

79  
2ej.



**Universidad Nacional Autónoma  
de México**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE ESTRUCTURAS DE  
CONCRETO TOMANDO COMO EJEMPLO UN EDIFICIO DE  
ESTACIONAMIENTOS Y RAMPA HELICOIDAL EN CANTILIVER.**

**T E S I S**

**Que para obtener el título de  
INGENIERO CIVIL**

**p r e s e n t a**

**ENRIQUE IBARROLA RODRIGUEZ**



**México, D. F.**

**1987**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE**  
**ESTRUCTURAS DE CONCRETO**  
**TOMANDO COMO EJEMPLO UN EDIFICIO**  
**DE ESTACIONAMIENTOS Y RAMPA**  
**HELICOIDAL EN CANTILVER**

# I N D I C E

## INTRODUCCION

### CAPITULO I GENERALIDADES

1.1	Descripción General del Proyecto .....	1
1.1.1	Zona de Comercio .....	4
1.2	Descripción de la Segunda Etapa de Estacionamien-- tos y Rampa Helicoidal .....	9
1.2.1	Areas de Construcción Etapa II .....	12

### CAPITULO II CIMENTACION

2.1	Estudio de Mecánica de Suelos .....	13
2.1.1	Trabajos Ejecutados .....	13
2.1.2	Geología de la Zona .....	14
2.1.3	Estratigrafía.....	14
2.2	Preliminares .....	18
2.3	Procedimiento Constructivo .....	19
2.4	Perforación .....	21
2.4.1	Excavación con Máquina .....	23
2.4.2	Excavación a Mano de Campana .....	29
2.5	Acero de Refuerzo en Pilas .....	29
2.6.1	Procedimiento de Colado .....	30
2.6.2	Tolerancias .....	34
2.7	Contratraves y Dados .....	35

### CAPITULO III

#### ESTRUCTURA DE CONCRETO EN EDIFICIO DE ESTACIONAMIENTO

3.1	Estructura de Concreto .....	38
3.2	Características Generales .....	40
3.3	Materiales .....	41
3.3.1	Concreto .....	41
3.3.2	Acero de Refuerzo .....	47
3.3.3.	Cimbra .....	54
3.4	Edificio de Estacionamiento .....	61
3.4.1	Procedimiento Constructivo .....	61

### CAPITULO IV

#### RAMPA HELICOIDAL EN CANTILIVER

4.1	Descripción General.....	88
4.1.1	Características .....	88
4.2	Cimentación de la Rampa .....	89
4.3	Acero de Refuerzo .....	91
4.3.1	Acero de Refuerzo en columnas .....	91
4.3.2	Acero de Refuerzo en Trabes - Pretel y Losa .....	92
4.4	Cimbra .....	96
4.4.1	Cimbra en losa .....	96
4.5	Colocación del Concreto .....	101
4.5.1	Concreto en Columnas .....	101
4.5.2	Concreto en Trabes y Losa .....	101
4.5.3	Acabados .....	106
4.6.	Costos .....	106

### CAPITULO V

#### ELEMENTOS PRECOLADOS.

5.1	Características Generales .....	114
5.2	Fabricación .....	119
5.3	Montaje .....	123

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### BIBLIOGRAFIA.

# INTRODUCCION

## I N T R O D U C C I O N

Las características económicas de nuestro país, la mano de obra barata y el alto costo del equipo de construcción, han originado que las estructuras de concreto sean las más utilizadas en la actualidad.

Este trabajo tiene como objetivo principal, describir los procedimientos constructivos utilizados en las estructuras de concreto, mediante las experiencias vividas a lo largo de la construcción de una obra de edificación, describiendo paso a paso, como se fue desarrollando desde la cimentación hasta los acabados.

Considero que este trabajo puede ser de gran utilidad para los alumnos de la Facultad de Ingeniería que empiezan a desarrollarse en el campo de la construcción, no como un manual de técnicas a seguir, sino como una descripción general de lo que es una obra de edificación.

Primeramente, se da un panorama de lo que es la obra y los puntos a tratar en este trabajo.

El segundo capítulo habla de las características del terreno y de las técnicas utilizadas para la cimentación.

En el tercer capítulo se describe lo que es una estructura de concreto, un breve resumen de los materiales utilizados, así como el procedimiento constructivo del edificio de estacionamientos, con sus problemas, soluciones y recomendaciones.

El cuarto capítulo, describe la forma en la que se construyó la Rampa Helicoidal en cantiliver que sirve de acceso a los estacionamientos.

Así mismo, incluyo un capítulo que se refiere a la fabricación y colocación de elementos precolados en el mismo edificio.

Finalmente, comentarios y conclusiones que servirán para reforzar los objetivos de este trabajo.

1

# GENERALIDADES

1.

GENERALIDADES

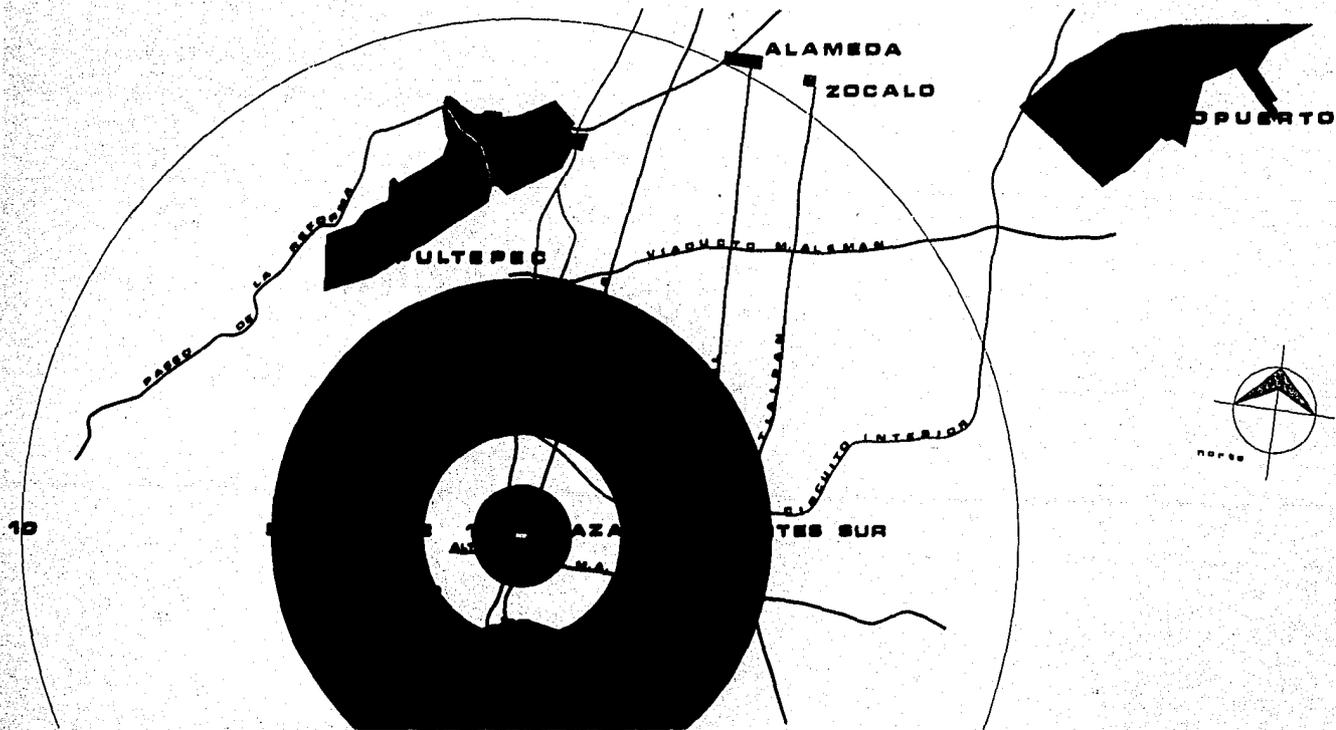
1.1. Descripcion General del Proyecto:

En una cabecera de manzana formada por la avenida de los Insurgentes y por las calles de Fernando Villalpando y Rfo San Angel, Delegación Alvaro Obregón de la Ciudad de México, se proyectó un conjunto mixto de habitación, comercios, oficinas y sus estacionamientos.

