



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLÁN"

Construcción del distribuidor vial 1° de Mayo.

Tesis

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

Ingeniero Civil



PRESENTA

José Gasca Guerrero

Asesor: Ing. Abel Angel López Martínez



Mayo 2002

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

A LAS DOS PERSONAS MAS FUERTES DE MENTE Y ALMA QUE HE CONOCIDO  
REMEDIOS Y DANIEL... MIS PADRES  
POR ELLOS Y PARA ELLOS.

A LA PERSONA MAS SABIA Y MAS SERENA QUE ESTA EN MI VIDA  
MI ABUELA CHONA

A MIS UNICOS HEROES VERDADEROS

LIDIA

SILVIA Y RAFAEL

DANIEL Y SIRENIA

RICARDO Y MARICELA

MARIO

MIS HERMANOS, POR ESTAR CONMIGO EN CUALQUIER MOMENTO, EN  
CUALQUIER CIRCUNSTANCIA, EN CUALQUIER LUGAR. GRACIAS POR SU  
APOYO HOY Y SIEMPRE.

A QUIENES CON SUS RISAS, SUS MIRADAS, SUS VOCES, SU LLANTO, SUS  
JUEGOS, SUS FIGURAS, SUS PALABRAS Y SUS IDEAS, ME HAN ENSEÑADO  
LAS COSAS MAS SENCILLAS, BELLAS Y VALIOSAS Y LAS QUE SIEMPRE  
ESTAN PRESENTES EN MI VIDA. A ELLOS CON INFINITA TERNURA Y  
AMOR.

JESSICA, UZIEL, RAFAEL Y DANIEL.

RECIBO CON  
FALLA DE ORIGEN

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
CAMPUS ACATLAN  
POR HABERME FORMADO COMO PROFESIONISTA  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

AL ING. ABEL ANGEL LOPEZ MARTINEZ  
NO SOLAMENTE ENSEÑA MATERIAS EN SU AULA  
NOS ENSEÑA ALGO FUNDAMENTAL PARA TODA LA VIDA;  
VALOR PARA TRIUNFAR.

CON ESPECIAL AGRADECIMIENTO Y RESPETO PARA TODOS LOS PROFESORES  
DE LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL EN EL CAMPUS ACATLAN, GRACIAS  
A USTEDES LA UNIVERSIDAD ES LA MAXIMA CASA DE ESTUDIOS.

# ÍNDICE

## INTRODUCCIÓN

### CAPÍTULO I

1

1.1	Ubicación de la obra	1
1.2	Origen del proyecto	2
1.3	Memoria descriptiva	3
1.3.1	Proyecto arquitectónico	4
1.3.2.	Proyecto estructural	6
1.4	Programa de ejecución de los trabajos	6

### CAPÍTULO II

17

2.1	Estudio de Mecánica de suelos	17
2.1.1	Zonificación geotécnica del Valle de México (Edo. De Méx.)	17
2.1.2	Exploración del subsuelo	20
2.1.3	Estratigrafía	27

### CAPÍTULO III

31

3.1	Aplicación de las teorías de Mecánica de Suelos	31
3.2	Alternativas de cimentación	33
3.3	Análisis de la cimentación a emplear	36
3.4	Control de obras inducidas	42

### CAPÍTULO IV

45

4.1	Cajones de cimentación	45
4.2	Columnas, cabezales y traveses (Prefabricadas)	49
4.3	Firme de compresión y carpeta asfáltica	68
4.4	Parapetos y señalización	70
4.5	Problemas y soluciones presentadas en el transcurso de la construcción del distribuidor vial	72

## CONCLUSIONES

74

## BIBLIOGRAFÍA

## INTRODUCCIÓN

Nuestras carreteras se complican. Las exigencias de los nuevos medios de transporte se imponen a nuestras vías de circulación y la rapidez con que intentamos deslizarnos por las mismas hacen impracticables soluciones viales que se han venido utilizando hasta hace no demasiados años. Podríamos decir que nuestra civilización esta basada, o alimentada, sobre un desenfrenado conjunto de sistemas de comunicación a todos los niveles, en los que la velocidad creciente es un común denominador, y en los que a toda costa ha de conseguirse una seguridad también creciente. De aquí que en esa extensión de medios de comunicación que llamamos puentes, la función vial haya tenido que imponer sus exigencias por encima de cualesquiera otras condiciones técnicas, ya provengan de razones topográficas, de cimentación o impuestas por las interferencias con otras vías de circulación o conducción.

En cuanto al carácter de tales estructuras, las condiciones impuestas por los puentes, pueden considerarse como dictatoriales; la estructura tendrá que plegarse por competo a las exigencias del trazo.

Algo parecido cabría repetir con referencia a las exigencias del tráfico urbano y de los grandes problemas de circulación que plantea y que requieren soluciones totalmente nuevas y a veces atrevidas.

Se impone la reestructuración de la trama urbana con vías de comunicación rápida, para lo cual la autovía elevada aparece como necesaria en muchas ocasiones.

Todo esto representa obras de ingeniería de cierta envergadura y que escapan las más de las veces a las técnicas tradicionales por exigencias estructurales y aún de tiempo de ejecución, sin olvidar la estética de la obra.

En el primer capítulo se hace referencia a la necesidad que da origen al proyecto, un problema real, así mismo se describe la conceptualización del proyecto en su forma material, mencionando las principales características del proyecto y de sus elementos que lo conforman.

En el segundo capítulo se hace referencia a los estudios de Mecánica de Suelos, los cuales son imprescindibles en obras de este tipo y de esta magnitud. Es importante recalcar la importancia de tales estudios ya que en base a ellos y a su correcta interpretación depende la funcionalidad de la obra.

Tales estudios nos permiten tener un panorama mucho más claro de las condiciones del suelo donde se va a desplantar el proyecto, hay que recordar que por una falta de interpretación o por una mala exploración del subsuelo, dichas obras han fallado.

En el tercer capítulo se exponen las alternativas de cimentación que existen para el proyecto, así mismo se mencionan las características y el análisis de la cimentación a

TELIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**emplear. La cimentación en toda obra de edificación es una de las partes que acapara la mayor atención, es por eso que al encontrarse con interferencias se vuelve aún más complicada y por lo tanto se tienen que tomar medidas en mayor grado de seguridad y eficiencia en el transcurso de su construcción.**

**En el capítulo cuarto se analizan los procesos constructivos en las diferentes etapas del distribuidor vial, sin embargo no se hace de una manera totalmente descriptiva, se trata de presentar un análisis de los principios de esos procesos, así las columnas, cabezales y traveses dejan atrás el proceso descriptivo de armado, cimbrado y colado, para dar paso a los prefabricados y al concreto presforzado, así como al montaje de los mismos y todas las operaciones que esto implica.**

**Es fundamental que se entienda a los puentes como estructuras simples pero de una gran importancia en los medios de comunicación, resulta fascinante observar como estos monstruos de concreto se levantan de la nada y poco a poco se van estructurando. Resulta imposible plasmar aquí, el placer de poder presenciar esto.**

# CAPÍTULO I

## ANTECEDENTES

### 1.1 UBICACIÓN DE LA OBRA

La obra distribuidor vial 1° de Mayo se localiza entre las avenidas Gustavo Baz (sur) y 1° de Mayo en el municipio de Naucalpan de Juárez Estado de México. En la figura 1.1 se presenta un croquis general de localización, con el objeto de tener una mejor referencia de su ubicación.

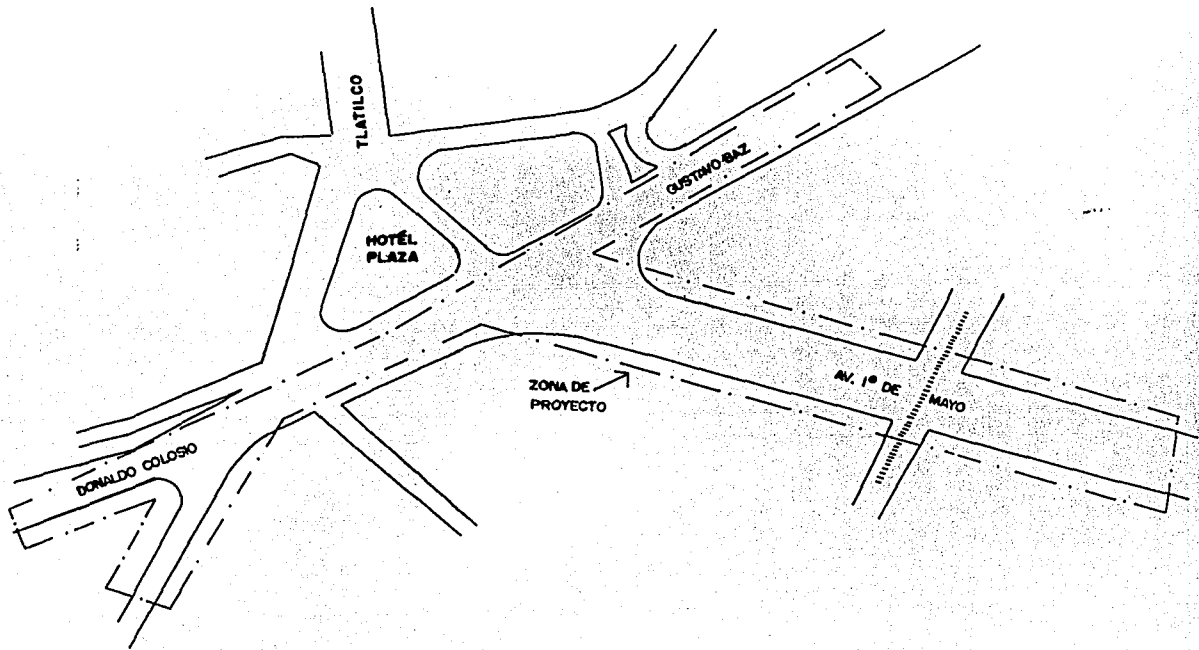


Figura 1.1



La zona del estado de México donde se encuentra dicho proyecto es de gran importancia, ya que aquí se ubica la zona industrial ocasionando la existencia de una gran cantidad de servicios de todo tipo, así mismo la gran afluencia de vehículos que se presenta en esta zona por la presencia de los destinos de la ciudad de Toluca y el Periférico.

El distribuidor vial se proyecta sobre las Avenidas 1° de Mayo y Gustavo Baz con el objeto de evitar el nudo vial que se genera en el momento de que los vehículos que salen del Periférico se incorporan a las Avenidas Gustavo Baz y Donald Colosio y los que salen de la Avenida Donald Colosio para incorporarse a la Avenida 1° de Mayo.

Con la construcción del distribuidor vial sobre dichas avenidas se logra que el tránsito vehicular sea más eficiente y esto ayuda a recuperar muchas horas-hombre que de otra manera se seguirían perdiendo.

Otra ventaja de dicha obra es el aminorar en una proporción significativa el problema de la contaminación auditiva y atmosférica debida al congestionamiento vial que se presenta regularmente en dicha zona.

## 1.2 ORIGEN DEL PROYECTO

### *PROBLEMA VIAL*

El gran crecimiento que ha presentado el Municipio de Naucalpan ha creado una gran demanda de servicios e infraestructura que la población requiere para vivir mejor y desplazarse más rápidamente a sus centros laborales y educativos. Junto a lo anterior se tiene el problema de que se lleva a cabo el programa de planeación urbana y esto repercute en tener que estar acondicionando las arterias viales ya existentes.

Como ya se mencionó la zona donde se ubica el proyecto se caracteriza por el asentamiento de la zona industrial y por ser la salida hacia la ciudad de Toluca por lo que se genera un congestionamiento vial de grandes dimensiones.

En la tabla 1 se presenta la cantidad de vehículos que transitan por esta zona.

ORIGEN	DESTINO	No DE VEHICULOS/MIN
TLATILCO	1° DE MAYO	35
TLATILCO	G. BAZ	22
1° DE MAYO	TOLUCA	45
1° DE MAYO	G. BAZ	12
D. COLOSIO	1° DE MAYO	36
D.COLOSIO	G. BAZ	20

Tales valores nos arrojan un resultado de un Tránsito Promedio Diario TPD superior a 3000 vehículos, esto nos refleja claramente el gran aforo vehicular que se presenta y por tal motivo la necesidad de aliviar este problema.

### 1.3 MEMORIA DESCRIPTIVA

El proyecto Distribuidor vial 1° de Mayo consiste en un puente vehicular dividido en 4 cuerpos. En la figura 1.2 se muestra el plano de planta.

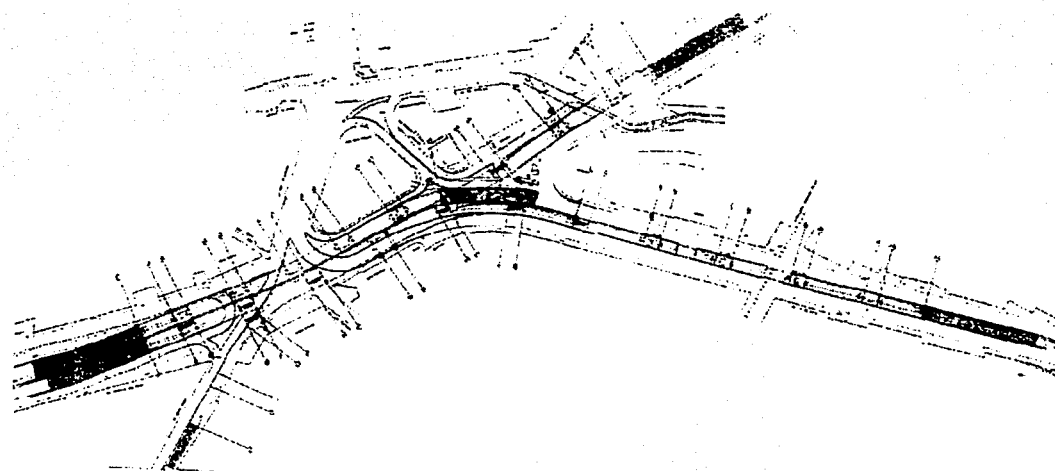


Figura 1.2

El proyecto consiste en un puente de concreto reforzado con una altura máxima de gálibo de 9 mts. y un claro a salvar de 40 mts por donde cruza la avenida Gustavo Baz. Dadas las características del puente se estructuró basado en traveses y columnas de concreto reforzado de tipo prefabricado.

Los cuerpos A y B constan de 3 carriles vehiculares de 3.5 mts cada uno, los cuerpos C y D constan de 2 carriles vehiculares de 3.5 mts respectivamente. El cuerpo A tiene una longitud de 355 mts, el cuerpo B cuenta con una longitud de 535 mts, el cuerpo C presenta una longitud de 125 mts y finalmente el cuerpo D alcanza una longitud de 390 mts.

Este proyecto fue asignado a varias empresas constructoras que tenían a su cargo las siguientes actividades.

Una de ellas se encargó del proyecto de toda la obra, esto incluye, diseño de la subestructura y superestructura de los puentes, así como las especificaciones pertinentes para la realización óptima de este. Otra función de esta empresa fue la de la supervisión en todas las etapas de la construcción de la obra.

La segunda empresa se encargó de la construcción de la cimentación basado en pilas de 0.8, 1.0 y 1.2 mts de diámetro dando un total de 162 pilas.

La tercera empresa se encargó de la construcción de la superestructura del puente en sus 4 cuerpos. Cabe resaltar la labor desempeñada por la empresa encargada de los trabajos de montaje de los diferentes elementos.

### 1.3.1 PROYECTO ARQUITECTÓNICO.

Como se describió el proyecto Distribuidor vial 1° de Mayo consta de 4 cuerpos que salvan un claro central de 40 mts, presentando una altura en su parte más alta (gálibo) de 9 mts y dadas las características topográficas el puente se apoyará sobre 68 columnas de concreto reforzado (prefabricadas).

Las traveses son del tipo cajón de concreto presforzado de 1.4 mts de peralte y traveses de peralte variable de 1.4 mts en los extremos y 1.92 mts en la parte central, cada traveses representa un carril para cada cuerpo del puente. Se tienen dos tipos de traveses, las centrales ( TC ) y las que se apoyan sobre las columnas ( TA ), en total se utilizaron 59 TA y 67 TC . Dichas traveses tienen una longitud de 25 y 35 mts. respectivamente, son traveses prefabricadas por lo que solo fue necesario su transporte y montaje.

Se determinó que entre la unión de traveses columna se coloque una zona de cabezal, en cuanto a la cimentación se utilizaron pilas ligadas a cajones de cimentación, los cuales unen grupos de 2 y 4 columnas. Dichas pilas se encuentran ubicadas en las esquinas de los cajones y debajo del eje de las columnas centrales.

4

TELIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **1.3.2 PROYECTO ESTRUCTURAL**

**El proyecto estructural es la parte medular de todo proyecto y por consiguiente su correcto cálculo es muy importante, por lo que a continuación se expresan los aspectos más importantes del diseño en el proyecto en estudio.**

**No debe olvidarse que en los cuerpos del puente se presentan cargas muy importantes, ya que éste es transitado por todo tipo de vehículos desde automóviles compactos hasta camiones de carga de gran tonelaje, debido a la zona industrial.**

**Se consideró durante el diseño que la condición más crítica en condiciones estáticas se presentaría cuando se detuviera el tránsito y sobre el puente se encuentren trailers tipo T3-S3 llenos de mercancía. En condiciones dinámicas se diseñó con la base que durante un sismo se espera un número importante de vehículos de este tipo.**

**El diseño estructural de los elementos que constituyen al puente se realizó en base a las cargas que soportaría cada elemento, además de las acciones de sismo que como se conoce son muy importantes en el Valle de México.**

**Se determinó que la unión trabe – columna trabaje como un marco en toda su estructura y para prevenir los problemas provocados por la acción de sismo las uniones entre trabe y trabe trabajarán como cuerpos independientes.**

### **1.4 PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

**Cualquier actividad que se realice de cualquier orden tiene que tener un seguimiento lógico y consecutivo mas aun cuando se trata de un conjunto de actividades ligadas entre si, ya que el factor fundamental es el tiempo, el ingeniero civil debe estar capacitado para combinar los recursos monetarios, tecnológicos y humanos para que el resultado sea el producto terminado en el tiempo planeado.**

**La planeación y programación de la obra se refiere a las diferentes actividades a desarrollar, sus tiempos, sus ejecuciones, para obtener esta serie de datos es fundamental la observación por experiencia del ingeniero civil para poder determinar los rendimientos en sus diferentes cuadrillas así como también de los materiales y maquinaria. Una vez que se cuentan con estos datos se comienza a analizar la programación de las diferentes actividades, sus ordenes y las actividades que les son consecutivas o aquellas que dependen de algunas otras para su desarrollo.**

**El programa de obra es una herramienta que le permite al ingeniero determinar los tiempos de ejecución de la obra, anticiparse a los problemas que pudieran surgir ,analizar los flujos de materiales y de costos ,analizar cuando se va a requerir de más mano de obra**

**FALTA  
PAGINA**

**5**

### **1.3.2 PROYECTO ESTRUCTURAL**

**El proyecto estructural es la parte medular de todo proyecto y por consiguiente su correcto cálculo es muy importante, por lo que a continuación se expresan los aspectos más importantes del diseño en el proyecto en estudio.**

**No debe olvidarse que en los cuerpos del puente se presentan cargas muy importantes, ya que éste es transitado por todo tipo de vehículos desde automóviles compactos hasta camiones de carga de gran tonelaje, debido a la zona industrial.**

**Se consideró durante el diseño que la condición más crítica en condiciones estáticas se presentaría cuando se detuviera el tránsito y sobre el puente se encuentren trailers tipo T3-S3 llenos de mercancía. En condiciones dinámicas se diseño con la base que durante un sismo se espera un número importante de vehículos de este tipo.**

**El diseño estructural de los elementos que constituyen al puente se realizó en base a las cargas que soportaría cada elemento, además de las acciones de sismo que como se conoce son muy importantes en el Valle de México.**

