando a lo largo del tramo a prueba, se obtuvieron dos rendimientos más, por tal motivo, se calculó un promedio aritmético de los tres datos para ser utilizados como dato real de referencia:

Rendimiento No. 1 = 3.42 pzas/día = 4.28 ml/día (de cajón)

Rendimiento No. 2 = 3.12 pzas/día = 3.90 ml/día (de cajón)

Rendimiento No. 3 = 5.14 pzas/día = 6.42 ml/día (de cajón)  
(óptimo)

Con lo que podemos decir que el avance real promedio del cajón del Metro con el método de muros prefabricados fue:  
(en el tramo observado)

Rendimiento promedio = 3.89 pza/día = 4.86 ml/día (de cajón)

### III.2.1 RECURSOS (MATERIALES, MANO DE OBRA Y EQUIPO)

A continuación se mostrarán las actividades, cantidades, tiempos y rendimientos, específicamente de los muros precolados, ya que es el método a prueba que se tomó durante los 29 días (25 hábiles y 4 de descanso) en que se llevó a cabo la colocación total de los muros prefabricados, tomando en cuenta las actividades complementarias que se realizarán durante la obra y que en conjunto, formarán parte de la estructura del cajón del Metro.

En las siguientes tablas, se presentan las activida-

des, de la siguiente manera:

- En la tabla No. 6 se presentan las actividades y cantidades correspondientes a los MATERIALES más importantes en cuanto a costo como a su importancia en la obra, que fueron utilizados en los prefabricados.
- En la tabla no. 7 se presentan los datos correspondientes a la mano de obra.
- En la tabla No. 8 se presentan los datos correspondientes a la MAQUINARIA.

### III.3 COSTOS

El uso de los elementos precolados en las últimas décadas, ha sido causa de cambios requeridos en la industria de la construcción, ya sea por reducción de tiempos, limpieza necesaria en la obra, mejoramiento en técnicas constructivas, etc., o simplemente, por necesidad.

Se ha hablado mucho acerca del tema, concluyendo que los elementos precolados en múltiples ocasiones son la respuesta a los problemas que afronta la construcción en la actualidad, sumando a esto, que mantienen los costos por debajo de los procesos tradicionales en la mayoría de los casos.

# M A T E R I A L E S

ACTIVIDADES	TOTALES
DESCARGA Y ENTONADO	78 PZAS.
ELABORACION DE LODO BENTONITICO	218.60 M <sup>3</sup>
INTRODUCCION DE LODO BENTONITICO	218.60 M <sup>3</sup>
INTRODUCCION DE TABLAESTACA	78 PZAS.

**NOTA :** ESTA TABLA CORRESPONDE AL TOTAL DE LODO FRAGUANTE QUE SE ELABORO Y AL TOTAL DE TABLAESTACAS QUE SE COLOCARON EN 25 DIAS EFECTIVOS Y EN 2 TURNOS DE TRABAJO.

TABLA 5

TESIS PROFESIONAL

TABLA 6

ACTIVIDAD	MANO DE OBRA						RENDIMIENTO	TOTAL DE TURNO
	CABO	AYUD. ORAL	OF. MAN.	LAB.	AUX. TOP.	OF. BOLD		
DESCARGA V ENTORGADO	1	4					6 PEA./HR.	1.248 TNO. 5.190 TNO.
ELABORACION DE LODO BENTONITICO	1 1	0		1 1			10 M <sup>3</sup> /HR. 0.10M <sup>3</sup> /3PEA	2.00 TNO. 16.9 TNO. 2.00 TNO.
INTRODUCCION DE LODO BENTONITICO	1		3				16 M <sup>3</sup> /HR.	1.30 TNO. 3.90 TNO. 5.20 TNO.
RETINO DEL ASPERSOR	1		3				12 PEA./HR.	0.21 TNO. 0.52 TNO.
LAUADO DEL ASPERSOR		2					1 PEA./HR.	5.20 TNO.
INTRODUCCION DE TABLAESTACA	1		4		1		1.27 PEA/HR	9.00 TNO. 9.00 TNO. 39.52 TNO. 62.16 TNO.
CORTE DE ENADORE						1	6 PEA./HR.	1.30 TNO.

TABLA 7

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

ACTIVIDAD	MAQUINARIA				RENDIMIENTO	TOTAL HORAS
	GRUA LB-100	CAMION PLATAF	CAMION REV.	EQUIPO CORTE OXI-AC.		
DESCARGA Y ENTONADO	1	1			6 PEA./HR.	12.90 HR. 12.90 HR.
ELABORACION DE LODO BENTONITICO			1		16 M <sup>3</sup> /HR. 0.1M <sup>3</sup> /3PEA.	13.16 HR.
ACARREO LODO BENTONITICO			1		16 M <sup>3</sup> /HR. 0.1M <sup>3</sup> /3PEA.	13.16 HR.
INTRODUCCION DE ASPERDOR Y LODO	1		1		16 M <sup>3</sup> /HR. 0.1M <sup>3</sup> /3PEA.	13.16 HR. 13.16 HR.
CORTES INADOREN DE TABLETAS				1	6 PEA/HR.	13.0 HR.
INTRODUCCION DE TABLAESTACA	1				0.70 PEA/HR	100.0 HR.