El conjunto consta de un basamento de cuatro niveles de comercios, en la parte hacia Insurgentes y cuatro niveles de estacionamiento. Existe una planta de comercios arriba de dos de estos niveles, pero abajo de los otros dos. El basamento tiene un sótano que es, en su totalidad, estacionamiento.

Al término del basamento, tenemos una calle interior que rodea todo el conjunto. Sobre el basamento y hacia Insurgentes, estan dos torres de oficinas con once niveles cada una, atrás y en medio de un jardín sobre la azotea, dos torres mas que originalmente se proyectaron para departamentos de diecisiete niveles cada torre y con cuatro departamentos por nivel. El conjunto esta proyectado para ser construido sobre una superficie de alrededor de 27,000 m<sup>2</sup>.

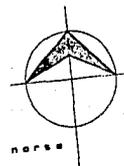
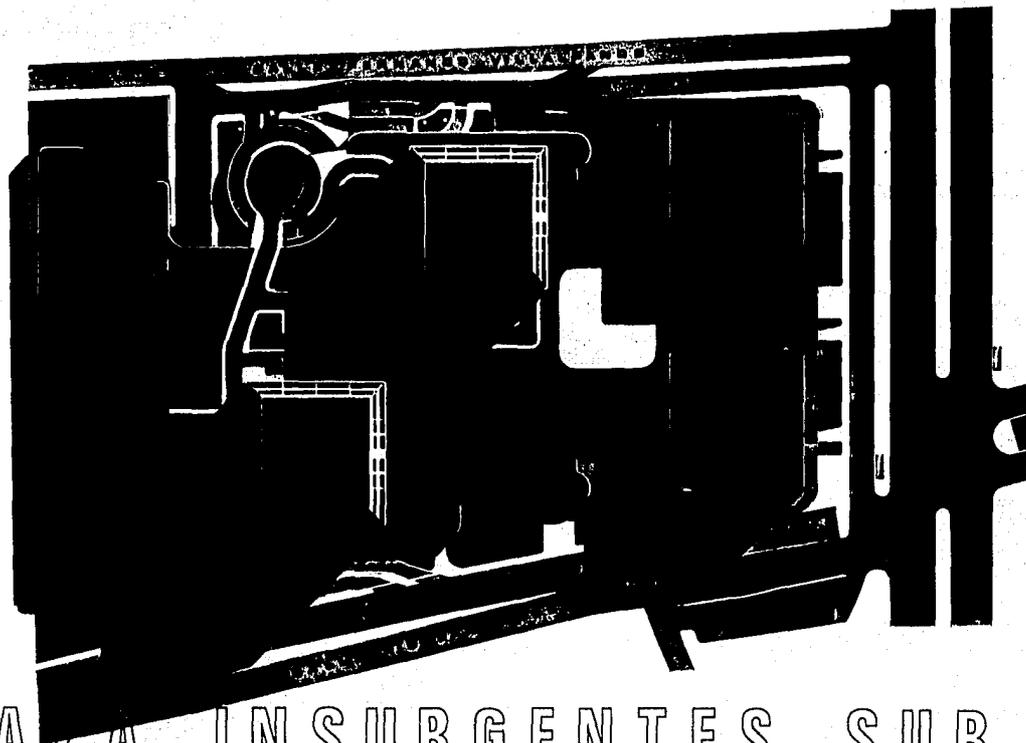
En un principio se concibió la siguiente idea: levantar un conjunto de comercios, oficinas y habitación que se integra por primera vez en México - segun sus autores - con lo que se puede llegar a tener la alternativa de evitar, si así se quiere, los recorridos cotidianos casa - despacho - comercio.



# PLAZA INSURGENTES SUR, S.A.

**LOCALIZACION**





PLAZA INSURGENTES SUR, S.A.

PLANTA DE CONJUNTO



### 7.1.1- Zona de Comercio

Esta es la primera seccion que se puso al servicio del público en diciembre de 1983 y cuenta con cuatro niveles: Avenida, Fuente, Paseo y Terraza.

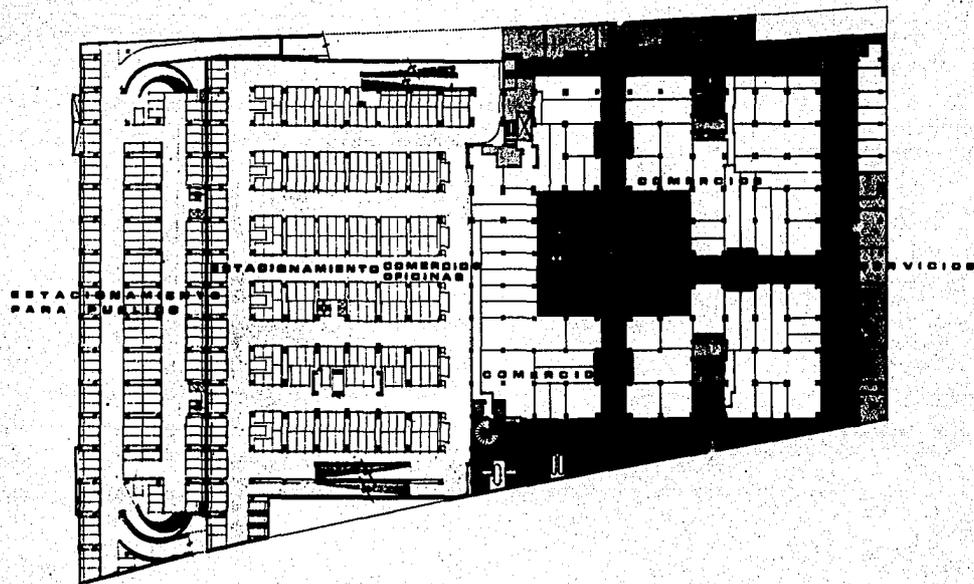
El centro comercial tiene acceso por la Avenida Insurgentes, las calles laterales y por una calle interior cubierta que agiliza el transito entre las calles de Río San Angel y Fernando Villaalpando.

La cubierta es una estructura de armaduras metálicas que soportan una losa de concreto con domos de plástico en marcos de aluminio.

Los servicios con los que cuenta son: estacionamiento cubierto, tres pares de escaleras eléctricas, elevadores, escaleras de servicio, una fuente central, montacargas, además de una escalera de caracol, de concreto aparente con dibujo y martelinado.

La zona de comercios en su totalidad suman una área de 45,000 m<sup>2</sup> de los cuales 20,000 fueron reservados para la instalación de 168 locales comerciales.