**Se determinó que la unión trabe – columna trabaje como un marco en toda su estructura y para prevenir los problemas provocados por la acción de sismo las uniones entre trabe y trabe trabajarán como cuerpos independientes.**

### **1.4 PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

**Cualquier actividad que se realice de cualquier orden tiene que tener un seguimiento lógico y consecutivo mas aun cuando se trata de un conjunto de actividades ligadas entre si, ya que el factor fundamental es el tiempo, el ingeniero civil debe estar capacitado para combinar los recursos monetarios, tecnológicos y humanos para que el resultado sea el producto terminado en el tiempo planeado.**

**La planeación y programación de la obra se refiere a las diferentes actividades a desarrollar, sus tiempos, sus ejecuciones, para obtener esta serie de datos es fundamental la observación por experiencia del ingeniero civil para poder determinar los rendimientos en sus diferentes cuadrillas así como también de los materiales y maquinaria. Una vez que se cuentan con estos datos se comienza a analizar la programación de las diferentes actividades, sus ordenes y las actividades que les son consecutivas o aquellas que dependen de algunas otras para su desarrollo.**

**El programa de obra es una herramienta que le permite al ingeniero determinar los tiempos de ejecución de la obra, anticiparse a los problemas que pudieran surgir ,analizar los flujos de materiales y de costos ,analizar cuando se va a requerir de más mano de obra**

**o de equipo, y cuando estas se deben de recortar, para que al final la obra sea ejecutada en tiempo y costos planeados.**

**Programa de barras.**

**A continuación se presenta el tiempo de ejecución de los trabajos, mediante un programa de barras.**



# PUENTE VEHICULAR 1ro DE MAYO

## PROGRAMA DE OBRA



CONCEPTO	UM	CANT	FEBRERO														MARZO																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
PRELIMINARES	P		[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
RETINO DE INTERFERENCIA	P		[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
CONFIRMACIONES	P		[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE	P		[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
IMENTACION PROFUNDA (PLAS)		182	[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
5.1- EJE A	PZA	48	[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
5.2- EJE B	PZA	54	[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
5.3- EJE C	PZA	18	[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
5.4- EJE D	PZA	48	[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
IMENTACION (CADEROS)		21	[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
6.1- EJE A	PZA	5	[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
6.2- EJE B	PZA	8	[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
6.3- EJE C	PZA	2	[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
6.4- EJE D	PZA	6	[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
UPERESTRUCTURA			[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
7.1- COLUMNAS Y CABEZALES			[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
7.1.1- FABRICACION		68	[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
7.1.1.1- EJE A	PZA	20	[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
7.1.1.2- EJE B	PZA	32	[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
7.1.1.3- EJE C	PZA	4	[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
7.1.1.4- EJE D	PZA	12	[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
7.1.2- MONTAJE		68	[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
7.1.2.1- EJE A	PZA	20	[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
7.1.2.2- EJE B	PZA	32	[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
7.1.2.3- EJE C	PZA	4	[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														
7.1.2.4- EJE D	PZA	12	[Bar chart showing activity from Feb 1 to Feb 15]																														







# PUENTE VEHICULAR 1ro DE MAYO

## PROGRAMA DE OBRA



CONCEPTO	UR	CANT	JUNIO																														JULIO																														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PRELIMINARES		P	█																																																												
RETIRO DE INTERFERENCIAS		P	█																																																												
CONFRAMIENTOS		P	█																																																												
OBRAS INDUCIDAS		P	█																																																												
4.1.- AGUA POTABLE		P	█																																																												
COMERTACION PROFUNDA (PLAS)		142	█																																																												
5.1.- EJE A	PEA	44	█																																																												
5.2.- EJE B	PEA	64	█																																																												
5.3.- EJE C	PEA	10	█																																																												
5.4.- EJE D	PEA	24	█																																																												
COMERTACION (CANDELABROS)		21	█																																																												
6.1.- EJE A	PEA	5	█																																																												
6.2.- EJE B	PEA	8	█																																																												
6.3.- EJE C	PEA	2	█																																																												
6.4.- EJE D	PEA	6	█																																																												
SUPERESTRUCTURA			█																																																												
7.1.- COLUMNAS Y CABEZALES		68	█																																																												
7.1.1.- FABRICACION			█																																																												
7.1.1.1.- EJE A	PEA	20	█																																																												
7.1.1.2.- EJE B	PEA	32	█																																																												
7.1.1.3.- EJE C	PEA	4	█																																																												
7.1.1.4.- EJE D	PEA	12	█																																																												
7.1.2.- MONTAJE		68	█																																																												
7.1.2.1.- EJE A	PEA	20	█																																																												
7.1.2.2.- EJE B	PEA	32	█																																																												
7.1.2.3.- EJE C	PEA	4	█																																																												
7.1.2.4.- EJE D	PEA	12	█																																																												













# PUENTE VEHICULAR 1ro DE MAYO

## PROGRAMA DE OBRA



CONCEPTO	UR	CANT	ABRIL																															MAYO																															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
ALBANELERIA Y ACABADOS E.L. VALADARITO METALICO	M	1828	P																																																														
INSTALACIONES 10.1.- ALUMBRADO SOBRE PUENTE	PZA	31	P																																																														
10.2.- BUFREROPORTE	PZA	2	P																																																														
10.3.- ALUMBRADO BAJO PUENTE	PZA	1M	P																																																														
BITALIZACION 11.1.- BITALIZACION HORIZONTAL	P		P																																																														
11.2.- BITALIZACION VERTICAL	P		P																																																														
OBRA VALCE COMPLEMENTARIA	P		P																																																														
OBRA CIVIL COMPLEMENTARIA	P		P																																																														
PLAZAS Y JARDINES	P		P																																																														





## **CAPÍTULO II**

### **ESTUDIOS REALIZADOS**

#### **2.1 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

El estudio de mecánica de suelos es una parte importante en cualquier proyecto de ingeniería y esta importancia aumenta cuando se trata de un puente vehicular. Con la realización de dicho estudio se establece el tipo de cimentación más adecuado para soportar la estructura, esto incluye definir la profundidad de desplante, la capacidad de carga de los depósitos del subsuelo, sus deformaciones y con esta información establecer el procedimiento constructivo adecuado.

El estudio de mecánica de suelos consistió en determinar las características estratigráficas y físicas de los depósitos del subsuelo en el sitio de la obra, para lo cual se realizaron trabajos de muestreo y exploración de los depósitos del subsuelo. Posteriormente se llevaron a cabo pruebas de laboratorio a los materiales muestreados, con el fin de establecer sus propiedades índice y mecánicas, definiendo su resistencia a la deformabilidad de los estratos del subsuelo. Al término de dichos trabajos, se realizó su interpretación y se determinó el tipo de cimentación más apropiado para el proyecto en estudio

#### **2.1.1 ZONIFICACION GEOTÉCNICA DEL VALLE DE MÉXICO**

En cuanto a la zonificación geotécnica del Valle de México es bueno aclarar que es uno de los suelos más estudiados en el mundo por sus propiedades únicas y por las diversas obras de importancia que en ella se han edificado, por lo que las características geológicas y geotécnicas de la zona son cada vez más conocidas.

De acuerdo al manual de diseño geotécnico realizado por el Departamento del D.F a través de la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano se puede establecer la zonificación geotécnica del Valle de México, la que se muestra en la figura 2.1 y de ella se desprende lo siguiente.

- a) **Zona de Lago.-** Se caracteriza por estar constituido de grandes espesores ( mayores a los 20 mts ) de arcillas blandas de alta compresibilidad y baja resistencia al esfuerzo cortante, estas subyacen a una costra endurecida superficialmente de espesor variable

en cada sitio, dependiendo de la localización e historia de cargas, por lo que se subdivide en tres, Lago virgen, Lago centro I y Lago centro II.

- b) **Zona de Transición.-** Se clasifica en dos que son, la interestratificada ubicada al poniente de la Ciudad de México y la abrupta que se encuentra cerca de los cerros.

La primera se caracteriza porque se alternan estratos arcillosos de un ambiente lacustre con suelos gruesos de origen aluvial, dependiendo sus espesores de las transgresiones y regresiones que experimenta el antiguo lago. En dichos estratos se advierte un espesor menor a los 20 mts.

En la segunda, la abrupta cercana a los cerros, las arcillas lacustres están intercaladas con numerosos lentes de materiales erosionados de los cerros y hasta lentes delgados de travertino silificado.

- c) **Zona de Lomas.-** En la formación de lomas se observan elementos litológicos (depósitos fluviales, glaciares, etc ) producto de erupciones de los grandes volcanes adésiticos estratificados de la cierra de las Cruces. Se caracteriza por tener alta capacidad de carga y una baja deformabilidad. Un ejemplo de ella se encuentra en la zona sur de la ciudad donde se localizan importantes formaciones de zonas pétreas.

Basándose en los sondeos realizados más recientemente, se deduce una modificación en las propiedades mecánicas de los suelos, particularmente en la zona de lago y de transición, donde ocurre una constante evolución de ellos, observándose una disminución de la compresibilidad y un aumento de la resistencia al corte, fenómenos que ocurren en pocos años y aun en meses a consecuencia de:

- 1) El bombeo profundo para el abastecimiento de agua potable.
- 2) El efecto de sobrecarga de antiguos rellenos superficiales.
- 3) El abatimiento del nivel freático por bombeo superficial para la construcción de cimentaciones y mantenimiento de sótanos.

Todo lo anterior hace que la información previa sobre las propiedades mecánicas de los suelos que se encuentren en la zonificación geotécnica, únicamente deben tomarse como una guía y por lo tanto será necesario actualizar el conocimiento del subsuelo mediante estudios geotécnicos confiables realizados en cada sitio específico.

Basándose en la zonificación geotécnica se deduce que el puente en proyecto se encuentra ubicado dentro de la frontera entre la zona de lomas y la zona de transición; para definir las características de los materiales del subsuelo en el sitio, se procedió a la ejecución de sondeos profundos para definir las propiedades índice, mecánicas y físicas a diferentes profundidades.

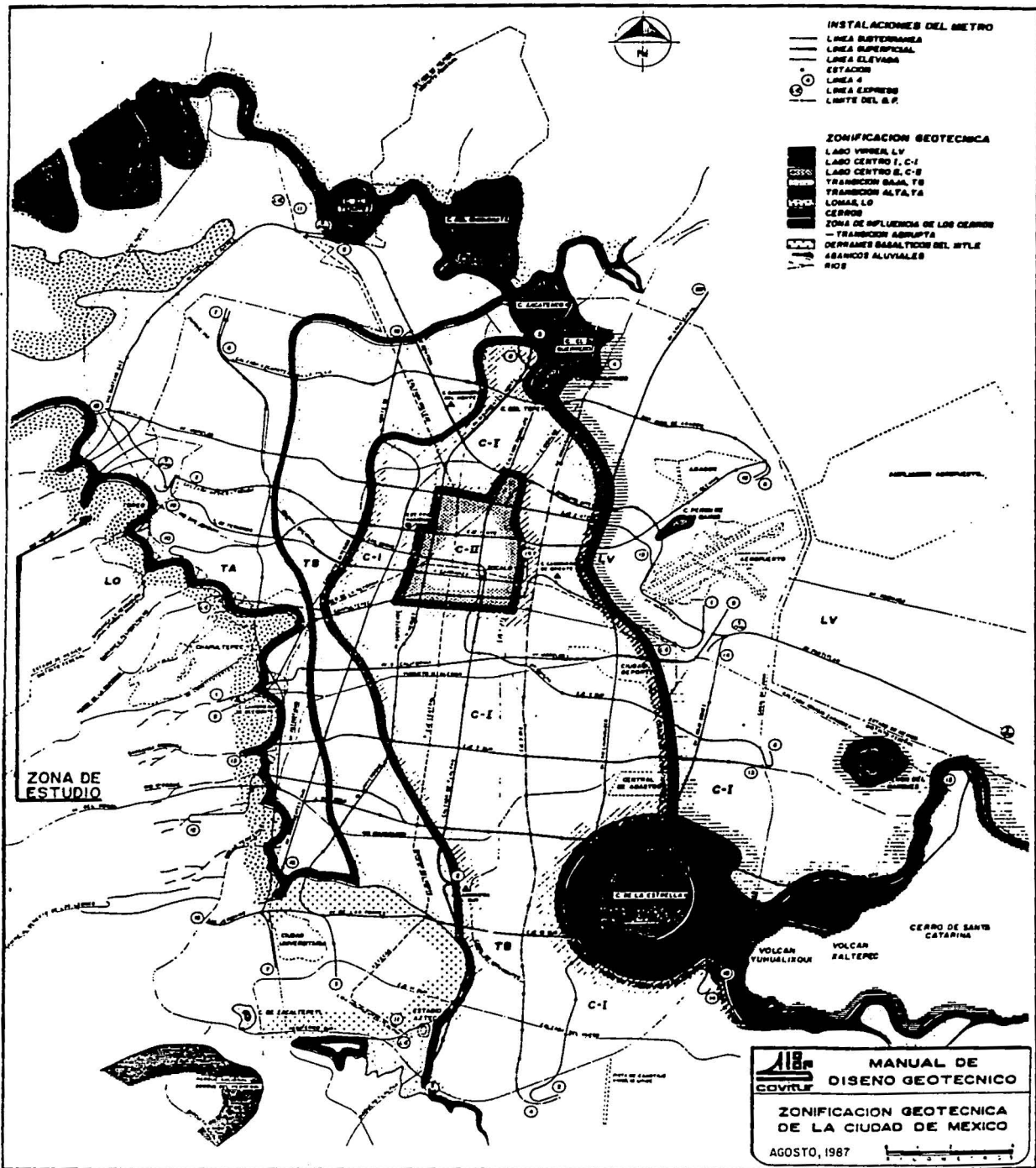


Fig. 2.1 Zonificación Geotecnica del Valle de México

## **2.1.2 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO.**

Una vez establecidas las características de los depósitos del subsuelo en forma muy preliminar con la ubicación del sitio dentro de la zonificación geotécnica, fue necesario definir con precisión las propiedades de los materiales del subsuelo en el lugar, por lo que se realizó el muestreo y exploración de los depósitos en el sitio.

La exploración y muestreo de los depósitos del subsuelo, es de las partes iniciales del estudio de mecánica de suelos, ya que con ella se definen las características estratigráficas y físicas particulares del sitio en estudio. Sin embargo no existen métodos exactos de muestreo para conocer a detalle las características del suelo tal y como se encuentran "in situ".

La exploración del subsuelo consiste generalmente en efectuar sondeos en el lugar y extraer muestras para su posterior análisis en el laboratorio y así conocer las propiedades mecánicas que nos interesan. Lo anterior siempre cumple el ciclo Exploración-Laboratorio-Ingeniería.

Con objeto de conocer las características estratigráficas del área donde se construirán los puentes, el programa de exploración consistió de catorce exploraciones, diez de ellas sondeos mixtos continuos denominados M-1 a M-10 ,a profundidades de 16.10 a 28.60 mts y cuatro pozos a cielo abierto, identificados como PCA-1 a PCA-4 a profundidades comprendidas entre 2.30 y 2.70 mts. La figura 2.2 muestra la ubicación de las exploraciones realizadas en el sitio.

### ***A) METODOS DE SONDEO***

De los sondeos mixtos se obtuvieron especímenes alterados e inalterados; los primeros según las normas del método de penetración estándar, esta prueba es una de las más empleadas en la industria de la construcción, ya que con ella se obtiene información de una gran utilidad.