TABLA 8

TIPO PROFESIONAL

TABLA 8



Para realizar el análisis del cajón del Metro con el sistema de muros prefabricados, es necesario, en primera instancia, el estudio minucioso de los recursos (materiales, mano de obra y equipo), requeridos para la construcción y colocación de los muros tablaestaca o muros prefabricados de manera aislada. - Esto es con el fin de poder darse cuenta lo más claramente posible de todas las actividades que implica el llevar a cabo la ejecución de un método nuevo y así poder hacer una comparación.

Es importante señalar que en la construcción del cajón del Metro, los elementos complementarios son lo mismo en ambos métodos, cambiando únicamente las cantidades, ya que éstas varían de acuerdo a la diferencia que existe entre los dos diseños estructurales del cajón.

A continuación se presenta el análisis del precio unitario de la fabricación y colocación del muro precolado, y posteriormente la tabla 9 en la que se muestra el costo del cajón con muro prefabricado en un tramo de 30 ml y el costo/ml.

ANALISIS DEL P.U. DEL SUMINISTRO Y LA  
COLOCACION DE TABLAESTACAS PREFABRICADAS PARA  
SU UTILIZACION EN LA LINEA 9 DEL METRO TRAMO  
LAZARO CARDENAS-CHABACANO

Suministro, transporte y colocación de muro tablaestaca estructural prefabricado, en las obras relacionadas con la

construcción del Metro.

El precio unitario incluye el costo de: concreto de  $200 \text{ kg/cm}^2$ , acero de refuerzo  $f_y = 4,000 \text{ kg/cm}^2$ , sus desperdicios, la cimbra en la parte proporcional que le corresponda al número de usos, el curado de las piezas, dosificación, elaboración, vaciado y recirculación del lodo bentonítico, colocación y retiro de viguetas para guía, madrinas, soldadura y polines para el entongado de éstos. El equipo y su operación, la mano de obra, su descarga en la obra, su entongado, el transporte dentro de la obra y las maniobras necesarias para colocarlo en su sitio, hasta dejarla en su posición correcta; de acuerdo con el proyecto y/o las instrucciones del Residente, así como los indirectos y la utilidad de la Empresa.

No incluye la excavación. La unidad será la pieza. Se contarán directamente en la obra las piezas colocadas, de las siguientes dimensiones:  $0.55 \times 2.50 \times 8.65 \text{ m}$ .

#### PREESFORZADOS Y PRECOLADOS

Análisis del precio Unitario para el suministro y colocación del muro tablaestaca estructural prefabricado de  $0.55 \times 2.50 \times 8.65 \text{ m}$ . incluyendo la fabricación y colocación de lodo fraguante.

## I) MATERIALES

- a) Suministro de tablaestaca prefabricada de 0.55 x 2.50 x 8.65 m.

Costo L.A.B. Obra = \$ 3'776,695.00 / Pza. = \$ 3'776,695.00 / Pza.

- b) Lodo Bentonítico (Incluye el costo de la planta de tratamiento y recirculación del lodo)

Costo = \$ 52,073.00 / m<sup>3</sup>

Volumen de excavación para la obtención del volumen del lodo = -

Volumen de excavación = 7.5 x 0.66 x 8.85 m = 43.80 m<sup>3</sup>Volumen de 3 muros tablaestacas = 7.50 x 0.55 x 8.65 m = 35.68 m<sup>3</sup>Diferencia 8.12 m<sup>3</sup>Volumen de Lodo por pieza = 8.12 m<sup>3</sup> = 2.70 m<sup>3</sup> / Pza

3 pzas.

Cargo = \$ 52,073.00 / m<sup>3</sup> x 2.7 m<sup>3</sup> / Pza. = \$ 140,596.00 / Pza.Desperdicio 5% = \$ 7,030.00 / Pza.

Costo = \$ 147,626.00 / Pza.

- c) Sistema de Nivelación

2 viguetas, 2 tornillos, 4 dados de soporte y tuercas.

Costo por suministro y fabricación = \$ 300,540.00 / Pza.

No. de sistemas / Pza. = 2

No. de Usos = 78 tablaestacas = 6.5 usos/sistema

12 sistemas

Cargo = \$ 300,540.00 / sistema x 2 sistemas/pza.

6.5 usos

Costo \$ 92,474.00 / Pza.

## d) Vigas Madrinás

Costo por suministro y fabricación = 2'091,098.00 / Pza.

No. de usos =  $\frac{78 \text{ tablaestacas}}{18 \text{ vigas}}$  = 4 usos/viga

Cargo =  $\$ \frac{2'091,098.00}{4 \text{ usos.}}$  / Pza.