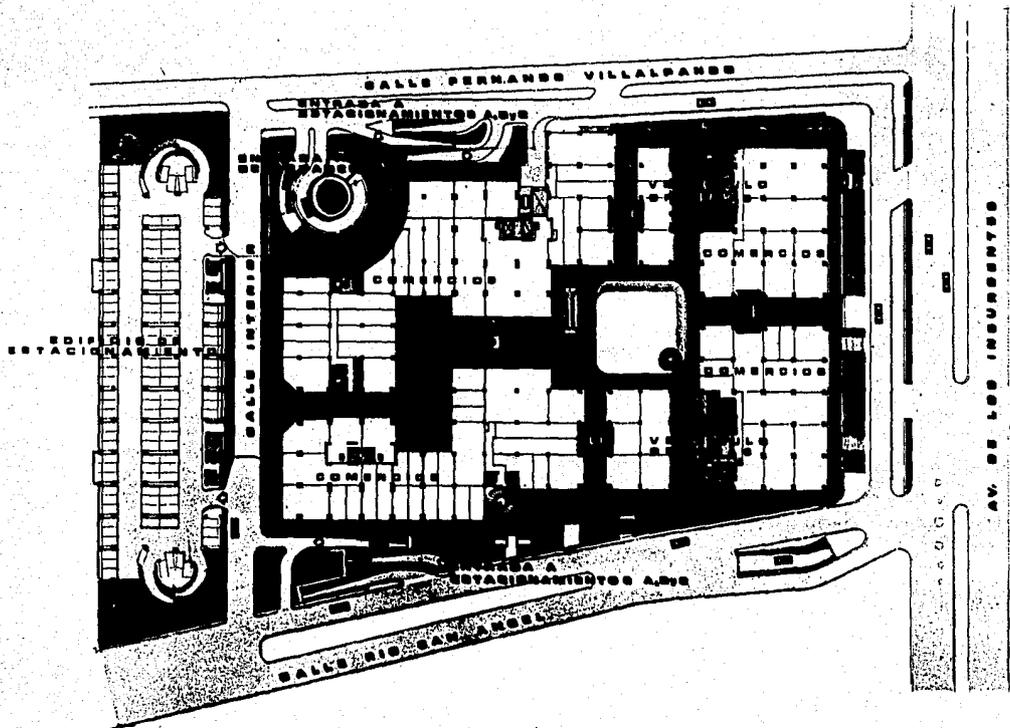
La construcción del conjunto se inició en mayo de 1982, el financiamiento de la obra correría por parte de la iniciativa privada, teniendo como objetivo vender toda Plaza Insurgentes en diferentes modalidades de condominio: uno de comercio, dos de oficina, dos de vivienda y uno de estacionamientos.



# PLAZA INSURGENTES SUR S.A. DE C.V.

**NIVEL FUENTE**

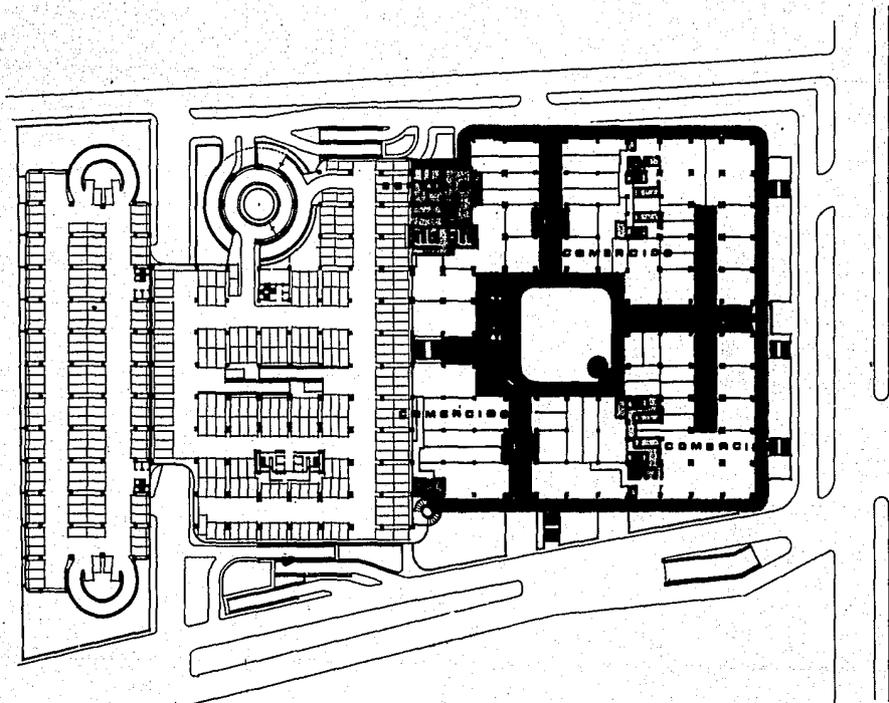




# PLAZA INSURGENTES SUR S.A. DE C.V.

**NIVEL AVENIDA**

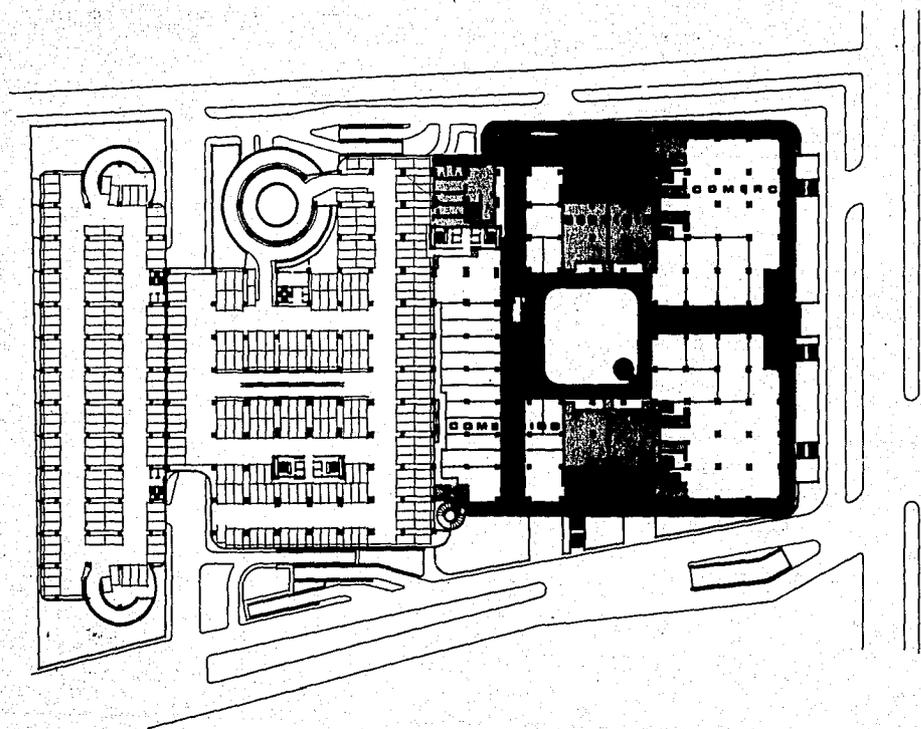




# PLAZA INSURGENTES SUR S.A. DE C.V.

**NIVEL PASEO**





PLAZA INSURGENTES SUR S.A. DE C.V.

**NIVEL TERRAZA**



De esta forma, se recuperaría la inversión y se recogerían utilidades. En un principio, se llevó un muy buen ritmo de trabajo, terminando en un 90% el centro comercial (nivel fuente, nivel avenida, nivel paseo y nivel terraza) dejando únicamente el nivel galería, el cual sería construido posteriormente. Así mismo, se concluyó la estructura de la Torre Sur, una parte de los estacionamientos y se había realizado la excavación hasta el eje 4b.

En 1984, se disminuyó considerablemente el ritmo, en lo que respecta a construcción de estructuras, más bien se concentró todo el trabajo en lo que son los acabados, hasta concluir y abandonar totalmente las actividades.

Los inversionistas recuperaron la inversión hecha en el centro comercial con la venta de locales comerciales, la crisis económica sufrida por el país empezó a obligar a los dueños a ir pensando en vender todo el proyecto.

## 1.2. Descripción General de la Segunda Etapa de Estacionamientos y Rampa Helicoidal.

A raíz de los sismos ocurridos en septiembre de 1985, Nacional Financiera sufrió grandes pérdidas en sus edificios, quedando estos afectados considerablemente, por lo que decidieron buscar algún edificio que satisficiera sus necesidades.