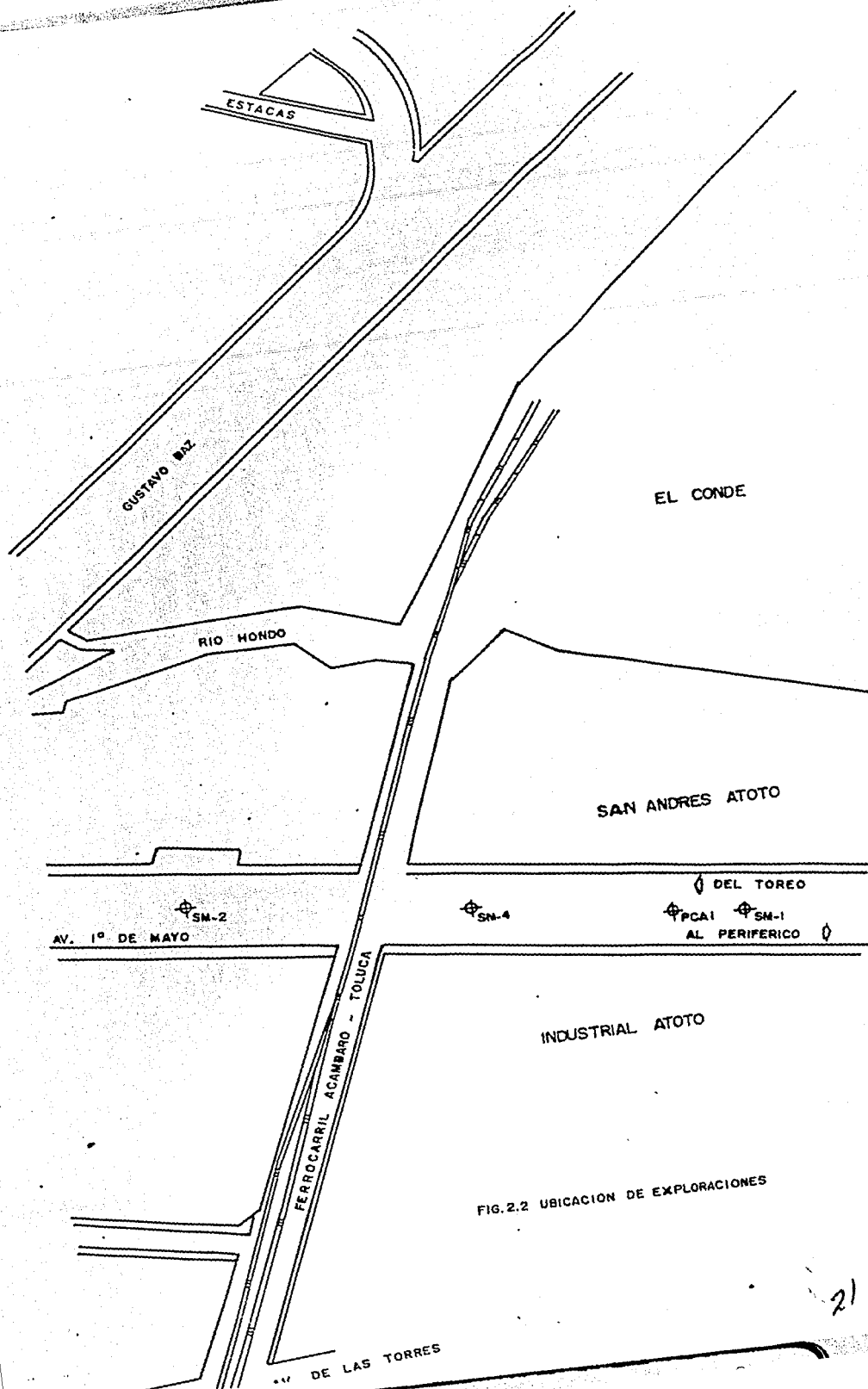
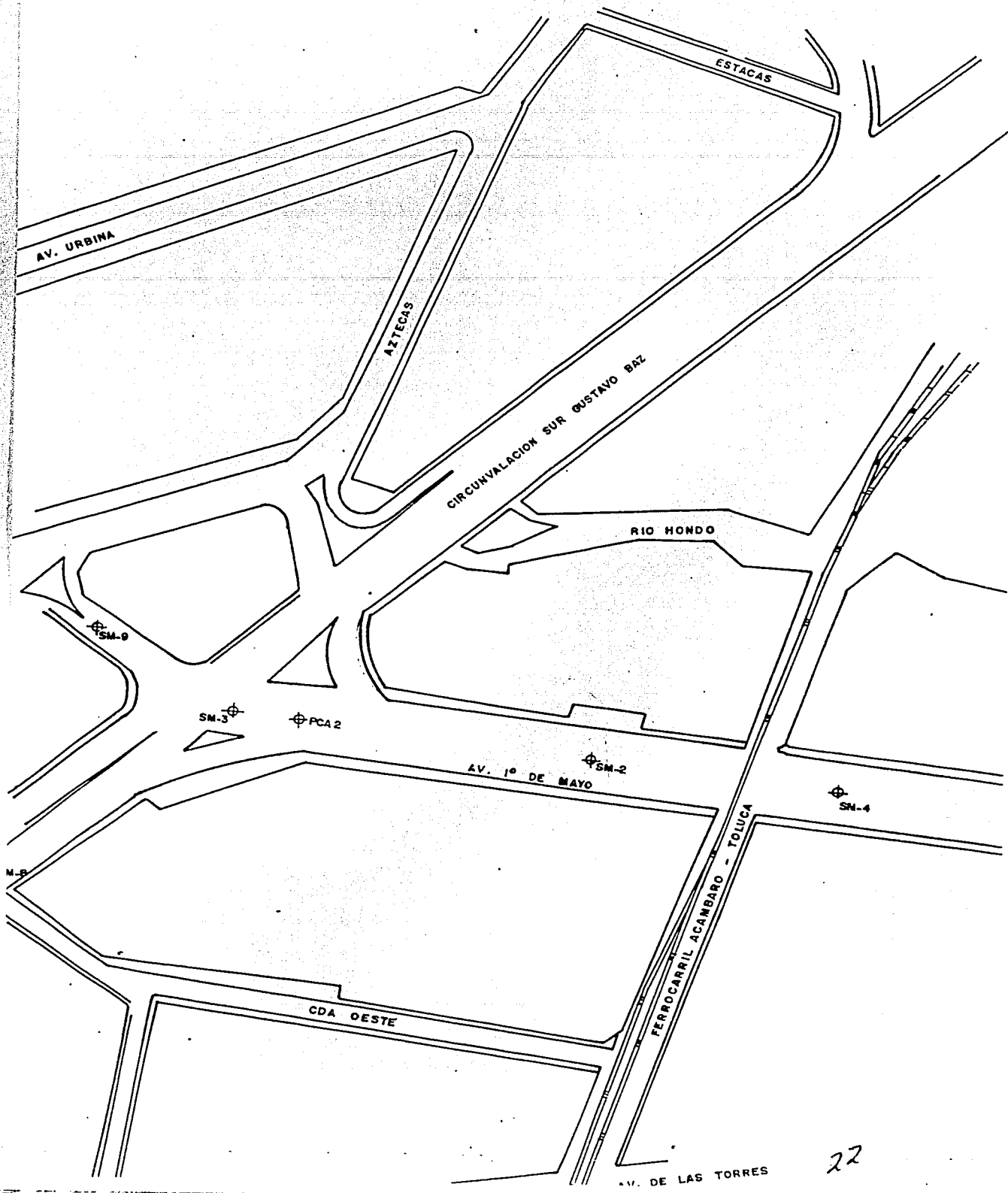
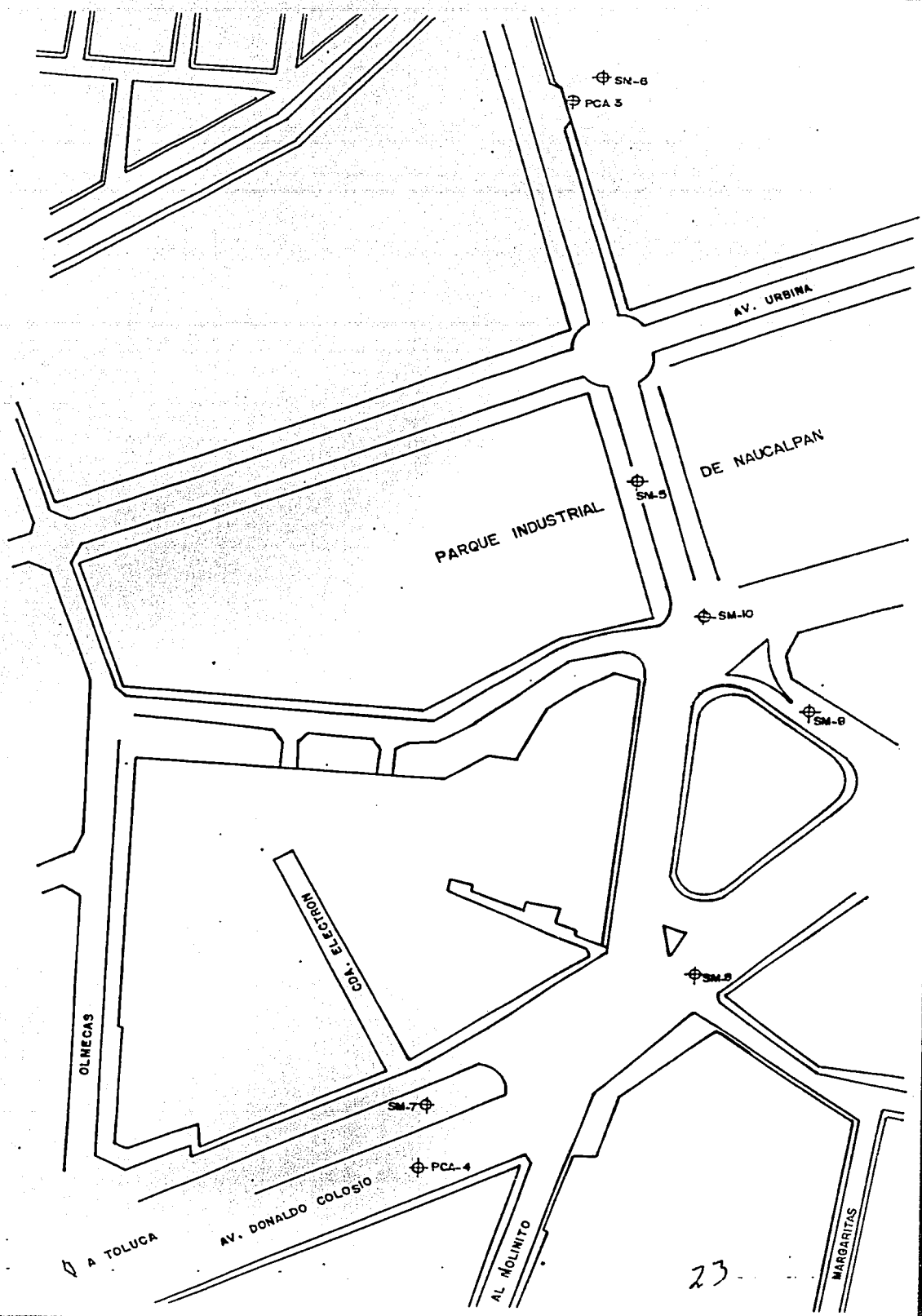


FIG.2.2 UBICACION DE EXPLORACIONES





23

Dicha prueba consiste en dejar caer un martillo que pesa 63.5 kg. sobre una barra de perforación de 3.5 cm de diámetro interior y 60 cm de longitud (penetrómetro estándar) desde una altura de 76 cm.

El número de golpes N necesarios para producir una penetración de 30 cm, se considera el índice de la resistencia a la penetración estándar. Se deben penetrar en cada etapa 60 cm y para tomar en cuenta la falta de apoyo, los golpes de los primeros 15 cm de penetración no se toman en cuenta; los necesarios para aumentar la penetración de 15 a 45 cm, constituyen el valor de N.

Los resultados de esta prueba pueden correlacionarse aproximadamente con algunas propiedades mecánicas del suelo en estudio. Aunque este tipo de sondeo es muy confiable no siempre es el más indicado para todo tipo de suelo, ya que para arenas saturadas, finas o limosas, compactas o muy compactas, los valores de N pueden ser anormalmente grandes debido a la tendencia de estos materiales a dilatarse cuando se deforman bajo esfuerzo cortante en condiciones no drenadas. Por lo tanto, en estos suelos, los resultados de las pruebas de penetración estándar deben interpretarse conservadoramente.

Aunque la prueba de penetración estándar no puede considerarse como un método refinado y completamente seguro de investigación, los valores de N dan útiles indicaciones preliminares de la consistencia o de la compacidad relativa de la mayor parte de los depósitos de suelo. La información es en algunos casos suficiente para el proyecto final. En cualquier caso, proporciona datos para hacer una planificación más racional de las exploraciones adicionales más convencionales para el lugar.

En forma práctica si se divide el número de golpes N entre 8 se encuentra el valor aproximado de la compresión no confinada ( kg/cm<sup>2</sup> ) del estrato en estudio. Existe una correlación entre el número de golpes N y el ángulo de fricción interna del material en estudio realizado por Terzaghi y Peck . En las tablas 2.1 y 2.2 se muestran ~~unas~~ correlaciones entre el número de golpes y la compacidad relativa del material en estudio también realizadas por Terzaghi y Peck.

#### Suelos friccionantes ( arenas )

No. De golpes	Compacidad relativa
0-4	Muy suelta
4-10	Suelta
10-30	Medio compacta
30-50	Compacta
>-50	Muy compacta

Tabla 2.1 No de golpes – Compacidad relativa.



### Suelos cohesivos ( arcillas )

No de golpes N	Resistencia a la compresión no confinada kg/cm <sup>2</sup>	Consistencia
0 a 2	0 a 0.25	Muy blando
2 a 4	0.25 a 0.5	Blando
4 a 8	0.50 a 1.0	Firme
8 a 15	1.0 a 2.0	Resistente
15 a 30	2.0 a 4.0	Muy resistente
> a 30	4.0 en adelante	Duro

Tabla 2.2 Correlación entre N, qu y la consistencia

#### ***B) MUESTREO INALTERADO***

Con este muestreo se obtienen muestras de suelo que conservan prácticamente inalterado el acomodo estructural de sus partículas sólidas; sin embargo, la relajación de esfuerzos induce modificaciones de sus características y comportamiento mecánico, que pueden ser ligeras o importantes dependiendo del cuidado y la técnica que se tengan.

#### **•Muestreador tipo Shelby**

El tubo de pared delgada “ tubo shelby “ es muy usado para el muestreo inalterado de suelos blandos o semiduros localizados arriba y abajo del nivel freático ; tiene de 7.5 a 10 cm de diámetro y se hinca a presión. El tubo se une a la cabeza con tornillos Allen o mediante cuerda repujada. La cabeza tiene cuatro drenes laterales para la salida del fluido de perforación y de los azolves durante el hincado. La válvula de bola impide que la muestra se vea sujeta a presiones hidrodinámicas durante la extracción del muestreador.

El que se utilizó para recuperar los especímenes fue de 10 cm de diámetro y 90 cm de longitud, hincado a presión cuando se encontraron suelos blandos y rotación cuando se encontraron suelos duros o compactos.

El muestreador se hinca con un solo movimiento una longitud igual a la del tubo menos 15 cm. Para dejar espacios a los azolves; la velocidad de hincado debe ser entre 15 y 30 cm/min. Después se deja en reposo un minuto, para permitir que la muestra se expanda y se adhiera al muestreador; a continuación se gira para cortar la base y posteriormente se extrae a la superficie y se mide la longitud de la muestra recuperada.

### **C) PRUEBAS DE LABORATORIO**

**Las muestras de suelo extraídas fueron objeto de las pruebas que a continuación se indican y de acuerdo a la naturaleza del material encontrado, son las requeridas para la determinación de las variables necesarias en los análisis realizados.**

**A las muestras alteradas e inalteradas se les efectuaron los siguientes ensayos índice , encaminados a su correcta identificación y a conocer en forma cualitativa sus propiedades mecánicas.**

- Clasificación visual al tacto, en húmedo y seco, de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos ( SUCS )**
- Contenido natural de agua**
- Límites de plasticidad, líquido y plástico**
- Análisis granulométrico o determinación del porcentaje de partículas retenidas en las mallas No. 4 ( 4.76 mm ) y 200 ( 0.072 mm )**

**En adición en muestras inalteradas representativas de los diversos estratos del subsuelo, se realizaron los siguientes ensayos especiales para determinar cuantitativamente, las resistencias al esfuerzo cortante y la compresibilidad.**

- Tacómetro o veleta manual**
- Compresión axial**
- Compresión triaxial rápida**
- Compresión triaxial consolidada – rápida**
- Consolidación unidimensional**

### **2.1.3 ESTRATIGRAFIA**

**Basados en los resultados del estudio e información recopilado , se estableció el marco geotécnico en el que se ubica la zona de estudio, correspondiendo a la zona baja de transición ubicada en las inmediaciones de las avenidas 1° de Mayo y San Luis Tlatilco conforme a la zonificación geotécnica, establecida en el RCDF-93**

**A continuación se presentan los cortes estratigráficos con los resultados de las pruebas de penetración estándar que se realizarán en el lugar del proyecto en estudio.**

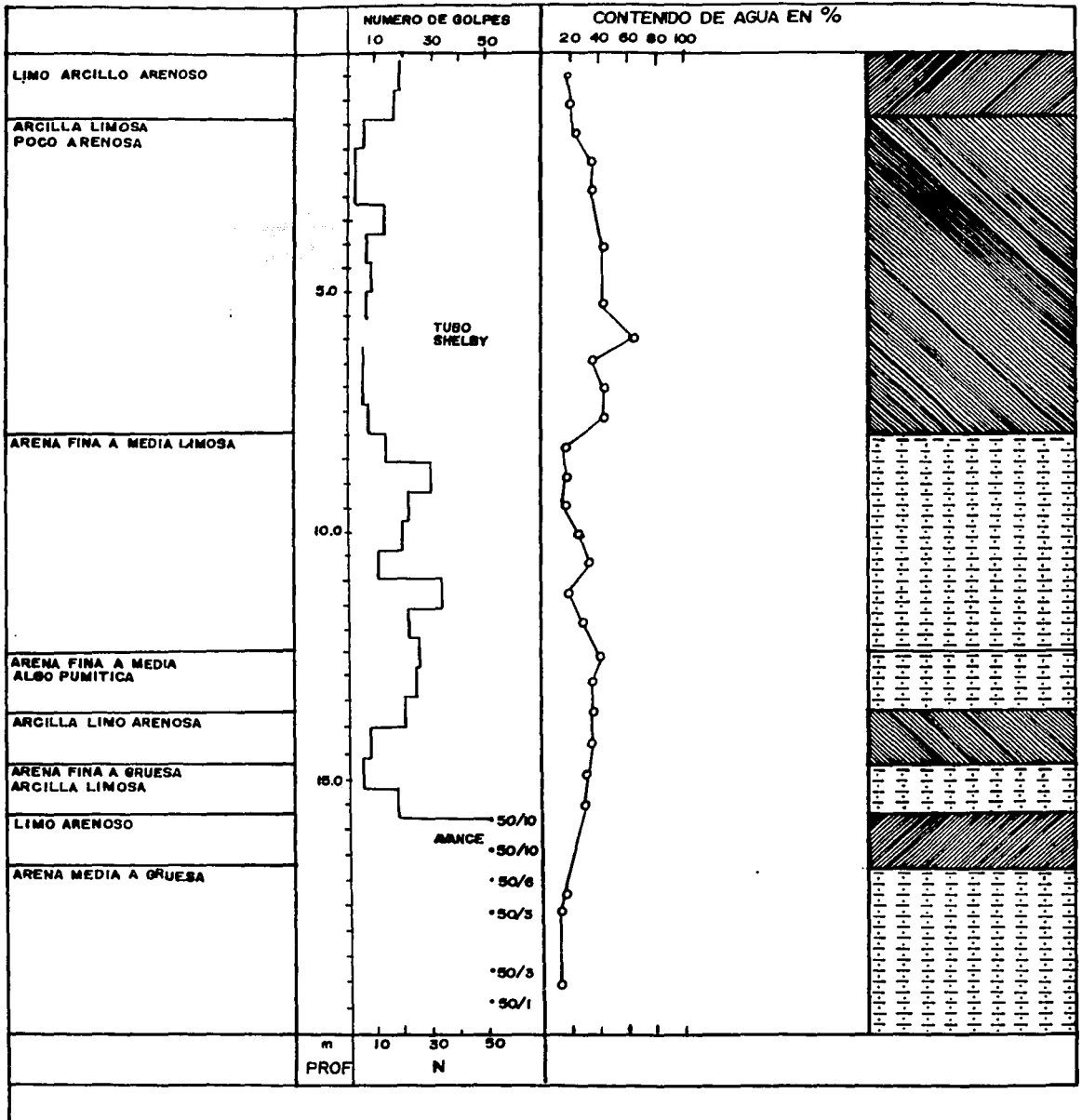
**Estos cortes nos permiten conocer de manera más detallada, las características y los diversos tipos de materiales que se encuentran en la zona de estudio.**

**Cabe citar que las teorías de capacidad de carga, aplicadas a diversos problemas, hacen la consideración de que los suelos en estudio son homogéneos, así mismo la estratificación plantea un problema de heterogeneidad en principio no resuelto. Sin embargo, frecuentemente las soluciones empleadas para el caso están claramente basadas en los obtenidos para los materiales homogéneos.**

**En los perfiles estratigráficos que se presentan, podemos observar primeramente, el tipo de material que se encuentra en la zona, en la segunda columna informativa a la profundidad a la que se encuentra, así mismo se muestran los resultados de la prueba de penetración estándar, en donde se observan el número de golpes y la penetración obtenida en centímetros. Otro aspecto importante que se obtiene con los reportes de los cortes estratigráficos, es el contenido e agua en porcentaje de cada estrato, así como también un aspecto que determina el proceso constructivo de la cimentación, es decir la presencia del nivel freático N.A.F.**