Costo \$ 522,775.00 / Pza.

## e) Soldadura E - 7018

Costo = \$ 4,050.00 / Kg

Cantidad = se considera el 3% del peso de los elementos metálicos utilizados que es aproximadamente de 2.0 kg/Pza.

Cargo = \$ 4,050.00/kg x 2.0 kg/Pza

Costo \$ 8,100.00 / Pza.

## f) Polín de 4" x 4" x 8' para entongado

Costo = \$ 1,000.00 / P.T.

Cantidad = 4 Pzas/Pza.

No. de usos = 4

No. de P.T. =  $\frac{4'' \times 4'' \times 8'}{12} \times 4 \text{ Pzas.}$  = 42.66 P.T.

12

Cargo =  $\$ \frac{1,000.00/P.T. \times 42.66 \text{ P.T.}}{4 \text{ usos}}$  = 10,665.00 / Pza.

Desperdicio del 10% \$ 1,066.00 / Pza.

Costo \$ 11,731.00 / Pza.

## g) Estrobos, grilletes, etc.

5% sobre el equipo (donde se utilice)

Costo = \$ 150,270.00/Pza. x 0.05 = \$ 7,513.00 / Pza.

Suma de materiales \$ 4'566,914.00 / Pza.

## II) OBRA DE MANO

## a) Descarga y entonado en obra de muro tablaestaca

0.25 cabo x \$ 30,631.00/Tno. = \$ 7,658.00/Tno.

4 Maniobristas x \$ 29,503.00/Tno. = \$ 118,012.00/Tno.

2 Ayudantes x \$ 22,940.00/Tno. = \$ 45,880.00/Tno.

Suma 171,550.00/Tno.

Rendimiento = 10 min/Pza.

Cargo = \$ 171,550.00/Tno. x 10 min/Pza.

10 horas/Tno. x 60 min/Hr.

Costo \$ 2,859.00 / Pza.

## b) Elaboración del lodo Bentonítico

0.40 cabo x \$ 30,631.00/Tno. = \$ 12,252.00/Tno.

2 Oficiales x \$ 30,754.00/Tno. = \$ 61,508.00/Tno.

8 AYTE. Gral. x \$ 22,940.00/Tno. = \$ 183,520.00/Tno.

1 Laboratorista x \$ 42,022.00/Tno. = \$ 42,022.00/Tno.

Suma 299,302.00/Tno.

Rendimiento =  $10 \text{ m}^3/\text{hr.}$ Cargo = \$ 299,302.00/Tno. x  $2.70 \text{ m}^3$  / Pza. $10 \text{ hr/Tno} \times 10 \text{ m}^3/\text{hr.}$ 

Costo \$ 8,081.00 / Pza.

c) Vaciado de lodo Bentonítico, incluyendo la colocación de la ligada y el aspersor.

0.35 Cabo	x \$ 30,631.00/Tno.	= \$ 10,721.00/Tno.
3 Maniobristas	x \$ 29,503.00/Tno.	= \$ 88,509.00/Tno.
4 Oficiales	x \$ 30,754.00/Tno.	= \$ 123,016.00/Tno.
4 Ayudantes	x \$ 22,940.00/Tno.	= \$ <u>91,760.00/Tno.</u>
		Suma 314,006.00/Tno.

Rendimiento =  $16 \text{ m}^3 / \text{hr.}$

Cargo = \$  $\frac{314,006.00/\text{Tno.} \times 2.70 \text{ m}^3/\text{Pza}}{10 \text{ hr}/\text{Tno} \times 16 \text{ m}^3}$

Costo \$ 5,299.00 / Pza.

d) Retiro y lavado de ligada y aspersor

0.25 Cabo	x \$ 30,631.00/Tno.	= \$ 7,658.00/Tno.
3 Maniobristas	x \$ 29,503.00/Tno.	= \$ 88,509.00/Tno.
2 Ayudantes	x \$ 22,940.00/Tno.	= \$ <u>45,880.00/Tno.</u>
		Suma 142,047.00/Tno.

Rendimiento = 60 min/l pza.

Cargo = \$  $\frac{142,047.00/\text{Tno.} \times 1.00 \text{ hr.}}{10 \text{ hr}/\text{Tno} \times 1 \text{ Pza.}}$

Costo \$ 14,205.00 / Pza.

e) Colocación de tablaestacas (incluye trazo y nivelación topográficos, -  
enderezado de varillas, montaje del sistema de nivelación y corte de gan-  
chos de izaje).

0.5 Topógrafo	x \$ 52,621.00/Tno.	= \$ 26,810.00/Tno.
2 Cadeneros	x \$ 28,992.00/Tno.	= \$ 57,984.00/Tno.
1 Ayte. Top.	x \$ 24,226.00/Tno.	= \$ 24,226.00/Tno.
2 Cabos	x \$ 30,631.00/Tno.	= \$ 61,262.00/Tno.