Fue así como en noviembre de 1985, se compró todo el proyecto de Plaza Insurgentes para establecer sus oficinas, con excepción del Centro Comercial que ya había sido vendido en condominio.

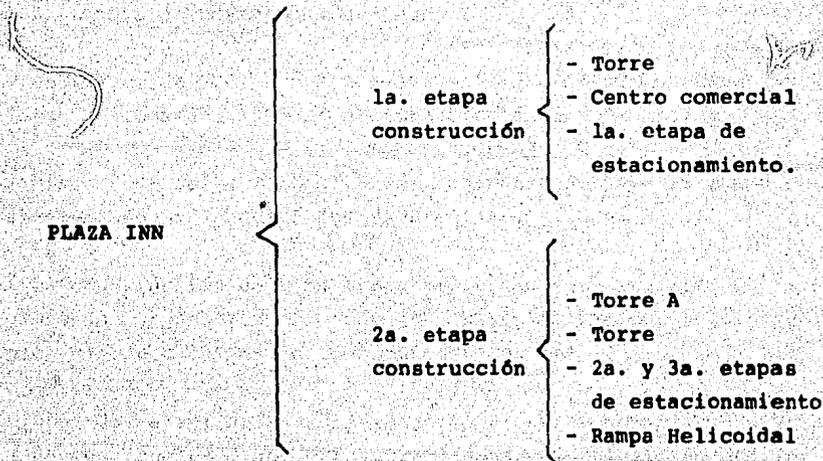


# PLAZA INSURGENTES SUR, S.A.

**CORTE**



A partir de éste momento, correría a cargo de Nacional Financiera la terminación de la Torre Sur en lo que respecta a los acabados, la estructura y acabados de la Torre Norte, construcción total de las torres de la parte de atrás, la continuación del basamento, en lo que se refiere a estacionamientos, de una rampa helicoidal que servira como único acceso a la parte superior de estacionamientos y de la última etapa de estacionamiento comprendida entre los ejes 1 y 4a.



Con el fin de ir cubriendo poco a poco sus necesidades, se planteó el siguiente programa de trabajo:

EDIFICIO	INICIO	TERMINACION
Torre Sur (acabados)	Feb-1986	Dic-1986
Torre Norte	Feb-1986	Jul-1987
Torre A (F. Villalpando)	Jun-1987	Mar-1988
Torre B (Río San Angel)	Abr-1987	Dic-1987
Estacionamientos 2a etapa y rampa helicoidal	Feb-1986	Mar-1987
Edificio E (Estacionamiento)	Abr-197	Jul-1988

En éste trabajo, me enfocaré exclusivamente a la construcción de la 2a. etapa de estacionamientos y a la construcción de la rampa helicoidal que sirve como acceso a ellos.

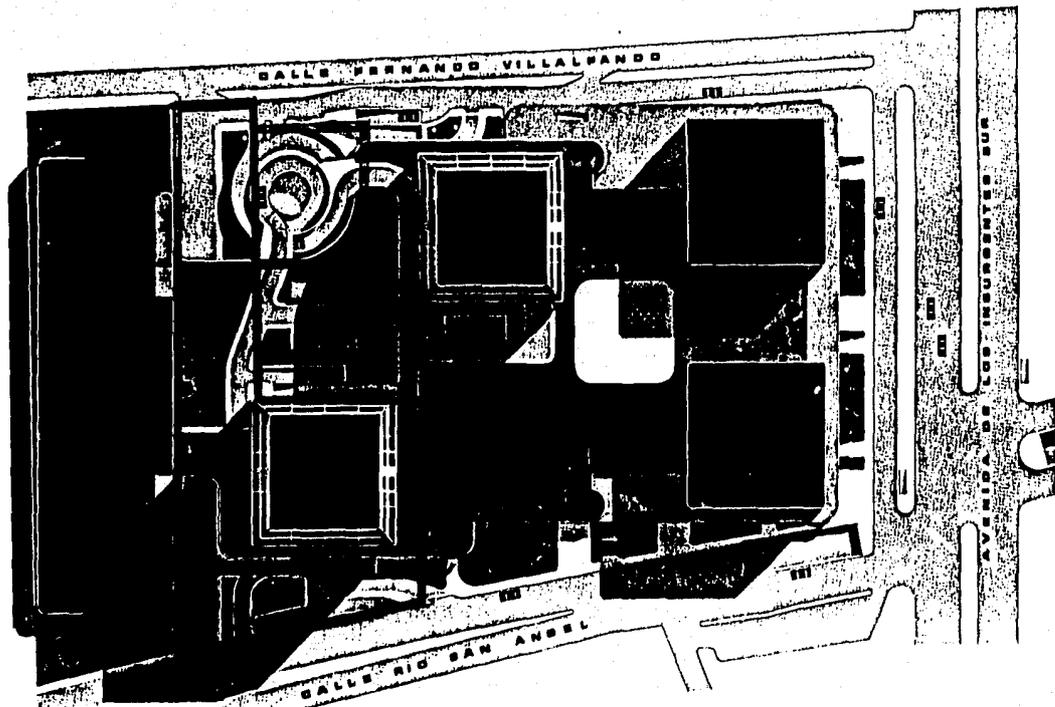
#### 1.2.1 Areas de Construcción Etapa II

- Superficie  $4,700 \text{ m}^2 \times 7 \text{ niveles} = 33,000 \text{ m}^2$  de construcción.  
Rampa Helicoidal:  $1000 \text{ m}^2$  de construcción

- Los niveles se tomarán de un banco de nivel ubicado en la esquina Río San Angel e Insurgentes.

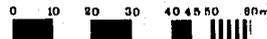
- La construcción de ésta etapa se inicio en febrero de 1986, llevando un ritmo de trabajo bastante rápido, teniendo un promedio de  $3,000 \text{ m}^2$  de construcción por mes.

- La 2a. etapa de estacionamientos tiene un total de 7 niveles, 3 de los cuales, se encuentran bajo el nivel de calle, 2 niveles en la parte superior y finalmente un nivel de azotea. La Rampa Helicoidal consta de 2 rampas en cantiliver una interior de descenso y una exterior de ascenso, esta rampa sirve como único acceso a los niveles superiores.



# PLAZA INSURGENTES SUR, S.A.

PLANTA DE CONJUNTO



2

CIMENTACION

2.

## CIMENTACION

### 2.1. Estudio de Mecánica de Suelos

#### 2.1.1. Trabajos ejecutados

Para conocer la estratigrafía del subsuelo, se hicieron diez sondeos de tipo exploratorio hasta una profundidad máxima de 35 metros. De los sondeos, se obtuvieron muestras alteradas por medio del tubo partido de 3.5. cm de diametro y se registro el numero de golpes en penetración estandar.

A todas las muestras obtenidas en los sondeos, se les clasificó en el laboratorio en estado húmedo y seco y se les determinaron sus contenidos de humedad.

Con el objeto de conocer las características de los suelos más superficiales, así como sus características de mecánica, se perforaron cuatro pozos a cielo abierto hasta una profundidad máxima de 13.30 metros. Se inspeccionaron las paredes de los pozos y se obtuvieron muestras cúbicas inalteradas, a las cuales se les hicieron las siguientes pruebas de laboratorio: clasificación, determinación de contenidos de humedad, pesos volumétricos naturales y secos, límites de Atterberg, resistencia a la compresión simple, relación de vacíos, grado de saturación y gravedad específica.

Se hicieron cálculos de la capacidad de carga para distintas profundidades en los diferentes sondeos, para encontrar la cimentación más apropiada para los edificios. Como complemento a la investigación se estudio la geológica de la zona y se consultaron los resultados de sondeos cercanos perforados con anterioridad.

### 2.1.2. Geología de la Zona

El predio se encuentra en la Zona Sur de la Ciudad de México, en zona con estratigrafía que es intermedia entre la de "Transición" y la de "Lomeríos".