PERFIL ESTRATIGRAFICO

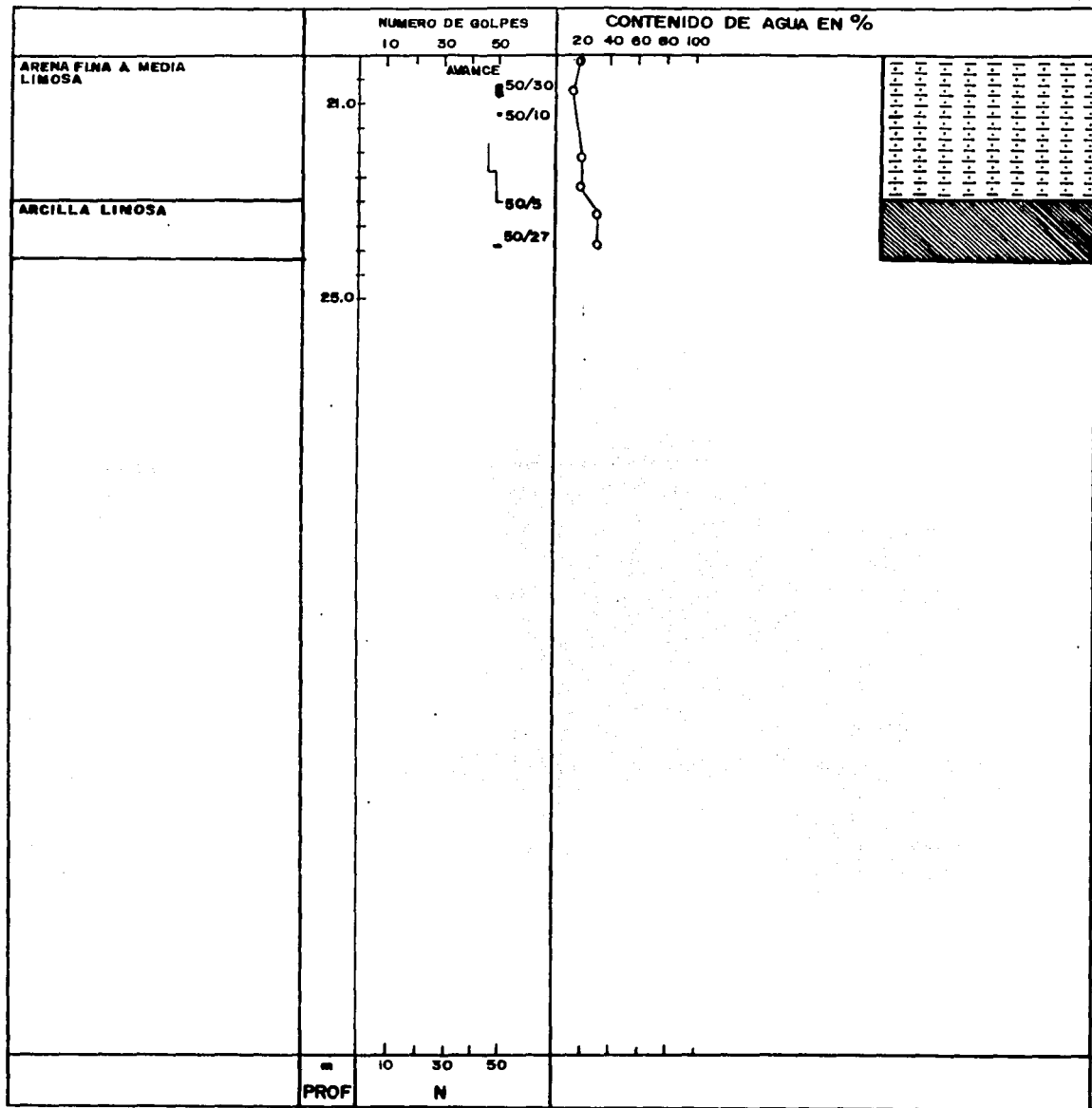
N.A.F. NO SE INTERCEPTO



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

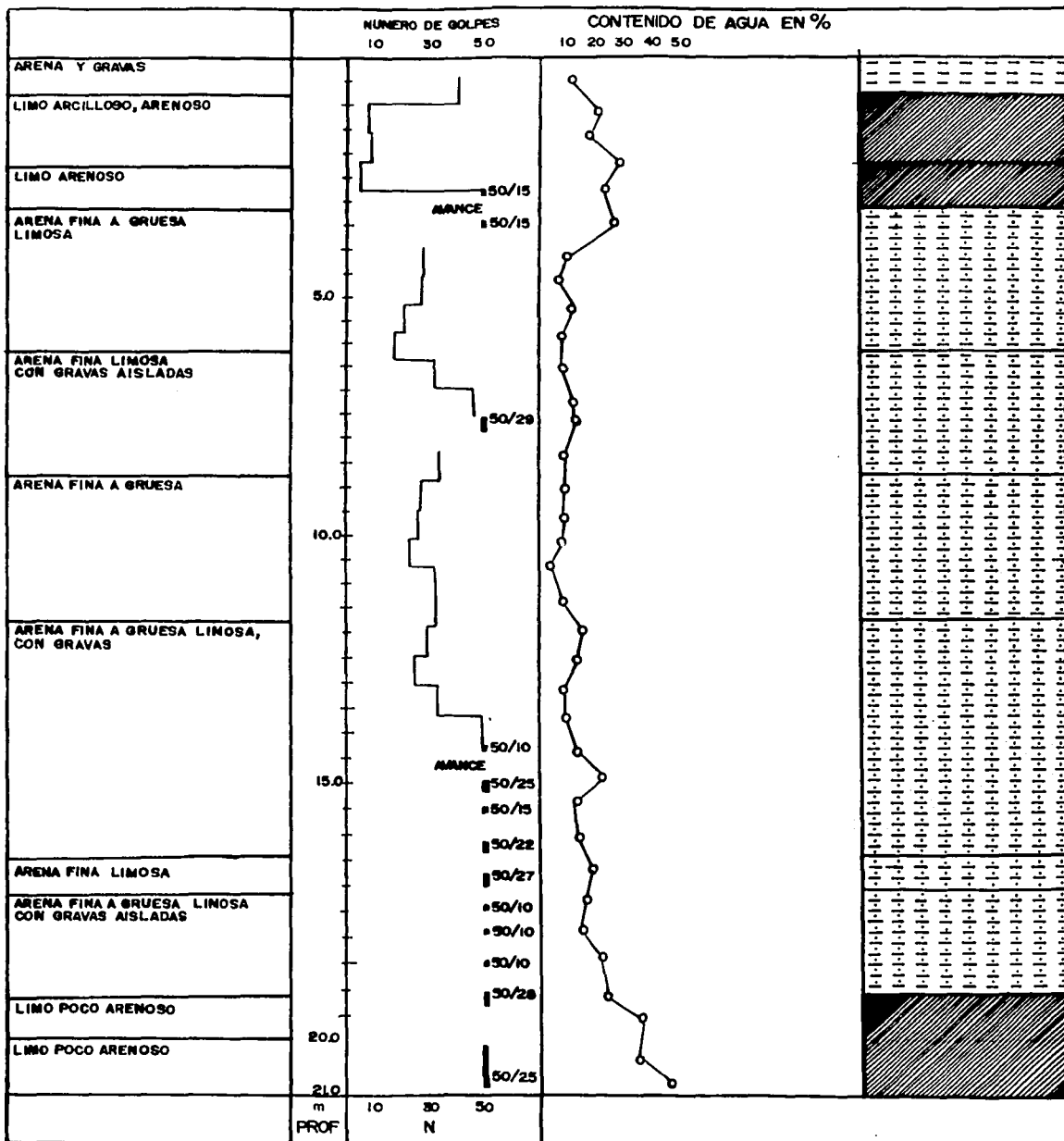
PERFIL ESTRATIGRAFICO

N.A.F. NO SE INTERCEPTO



PERFIL ESTRATIGRAFICO

N.A. F NO SE INTERCEPTO



# CAPÍTULO III

## ANÁLISIS Y ALTERNATIVAS DE CIMENTACIÓN

### 3.1 APLICACIÓN DE LAS TEORIAS DE MECANICA DE SUELOS

Las condiciones del suelo superficial no siempre son apropiadas para permitir el uso de una cimentación poco profunda ( cimentaciones en las que la profundidad de desplante no es mayor a un par de veces el ancho del cimiento ) , en tal caso será preciso buscar terrenos de apoyo más resistentes a mayores profundidades ; a veces estos no aparecen a niveles alcanzables económicamente y es preciso utilizar como apoyo los terrenos blandos y poco resistentes de que se dispone, contando con elementos de cimentación que distribuyan la carga en un espesor grande de suelo. En estos casos, se hace necesario recurrir al uso de cimentaciones profundas.

Existen teorías dentro de la Mecánica de Suelos que son fundamentales para entender y resolver los problemas que se presentan en la práctica ; resulta necesario mencionarlas debido a que a partir de ellas se ha dado pauta a la solución teórica en la problemática del comportamiento de los suelos.

Cuando hablamos de cimentaciones profundas ( en este caso pilas ) la problemática que se presenta es la relacionada a la capacidad de carga. A continuación se menciona la Teoría de G.G. Meyerhof, la cuál fue utilizada en este proyecto.

En la teoría de Meyerhof y para el caso de cimientos largos, se supone que la superficie de deslizamiento con la que falla este, tiene la siguiente forma. (Fig. 3.1)

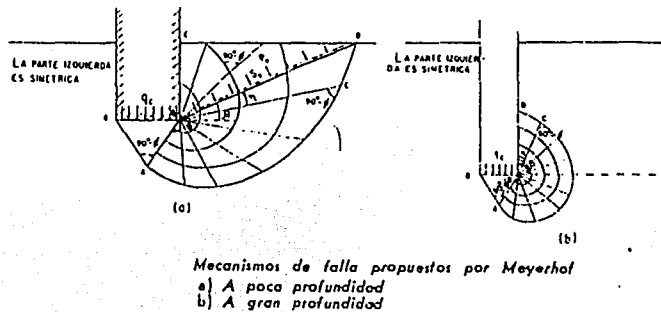


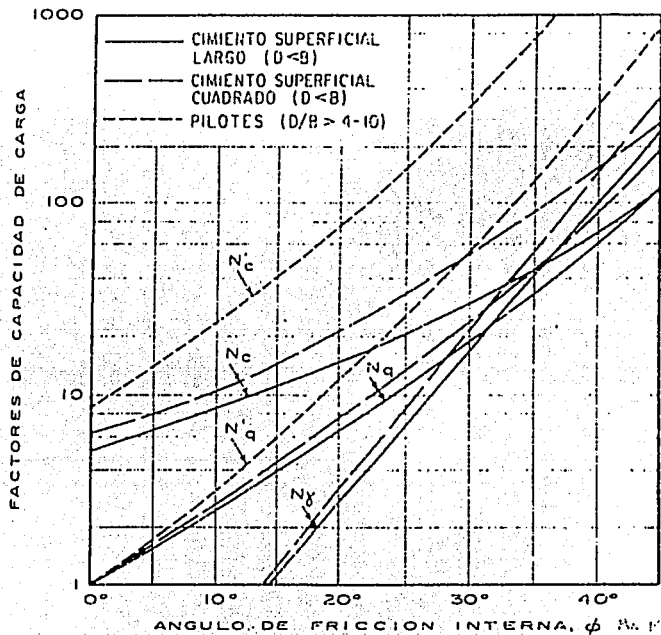
Figura 3.1

La expresión para calcular la capacidad de carga a la que llega la teoría de Meyerhof es la siguiente.

$$q_c = cN_c + \gamma DfN_q + \frac{1}{2} \gamma BN\gamma$$

Meyerhof para el caso de cimientos superficiales muy lagros conserva los factores  $N_c$  y  $N_q$  primitivamente propuestos por Prandtl en 1920.

En la figura 3.2 aparecen las gráficas de dichas expresiones válidas para cimientos superficiales largos, en función del ángulo de fricción interna  $\phi$ .



Factores de capacidad de carga para cimientos superficiales y pilotes (Ref. 13)

Figura 3.2



A continuación se presenta un breve resumen, respecto al campo de la aplicación práctica de las diferentes teorías de capacidad de carga. El criterio para señalar a una teoría como apropiada para un caso dado obedece tanto a la confiabilidad de la teoría en si, de acuerdo con los resultados de sus aplicaciones prácticas como a la sencillez de su aplicación.

1.- La teoría de Terzaghi es recomendable para toda clase de cimientos superficiales en cualquier suelo, pudiéndose aplicar con gran confiabilidad hasta el límite  $D_f \leq 2B$ .

2.- La teoría de Skempton es apropiada para cimentaciones en arcilla cohesiva ( $\phi = 0$ ), sean superficiales o profundas, incluyendo el cálculo de capacidad de carga en cilindros y pilotes.

3.- Puede usarse la teoría de Meyerhof para determinar la capacidad de carga de cimientos profundos en arenas y gravas, incluyendo cilindros y pilotes, aunque ejerciendo vigilancia cuidadosa, ya que en ocasiones se ha observado que proporciona valores muy altos con respecto a los prudentes.

De lo anterior no debe pensarse que las reglas procedentes pueden seguirse a ojos cerrados, limitándose el proyectista a sentirse confiado a una fórmula. Específicamente en el caso de cimientos profundos, cilindros y pilotes, las teorías no dan valores de confiabilidad total; la experiencia del proyectista y las normas del sentido común deberán de jugar un papel de trascendencia y en ningún caso estará justificada una actitud pasiva del ingeniero, limitándose a seguir un formulario en forma indiscriminada.

### 3.2 ALTERNATIVAS DE CIMENTACIÓN

Los elementos que forman las cimentaciones profundas que hoy se utilizan más frecuentemente se distinguen entre sí por la magnitud de su diámetro o lado, según sean de sección recta circular o rectangular, que son las más comunes.

Los elementos muy esbeltos, con dimensiones transversales de orden comprendido entre 0.3 m y 1.0 m se denominan pilotes. A pesar del amplio rango de dimensiones que se indicó la inmensa mayoría de los pilotes en uso tienen diámetros o anchos comprendidos entre 0.3 m y 0.6 m ; pueden ser de madera, concreto o acero.

Los elementos cuyo ancho sobrepasa 1.0 m ,pero no excede del doble de ese valor suelen llamarse pilas. Sin embargo no se ha establecido una distinción definitiva entre pilas y pilotes.



En la figura 3.3 aparecen esquemáticamente los tipos de cimentación profunda.

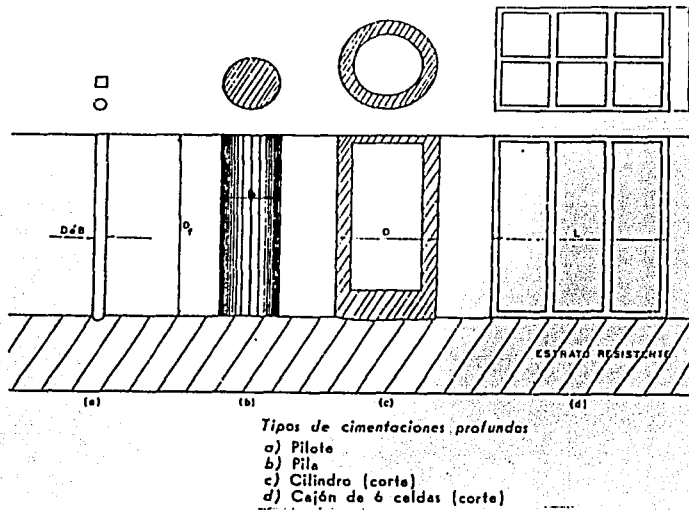


Figura 3.3

### GENERALIDADES SOBRE PILOTES

En general se usan pilotes como elementos de cimentación cuando se requiere:

1. - Transmitir las cargas de una estructura a través de un espesor de suelo blando o a través de agua, hasta un estrato de suelo resistente, que garantice el apoyo adecuado.
2. - Transmitir la carga de un cierto espesor de suelo blando, utilizando para ello la fricción lateral que se produce entre suelo y pilote.
3. - Compactar suelos granulares, con fines de generación de capacidad de carga.
4. - Proporcionar el debido anclaje lateral a ciertas estructuras ( como tablaestacas ) o resistir las fuerzas laterales que se ejerzan sobre ellas.
- 5.- Proporcionar anclaje a estructuras sujetas a subpresiones, momentos de volcadura o cualquier efecto que trate de *levantar* la estructura.
6. - Alcanzar con la cimentación profundidades ya no sujetas a erosión, socavaciones u otros efectos nocivos.

**Evidentemente, los pilotes pueden ser diseñados para cumplir dos o mas de las funciones anteriores.**

Desde el punto de vista de su forma de trabajo, los pilotes se clasifican en *de punta, de fricción y mixtos*. Los pilotes de punta desarrollan su capacidad de carga con apoyo directo en un estrato resistente. Los pilotes de fricción desarrollan su resistencia por la fricción lateral que se genera contra el suelo que los rodea. Los pilotes mixtos aprovechan a la vez estos dos efectos.

Atendiendo el material del cual están hechos, los pilotes pueden ser de madera, de concreto, de acero o de una combinación de estos materiales. Los pilotes de madera ya se usan muy raramente en trabajos de importancia y han quedado prácticamente circunscritos a estructuras provisionales o a funciones de compactación de arenas. Los pilotes de concreto son los mas ampliamente usados en la actualidad; pueden ser de concreto reforzado común o presforzado; aunque en su mayoría son de sección llena, últimamente se ha desarrollado bastante el uso de pilotes huecos, de menor peso. Los pilotes de acero son de gran utilidad en aquellos casos en que la hinca de los pilotes de concreto se dificulte por la relativa resistencia del suelo pues tienen mayor resistencia a los golpes de un martinete hincado y mayor facilidad de penetración; suelen usarse secciones H o secciones tubulares, con tapón en la punta o sin el.

Según el procedimiento de construcción y de colocación, los pilotes de concreto pueden ser prefabricados e hincados a golpes o a presión o colados en el lugar, en una excavación realizada previamente a la construcción del pilote. Para los pilotes hincados a golpes, quizá aun los mas frecuentes, existen tres tipos principales de martinetes de hincado. El de caída libre, de poco uso ya por su lentitud, consiste simplemente en una masa guiada, que se eleva por medio de un malacate y se deja caer de la altura especificada; el de vapor de acción sencilla, que utiliza la energía del vapor para levantar la masa golpeante, para después dejarla caer por acción exclusivamente gravitacional y el de vapor de doble efecto, en el que la energía del vapor eleva la masa y la impulsa y acelera en su caída.

La efectividad de los distintos martinetes suele compararse recurriendo a su *energía*, expresada en kg/ golpe. Hay gran variedad de tipos y tamaños, existiendo maquinas en que la masa golpeante llega a 6 ton de peso o más, con 100 golpes por minuto y con energías hasta de 10000 kgm. (Kg-masa)

## **PILAS**

No existe entre pilas y pilotes una diferencia más substancial que su diámetro; ya se establecieron al respecto los límites que la costumbre suele fijar para diferenciar ambos elementos. La capacidad de carga y los asentimientos en pilas pueden establecerse de la misma forma que en los pilotes.

Las pilas son columnas prismáticas o cilíndricas que tienen esencialmente la misma función que desempeñan los pilotes o conjuntos de pilotes. Las pilas, como los pilotes resistentes de punta tienen por función transferir las cargas a un estrato firme que esta situado debajo de otros blandos.

La diferencia principal entre pilas y pilotes deriva del método que se utiliza para instalarlas en el terreno. Los méritos relativos de las pilas respecto a los pilotes dependen no solo de razones económicas sino también de factores técnicos varios, como el efecto que el método constructivo ejerce sobre la carga que puede asignársele a la punta de la pila y la influencia que las condiciones del subsuelo tienen en la factibilidad o dificultad de construcción.

Basándose en los resultados obtenidos de campo y las características estructurales se propuso una solución de cimentación del tipo profundo basado en pilas o pilotes, la decisión final favoreció a las pilas.

### **3.3 ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN A EMPLEAR**

En la elección del tipo de cimentación se tomaron en cuenta los siguientes factores.

- **La composición estratigráfica y propiedades mecánicas del subsuelo, particularmente su heterogeneidad, compresibilidad y erraticidad de los depósitos de las zonas bajas de transición.**
- **Geometría de la estructura del paso superior.**
- **Magnitud y distribución de las cargas del puente.**
- **Restricción de los asentamientos totales y diferenciales a valores tolerables por la estructura**

#### *PROFUNDIDAD DE DESPLANTE*

De conformidad con la topografía actual en el eje del paso superior, el desplante de las pilas se realizará conforme se indica en la tabla 3.1

SITIO DEL SONDEO	PROFUNDIDAD DE DESPLANTE ( M )	ELEV. TOPOGRÁFICA ( M )
M - 1	25.0	2375.0
M - 4	23.0	2377.0
M - 2	17.0	2383.0
M - 3	13.0	2387.0
M - 9	13.0	2387.0
M - 10	13.0	2387.0
M - 5	17.0	2383.0
M - 6	18.0	2382.0
M - 8	13.0	2387.0
M - 7	15.0	2385.0

Tabla 3.1

Las pilas del proyecto se dispusieron con un espaciamiento, centro a centro de tres veces el diámetro

### CAPACIDAD DE CARGA

La capacidad de carga admisible de las pilas proviene de dos contribuciones hasta cierto punto independientes: la de la punta y la asociada a la fricción lateral positiva.

La capacidad de carga admisible de las pilas por punta se obtuvo a partir del criterio de G.G.Meyerhof, que toma en cuenta los parámetros de resistencia al corte, la magnitud del empotramiento en el manto resistente y el procedimiento constructivo del cemento. Por su parte la contribución del fuste se evaluó con el criterio de Dawson, para suelos friccionantes.

En estas condiciones y bajo un factor de seguridad de 3 para solicitaciones permanentes, se determinaron las cargas admisibles señaladas en la tabla 3.2

DIAMETRO DE LA PILA ( CM )	CARGA UTIL ( TON )
60	130
70	173
80	220
100	333
120	468
140	627

Tabla 3.2

### FRICCIÓN NEGATIVA

Quando se utilizan pilas para soportar cargas pesadas sobre suelos firmes a través de sedimentos suaves del subsuelo pueden estar sujetas a fuerzas importantes de arrastre que deben ser estimadas e incluidas en el diseño y consideradas en la construcción de dichos elementos.