4 Maniobristas	x \$ 29,500.00/Tno.	= \$ 118,012.00/Tno.
7 Aytes. Grales.	x \$ 22,940.00/Tno.	= \$ 160,580.00/Tno.
2 Oficiales	x \$ 30,754.00/Tno.	= \$ 61,508.00/Tno.
0.01 Soldador	x \$ 30,482.00/Tno.	= \$ 305,00/Tno.
1 Ayte. de soldador	x \$ 22,940.00/Tno.	= \$ 22,940.00/Tno.
0.10 Of. Electricista	x \$ 30,784.00/Tno.	= \$ <u>3,078.00/Tno.</u>
	Suma	\$ 536,705.00/Tno.

Rendimiento 86 min/pza.

Cargo = \$ 536,705.00/Tno. x 86 min/pza

10 hr/tno. x 60 min/hr.

Costo 76,928.00 / Pza.

f) Colocación y soldado de vigas mdrinas

0.25 Cabo	x \$ 30,631.00/tno.	= \$ 7,658.00/Tno.
2 Maniobristas	x \$ 29,503.00/Tno.	= \$ 59,006.00/Tno.
1 Of. Soldador	x \$ 30,482.00/Tno.	= \$ 30,482.00/Tno.
2 Ayudantes	x \$ 22,940.00/Tno.	= \$ <u>45,880.00/Tno.</u>
	Suma	\$ 143,026.00/Tno.

Rendimiento = 0.19/hr/pza.

Cargo = \$ 143,026.00/Tno. x 0.19 hr/pza

10 hr/Tno.

Costo \$ 2,717.00/ Pza.

g) Corte de Uniones y retiro de vigas mdrinas

0.25 Cabo	x \$ 30,631.00/Tno.	= \$ 7,658.00/Tno.
2 Maniobristas	x \$ 29,503.00/Tno.	= \$ 59,006.00/Tno.
1 Of. Soldador	x \$ 30,482.00/Tno.	= \$ 30,482.00/Tno.
2 Ayudantes	x \$ 22,940.00/Tno.	= \$ <u>45,880.00/Tno.</u>
	Suma	\$ 143,026.00/Tno.

Rendimiento = 0.16 hr/pza.

Cargo = \$ 143,026.00/Tno. x 0.16 hr/pza

10 hr/Tno.

Costo \$ 2,288.00 / Pza.

h) Acarreo de materiales en general y equipo menor del almacén al frente - de trabajo.

0.40 Cabo x \$ 30,631.00/Tno. = \$ 12,252.00/Tno.  
 4 Ayudantes x \$ 22,940.00/Tno. = \$ 91,760.00/Tno.  
 Suma \$ 104,012.00/Tno.

Rendimiento = 2 hr/pza

Cargo = \$ 104,012.00/Tno x 2 hr/pza. /10/hr/Tno.

Costo = \$ 20,802.00/pza.

Suma de obra de mano \$ 133,179.00/pza.

### III) EQUIPO

No. total de tablaestacas colocadas = 78 pzas.

Periodo de colocación = 25 días hábiles

No. de tablaestacas colocadas por día = 78 pzas. = 3 pzas/día  
 25 días

a) Descarga, entongado, colocación de ligada y aspensor, así como de la tablaestaca.

a.1) Grúa HC - 108 sobre camión C.H. activa = \$ 150,801.00/hr.

Grúa HC - 108 sobre camión C.H. inactiva = \$ 79,497.00/hr

Tiempos de utilización:

Descarga y entongado = 10 min/pza.

Colocación de ligada y aspensor, así como colocación del lodo = 5 min/pza.

Colocación de la tablaestaca = 76 min/pza.

Total 91 min/pza.

- Grúa activa

Cargo = \$ 150,801.00/hr x 91 min/pza = \$ 228,715.00/pza.  
 60 min/hr.

- Grúa inactiva

Tiempo inactivo = 20 hr/día -(91 min/pza. x 3 pzas/día)/60 min/hr.  
 = 15.45 hr/3 pzas.



cargo = \$ 79,497.00/hr x 15.45 hr  
3 pzas.

Costo \$ 409,410.00 / Pza.

a.2) Trailer plataforma inactivo durante la descarga y el entongado.

C.H. Inactivo \$ 32,012.00

10 min/pza

Cargo = \$ 32,012.00/hr x 10 min/pza  
60 min/hr.

Costo \$ 5,335.00 / Pza.

b) Colocación y retiro de vigas madrinas.

b.1) Grúa LS - 108

C.H. Activa = \$ 150,801.00/hr.

Tiempo de utilización

Colocación = 1.19 hr/pza

Retiro = 0.16 hr/pza

Suma 0.35 hr/pza

Cargo = \$ 150,801.00/hr. x 4 hrs/pza.

Costo \$ 603,204.00/pza

b.2) Soldadora de 300 amp.