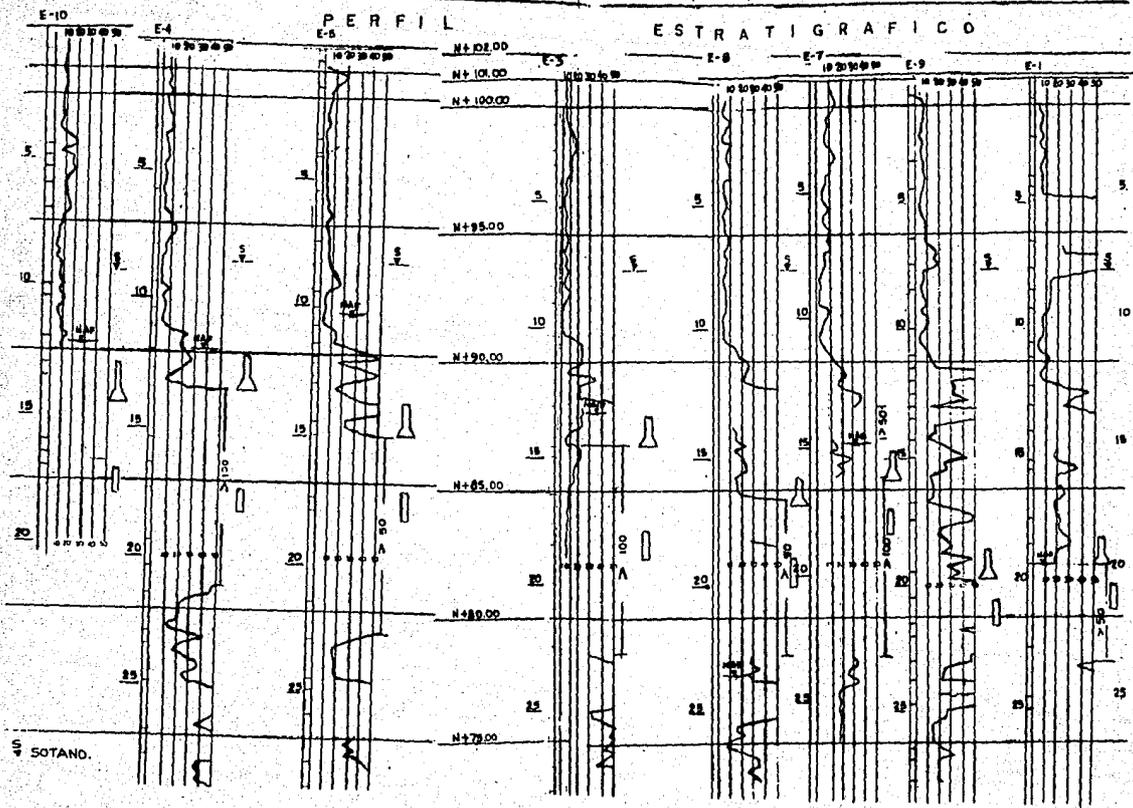
De cero a cinco metros, la formación es de origen lacustre y fluvial; predominan los suelos arcillosos y también se encuentran limos y arenas.

Entre cinco y catorce metros de profundidad, hay preponderancia de suelos limosos y arenosos, de origen aluvial y pirolástico redepositados. Existen arcillas mezcladas con los suelos anteriores en proporciones menores, también se encuentra arena de pomez mezclada. De 14 a 35 metros (profundidad máxima explorada) se hallan limos y arenas intercalados con gravas y boleas, se trata de depósitos aluviales muy compactos y resistentes.

### 2.1.3. Estratigrafía

La estratigrafía y las propiedades del subsuelo se determinaron por medio de los diez sondeos de penetración y de los cuatro pozos a cielo abierto.

De la superficie y hasta profundidades que variaron desde los ocho hasta los doce metros, se encontraron estratos en los cuales, por lo general el número de golpes a la penetración estándar, fue menor de diez; estos estratos están compuestos de limos arcillosos y arcillas limosas con algunos estratos pequeños de arena, que tienen un contenido de humedad que varía de 20 a 40% por lo general, excepto en algunas capas más arcillosas en donde el contenido de humedad se incrementa a 72%.



Estas capas hacen que un desplante por superficie de los edificios resulte impráctico.

Algunas propiedades del suelo entre la superficie y los 12 m. de profundidad son las siguientes:

Pesos volumétricos naturales	1.25 a 1.90 Ton/m <sup>3</sup>
Pesos volumétricos secos	0.73 a 1.50
Resistencia a compresión simple	0.23 a 1.24 Kg/cm <sup>2</sup>
Relación de vacíos	0.75 a 2.6 %
Por ciento de saturación	52 a 94
Gravedad específica	2.53 a 2.67

Como caso excepcional, se encontraron capas "duras" de arena con gravas en tres de los sondeos a profundidades respectivamente de:

4.70 a 7.70 m.

8.0 a 11.0 m.

3 a 3.5 m.

El número de golpes a la penetración estandar en estas capas, registro más de 50 por lo general y el contenido de humedad disminuye a cerca de 10%.

A profundidades mayores de doce y menores de quince metros, por lo general se encontró una capa de transición en donde el número de golpes es muy errático, pero siempre mayor de diez golpes; este estrato se extiende entre 13.50 y 19.50 metros y tiene un contenido de humedad, por lo general de 20% a 30%. Esta compuesto de limos arenosos y arenas limosas de compacidad muy errática.

Bajo el estrato de transición, se encontraron estratos que tienen una resistencia a la penetración estandar, por lo general mayor a los 50 golpes, encontrándose en profundidades que varían entre los 13.50 y los 19.75 metros.

Se sabe por la geología de la zona, que los suelos a mayor profundidad, son de baja compresibilidad y no producirán problemas a las cimentaciones del edificio.

El nivel del agua freática, varía mucho dentro del terreno: desde una profundidad de 10.35 a 24.40 metros de profundidad, observándose una diferencia a nivel de cerca de 14 metros hacia la esquina sureste del terreno.

## 2.2. Preliminares

La cimentación es a base de pilas con campana, de concreto armado y coladas en el lugar. El concreto utilizado es de  $f'c=250\text{kg/cm}^2$ , colocándose siempre una en cada entre eje.

Los diámetros de las pilas con campana, de concreto armado y coladas en el lugar. El concreto utilizado es de  $f'c=250\text{ kg/cm}^2$ , colocándose siempre una en cada entre eje.

Los diámetros de las pilas son de 0.80 m de fuste con campana de 2.80 m y de 1.20 m de fuste con campana de 1.60 m. La profundidad es variable, dependiendo de donde se encuentre la capa dura, en esta etapa encontramos una profundidad promedio de 6.50 m.

En la zona sureste, donde varía mucho la profundidad de desplante en distancias cortas, se perforaron primeramente las pilas cerca de los sondeos y las de mayor profundidad, para examinar los suelos y decidir sobre las profundidades de pilas entre los lugares de los sondeos.

Todas las columnas requirieron de una sola pila. En esta zona, la presión de contacto máxima es de  $85\text{ Ton/m}^2$ .

Inicialmente, se planteó la posibilidad de cimentar mediante pilas coladas en sitio bajo lodo bentonítico, sin campana, evitándose así el bombeo del agua freática.

Esta solución es más costosa, debido a que se requieren más pilas, pues dada la erraticidad del subsuelo en el predio, es necesario limitar las presiones de contacto en la base, así mismo, es necesaria una supervisión muy cuidadosa para construir estas pilas, por lo que se decidió cimentar con la alternativa anterior.