Las fuerzas de arrastre son aquellas relacionadas con las condiciones ambientales del lugar en cuestión. En cimentaciones de pilas las fuerzas accidentales más importantes que se presentan son las siguientes.

- a) Las fuerzas laterales dinámicas originadas en el vástago de la pila por desplazamientos horizontales en la masa del subsuelo inducidas por sismo.
- b) La fricción negativa motivada por el hundimiento de la superficie del subsuelo, ya sea a causa de la reducción de las elevaciones piezométricas del agua o/a sobrecargas colocadas en la superficie del suelo, originándose un estado de consolidación en los sedimentos del suelo alrededor del vástago de la pila.

La fricción negativa actúa en zonas donde existen hundimientos regionales de la superficie del suelo. Esta fuerza se genera por el movimiento vertical de los sedimentos del suelo al consolidarse alrededor del vástago de la pila. La fuerza total de fricción negativa aumenta la carga sobre la pila y reduce su capacidad de carga.

La fricción negativa se desarrolla debido al movimiento relativo entre suelo y pila cuando estratos del subsuelo se encuentran en estado de consolidación. Esta fuerza friccionante es función de los parámetros del esfuerzo cortante representativos de los sedimentos a diferentes profundidades y de los esfuerzos horizontales que actúan sobre el vástago de la pila. Pero en el caso de pilas que son coladas in situ es posible que el esfuerzo horizontal inmediatamente después de la construcción tome valores imprevisibles que pueden ser en parte función del procedimiento constructivo. Sin embargo, a largo plazo y debido al relajamiento de las deformaciones horizontales durante el movimiento relativo, se puede estimar con seguridad el esfuerzo horizontal cerca del vástago de la pila en función del esfuerzo vertical.

El hundimiento general del Valle de México ( en este caso de magnitudes pequeñas ), la variación estacional del nivel freático y las sobrecargas superficiales cercanas ( por ejemplo la de los terraplenes de acceso ), ocasionará que el fuste de las pilas tienda a soportar por fricción al suelo atravesado de los 8.0 a los 12.5 m superiores en los sitios de los sondeos M-1, M-4, M-5 y M-6. La magnitud de esta sobrecarga, se originará en las pilas tal como se indica en la tabla 3.3 para diferentes diámetros.

DIAMETRO DE LA PILA ( CM )	FRICCIÓN NEGATIVA ( T ON )
60	123
70	143
80	164
100	205
120	246
140	287

Cabe aclarar que la citada fricción negativa se adiciona a la cara permanente de la estructura únicamente para efecto del diseño estructural de las pilas.

### CONSTRUCCIÓN DE LAS PILAS

La decisión de usar pilas coladas sin molde, en mucho mayor medida que la de usar zapatas o losas, requiere un cuidadoso estudio de las condiciones para las construcciones existentes en el lugar.

Detalles como la presencia de cantos o boleos que interfieran con la perforación, la presencia o falta de la ligera cohesión necesaria para evitar el derrumbe de las paredes de la perforación, o la concentración de filtraciones pequeñas en zonas permeables ocasionales pueden tener decisivo en las posibilidades de formar una pila satisfactoria y económica.

El programa de exploración del subsuelo puede requerir varias etapas antes de completar el proyecto final de una cimentación a base de pilas. Los sondeos iniciales deben permitir hacer un estudio detallado de la estratigrafía, dando atención especial a la presencia de mantos sin cohesión o lentes de cantos boleos, o zonas cementadas, y a la posición del nivel freático. La entrada del agua freática a cualquier nivel en un sondeo que se estuviese desarrollando en seco, o el derrumbe de las paredes del agujero, merecen especial atención.

#### *EQUIPO DE PERFORACIÓN*

La construcción de pilas coladas "in situ" brindan la oportunidad de inspeccionar el subsuelo y variar las dimensiones de la perforación en correspondencia a las condiciones encontradas.

Por lo general, el equipo de perforación y las herramientas son relativamente simples y económicas. Para la excavación de este proyecto se utilizó el eje de perforación conocido como barra Kelly. El cual funciona cuando el eje vertical se acciona mediante una mesa giratoria horizontal de soporte, situada sobre el bastidor conectado al equipo de la grúa hidráulica.

Un gran engranaje horizontal instalado sobre la mesa hace girar a la barra Kelly para perforar. Puede operarse desde el tambor secundario de la guía, mientras el tambor principal de elevación soporta verticalmente el eje de perforación y el excavador. La operación de la barrena puede conducir directamente desde el cable de la grúa, a una operación demasiado lenta. Entonces su velocidad se rige por su velocidad lineal dependiendo de las condiciones del subsuelo. Estas unidades perforadoras cuentan con una unidad de potencia para hacer girar el mecanismo de perforación. Estas unidades pueden aplicar una fuerza de torsión considerable y velocidades hasta de 90 R.P.M.

Cuando en el subsuelo no existen problemas significativos de filtraciones o la presencia del nivel freático se dice que la perforación es en seco. En el proceso de excavación en seco la barrena es del tipo de broca en espiral, la cual perfora por su acción giratoria simultánea con su movimiento descendente en el terreno, bajo su propio peso. Esta extrae el material excavado por el mismo movimiento de rotación al tirarse de ella hacia fuera del barreno.



## *PROCESO CONSTRUCTIVO*

A continuación se presenta el proceso constructivo a seguir para la construcción de las pilas coladas sin molde.

- a) **Limpieza** .- Se efectuará la limpieza del terreno, incluyendo el despalme de la capa vegetal, así como la demolición y retiro de construcciones ya existentes.
- b) **Control topográfico** .- Es indispensable contar con un equipo topográfico para referenciar los ejes y niveles de construcción de las pilas, los de proyecto y los reales.
- c) **Características de la perforación** .- La perforación debe ser uniforme en toda su longitud, debiéndose empotrar en el estrato resistente; en caso de materiales arenosos sueltos o presencia de agua freática, las paredes de la perforación se estabilizarán con lodo bentonítico
- d) **Apoyo de las pilas** .- El material suelto que se acumule en el fondo de la perforación se retirará en su totalidad empleando herramientas de limpieza adecuadas ( bote ) para garantizar el apoyo adecuado de las pilas
- e) **Acero de refuerzo** .- Una vez terminada la perforación, se procederá de inmediato a la colocación del acero de refuerzo previamente habilitado con separadores ( pollitos ) para garantizar un recubrimiento libre mínimo de 5 cm, entre paños de estribo y perforación
- f) **Colado** .- Inmediatamente después de instalar el armado se iniciará la colocación del concreto, debido a que puede ocurrir una segregación perjudicial del cemento y el agregado, si el concreto cae contra los lados de la excavación, se utiliza el procedimiento del tubo tremie, manteniendo el extremo inferior del tubo embebido en el concreto fresco un mínimo de 1.5 m; el revenimiento del concreto será de 18 +/- 2 cm, por ningún motivo se interrumpirá la colocación del concreto hasta completar la pila en construcción. Usualmente solo se requiere vibración en los 2 o 3 m superiores de la perforación, en los que el impacto del concreto al caer es inefectivo. El colado se llevará hasta 40 cm por arriba del nivel de desplante del cajón ( como mínimo ) para eliminar el concreto contaminado y permitir la liga estructural de las pilas

### **3.4 CONTROL DE OBRAS INDUCIDAS**

Como una definición de lo que es obra inducida tenemos:

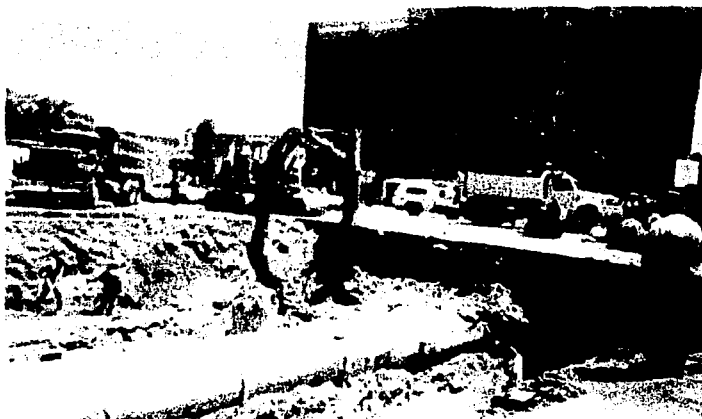
**“ Conjunto de actividades programadas, relativas a dar solución a todas aquellas interferencias que se presentan, para llevar a cabo la construcción de una obra determinada “**

**En sus diferentes soluciones el trazo de la cimentación del distribuidor vial 1° de Mayo encuentra interferencias en las redes hidráulicas y telefónicas, existentes en la zona.**

**A su vez las redes hidráulicas se clasifican en; agua potable y alcantarillado, las cuales inducen directa o indirectamente la modificación en algunos cajones y pilas de cimentación.**

**Evidentemente para resolver estos problemas, se requiere de información previa ,como es el trazo, perfil, levantamientos existentes, calas volumétricas, etc.**

**Colectores.- se consideran en esta clasificación, los conductos utilizados para la conducción y descarga de aguas negras y pluviales, cuyo diámetro sea mayor a 0.6 mts. Esta interferencia se presento en la construcción de los cajones 7,8,9 y 10 ,por tal motivo fue necesario construir ventanas en las paredes de los cajones ,así mismo se incremento la distancia entre columnas, tal fue el caso para las columnas B5,B6,B7,B8, y B9 derechas.**



**Figura 3.4 Interferencia de colector en cimentaciones**

**Cruce de tubería de agua potable de 12" de diámetro.**

Habiendo localizado la tubería se procedió a protegerla y así poder realizar la excavación. Debido a los grandes claros de los cajones, se busco la manera de no dañar la tubería al realizar la excavación. Para poder proseguir con la construcción de los cajones se decidió colgantear la tubería de agua potable para evitar que fuera a fallar por peso propio, el reporte fotográfico nos dará una mejor visualización de los trabajos realizados.



**Figura 3.4.1 Interferencia de red de agua potable**

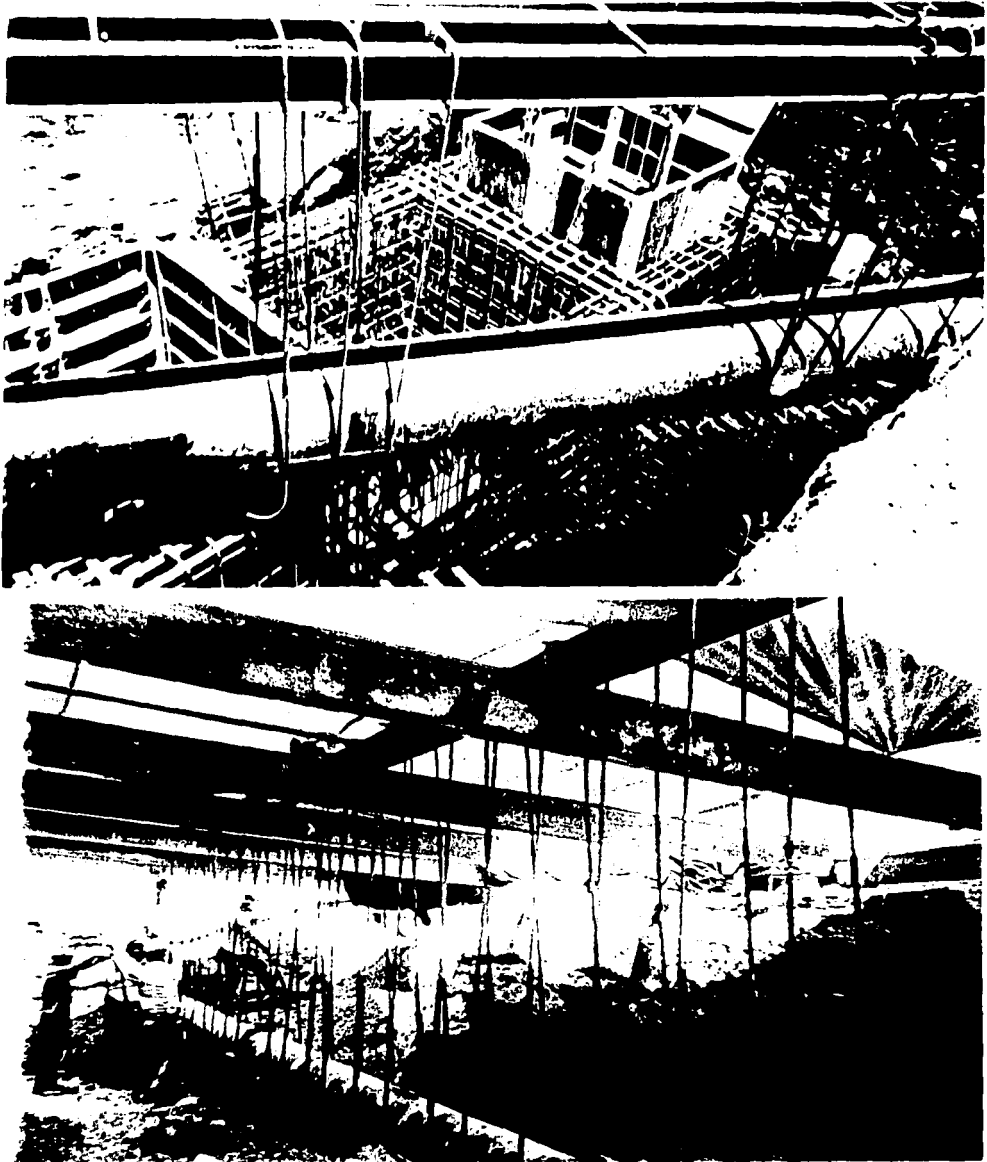


Figura 3.4.2 Colganteo de tubería de agua potable

## CAPÍTULO IV

# EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS EN LAS DIFERENTES ETAPAS DEL DISTRIBUIDOR VIAL

### 4.1 CAJONES DE CIMENTACIÓN

#### CIMENTACIONES COMPENSADAS

Una cimentación compensada es aquella en que el incremento neto de esfuerzo en el contacto cimentación-suelo es menor que la presión debida al peso total de la estructura, para lo que se realiza una excavación en donde se aloja un cajón de cimentación de peso menor que el del volumen total de suelo excavado.

En función de la relación carga total de la estructura-peso del suelo excavado, resultan tres casos de cimentaciones compensadas: parcialmente compensadas si la carga impuesta por la estructura sobre el área de cimentación es mayor que el peso del suelo excavado, totalmente compensada si dicha carga es igual al peso del suelo excavado y sobrecompensada si es menor.

En el caso de una cimentación parcialmente compensada, el incremento medio de presión en el área de desplante es positivo, pero menor que la presión de contacto cimentación-suelo. En una cimentación totalmente compensada, el incremento medio de presión sobre la superficie de desplante es nulo y en una cimentación sobrecompensada, se tiene un decremento de presión con respecto a la que estaba sometida originalmente.

Es ventajoso el empleo de los cajones de cimentación parcialmente compensados cuando el análisis sin compensación plantea un factor de seguridad bajo contra falla por capacidad de carga o deformaciones excesivas. Desde este punto de vista, puede combinarse el principio de compensación con el trabajo de pilas o pilotes; un ejemplo claro de ello es este mismo proyecto así como el uso de cimentaciones parcialmente compensadas con pilotes de fricción en el centro de la Ciudad de México.

El diseño de la losa que ha de constituir el piso del cajón de cimentación debe hacerse considerando una distribución uniforme de las cargas transmitidas por la estructura sobre el área de cimentación. En cuanto al diseño de los muros exteriores del cajón, deberá considerarse el movimiento de las paredes hacia la excavación, es decir, el empuje lateral del suelo.

## PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

A continuación se plantean los procedimientos constructivos para los cajones de cimentación, haciendo las consideraciones necesarias para este proyecto.

- a) La excavación para alojar los cajones de cimentación se hará con taludes verticales hasta el nivel de desplante.  
La excavación con maquinaria debe llevarse como máximo 0.15 mt arriba del nivel de desplante de la cimentación. El tramo restante se excava con herramientas manuales para evitar el remoldeo del material de apoyo de la cimentación.
- b) Una vez alcanzado el nivel de desplante se debe colocar a la brevedad posible una plantilla de concreto pobre ( $f'c=100$  kg/cm<sup>2</sup>) para proteger al material de apoyo de fisuramiento por pérdida de humedad.
- c) Los cortes se protegerán contra el intemperismo y el desprendimiento de los materiales, para lo que se emplea una malla de gallinero anclada al talud, sobre lo que se aplica un repellado de mortero cemento-arena de 3 cm de espesor.
- d) Concluida la excavación procede el descabezado de las pilas para la liga estructural con la losa de cimentación y contratraveses, esto se debe realizar por medios mecánicos y así mismo se elimina el concreto contaminado de la cabeza de las pilas.
- e) Posteriormente se realiza la colocación del acero de refuerzo para la losa y contratraveses, es de suma importancia que en el lugar donde se introducirán las columnas se coloque la placa de acero debidamente anclada a la losa del cajón, esta placa permite poder desplazar a la columna dentro del cajón en la etapa de nivelación. Una vez armados y cimbrados los cajones, se procede a realizar la limpieza para retirar basura dentro de los mismos, para poder dar paso al colado, en el cual se utiliza concreto con un  $f'c= 250$  kg/cm<sup>2</sup>) y un revenimiento máximo de 10 cm.



fig4.I Excavacion para cajon de cimentacion

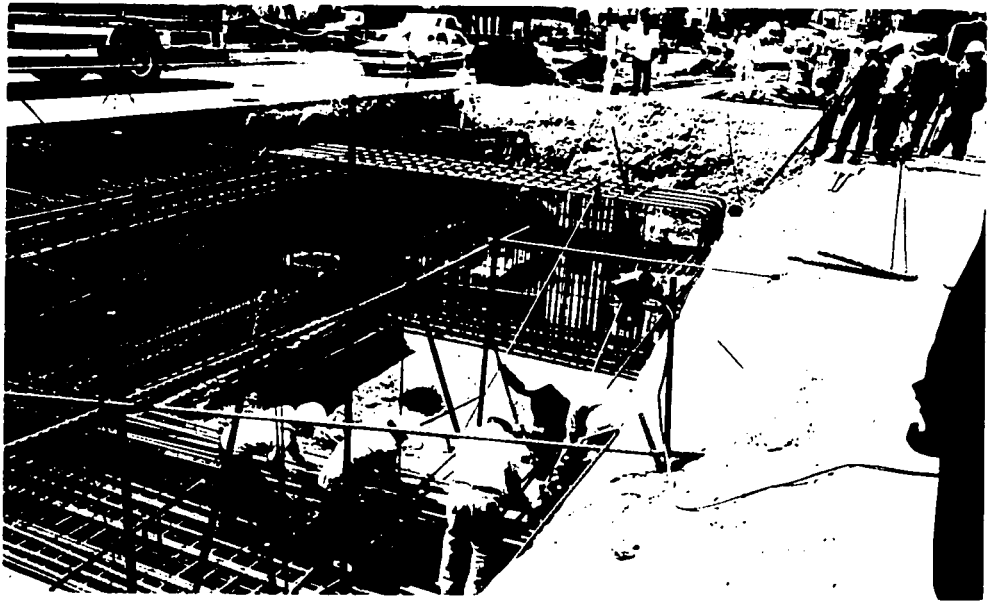


Fig. 4.I.I Armado de cajon de cimentacion

CELIS CON  
FALLA DE ORIGEN

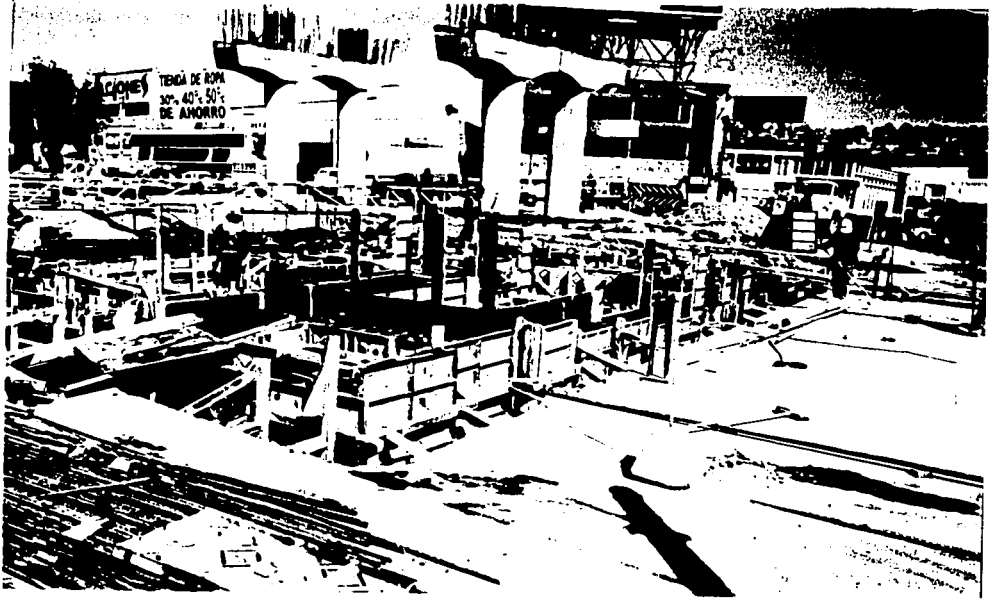


Fig. 4.12 Cimbrado de cajon



Fig. 4.13 Colado de cajon



## **4.2 COLUMNAS, CABEZALES Y TRABES (PREFABRICADOS)**

### **PREFABRICACIÓN**

**La prefabricación es un método industrial de construcción en el que elementos fabricados en grandes series por los métodos de producción en masa, son montados en las obras mediante aparatos y dispositivos elevadores. La construcción se efectúa en dos etapas: fabricación de los elementos y montaje de los mismos en la obra. Se llaman prefabricados a esos elementos, expresando así que se colocan en obra y se combinan y unen en ella cuando ya están moldeados y endurecidos previamente.**