C.H. = \$ 8,510.00/hr

Tiempo de utilización 2 hrs/pza.

Cargo = \$ 8,510 /hr. x 2 hrs / pza.

Costo = \$ 17,020 /pza.

## b.3) Equipo de corte

C.H. 4,660/hr.

Tiempo de utilización

Corte de ganchos de izaje = 0.16 hr/pza.

Retiro de vigas mdrinas = 0.16 hr/pza.

0.32 hr/pza.

Cargo \$ 4,660.00/hr x 0.32 hr/pza. = \$ 1,491.00/pza.

Suma equipo \$ 1'265,175.00/pza.

## Resumen:

I) Materiales \$ 4'566,914.00/pza.

II) Mano de Obra \$ 133,179.00/pza.

III) Equipo \$ 1'265,175.00/pza.

\$ 5'965,268.00/pza.

Costo Directo \$ 5'965,268.00/pza

Indirectos y utilidad 31% \$ 1'849,233.00/pza.

Precio unitario \$ 7'814,501.00/pza.

Precio unitario/ml. \$ 7'814,501.00  
2.5 ml \$ 3'125,800.00/ml

## COSTO DEL CAJON DEL METRO

METODO DE MUROS PRECOLADOS (TRAMO DE 30 ML.)

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P. U.	IMPORTE	TOTALES
* BROCAL GUIA PARA ZANJA *					
-CIMBRA.	150.0	M <sup>2</sup>	20,600.	4'290,000.	
-CONCRETO DE f'c=150 kg/cm <sup>2</sup>	20.2	M <sup>3</sup>	172,323.	3'480,925.	
-ACERO DE REFUERZO f'y=4,200 kg/cm <sup>2</sup> .	1,210.0	KG.	2,401.	2'905,210.	
				<u>10'676,135.</u>	
* MURO PRECOLADO *					
-EXCAVACION DE ZANJA INCLUYE LODO	370.8	M <sup>3</sup>	110,767.	41'072,404.	
-SUN. Y COLOC. TABLAESTACA PREFAB.	24.0	PIA.	7'814,501.	187'504,024.	
				<u>228'656,428.</u>	
* EXCAVACION DEL NUCLEO *					
-TROQUELAMIENTO CON MADRIMAS	16.0	PIA/USO	741,839.	11'869,744.	
-EXCAVACION	2,066.70	M <sup>3</sup>	5,101.	10'542,237.	
* PLANTILLA CONCRETO f'c=100 kg/cm <sup>2</sup> *					
	52.29	M <sup>2</sup>	150,793.	8'303,206.	
* LOSA DE FONDO *					
-ACERO DE REFUERZO f'y=4,200 kg/cm <sup>2</sup>	10,374.0	KG	2,055.	21'310,570.	
-CONCRETO f'c = 150 kg/cm <sup>2</sup>	236.60	M <sup>3</sup>	190,169.	46'902,639.	
				<u>68'221,209.</u>	
* LOSA TAPA *					
-TABLETAS PRECOLADAS	30.00	PIA.	1'532,994.	46'589,800.	
-ACERO DE REFUERZO DE f'y=4,200 kg/cm <sup>2</sup>	2,590.00	KG.	2,401.	6'218,590.	
-CONCRETO f'c = 150 kg/cm <sup>2</sup>	71.66	M <sup>3</sup>	190,169.	14'200,791.	
				<u>67'009,189.</u>	
* COLADO ADIC. EN JUNTAS DE MUROS PREFABRICADOS *					
-CONCRETO	14.72	M <sup>3</sup>	190,169.	2'917,040.	
-CIMBRA	93.42	M <sup>2</sup>	16,210.	1'515,006.	
-ACERO	040.00	KG	2,401.	2'016,040.	
				<u>6'448,974.</u>	
<b>COSTO DEL TRAMO DEL CAJON (30 ML.)</b>				<b>\$ 411'727,202.00</b>	
<b>COSTO DEL CAJON CON MURO PREFAB./ML.</b>				<b>\$ 13'724,240.00</b>	

TESIS PROFESIONAL

TABLA 9

## **CAPITULO IV**

### **ANALISIS COMPARATIVO**

#### IV ANALISIS COMPARATIVO

Para realizar correctamente un análisis comparativo confiable y a la vez real, tanto de tiempos, como de procedimientos y costos entre los dos procesos constructivos para la construcción del cajón del METRO (analizados en este trabajo), es necesario tomar en cuenta todos y cada uno de los conceptos y actividades que formarán parte del costo total, considerando que en múltiples ocasiones se presentan actividades impredecibles hasta el momento de la ejecución de la obra. Por citar un ejemplo, durante el transcurso de la excavación de la zanja en donde se alojarán los muros milán o tablaestacas, se encuentran frecuentemente cavidades o cavernas; las que al irse vaciando el lodo bentonítico o el concreto, se llenarán poco a poco, ocasionando una alteración tanto en el tiempo programado como en los costos.