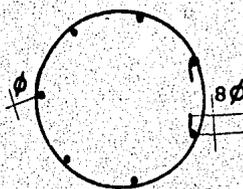
### 2.3. Procedimiento Constructivo

Las pilas son coldadas en el sitio, haciendo perforación previa, se debe de respetar el refuerzo longitudinal, sección transversal y profundidad de desplante que se indican en el plano estructural.

Se debe garantizar que no se "disminuya" la sección de la pila por el efecto de la presencia del agua freática o alguna otra causa.

#### Notas de pilas:

1. Especificación de materiales:
  - a) concreto de  $f'c$  indicado en la tabla de pilas y peso volumetrico  $P.v. = 2.2 \text{ ton/m}^3$ .
  - b) Acero de refuerzo con limites de fluencia entre 4000 y  $5000 \text{ kg/cm}^2$ .
2. Recubrimientos mínimos libres iguales a 4.0 cm.
3. Los estribos serán anillos cerrados.



5. La localización de las pilas esta dada en planta.
6. Las pilas seran colocadas en el lugar (veanse especificaciones estructurales) de acuerdo con las recomendaciones de mecánica de suelos y el siguiente procedimiento constructivo.

- a) Después de hacer las perforaciones para alojar el fuste de las pilas, se procederá a excavar la cavidad para alojar la campana, dándole la forma conveniente para estabilizar el talud de la misma, troquelando y ademando si es necesario, a medida que se excave.
- b) Una vez excavada la campana, se procederá a colocar el armado dentro de la perforación, debiendo quedar centrado y rematado en el lecho alto de la contratrabe o dado.
- c) Se procederá al colado de la pila con el procedimiento TREMIE o similar que consiste en emplear una trompa de colado que alcance el fondo de la pila, no debiendo suspenderse el suministro de concreto por ningún motivo.
- d) El proporcionamiento de concreto, deberá hacerse de tal manera que garantice que no se segregue el concreto al ser colada la pila.
- e) La profundidad de desplante de la pila, deberá verificarse antes del colado de la misma.
- f) Todas las acotaciones, panos fijos y niveles, deberán verificarse con los planos arquitectónicos y en la obra.

TABLA DE PILAS						
TIPO	FUSTE	C A M P A N A		REFUERZO A X A PRINCIPAL	ESTRIBOS	CONCRETO
	$\phi_1$	CIRCULAR $\phi_2$	CUADRADA			
P-1	80	160	-----	8#8	E#3@30	$f'_c=200\text{kg/cm}^2$
P-2	120	280	250x250	12#10	E#4@30	$f'_c=250\text{kg/cm}^2$

Tabla No. 1

#### 2.4. Perforación

Para la perforación de las pilas, es necesario valernos del uso de una perforadora mecánica, ya que si se excavaran a mano se perdería eficiencia, calidad y tiempo, además de presentar un alto costo en mano de obra.

Para la perforación de la pila se sigue el siguiente procedimiento:

1. Una vez trazado el centro de la pila, se coloca una barrena de forma helicoidal, la cual tiene la función de ir aflojando el terreno y extraer algo de material.
2. Posteriormente, se cambia la barrena por un bote, de diámetro variable, según las dimensiones de la pila. Este bote se coloca al igual que la barrena en un mecanismo giratorio sostenido por una pluma, ambos integrados a la perforadora.

Este bote va girando y por medio de unas aberturas situadas en la parte inferior y al irse introduciendo, se va llenando del material, producto de la excavación.

Capacidad:

- Para pilas de 1.20 m de diámetro

$$r^2h = 3.1416 (1.20)^2 (0.80) = 3.60 \text{ m}^3$$

- Para pilas de 0.80 m de diámetro

$$r^2h = 3.1416 (0.80)^2 (0.80) = 1.60 \text{ m}^3$$

Cuando se llena el bote, por medio de un brazo lateral, la máquina lo saca para ser vaciado junto a la perforación. De nuevo regresa el bote a su sitio para continuar la excavación y continuar el ciclo.

Al estar perforando, llega un momento en que el material que se esta sacando, cambia de ser arenas y limos, a ser material rocoso, lo cual nos indica que se ha encontrado la capa dura que nos servirá como nivel de desplante.

3. Una vez terminada la perforación de la pila, es necesario excavar la campana a mano, comenzando por una base del diámetro que requiera el tipo de la pila, con una altura de 0.40 m, posteriormente se va reduciendo la sección una inclinación de 60° hasta encontrar el diámetro excavado originalmente.

Según los estudios de mecánica de suelos, el nivel freático se encuentra por debajo de la capa dura. En este caso, se tuvo que sacar agua mediante bombeo, debido a que la excavación se realizó en época de lluvias. Al estar abriendo la campana, es frecuente encontrar "boleos" de gran tamaño con resistencias muy grandes, por lo que representa gran dificultad el

romperlos, estos "boleos" es necesario dejarlos dentro de la campana ya que también servirán como apoyo a la pila. En este caso, al estar colando la pila, se debe de procurar que el concreto penetre perfectamente bien, tanto por debajo, como en los costados de la roca; con el fin de que el concreto se adhiera completamente al elemento, se tiene que colocar alambre, malla o varillas alrededor, para así obtener una adherencia adecuada entre roca y concreto.

Para realizar la extracción del material producto de la excavación de las campanas, se utilizo una grua que permitia la elevación del material mediante el uso de tambos y canastillas.

**Rendimientos de perforación:**

#### **2.4.1. Excavación con Máquina.**

Como se puede observar en la Tabla No. 2, el rendimiento varía según el diámetro de la pila y la profundidad de desplante, por lo que es difícil obtener un rendimiento preciso, teniendo en cuenta también las condiciones climatológicas que se presentaron.

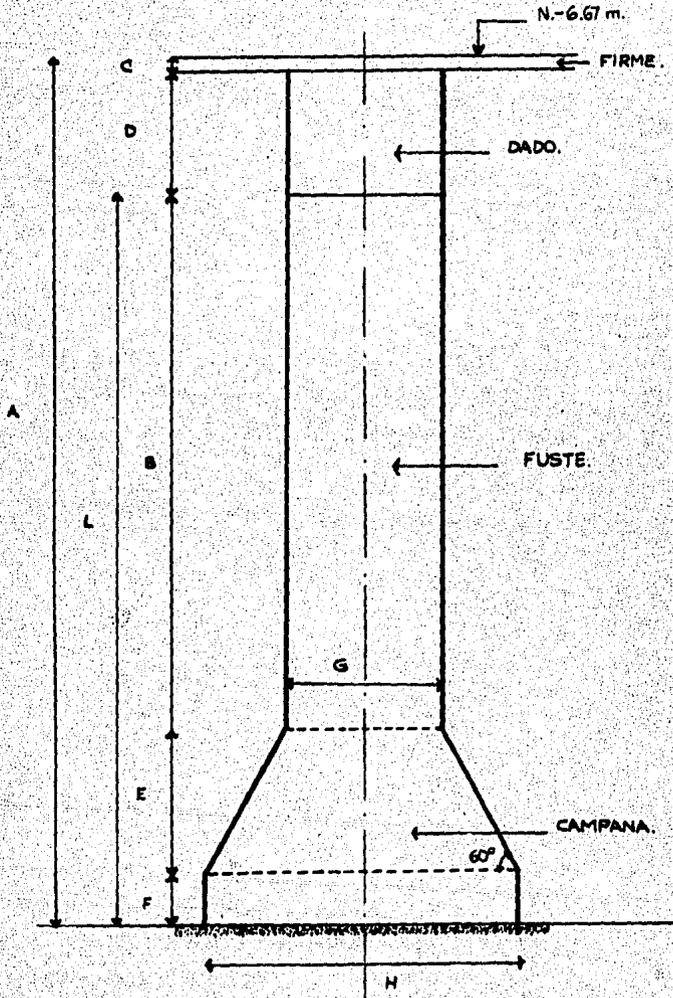
Sin embargo, podemos concluir lo siguiente:

- Pila de 0.80 m de diámetro
  - Tiempo promedio: 1 jornada/pila
  - Volumen de excavación promedio: 3.80 m<sup>3</sup>
- Pila de 1.20 m de diámetro
  - Tiempo promedio: 2 jornadas/pila
  - Volumen de excavación promedio: 11.50 m<sup>3</sup>

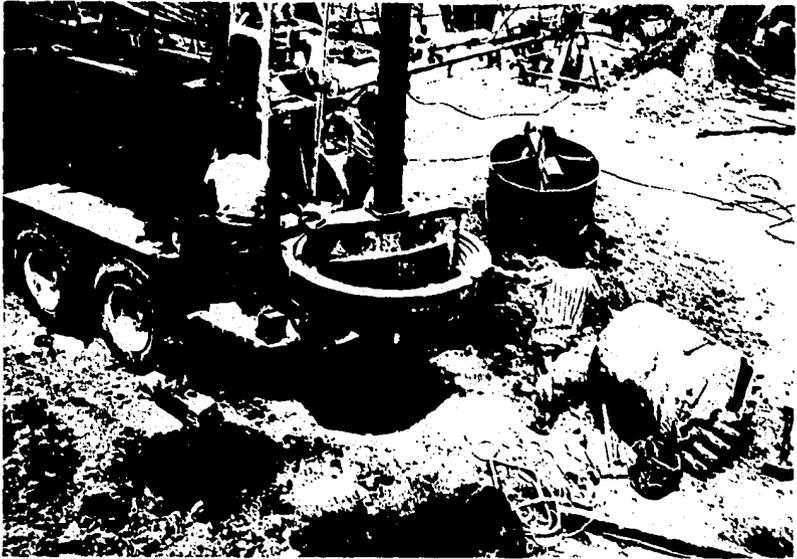
Debido a que únicamente se cuenta con una perforadora, solo se puede perforar una pila diaria.