**La construcción con elementos prefabricados tiene justificación en todos los sectores de la construcción: obras de carácter industrial, edificación general y obras públicas.**

**Los elementos constructivos pueden ser también fabricados en serie a pie de obra. En la obra se realizan elementos de grandes dimensiones, desapareciendo así dificultades de transporte. El método de fabricación es el colado en moldes fijos, en matrices; los elementos se arman con acero o con cables de pretensado según sea el caso.**

**La fabricación se hace, o bien en grandes moldes fijos o sobre las mesas de pretensado donde los cables se tensan previamente y luego se anclan, o bien los elementos en sus moldes se desplazan durante la fabricación, con lo cual se consigue una especie de producción en cadena.**

**Los elementos requieren tras el montaje unas tareas nulas o casi nulas de acabado.**

### **PRINCIPIO CONSTRUCTIVO EN LA CONSTRUCCION PREFABRICADA**

**1.- En materia de elementos-tipo debe haber el menor número posible de elementos diferentes. Esos elementos deben, en todo caso, poder ser fabricados con los mismos moldes (producción en serie).**

**2.- Deben necesitarse pocas y fáciles combinaciones y que estas sean iguales entre si para la misma obra, con lo cual su formación podrá hacerse por iguales métodos y con los mismos aparatos.**

**3.- Los elementos deben en lo posible estar previstos para realizar varias funciones. Siempre resulta más económico que para una nueva función no se requieran nuevos elementos, sino que dicha función quede solucionada con los elementos existentes.**

**4.- Los elementos deben ser fabricados mecánicamente, o por lo menos, a base de un alto grado de mecanización.**

**5.- Los elementos deben corresponder a una misma categoría de pesos, con lo cual pueden montarse con una misma grúa.**

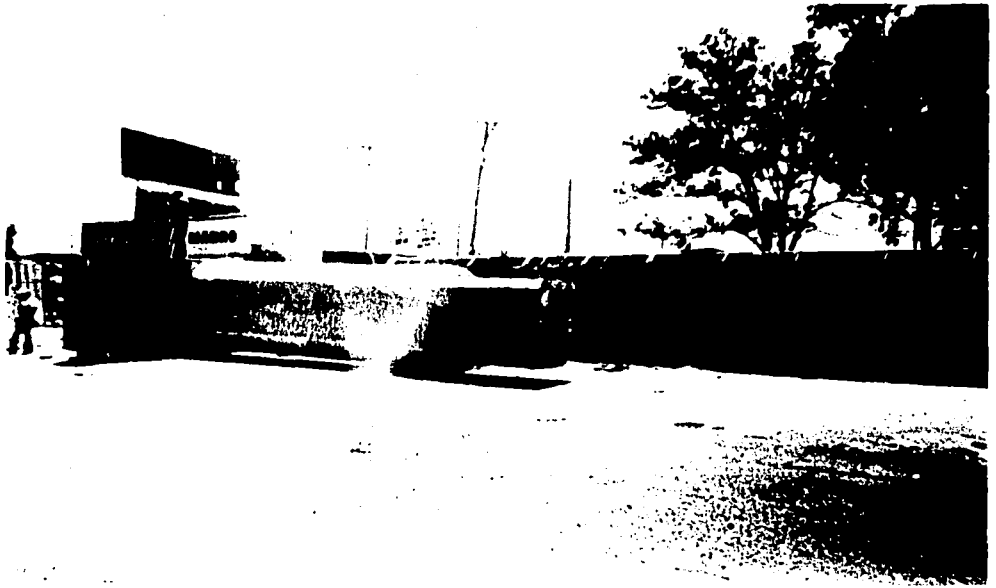


Fig. 4.2 Elemento prefabricado

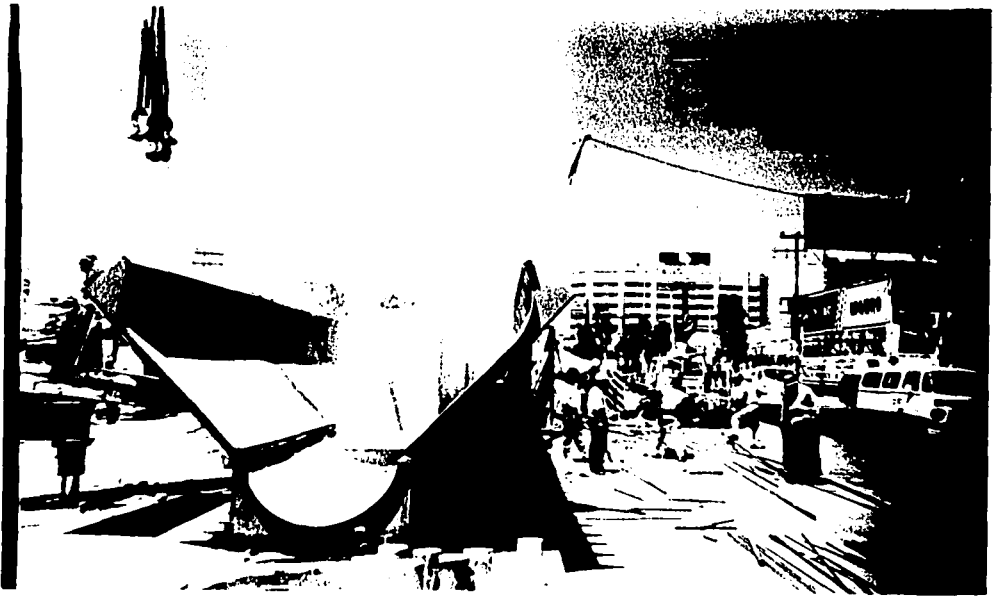


Fig. 4.2.1 Molde de acero



Fig. 4.2 Elemento prefabricado

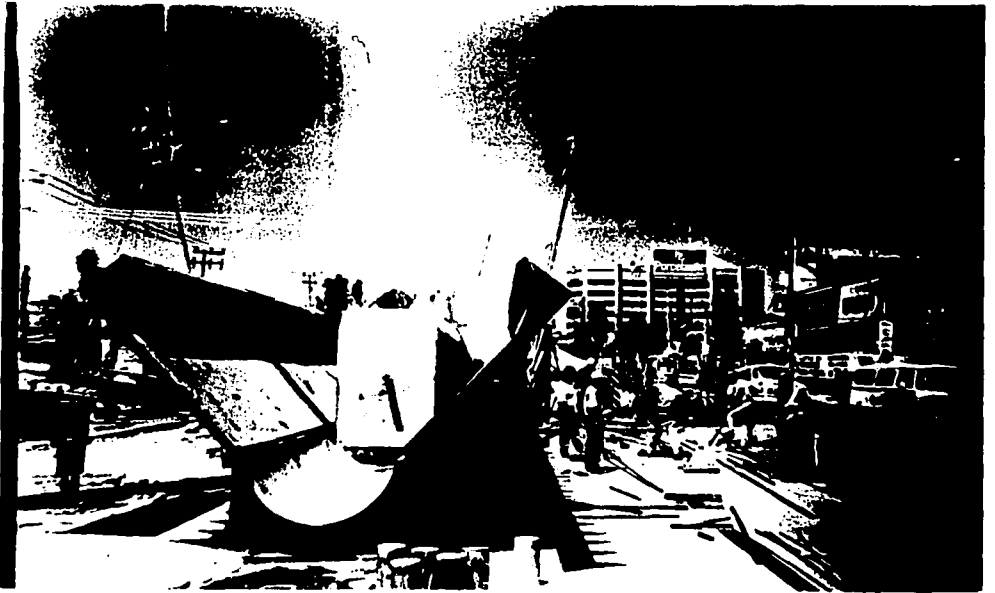


Fig. 4.2.1 Molde de acero

## CONSTRUCCION DE LOS MOLDES

Bajo el concepto de molde entendemos todo dispositivo de moldeo utilizado para la fabricación de piezas prefabricadas. Los moldes constituyen un factor importante entre los medios de fabricación. Su repercusión en los costos en respecto a la inversión total es relativamente elevado. Tienen que cumplir una serie de condiciones y requisitos, ya que la exactitud y precisión de los elementos y su calidad dependen en alto grado de los moldes. Son preferibles los moldes que:

- a) Tienen estabilidad de volumen, a fin de poder asegurar medidas correctas en las piezas.
- b) Son utilizables reiteradas veces.
- c) Presentan poca adherencia con el concreto y permiten fácil limpieza.
- d) Son transportables para el caso de que se trate de una fabricación en cadena o de prefabricación a pie de obra.

## MOLDES DE ACERO

Los moldes de acero se utilizan cada vez más en prefabricación, debido a que cumple prácticamente, totalmente las exigencias antes mencionadas. Son relativamente caros, por lo que es oportuno su empleo, en series grandes, o bien cuando los moldes estén conformados de tal modo que sea posible introducir alteraciones en su perfil. Los moldes han de estar contruidos de modo tal que para el desmolde tenga que moverse el menor número de piezas posibles.

Al descomponer los moldes durante el desmolde tiene como consecuencia que a continuación han de unirse de nuevo, pudiendo surgir alteraciones en este montaje, lo cual a su vez puede disminuir la exactitud de medidas y la vida del molde.

Las piezas componentes del molde de acero, se unen por medio de pernos o abrazaderas. La adherencia entre el molde de acero y el elemento de concreto es relativamente baja, debido a la superficie lisa del acero; para un manejo correcto de los moldes el desmolde no suele presentar dificultades.

Una vez que se endurece el concreto, se descimbra parcialmente el miembro: por ejemplo, se quitan las cimbras laterales, pero se deja en su lugar la inferior. Como habrá contracciones, las cimbras que permanecerán colocadas deben diseñarse para permitir que tenga lugar ese cambio de volumen.

En el caso de elementos presforzados al aplicar el presfuerzo se acortará el miembro y puede también girar (contraflecha) por lo que las cimbras deben diseñarse y construirse para permitir dicho acortamiento sin restricciones indebidas, tomando la contraflecha y también el cambio en la distribución del peso del miembro

## **DEFINICIÓN DE PRESFUERZO**

**El presfuerzo significa la creación intencional de esfuerzos permanentes en una estructura o conjunto de piezas, con el propósito de mejorar su comportamiento y resistencia bajo condiciones de servicio y de resistencia. Los principios y técnicas del presforzado se han aplicado a estructuras de muchos tipos y materiales, la aplicación más común ha tenido lugar en el diseño del concreto estructural.**

**El concepto original del concreto presforzado consistió en introducir en vigas, suficiente precompresión axial para que se eliminarán todos los esfuerzos de tensión que actuarán en el concreto. Con la práctica y el avance en conocimientos, se ha visto que esta idea es innecesariamente restrictiva, pues pueden permitirse esfuerzos de tensión en el concreto y un cierto ancho de grietas.**

**Dos características diferentes pueden ser aplicadas para explicar y analizar el comportamiento básico del concreto presforzado:**

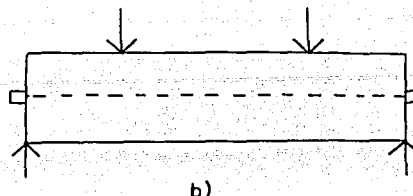
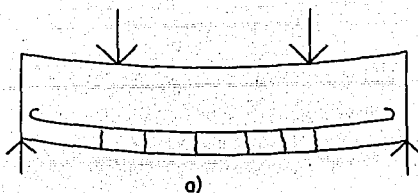
- a) Presforzar para mejorar el comportamiento elástico del concreto; Este concepto trata al concreto como un material elástico y probablemente es todavía el criterio de diseño más común entre ingenieros.**

**El concreto es comprimido (generalmente por medio de acero con tensión elevada) de tal forma que sea capaz de resistir los esfuerzos de tensión.**

**Desde este punto de vista el concreto esta sujeto a dos sistemas de fuerzas: presfuerzo interno y carga externa, con los esfuerzos de tensión debido a la carga externa contrarrestados por los esfuerzos de compresión debido al presfuerzo. Similarmente el agrietamiento del concreto debido a la carga es contrarrestado por la compresión producida por los tendones. Mientras que no haya grietas, los esfuerzos, las deformaciones y deflexiones del concreto debido a los dos sistemas de fuerzas pueden ser considerados por separado y superpuestos si es necesario.**

- b) Presforzar para aumentar la resistencia última del elemento; Este concepto es considerar el concreto presforzado como una combinación de acero y concreto, similar al concreto reforzado, con acero tomando tensión y concreto tomando compresión de tal manera que los dos materiales formen un par resistente contra el momento externo (en el caso de columnas y cabezales).**

**En el concreto presforzado se usa acero de alta resistencia que tendrá que fluir (siempre y cuando la viga sea dúctil) antes de que su resistencia sea completamente alcanzada. Si el acero de alta resistencia es simplemente embebido en el concreto, como en el refuerzo ordinario de concreto, el concreto alrededor tendrá que agrietarse antes de que la resistencia total del acero se desarrolle.**



- a) Simplemente reforzado.- grietas y deflexiones excesivas  
 b) Presforzado.- sin grietas y con pequeñas deflexiones

De aquí que es necesario pre-estirar o presforzar el acero. Presforzando y anclando el acero contra el concreto, se producen esfuerzos deseables. Estos esfuerzos permiten la utilización segura y económica de los dos materiales para claros grandes lo cual no puede lograrse en el concreto simplemente reforzado.

## TRABES CAJÓN

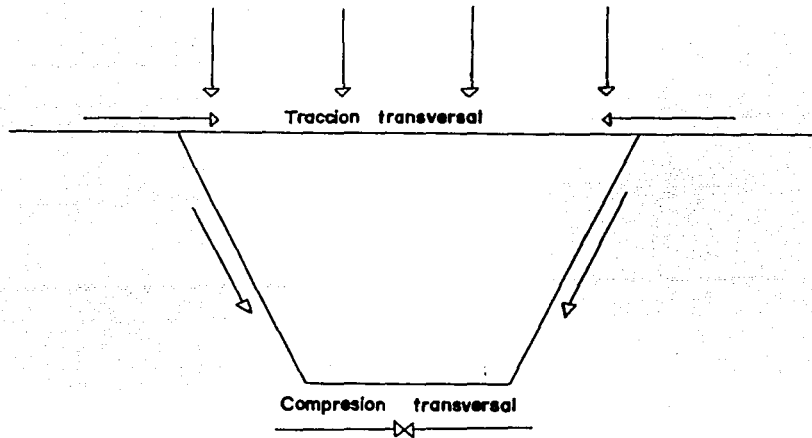
El concreto presforzado ha demostrado ser técnicamente ventajoso, económicamente competitivo y estéticamente superior para puentes, esto es para estructuras de claros muy cortos que emplean componentes prefabricados estándar, hasta las travesas atirantadas con cables y las travesas de sección cajón continuas con longitudes de claros grandes. Casi todos los puentes de concreto son ahora presforzados.

El puente de trabe cajón tiene una losa superior que sirve como cordón de la trabe. La trabe cajón tiene por lo menos dos almas o nervaduras (cajón monocelular) o bien, más de dos almas (cajón multicelular).

Las almas están unidas en la parte inferior por una losa. El cajón cerrado se destaca por su gran rigidez a flexión y torsión y por su gran dimensión del núcleo central.

La elevada rigidez a la torsión se aprovecha de diversas formas, por ejemplo para grandes voladizos del patín superior, o para la adopción de columnas intermedias, ubicadas solo en el eje medio de la trabe cajón.

Actualmente son consideradas para longitudes de claro de 20 a 45 mts. Se puede incrementar el claro hasta 60 mts con vigas tipo Gerber. Más allá de este rango es probablemente más económico seleccionar con otro tipo diferente de estructuración.



La inclinación de las almas permite reducir el ancho de la losa inferior. Ya se han ejecutado inclinaciones de alma de hasta  $30^\circ$ . Debe prestarse atención a que el alma inclinada hacia fuera transmite el esfuerzo inclinado a su plano a las losas y por ello, para el peso propio las losas están sometidas a esfuerzos normales, arriba en forma de tracción transversal y abajo en forma de compresión.(ver figura)

### VENTAJAS DE LA TRABE CAJÓN

- Alta rigidez torsional y flexionante, comparado con un elemento equivalente de sección abierta.
- Nervaduras anchas. Debido a esto es posible usar grandes relaciones de claro-peralte  $L/20$ .
- El mantenimiento es más sencillo que para una trabe equivalente de sección abierta. El espacio interior puede ser herméticamente sellado, y el aire adentro puede secarse para proveer una atmósfera no corrosiva.
- La apariencia de una trabe cajón es generalmente más atractiva.

### FABRICACION EN LAS MESAS DE PRESFUERZO

Este procedimiento de fabricación es adecuado para elementos grandes y largos. El lecho o mesa de presfuerzo para las trabes cajón, consiste en esencia en tres partes;



Fig.4.2.2 Mesa de presfuerzo



Fig. 4.2.3 Cabezal de presfuerzo



**Molde.-** Cimbra metálica.

**Columnas.-** Absorben el presfuerzo.

**Cabezales.-** Lugar donde se colocan las placas de sujeción.

La cimentación (columnas y cabezales) de concreto está dispuesta de manera que los esfuerzos resultantes de pretensado pueden ser soportados y transmitidos al suelo; sin embargo lo que es decisivo para las dimensiones de dicha cimentación es la resistencia al volteo.

Los cabezales o puente de tensión, son los que transmiten a las columnas los esfuerzos de pretensado.

Los distintos alambres del pretensado van anclados por medio de cuñas a una placa perforada o placa de sujeción. La placa perforada puede ser también un perfil "doble T" que luego se recubre de concreto.