Así como lo anteriormente mencionado, existe un sin número de afectaciones en las actividades durante la ejecución del cajón del Metro. Por tal motivo, se han considerado en este trabajo condiciones óptimas y semejantes en ambos procesos, esto es con la finalidad de obtener un análisis comparativo -- "ecuánime".

Cabe mencionar que las condiciones de trabajo reales son las señaladas en el capítulo I, correspondiente a Generali

dades, las que serán utilizadas para llevar a cabo la comparación entre ambos procesos.

#### IV.1 COMPARATIVA ENTRE LOS DOS PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION

Uno de los campos más importantes de la Ingeniería Civil, es "La Construcción", que puede definirse como uno o varios procesos de producción en el o los que se combinan en alguna forma (materiales, obra de mano y maquinaria) para lograr el producto terminado: "La Obra".

Entre estos procesos es muy común encontrar el movimiento de tierras que puede ser parte del proceso total o todo el proceso. El problema de selección de equipo (en este caso en particular), trata de determinar el tipo de modelo y tamaño de máquinas que deberá usar el Ingeniero para realizar la obra en cuestión dentro de las restricciones impuestas por el proyecto. Al definir esto, el Ingeniero estará planeando el proceso constructivo, o dicho en otra forma, definirá en todos sus puntos el procedimiento de construcción a usarse.

Con esto, podemos definir el procedimiento como una descripción de la manera en que debe realizarse una serie de tareas, cuando y por quién. En contraste con un procedimiento, una descripción de como debe realizarse un paso de este mismo se denomina METODO, que se refiere a la manera de ejecutar ta-

reas específicas.

Durante la realización de este trabajo, hemos estado hablando de dos procedimientos de construcción para la ejecución del cajón del METRO, que son:

- Por el Método de Muros Milán
- Por el Método de Tablaestacas Prefabricadas

A continuación realizaremos la comparativa de los dos procedimientos de construcción para lo cual nos basaremos en cuatro puntos básicos que son:

- 1.- LIMPIEZA: Uno de los factores más importantes para ejecutar correctamente una actividad (cualquiera que esta sea), es la limpieza. Si el lugar en donde estamos trabajando se encuentra en "orden" nuestros recursos materiales, mano de obra y equipo, podrán ser movilizadas con mayor eficacia, provocando con esto reducción en los tiempos y por lo tanto en costos.

En el método a base de Muros Milán se notó que, durante el habilitado del acero y el colado del concreto, la limpieza existente en el tramo no fue la deseada, ya que los trabajadores no están

acostumbrados a tener un orden durante la realización de sus actividades.

Por el contrario, en el método a base de tablas y tacas prefabricadas la limpieza fue notoria, ya que al realizar los trabajos del armado y el colado fuera del lugar de la obra, nos permite tener más espacio libre para el movimiento del equipo y así obtener un mayor avance de obra.

2.- NUMERO DE TRABAJADORES: Para el método a base de Muros Milán es necesario un gran número de trabajadores, lo cual implica la necesidad de tener un mayor control de la gente y por el contrario, en el método de muros prefabricados el número de trabajadores es mínimo, debido a que la construcción de éstos no es en la obra.

3.- EXPERIENCIA: En México la experiencia en la construcción con el uso de elementos precolados es prácticamente nula debido a que los trabajadores no están acostumbrados al manejo de estos elementos.

Durante el transcurso de la ejecución del tramo a prueba se notó claramente lo mencionado, esto



se debió a la inexperiencia en el montaje de los elementos precolados que fue motivo de preocupación en un principio, ya que el tiempo programado no correspondió al real, sin embargo, conforme avanzó la obra, el personal aumentó su eficiencia y con esto, reducción de tiempos y costos. En cuanto al Método por Muros Milán, el personal no requiere de mucha experiencia, debido a que el proceso para su construcción es con base en Métodos Tradicionales.

Cabe mencionar que para el sistema de nivelación de los elementos precolados, fue necesario adiestrar a personal calificado con conocimientos básicos de topografía para su correcta colocación.

- 4.- EL LUGAR: El último punto y tal vez el más importante para la decisión de qué método de construcción va a ser el utilizado en determinado tramo, es el lugar de obra que a la vez depende del trazo de la línea.

En el tramo a prueba cuyo trazo corresponde a las líneas "subterráneas superficiales", se afectó a un gran número de calles y avenidas, en las que se llegó a presentar en múltiples ocasiones el -

problema del área restringida para el movimiento del equipo. En este tipo de casos es donde se propone el uso de elementos precolados, con el fin de ejecutar la construcción del cajón con el mínimo equipo necesario; por el contrario, en las avenidas o calles en las que se cuenta con una área de trabajo aceptable es más factible el uso de los Muros Milán.

Resumiendo, podemos decir que el uso de un método u otro en relación al proceso constructivo de la construcción del cajón del metro, depende básicamente del lugar de la obra y de la experiencia de los trabajadores con que se cuenta para la ejecución de ésta.

#### **IV.2 COMPARATIVA ENTRE LOS RENDIMIENTOS**

Definiremos en primera instancia al rendimiento como el producto o utilidad que se obtiene de una función específica; visto de otra manera, el rendimiento en un proceso de construcción es la capacidad de producir (realizar cierta actividad o actividades), ya sea de la maquinaria, de los trabajadores, o de ambos en un período determinado de tiempo.

De acuerdo con esta definición, podemos asegurar que en la actualidad, el rendimiento que se ha obtenido para la

construcción del cajón del Metro con el método de Muros Milán ha sido mejorado con respecto a los primeros años, esto se debe a la experiencia que se ha adquirido en las diferentes líneas del Metro.

El llegar a obtener buenos rendimientos en una obra, implica un buen avance general, y esto a su vez, reducción en la duración de las actividades y consecuentemente, en los costos.

En contraposición a lo anterior cuando se inicia la práctica de un procedimiento de construcción novedoso los rendimientos serán generalmente bajos, ya que se carece de experiencia, ya sea en el uso de la maquinaria o en la utilización de la mano de obra. Este es el caso del método a base de Muros Prefabricados.

Haciendo referencia a los capítulos anteriores, los rendimientos obtenidos en ambos métodos fueron:

- a) Método de Muro Milán --- 4.25 ml/día
- b) Método de Tablaestacas Precoladas --- 4.86 ml/día

Con lo que podemos observar que el método por medio de Muros Prefabricados es el óptimo, aun siendo el método a prueba. Esto significa que en un futuro, ya con mayor experiencia, se incrementará aun más este rendimiento.

### IV.3 COMPARATIVA ENTRE COSTOS

Para realizar el análisis comparativo de costos entre ambos procesos, se tomaron en cuenta todos y cada uno de los conceptos que forman parte del costo de la construcción del cajón, que en los análisis fueron actualizados con el catálogo de precios del año 1988, siendo los costos en ambos métodos los siguientes:

- a) Método de Muro Milán Costo = \$ 14'538,116.00/ml
- b) Método de Muros Prefabricados Costo = \$ 13'724,240.00/ml

En este aspecto se puede notar claramente que el método a prueba sigue teniendo mayores ventajas sobre el tradicional, tomando en cuenta que en un futuro puede bajar su costo al mejorar los rendimientos.

## CONCLUSIONES

PRIMERA.- Como primer punto tenemos que el método de prueba a base de muros precolados resultó ser el óptimo en cuanto al avance de obra, así como en los costos y rendimientos, - tomando en cuenta que este método puede ser corregido y aumentado en tramos posteriores y así obtener nuevos y mejores resultados.

SEGUNDA.- Es de gran importancia señalar que en el método a base de Muro Milán el factor de riesgo es mayor, ya que al haber más trabajadores en el mismo lugar, la limpieza será menor, por lo que los accidentes serán más frecuentes, provocando con ello mayor ausentismo en cuanto a mano de obra se refiere y con esto, retraso en el programa general.

TERCERA.- El método a base de tablaestacas precoladas presenta algunas ventajas sobre el método con Muro Milán, que son:

- a) Se cuenta en forma rápida con frente de excavación del núcleo.
- b) No hay tiempo de espera para alcanzar la resistencia de proyecto (Muro Milán).
- c) Existe mayor limpieza en el trabajo.
- d) Una vez adiestrado el personal, se obtienen efi-

ciencias altas en la colocación.

e) Ataque simultáneo de colocación de elementos precolados y excavación.

f) No es necesario construir muros estructurales.

CUARTA.- Una de las desventajas del uso del muro Milán se presenta cuando se encuentran cavernas, ya que al realizar la excavación y vaciar simultáneamente el lodo, se notará de inmediato que el lodo cubicado no alcanzará para ademar la zanja, por consiguiente, el volumen de concreto que se utilice para colar el Muro Milán será el mismo que el volumen del lodo; caso que no se presenta en el método a prueba, ya que las tablaestacas precoladas ocuparán únicamente el volumen necesario, por lo que no existirán excedentes de concreto, sino únicamente de lodo.

QUINTA.- Uno de los inconvenientes que se presentaron en la colocación de las tablaestacas precoladas fue al nivelarlas, ya que estos elementos se apoyan sobre la superficie del fondo de la zanja, la cual se realizó con el equipo guiado con almeja curva, por lo que se presentaron varios desniveles a lo largo de todo el tramo. Se recomienda tratar de afinar el fondo de la excavación lo más rigurosamente posible y apoyar las tablaestacas en el fondo de ésta, aunque se presenten desniveles en la parte superior que no tendrán mayor problema que realizar un colado adicional para nivelarlos; en esta forma se

tendrá un apoyo más firme que evitaría cualquier movimiento de la tablaestaca y posteriormente asentamientos del cajón.