Una vez que las piezas han adquirido la debida resistencia es necesario traspasar a ellas las tensiones del pretensado. Si dicho traspaso se hace bruscamente, por ejemplo, cortando con soplete los torones, pueden producirse daños en el elemento y en el molde.

Para evitarlo se instala un dispositivo distensor que permite efectuar gradualmente el traspaso o transferencia de los esfuerzos y tensiones del pretensado. Este dispositivo distensor consta de unos gatos hidráulicos, los cuales pueden ir montados en la placa perforada. Con ello se puede hacer gradualmente la transferencia de las tensiones del pretensado al elemento endurecido.

## **ACERO DE PRESFUERZO**

El acero de alta resistencia es casi el material universal para producir el presfuerzo y suministrar la fuerza de tensión en el concreto presforzado.

El método más común para aumentar la resistencia a la tensión del acero para presforzado es el templado en frío de varillas de alta resistencia a través de una serie de tintes. El proceso de templado en frío tiende a alinear los cristales, y se incrementa la resistencia en cada tirón, mientras más pequeño es el diámetro de los alambres, más alta es su resistencia unitaria a la ruptura.

El torón es el miembro utilizado en el pretensado. El torón es fabricado con siete alambres, seis firmemente torcidos alrededor de un séptimo de diámetro ligeramente mayor. El paso de la espiral de torsión es de 12 a 16 veces el diámetro nominal del cable, teniendo una resistencia a la ruptura garantizada de 17590 kg/cm<sup>2</sup> conocido como grado 250 K con una resistencia mínima a la ruptura de 18990 kg/cm<sup>2</sup>. Para la fabricación de las trabes TA y TC utilizadas en este proyecto, cada torón fue sometido a una fuerza de presfuerzo de 13700 kg fuerza.

## **CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA**

El concreto que se utiliza en la construcción presforzada se caracteriza por una mayor resistencia que aquel que se emplea en concreto reforzado ordinario. Se le somete a fuerzas más altas y por lo tanto un aumento en su calidad generalmente conduce a resultados más económicos. El uso de concreto de alta resistencia permite la reducción de

las dimensiones de la sección de los miembros a un mínimo, lográndose ahorros significativos en carga muerta siendo posible que grandes claros resulten técnica y económicamente posibles. Las objetables deflexiones y el agrietamiento, que de otra manera estarían asociados con el empleo de miembros esbeltos sujetos a elevados esfuerzos, pueden controlarse con facilidad mediante el presfuerzo.

La práctica actual pide una resistencia de 350 a 500 kg/cm<sup>2</sup> para el concreto presforzado, mientras el valor correspondiente para el concreto reforzado es de 200 a 250 kg/cm<sup>2</sup>.

Alta resistencia en el concreto presforzado es necesaria por varias razones.

- Para minimizar su costo, los anclajes comerciales para el concreto de presfuerzo son diseñados con base de concreto de alta resistencia. De aquí que el concreto de menor resistencia requiere anclajes especiales o puede fallar mediante la aplicación del presfuerzo. Tales fallas pueden tener lugar en los apoyos o en la adherencia entre el acero y el concreto, o en la tensión cerca de los anclajes.
- El concreto de alta resistencia a la compresión, ofrece una mayor resistencia a tensión y cortante, así como a la adherencia y al empuje, y es deseable para las estructuras de concreto presforzado ordinario.
- Otro factor es que el concreto de alta resistencia está menos expuesto a las grietas por contracción que aparecen frecuentemente en el concreto de baja resistencia antes de la aplicación del presfuerzo.

### **ACOMODO DEL CONCRETO**

Es la operación según la cual el concreto recién colado dentro de las cimbras, se somete a acciones que le permiten fluir para llenar todo el espacio confinado por los mismos. La práctica obligada para acomodar el concreto consiste en someterlo a vibraciones, por medio de equipo que suele ser de tres clases diferentes.

- a) Los de inmersión, que actúan sumergidos en el concreto.
- b) Los externos, que se adosan alas cimbras.
- c) Los de superficie, que se emplean apoyados sobre el concreto.

De ellos, los de inmersión son los más aptos y eficaces en diversas condiciones de trabajo. En consecuencia son los más usados.

### **CURADO DEL CONCRETO**

Es un conjunto de condiciones favorables que deben prevalecer en el concreto recién colado, para que la evolución de la hidratación del cemento que contiene se desarrolle normalmente hasta que el concreto alcance las propiedades correspondientes a la calidad de sus componentes y la proporción en que se les combine.

Para que el cemento se hidrate normalmente, es decir que adquiera madurez en forma gradual pero sostenida, se necesitan dos condiciones primordiales en el concreto.

- Existencia permanente de agua en cantidad suficiente.
- Conservación de la temperatura dentro de límites adecuados.

El fenómeno físico-químico del fraguado, se inicia en cuanto se mezcla el cemento con el agua. El proceso de hidratación se desarrolla mientras exista agua suficiente, en el momento en que esta condición deja de ocurrir el proceso se frena.

La temperatura juega un papel muy importante en el desarrollo del proceso de hidratación del cemento. Temperaturas entre 40 y 90°C son aconsejables en periodos cortos, a fin de acelerar la velocidad inicial de hidratación, mediante la aplicación del procedimiento a vapor a presión atmosférica.

Siendo el vapor de agua el mejor aportador en conjunto de calor-humedad, que son los dos elementos indispensables para el curado térmico del concreto, se comprende que este sistema de transmitir el calor a una masa de concreto sea el de mayor aplicación en la industria de prefabricación, además de ser de instalación y aplicación práctica mucho más fácil, tanto industrial como tecnológicamente. Se dice que el curado a vapor a baja presión, aplicado adecuadamente, mejora la calidad de los productos de concreto.

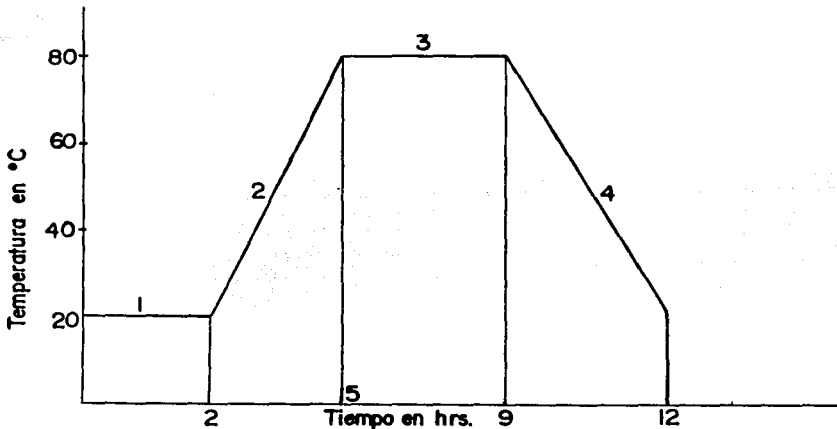
Esta técnica ha hecho posible la producción de elementos de concreto presforzado y reforzado en forma económica permitiendo la utilización diaria de las cimbras, también ha hecho factible acortar el tiempo entre la fabricación y el montaje, eliminando en gran parte la necesidad de grandes almacenamientos.

En el curado de las piezas de concreto no deben existir interrupciones, tanto en los periodos relativos a la calefacción como al enfriamiento.

El ciclo completo de curado con vapor lo constituyen cuatro fase o etapas cuya sucesión, sin solución de continuidad, corresponde a las operaciones siguientes.

- 1.- Periodo de conservación inicial.
- 2.- Periodo de calentamiento, de elevación de temperatura o de velocidad de calefacción °C/hr
- 3.- Periodo de mantenimiento o de duración de la temperatura máxima.
- 4.- Periodo de enfriamiento, de descenso de temperatura o de velocidad de enfriamiento °C/hr.

El ciclo puede esquematizarse con valores medios en la siguiente figura.



## TRANSPORTE DE ELEMENTOS PREFABRICADOS

El transporte de los elementos está en función de sus dimensiones y peso, además de las condiciones del medio y equipo disponible.

El transporte de elementos de concreto, se da generalmente por carretera, tal fue el caso para esta obra.

Al transporte por carretera hay que darle mayor importancia, ya que a la mayor parte de las obras de construcción solo puede llegarse por este medio. El transporte por carretera está regido por reglamentos legales de tráfico, que determinan la altura y anchura máxima de lo transportado y en muchos casos la longitud, el peso y el número de piezas.

La anchura del transporte está limitada a 2.4 o 2.5 mts, por lo que en este caso de trabes cajón, las cuales alcanzan en sus aleros un ancho de 3.9 mts, resulta necesario que el transporte vaya acompañado por un policía de tránsito así como una señal que sea visible para indicar que es un transporte con exceso de dimensiones.

De igual forma resulta muy importante plantear y trazar una ruta para el transporte de las piezas (columnas, cabezales y trabes) ya que es de primordial importancia saber si las estructuras (puentes, carreteras) por donde van a transitar los trailers con las piezas están diseñadas para soportar las cargas a las que van a ser sometidas, hay que tomar como referencia que las trabes TA tienen un peso de 110 toneladas, esto muestra claramente lo primordial que es el saber por donde pueden transitar estos elementos.

Se debe tener mucha precaución cuando en la zona de obra, existan líneas de agua potable o redes de telefonía o alguna otra obra inducida a una profundidad menor de 80 cm, ya que debido a los grandes pesos de los elementos pueden dañarse estas líneas de conducción.

Es preciso recorrer previamente la ruta a seguir, observando las posibles restricciones al tráfico. En este aspecto es importante el radio de giro y el de maniobras del vehículo. Para el uso del equipo de transporte se deben conocer también las condiciones de la carretera.

Todos los aspectos que se mencionaron anteriormente son de importancia para llevar a cabo el transporte de los elementos estructurales, pero como se mencionó, el aspecto legal es también muy importante ya que el sistema de transporte por vía terrestre-carretera, esta regulado por reglamentos legales de tráfico que son los que marcan limitaciones.

Es el gobierno federal el que crea estas limitaciones, a través de la secretaria de comunicaciones y transportes (S.C.T). De aquí que para obtener el permiso de transporte, el transportista encargado del flete deberá solicitar un permiso a la secretaria a través de una solicitud dirigida a la Dirección General de Tránsito.

Para la concesión de estos permisos, la Dirección General de Tránsito Federal, exige que la transportación de los elementos estructurales debe efectuarse bajo las normas siguientes:

- Los pesos que transmiten los ejes de equipo de transporte deberán estar dentro de las especificaciones de carga rodante para caminos y puentes.
- Las unidades móviles deberán tener sistema de señalamiento mediante luces o banderolas, además de un letrero adelante y otro atrás con letras de color y especificando "PELIGRO", estas deberán colocarse en un lugar visible.
- Para el transporte de elementos estructurales de grandes dimensiones, las unidades de transporte deberán ser escoltadas por dos carros piloto, uno adelante y otro atrás con sus respectivos sistemas de señalamiento (letreros, banderolas y luces intermitentes).

## **MONTAJE EN OBRA**

El trabajo de montaje en la construcción obedece básicamente a la elevación vertical de cargas, en el posicionamiento de las mismas y en la sujeción de cada una de ellas a una posición fija hasta que esta colocada en forma segura y pueda soltarse.

Estos trabajos u operaciones se realizan mediante diferentes equipos. De ellos existe una gran variedad que puedan realizar la elevación y montaje de elementos prefabricados de concreto, debido a lo anterior, es muy importante saber seleccionar el equipo a utilizar pero dependiendo de distintos factores, entre los más importantes están:

- 1.- Número de elementos.
- 2.- Características y dimensiones de los elementos.
- 3.- Peso.
- 4.- Altura de la obra.
- 5.- Distribución en planta de la edificación.
- 6.- Líneas elevadas de transmisión de corriente eléctrica que no pueda moverse o desenergizarse.
- 7.- Circunstancias de la ubicación: accesos, topografía(acceso a la obra).
- 8.- Las cimentaciones y condiciones del terreno.
- 9.- Selección del método de montaje (el más seguro y al menor costo).

**Siempre que sea posible se empleará un solo tipo de los equipos de montaje disponibles, para que así solo sea necesario una clase de personal de montaje de obras.**

**Para la selección de equipo también es necesario analizar las cualidades técnicas de los equipos de montaje como son:**

- a) Capacidad de elevación; peso y distancia de colocación, así como altura máxima alcanzable.**
- b) Rendimiento; velocidad de trabajo.**
- c) Precisión; colocar fácilmente y sin golpear.**
- d) Movilidad; según las necesidades de la obra.**

**Estos equipos de montaje tienen ciertos componentes básicos. Las partes comunes para el montaje son la pluma como miembro principal de soporte, y los cables y herramientas que sirven para levantar las cargas. La pluma posee cables de soporte y otros que levantan y mueven cada carga.**

## **GRÚA MÓVIL**

**La parte distintiva de la grúa móvil es la pluma, que puede ser una estructura reticulada abierta o una estructura cerrada telescópica (figuras 4.14 a 4.17).**

**En cualquiera de los dos casos, la pluma esta articulada en la base en su parte de soporte y puede pivotar en su plano vertical. Para mover una carga lateralmente, la pluma gira con toda la superestructura en un plano horizontal.**

**La unidad controlada por cables tiene dos tambores en el conjunto de potencia de la superestructura. Estos corresponden a los tambores del malacate principal y del malacate secundario.**

**La pluma telescópica hidráulica puede cambiar su longitud con facilidad con el equipo básico. La pluma está formada por varias secciones concéntricas que pueden ser rectangulares, triangulares o tubulares redondos, que tienen una acción telescópica hacia arriba y hacia fuera, quedando la sección más grande en el punto de soporte de la base.**

**Como en el caso de las plumas reticuladas o de celosía, la mayor extensión de la pluma telescópica a un ángulo dado (generalmente 70°) reduce la capacidad de carga de la grúa y el peligro de presentarse un volteo en la misma.**

**Las grúas apoyadas en tierra deben tener un soporte firme, adecuado para soportar las cargas temporales bajo sus gatos hidráulicos de apoyo; la posición de la grúa, los ángulos de izaje y el radio de trabajo deben trazarse en dibujos de trabajo, situándolos y haciéndolos cumplir con exactitud en el campo.**

**Cuando se usan dos grúas para montar un solo elemento, cada una debe tener capacidad para tomar cuando menos el 66% de la carga total y deben tomarse precauciones para evitar el balanceo y los tirones laterales sobre los brazos de las grúas, así como para asegurar que la pieza no golpee uno de estos durante los pasos sucesivos en su rotación.**

## CÁLCULO DE EQUIPO

Para el montaje de los diferentes elementos, existe una gran variedad de equipos; por lo tanto para elegir el equipo adecuado de montaje es necesario conocer y contar con los siguientes datos:

- Planos de montaje y fabricación.
- Dimensiones y pesos de los elementos.
- Tablas de capacidad de los diferentes equipos.

De los planos de montaje se toman el radio y la altura de operación que se necesita para el montaje de los elementos que intervienen en la obra.

En caso de no contar con planos se debe tener la suficiente experiencia y conocimientos para realizarlo de manera rápida y eficiente; de tal forma que para conocer la capacidad del equipo a usar se tendrá que realizar una visita a la obra para determinar los radios y las alturas de operación, así como las restricciones existentes para los montajes.

Los planos de fabricación nos dan a conocer las dimensiones(secciones y longitudes), peso de los elementos, además explican en forma detallada, los armados de refuerzo y presfuerzo y los accesorios metálicos.

Con los datos anteriormente conocidos, se elabora un croquis tomando como base el radio y la altura de operación más críticos, de este croquis se obtiene el ángulo de trabajo y la longitud de pluma.

El radio de operación o de trabajo es la distancia horizontal de la línea del centro de rotación a la línea vertical del centro de gravedad de la carga, y la altura es la distancia vertical medida del nivel de piso terminado a la parte superior de la pieza en su posición final. Al tomar esta distancia para el cálculo de longitud de pluma, se debe considerar una tolerancia por encima de la pieza más alta que permita pasar a las poleas de carga cuando están en su posición más alta, así como el gancho y el estrobo colocado entre el gancho y la parte superior de la pieza.

La localización de los ganchos de izaje de los elementos se toma de los planos de fabricación, cuya longitud de separación de ganchos y peso de los elementos sirve para determinar los accesorios tales como: estrobos (cables de acero), grilletes y cuando sea necesario el balancín. El balancín es una armadura tridimensional que se utiliza cuando no existe el espacio suficiente para izar al elemento de los ganchos de izaje, el balancín permite sujetar al elemento desde el límite de sus extremos y de esta forma el peso del elemento se reparte en las barras de la estructura.

Es recomendable que en el montaje los estrobos trabajen a  $45^\circ$ , ya que de esta manera tanto los cables como la grúa realizan menos esfuerzo. Además el que trabajen a  $45^\circ$ , es la forma más práctica de obtener la longitud del estrobo.

## **IZADO**

**Antes de izar cualquier pieza, el responsable, de preferencia el superintendente, debe revisar que las grúas estén bien apoyadas, con los estabilizadores de apoyo (generalmente placas metálicas de espesor considerable), o que las plumas estén en buenas condiciones de trabajo y los malacates en condiciones adecuadas.**

**Para descargar los transportes en el lugar de la obra deben usarse estrobos con la capacidad suficiente y longitud necesaria para manejar las cargas sujetándolos por los extremos y estabilizando la carga según se va izando desde el transporte y se lleva al área de montaje para seleccionar, distribuir y después montar los diferentes miembros requeridos.**





Fig. 4.2.4 Montaje de columna

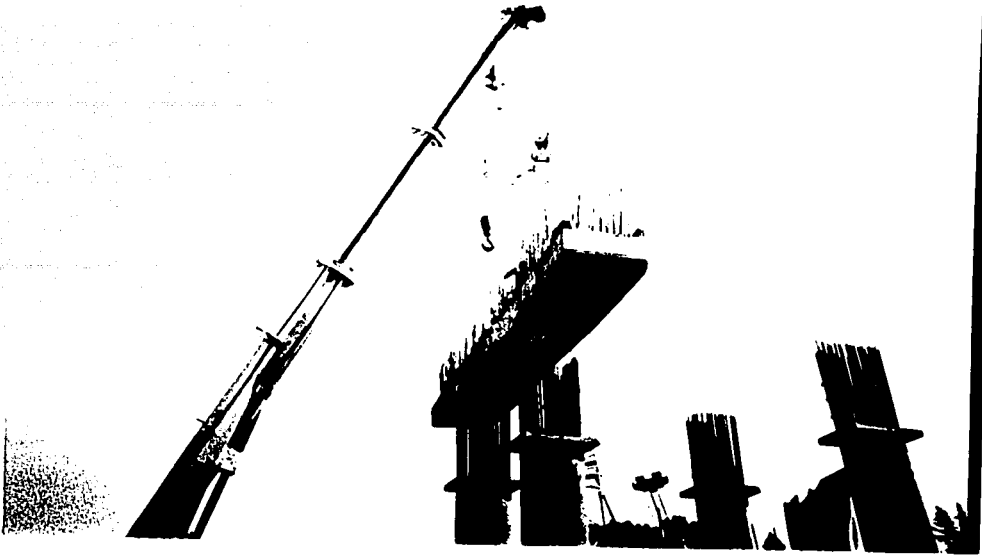


Fig. 4.2.5 Montaje de cabezal



Fig. 4.2.6 Montaje de trabe

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **DIAFRAGMAS EN TRABES**

Existen dos tipos de diafragmas, intermedios y de esquina.

La utilidad y la acción de diafragmas intermedios en traves de concreto de sección cajón permiten que las traves TA puedan estar rigidamente conectadas a las columnas, formando un empotramiento, estos diafragmas son de concreto armado y se puede decir que son la segunda etapa de los cabezales.

Los diafragmas metálicos o de esquina son usados para transferir los momentos a la subestructura. Este tipo de diafragmas conecta las nervaduras con las losas de piso y de cubierta con lo que se logra transferir eficazmente las cargas verticales y horizontales hacia los apoyos. Este tipo de diafragmas también restringe el movimiento relativo entre traves.