SEXTA.- Con respecto a la construcción de las tablaestacas se sugiere que éstas se construyan más pesadas, ya que se presentó frecuentemente el fenómeno de flotación. y con esto retraso en el programa de obra, debido a que se tuvo que utilizar maquinaria y gatos hidráulicos, no contemplados en el proyecto original para su correcta colocación.

SEPTIMA.- Como punto final podemos asegurar en base a lo mencionado en el capítulo IV, que en la actualidad el uso de los elementos prefabricados es más común día a día, solucionando un sinúmero de problemas que se presentan en la Industria de la Construcción en nuestro País, abatiendo tiempos y costos, comprobando con este trabajo que el uso de estos elementos en las líneas "subterráneas superficiales" resulta ser el óptimo para la construcción del cajón del Metro en la Ciudad de México.

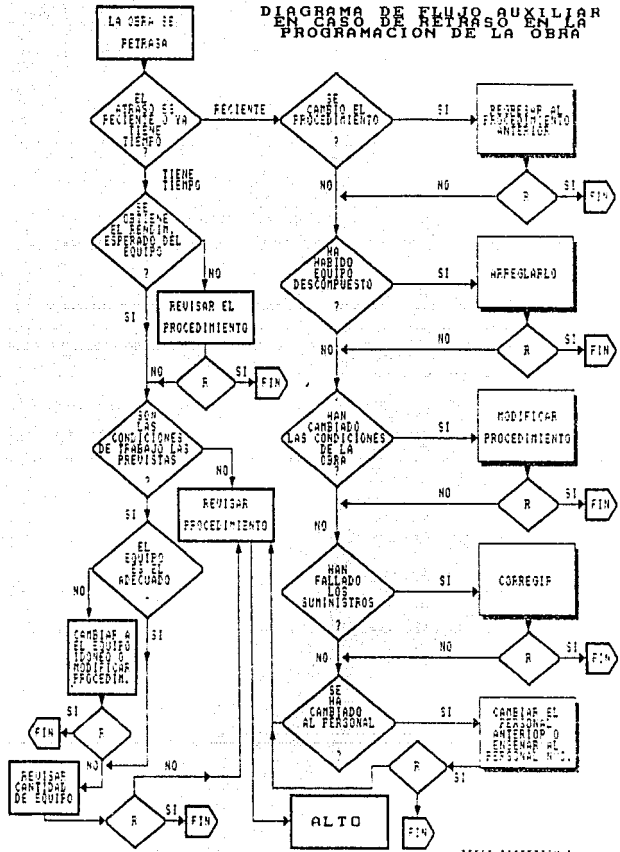
**BIBLIOGRAFIA**

1. ING. SUAREZ, Salazar Carlos: "Costo y tiempo en edificación" México, LIMUSA, 1984, 451 págs.
2. ING. JUAREZ, Badillo Eulalio: "Mecánica de Suelos", México, NUEVO MUNDO, 1973, 2 tomos.
3. ING. NAME, Maccise Julián. "Costos y Procedimientos de construcción en las vías terrestres", México, SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS, 1984, 42 págs.
4. ING. RICO, Rodríguez Alfonso: "La Ingeniería de suelos en las vías terrestres", México, LIMUSA, 1984, 2 tomos.
5. HINOJOSA, Luis Alberto: "Análisis y diseño estructural de un cajón subterráneo del Sistema de Transporte Colectivo con sus respectivas tablaestacas de acompañamiento" (TESIS PROFESIONAL) México, 1983, 131 págs.
6. APUNTES DE LA LINEA 9 DEL METRO (ISTME), México, 1985.
7. REVEL, MAURICE: "La Prefabricación en la Construcción" TR. Gonzalo de Navacerrada; Bilbao, Urmo, 1973, 457 págs.
8. FAVELA, Lozoya Fernando: "Apuntes de Planeación", México - DIVISION DE EDUCACION CONTINUA FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.



**A N E X O**

DIAGRAMA DE FLUJO AUXILIAR  
EN CASO DE RETRASO EN LA  
PROGRAMACION DE LA OBRA



## ANALISIS DE PRECIO UNITARIO

<b>COMETRO</b>	CONCEPTO:	UNIDAD:
		No. P.U.
		OBRA:
		FECHA:

<b>M A T E R I A L E S</b>	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	IMPORTE

CARGO DE MATERIALES: \$

<b>M A N O D E O B R A</b>	CATEGORIA	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	IMPORTE

SUMA: \$

RENDIMIENTO UNITARIO.

CARGO MANO DE OBRA: \$

RECURSIVIDAD x DE MANO DE OBRA \$	CARGO: \$
-----------------------------------	-----------

<b>E Q U I P O</b>	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	IMPORTE

SUMA: \$

RENDIMIENTO UNITARIO.

CARGO DE EQUIPO: \$

OBSERVACIONES.	SUMA COSTO DIRECTO: \$
	x INDIRECTO Y UTILIDAD: \$
	PRECIO UNITARIO: \$