## **MÉNSULAS**

En estructuras continuas largas se presentan a todo lo largo movimientos debidos a cambios de temperatura y contracción, estos movimientos producen grandes momentos en las mismas y causan serios problemas en el diseño.

Generalmente, las juntas de expansión son la única parte de la estructura que requiere de mantenimiento. Es virtualmente imposible cualquier tipo de junta constructiva que no produzca sensación de golpeo o brinco en los vehículos que transitan sobre esta, de la misma manera es sumamente difícil construir juntas herméticas.

Las ménsulas son el eslabón más débil de la trabe durante sismo. Estas deben estar diseñadas para acomodar los cambios de longitud debidos a variaciones térmicas, pero si se permite mucho movimiento durante el sismo, la estructura puede fallar.

## **APOYOS**

Los apoyos de la trabe se colocan en las caras de la ménsula que quedarán unidas, de manera que estos absorban los movimientos horizontales o deslizamientos provocados por cambios de temperatura, contracción o fuerzas externas.

El neopreno (caucho sintético) es el utilizado como apoyo de tipo elástico debido a que absorbe los movimientos existentes en la estructura. Puesto que se trata de una estructura prefabricada formada a manera de rompecabezas, es necesario prever que los movimientos que se tengan no provoquen choques entre pieza y pieza que pudiera dañarlas.

La resistencia a compresión del neopreno es adecuada para soportar cargas de puentes. Diseñado correctamente, un apoyo de neopreno es capaz de soportar cargas de compresión que provoquen esfuerzos de más de 70 kg/cm<sup>2</sup>.

El deslizamiento bajo carga de compresión no es excesivo, solamente 1/32 a 1/16 de pulgada por pulgada del espesor del apoyo, si este es diseñado correctamente.

Existen dos tipos de apoyos, los apoyos fijos y los móviles.

Los apoyos fijos son los que absorben las cargas de compresión y tienen un rango de movimiento menor que el de los apoyos móviles.

Los apoyos móviles cuentan con una placa de neopreno que se coloca en la ménsula de la trabe TA.

Los apoyos móviles absorben los movimientos horizontales o deslizamientos que se presentan en los elementos de la superestructura provocados por:

- a) **Temperatura.-** El concreto esta sometido a cambios volumétricos por temperatura. Se han determinado algunos coeficientes de expansión térmica que oscilan entre 0.000007 y 0.000011 de deformación unitaria por °C de cambio de temperatura, los valores anteriores corresponden a un concreto de peso volumétrico 2.2 ton/m<sup>3</sup>. Para efectos de cálculo generalmente se toma el valor de 0.000009.
- b) **Contracción del concreto.-** La deformación por contracción se debe a cambios en el contenido de agua del concreto a lo largo del tiempo. El agua de la mezcla se va evaporando e hidrata el cemento. Esto produce cambios volumétricos en la estructura interna del concreto, que a su vez produce deformaciones. Se puede estimar que las deformaciones unitarias debidas a contracción varían entre 0.002 y 0.0010.

Para los apoyos móviles es necesario la utilización de dos placas de neopreno debido a que se requiere tener mayor libertad en la presencia de estos movimientos presentados.

De igual forma resulta importante mencionar que para alcanzar la nivelación entre las losas superiores de las trabes en el momento del montaje, se requiere de la construcción de los zoclos de nivelación en las ménsulas de las trabes, estos zoclos son de concreto de alta resistencia 500kg/cm<sup>2</sup>, sobre estos zoclos se colocarán las placas de neopreno.

## 4.3 FIRME DE COMPRESION Y CARPETA ASFÁLTICA

### FIRME DE COMPRESION

Cuando las traveses han sido montadas, como se menciona anteriormente, tienen diafragmas de concreto y metálicos que rigidizan estos elementos, otro elemento para rigidizar el conjunto de traveses es el firme de compresión.

Se trata de una losa de concreto armado ( $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ ), el cual se ancla con el armado que sale de las almas de la trabe cajón, de esta forma se rigidiza toda el área, quedando solamente las áreas de las llaves de cerramiento las cuales son colocadas donde se encuentran los apoyos móviles, esto debido a que las llaves de cerramiento actúan de forma libre cuando se presenta un sismo permitiéndole a la estructura comportarse a manera de rompecabezas, es decir, en vez de tener una sola estructura totalmente rígida de una longitud enorme, se tiene una estructura rígida pero fragmentada con lo cual los posibles daños que se presenten en caso de sismo se ven reducidos considerablemente. Es por eso que el colado del firme de compresión se ve interrumpido en estas áreas.

Anteriormente para el firme de compresión se utilizaban barras de acero de refuerzo con un límite de fluencia de  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ , es decir con las barras y diámetros convencionales. Para este proyecto se utilizó malla electrosoldada de 5/16 de diámetro con un límite de fluencia  $f_y=5000 \text{ kg/cm}^2$ .

Esta sustitución del acero de refuerzo por malla, permite una mayor rapidez de colocación con un incremento en el límite de fluencia.

El acabado rugoso en el firme de compresión permite la adherencia requerida para con la carpeta asfáltica.

### RAMPAS DE ACCESO

Para la construcción de las rampas de acceso se utilizó material ligero, con esto se trata de conseguir, material de bajo peso específico, en este caso tezontle, a fin de lograr así que se reduzcan al máximo las presiones comunicadas al terreno natural, de modo que si las rampas se construyen con materiales pesados aumentará la carga transmitida al suelo, lo cual puede reducirse considerablemente con el uso de materiales ligeros, siendo la sobrecarga menor.

En la construcción de las rampas de acceso se utilizó el geotextil entre el material de tezontle y la base hidráulica.

### USO DE GEOTEXILES

Para fines de construcción, una membrana (geotextil) debe cumplir tres funciones principales.

- Separación.- evitar que el material de la rampa y la base se mezclen, con lo que se contaminaría la base.

- **Refuerzo.-** proporcionar resistencia a la tensión a fin de mantener la estructura unida. Debido a su baja deformabilidad, reduce la incrustación total pues las fuerzas que producen la penetración irregular del agregado son transmitidas al geotextil que equivale a una capa adicional de material pero con características complementarias como son: resistencia a la tensión, continuidad (no se disgrega), ligereza, delgadez, permeabilidad y rapidez de colocación.
- **Filtro.-** evitar que los suelos se muevan a la vez que permite el paso del agua a todo lo largo de la membrana. La estructura porosa del geotextil le ofrece propiedades de permeabilidad y filtraciones. Por ello permite la liberación de presiones de poro, incrementando gradualmente la resistencia del suelo al reducirse los vacíos bajo la carga aplicada.

## **CARPETA ASFÁLTICA**

### **• Riego de impregnación en base.**

Su objetivo es el de proteger la base hidráulica de la lluvia y del tránsito de vehículos y de personas durante la construcción. Además sirve como zona de transición entre la base hidráulica y la capa siguiente (carpeta asfáltica), de tal manera que el riego de liga tenga una superficie afín para asegurar el anclaje de la capa siguiente.

Una vez alcanzado el grado de compactación que señale el proyecto para la base, se deja secar esta última durante varios días, una vez que se tiene la capa en esta condición, se barre para retirar de ella basura, polvo y partículas sueltas que pueda haber.

Sobre la capa de base superficialmente seca y barrida se aplicará en todo lo ancho de la sección el riego de impregnación con emulsión asfáltica RM-2K a razón de 1.5 lt/m<sup>2</sup> aproximadamente.

La cantidad aplicada debe ser absorbida en 24 horas, y el periodo normal de secado es de 48 horas.

### **• Riego de liga para base hidráulica y firme de compresión.**

Es un tratamiento superficial para unir capas, al igual que el riego de impregnación, el riego de liga se hace con una petrolizadora y generalmente casi en el momento de realizar el tendido de la capa asfáltica. Cuando hay superficies muy secas y polvosas, es necesario barrer correctamente y dar un ligero riego de agua en la capa de base para romper la tensión superficial.

Sobre la base impregnada se aplica en todo lo ancho de la sección el riego de liga con emulsión asfáltica tipo RR-2K o de rompimiento rápido, a razón de 0.5 lt/m<sup>2</sup>.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

#### • Carpeta asfáltica

La función primordial de la carpeta asfáltica (capa de rodamiento) será proteger la base impermeabilizando la superficie, para evitar así posibles infiltraciones de agua de lluvia que podrían saturar parcial o totalmente las capas inferiores.

La carpeta asfáltica es la capa o las capas formadas por agregados pétreos y asfalto, colocadas sobre la capa de base, teniendo como función la de proporcionar una superficie tersa y segura al rodamiento de los vehículos, debiendo tener suficiente resistencia tanto al desgaste como a la fractura para soportar las cargas transmitidas a ella, también debe ser antiderrapante y no deformable.

La mezcla asfáltica es transportada al tramo, debe llegar a una temperatura de 110 a 120 °C. Al llegar el equipo de transporte al tramo, descarga su contenido en la máquina extendidora (finisher) que forma una franja de mezcla asfáltica, evitando segregaciones del material y dándole una ligera compactación. Al terminar de vaciar un camión la mezcla que acarreo, se detiene el extendido y posteriormente al ensamblarse el siguiente, se tiene una junta en donde puede haber una discontinuidad que debe ser reducida manualmente, borrando esas juntas longitudinales entre las franjas.

La compactación se debe iniciar cuando la mezcla tiene una temperatura aún mayor a 90°C, el grado de compactación debe ser de 95% mínimo. Por lo general es práctica aceptada que la compactación inicial con rodillo liso se efectúe tan pronto sea posible. Es una práctica universal empezar las pasadas de rodillo en las orillas exteriores de la capa, para ir compactando hacia el centro del bombeo. En el caso de curvas con sobreelevación, la pasada del rodillo se inicia en el lado más bajo.

## 4.4 PARAPETOS Y SEÑALIZACIÓN

### Parapeto metálico.

El parapeto metálico funciona como una barrera de contención y ayuda fundamentalmente a prevenir daños y a reducirlos en casos de algún accidente automovilístico sobre el puente, delimitándolo en toda su longitud.

Se diseña para resistir un impacto de magnitud determinada, el cual puede ser producto del choque de un vehículo con este, de tal forma que aunque experimente una gran deformación debe evitar en lo posible que el vehículo caiga al vacío.

Los parapetos normalmente se construyen utilizando materiales como el concreto reforzado, acero o una combinación de ambos, buscando siempre que sean eficientes, ligeros y ocupe el menor espacio posible sobre el puente.

En este proyecto se utilizó un parapeto totalmente metálico a base de tubulares redondos de acero con diámetros 6.5 y 3.5 pulgadas para los postes verticales y horizontales respectivamente. El parapeto se construyó en toda la longitud del puente con una altura de 0.95 mts.

La estructuración de este elemento consistió en postes verticales soldados a placas base de 1.9 cm de espesor la cual quedo embebida en la guarnición que de igual forma corre en toda la longitud del puente.

Debido a la curvatura vertical del puente, todo el parapeto fue armado y soldado en su posición definitiva, utilizando para ello niveles de mano e hilos. Terminado el parapeto, se limpio toda la superficie mediante un lijado suave, sin estropear el acabado primario (dos manos de anticorrosivo), aplicado a los tubos antes de su colocación.

Concluida esta operación, se procedió a dar el acabado final con tres manos de esmalte alquidático.

### Señalización.

La construcción, colocación y ubicación de todas las señales y dispositivos para el control de tránsito se ejecutan de acuerdo a lo dispuesto en el manual de dispositivos para el control del tránsito, editado por la S.C.T. Estas señales se dividen principalmente en señalamientos horizontales y verticales.

El señalamiento horizontal es el conjunto de rayas, flechas, símbolos y letras que se dibujan sobre el pavimento y guarniciones, su función es guiar al tránsito e indicar los riesgos existentes. Para ello se utiliza pintura especial a base de aceite y resinas epóxicas de secado rápido y gran resistencia a la abrasión. Básicamente se emplean dos colores blanco y amarillo. Se pintan sobre la carpeta asfáltica líneas continuas, discontinuas y flechas de dirección que son tan importantes en zonas de intersecciones, así mismo si la guarnición se pinta adecuadamente, constituye un excelente medio de señalización.

El señalamiento vertical consiste en símbolos y leyendas, dibujadas sobre placas o tableros metálicos fijados a postes. Estas se instalaron en las vialidades circundantes al distribuidor y en el puente mismo, con el propósito de dar indicaciones correspondientes.

Existen tres tipos de señales verticales, las preventivas, informativas y restrictivas que organizan los movimientos de los conductores sobre las vialidades y proporcionan la información necesaria para que su desplazamiento sea el adecuado.

La pintura que se utiliza para cubrir estas placas metálicas, cumple con los requisitos de calidad; su finalidad es la de proteger la placa contra agentes corrosivos y darle una apariencia específica, para ello se utilizan dos tipos de pintura.

- a) **Primaria.-** esta pintura se aplica directamente sobre la superficie base previamente lijada, libre de polvo y grasa, su función es anticorrosiva.
- b) **De acabado.-** esta se aplica sobre la pintura de tipo primario para una mayor protección anticorrosiva pero principalmente con fines reflejantes.

A toda esta pintura utilizada en los señalamientos se le adiciona una cantidad de esferas de vidrio cuya función es la de impartirle mayor visibilidad por reflexión de luz.



#### **4.5 PROBLEMAS Y SOLUCIONES PRESENTADAS EN EL TRANSCURSO DE LA CONSTRUCCIÓN DEL DISTRIBUIDOR VIAL**

Cada obra representa un gran número de problemáticas imprevistas, las cuales se deben resolver de la mejor forma , analizando todas las posibles soluciones, nunca de forma precipitada ya que ello conllevaría a otro problema por resolver.

El desarrollo del distribuidor vial 1° de mayo no fue la excepción, durante sus ejecuciones se presentaron diversas situaciones, que algunas por su gravedad se resolvieron en ese preciso momento, siempre analizando todas las posibles soluciones y eligiendo la más adecuada para el caso, otras se fueron resolviendo a su debido tiempo, de igual manera tratando siempre de tomar la mejor decisión que se adoptara a las circunstancias de la situación.

##### **Montajes**

Resulta muy importante señalar que la actividad de los montajes es una de las que más tiempo requieren, ya que para colocar una pieza en su posición final, ya sea columna, cabezal o trabe, los periodos de tiempo van desde 20 minutos hasta 4 horas por pieza, esto debido a que se trata de una estructura en forma de rompecabezas en donde cada parte debe de quedar lo más exacta posible en su posición final, con el menor número de maniobras.

Es por eso que se debe de tener un estricto control cuando se realizan los montajes de las piezas verificando la posición final de las mismas, de lo contrario se tendrán que realizar movimientos extras, originando un mayor tiempo de montaje. Un caso en particular que se presento en diversos momentos dentro de la obra, es el que se refiere a la demolición de los alerones y las ménsulas de las trabes, esto debido a que los espacios destinados a la colocación de estos elementos se veían reducidos por una incorrecta colocación de los elementos anteriores, toda modificación en la forma original de los elementos era previa autorización de la supervisión. Estas modificaciones consumen gran cantidad de tiempo y por lo tanto el atraso de las actividades posteriores.

##### **Otros aspectos**

Ciertamente cuando nos referimos a problemáticas en la obra pensamos en problemas que se presentan por factores relacionados y dentro de la misma.

En esta ocasión mencionaré otro tipo de factores, uno en especial, que tuvo que ver en gran parte con el avance y el atraso de los trabajos.

Un aspecto que desgraciadamente esta plasmado en todas las actividades del país y que rige la continuidad y el avance de muchas de las obras de ingeniería que el día de hoy se llevan acabo, es el aspecto político, a nivel ya sea municipal, estatal o federal.

**Dentro del periodo de construcción del distribuidor vial, se suscitaron dos etapas electorales (municipal y federal, lo cual no es otra cosa que congelamiento del flujo de capital para muchos proyectos en proceso, como este.**

**Por una parte a nivel municipal, se tenía la incertidumbre y el temor de la no continuidad en el aparato de gobierno, y en el caso estatal existía el compromiso de apoyar económica y electoralmente la campaña municipal y federal.**

**Todo esto repercute en pocas palabras en el desvío de fondos públicos a las campañas electorales, tratése de quien se trate. Son actos políticos que repercuten en el avance de obra, sin dinero difícilmente se pueden suministrar materiales y mano de obra.**

**Estos comentarios no tienen la finalidad de desviarse del tema, pero son necesarios debido a que es la realidad en muchas obras de gran magnitud, ante esto los profesionales de la construcción deben ahora tomar medidas preventivas.**

## CONCLUSIONES

Toda obra de ingeniería debe de cumplir con el fin para el cual fue proyectada, esto implica un gran número de actividades a desarrollar, siguiendo un curso lógico y eficaz. Así mismo se deben contemplar como elementos primordiales el tiempo y por consécuencia los costos, estos factores rigen en la mayoría de las obras de ingeniería, así como en su culminación.

Resultan de gran importancia todos los estudios previos a la construcción de la obra (urbanos, viales, ambientales, de mecánica de suelos, etc.) estos permiten analizar y resolver una gran cantidad de problemas que pudieran presentarse en el transcurso de la obra. Esto no afirma que posteriormente no se tengan problemas por resolver, pero es de vital importancia pasar los obstáculos iniciales con la mayor certidumbre posible, para que conforme se vaya avanzando no se tengan problemas acumulados.

Siendo los puentes, una importante vía de comunicación y de solución para los grandes problemas viales que existen en las enormes ciudades, es importante que se adapten a las nuevas técnicas de construcción que hoy en día existen, es por eso que se ha manifestado una marcada tendencia a la sistematización e industrialización de la construcción, esto debido en gran parte al creciente costo de los métodos tradicionales.

Por esta causa la prefabricación de estructuras de concreto ha prosperado en diversos países, incluido el nuestro, impulsada unas veces por la necesidad de economizar ciertas materias primas, como el acero, la madera y el concreto, y otros por la escasez o el alto costo de la mano de obra. El presfuerzo ha hecho posible tanto la aparición de nuevos métodos de construcción como el que se diseñen tipos enteramente nuevos de estructuras, las que no hubieran sido concebidas sin el.

Un aspecto que quiero mencionar y hacer hincapié es el relacionado a las personas que laboran en la industria de la construcción, peón, cabo, maestros albañiles, oficiales, personal de montaje, de limpieza, etc, la mano de obra es un aspecto importantísimo, son ellos los que en gran parte erigen las obras, es con ellos con los que el ingeniero debe establecer una relación estrecha, y es a ellos a los que se les debe de concientizar también del concepto de calidad en el trabajo y de lo que representa.

Por último, es impresionante poder observar como se transforma el medio (sin olvidar las consecuencias que se generan), poder establecer las condiciones necesarias para resolver los problemas de servicios que se tienen en ciudades tan pobladas, como lo es la zona metropolitana. Desde la perspectiva de un ingeniero, el construir nuevas vías de comunicación, el crear infraestructura para mejorar las condiciones de vida de la población, resulta altamente satisfactorio e imposible de narrar.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Fernández Casado.  
Puentes y pasos para carretera y Rutas Urbanas.  
Barcelona, ETA, 1997.
- Juárez Badillo y Rico Rodríguez  
Mecánica de Suelos, Tomo I y II.  
Ed. Limusa, 1980.
- Comisión Nacional del Agua.  
Mecánica de Suelos, instructivo para ensayos de suelos.  
1990.
- Peck, Hanson.  
Ingeniería de Cimentaciones.  
Ed. Limusa, 1993.
- R. Park.  
Estructuras de Concreto Reforzado.  
Ed. Limusa, 1988.
- R. L. Perifoy.  
Métodos, Planeamiento y Equipos de construcción.  
Ed. Diana.
- W. Meyer-Bohi.  
Prefabricación.  
Ed. Blume.
- Rivera, E. Gustavo.  
Emulsiones Asfálticas.  
R.S.I.
- Day, A. David.  
Maquinaria para construcción.  
Ed. Limusa, 1980.