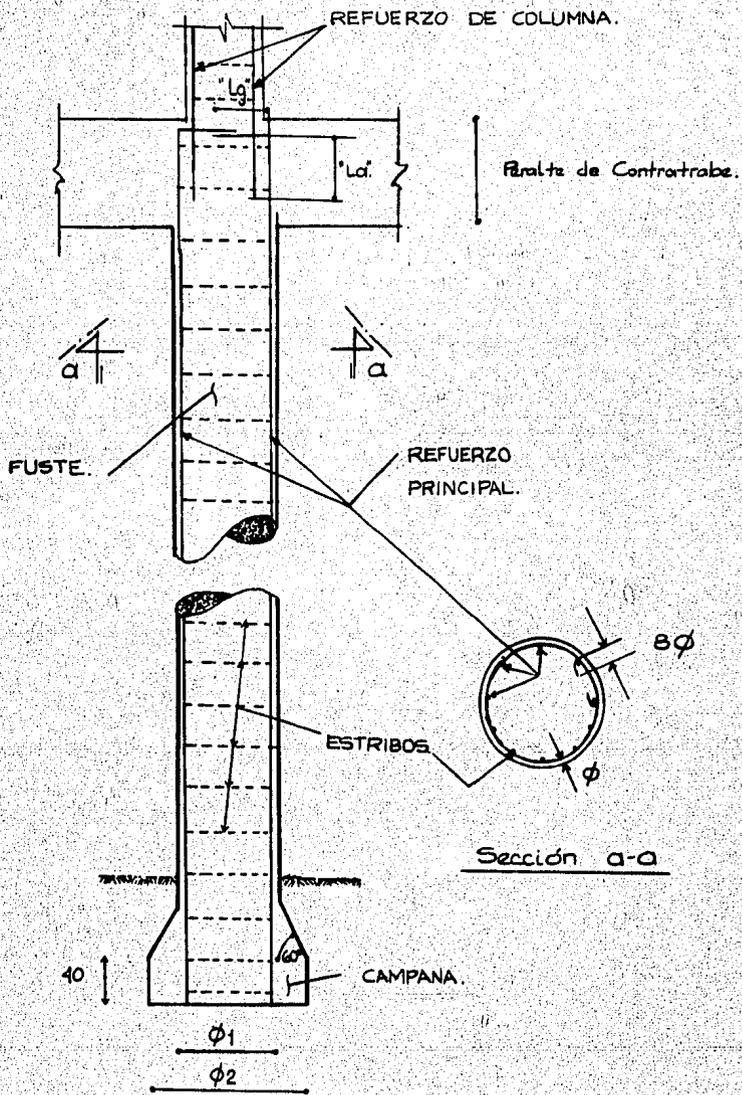
TABLA No. 2

TIPO DE PILA	LOC. EJES	EXC. MAQUINA		EXC. CAMPAÑA		NIVEL DE APOYO	A	B	C	D	E	F	G	H	L	FECHA DE COLADO	VOLUMEN DE CONCRETO m <sup>3</sup>	P (kg/cm <sup>2</sup> )
		INICIA	TERMINA	INICIA	TERMINA													
P-2	4b-B	27-03-86	28-03-86	1-04-86	5-04-86	-13.65	6.93	4.03	0.12	0.80	1.35	0.40	1.20	2.80	5.83	8-04-86	11.41	250
P-1	5-B	26-03-86	1-04-86	2-04-86	5-04-86	-12.47	6.07	4.15	0.12	0.80	0.70	0.40	0.80	1.40	5.25	4-04-86	3.60	250
P-2	6-B	17-03-86	19-03-86	19-03-86	1-04-86	-15.24	8.57	5.90	0.12	0.80	1.35	0.40	1.20	2.80	7.75	3-04-86	13.50	250
P-1	4b-C	31-03-86	1-04-86	5-04-86	8-04-86	-13.60	6.53	4.23	0.12	0.80	0.70	0.40	0.80	1.60	5.38	8-04-86	3.64	250
P-1	5-C	1-04-86	5-04-86	5-04-86	8-04-86	-12.54	5.87	3.57	0.12	0.80	0.70	0.40	0.80	1.60	4.77	8-04-86	3.33	250
P-2	6-C	19-03-86	20-03-86	24-03-86	4-04-86	-13.47	6.80	4.23	0.12	0.80	1.35	0.40	1.20	2.80	5.98	4-04-86	11.98	250
P-1	4b-D	3-04-86	3-04-86	8-04-86	10-04-86	-13.93	7.26	4.96	0.12	0.80	0.70	0.40	0.80	1.60	6.11	10-04-86	3.82	250
P-1	5-D	2-04-86	2-04-86	8-04-86	10-04-86	-13.52	6.85	4.55	0.12	0.80	0.70	0.40	0.80	1.60	5.70	10-04-86	4.03	250
P-2	6-D	24-03-86	25-03-86	5-04-86	10-04-86	-12.69	6.02	3.07	0.12	0.80	1.35	0.40	1.20	2.80	4.87	10-04-86	10.32	250
P-1	4b-E	4-04-86	5-04-86	10-04-86	11-04-86	-13.82	7.15	4.85	0.12	0.80	0.70	0.40	0.80	1.40	6.00	12-04-86	3.97	250
P-1	5-E	3-04-86	4-04-86	10-04-86	11-04-86	-14.33	7.66	5.36	0.12	0.80	0.70	0.40	0.80	1.60	6.51	12-04-86	4.23	250
P-2	6-E	2-04-86	4-04-86	10-04-86	10-04-86	-12.62	5.99	3.00	0.12	0.80	1.35	0.40	1.20	2.80	4.80	10-04-86	10.24	250
P-1	4b-F	8-04-86	9-04-86	10-04-86	15-04-86	-12.54	5.87	2.92	0.12	0.80	1.35	0.40	1.20	2.80	4.72	16-04-86	10.15	250
P-1	5-F	5-04-86	5-04-86	12-04-86	15-04-86	-13.45	6.73	4.48	0.12	0.80	0.70	0.40	0.80	1.60	5.63	16-04-86	3.79	250
P-2	6-F	4-04-86	5-04-86	10-04-86	15-04-86	-12.99	6.32	3.37	0.12	0.80	1.35	0.40	1.20	2.80	5.17	16-04-86	10.66	250
P-2	4b-G	10-04-86	10-04-86	14-04-86	22-04-86	-12.99	6.32	3.37	0.12	0.80	1.35	0.40	1.20	2.80	5.17	24-04-86	10.66	250
P-1	5-G	7-04-86	7-04-86	15-04-86	17-04-86	-13.56	6.89	4.59	0.12	0.80	0.70	0.40	0.80	1.60	5.74	24-04-86	3.84	250
P-2	6-G	5-04-86	5-04-86	11-04-86	22-04-86	-13.01	6.34	3.39	0.12	0.80	1.35	0.40	1.20	2.80	5.19	24-04-86	10.68	250
P-2	4b-H	11-04-86	11-04-86	15-04-86	24-04-86	-12.97	6.30	3.35	0.12	0.80	1.35	0.40	1.20	2.80	5.15	24-04-86	10.64	250
P-2	5-H	7-04-86	9-04-86	15-04-86	23-04-86	-12.98	6.31	2.76	0.12	0.80	1.35	0.40	1.20	2.80	5.12	24-04-86	13.09	250
P-2	6-H	7-04-86	8-04-86	16-04-86	23-04-86	-12.46	5.81	2.86	0.12	0.80	1.35	0.40	1.20	2.80	4.66	24-04-86	11.01	250
P-2	4b-J	11-04-86	14-04-86	22-04-86	29-04-86	-13.39	6.72	3.77	0.12	0.80	1.35	0.40	1.20	2.80	5.57	2-05-86	11.11	250
P-1	5-J	9-04-86	9-04-86	29-04-86	1-05-86	-13.34	7.40	5.10	0.12	0.80	0.70	0.40	0.80	1.80	6.25	2-05-86	4.10	250
P-2	6-J	14-04-86	16-04-86	22-04-86	1-05-86	-13.47	6.80	3.85	0.12	0.80	1.35	0.40	1.20	2.80	5.67	2-05-86	11.20	250
P-2	4b-K	14-04-86	16-04-86	22-04-86	1-05-86	-13.59	6.92	3.97	0.12	0.80	1.35	0.40	1.20	2.80	5.77	2-05-86	11.34	250
P-1	5-K	9-04-86	10-04-86	29-04-86	1-05-86	-14.09	7.42	5.12	0.12	0.80	0.70	0.40	0.80	1.60	6.27	2-05-86	4.11	250
P-2	4b-L	12-04-86	14-04-86	25-04-86	1-05-86	-13.64	6.97	4.02	0.12	0.80	1.35	0.40	1.20	2.80	5.82	2-05-86	11.40	250
P-1	5-L	16-04-86	11-04-86	2-05-86	5-05-86	-14.41	7.74	5.44	0.12	0.80	0.70	0.40	0.80	1.60	6.80	8-05-86	4.42	250
P-2	4b-M	17-04-86	22-04-86	2-05-86	6-05-86	-12.70	6.03	3.08	0.12	0.80	0.70	0.40	0.80	1.60	6.89	8-05-86	3.95	250
P-1	4b-N	23-04-86	23-04-86	5-05-86	7-05-86	-13.80	6.81	4.51	0.12	0.80	0.70	0.40	0.80	1.60	5.96	8-05-86	3.84	250
P-1	4b-O	25-04-86	26-04-86	5-05-86	7-05-86	-13.16	6.49	4.19	0.12	0.80	0.70	0.40	0.80	1.60	5.64	8-05-86	3.79	250
P-1	4b-P	25-04-86	25-04-86	7-05-86	8-05-86	-13.07	6.40	4.10	0.12	0.80	0.70	0.40	0.80	1.60	5.55	8-05-86	3.75	250
P-1	4b-R	2-05-86	5-05-86	7-05-86	9-05-86	-12.95	6.28	3.98	0.12	0.80	0.70	0.40	0.80	1.60	5.43	13-05-86	3.69	250
P-1	6-R	24-04-86	29-04-86	10-05-86	12-05-86	-12.36	6.29	3.84	0.12	0.80	0.70	0.40	0.80	1.60	5.44	13-05-86	3.69	250
P-1	6-R	30-04-86	30-04-86	9-05-86	12-05-86	-12.30	6.13	3.93	0.12	0.80	0.70	0.40	0.80	1.60	5.38	13-05-86	3.66	250
P-1	5-S	30-04-86	30-04-86	8-05-86	10-05-86	-12.91	6.24	3.94	0.12	0.80	0.70	0.40	0.80	1.60	5.39	13-05-86	3.67	250
P-1	4b-S	2-05-86	2-05-86	8-05-86	10-05-86	-12.60	5.93	3.63	0.12	0.80	0.70	0.40	0.80	1.60	5.08	13-05-86	3.51	250

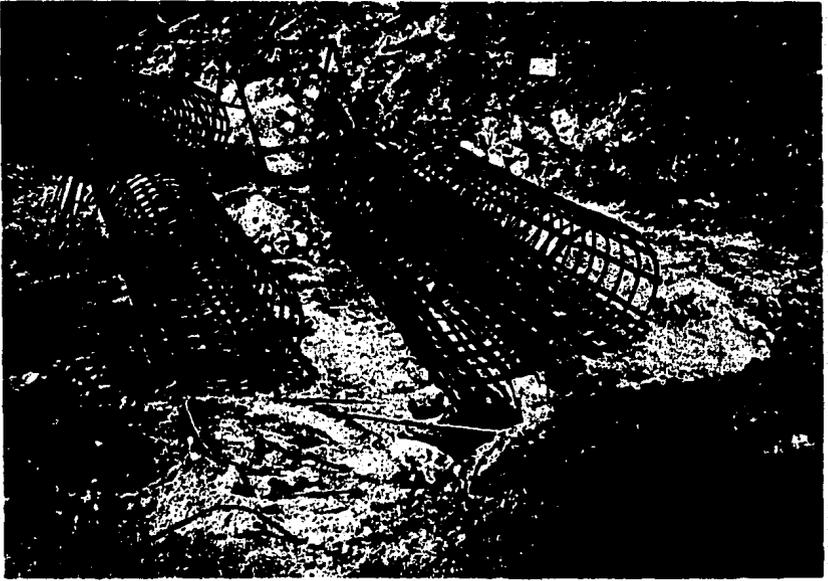


CROQUIS DE PILAS (Anexo Tabla 2).





ACERO DE REFUERZO EN PILAS.



#### 2.4.2. Excavación a mano de campana

En este caso, es muy difícil determinar un rendimiento, debido a que cada pila va presentando un problema diferente, es decir, en algunas campanas se encuentra mayor cantidad de material rocoso, lo que representa un mayor tiempo de excavación, en algunos casos hasta 10 días para campanas de 2.80 m de diámetro en la base y 6 días en las de 1.60 m.

#### 2.5. Acero de Refuerzo en Pilas

El acero de refuerzo utilizado en las pilas, es como lo marca la tabla No.1, para las pilas de 0.80 m de fuste, se tiene el refuerzo principal que esta compuesto por 8 varillas del #8 (1"), con estribos del #3 @ 30, en forma circular, las pilas con fuste de 1.20 m, tienen un refuerzo principal con 12 varillas del #10 y estribos del #4 @ 30.

Por facilidad constructiva, es necesario armar el acero fuera de la pila. Primeramente, se habilitan los estribos en forma circular mediante un cilindro fabricado previamente, con la dimensión del diámetro del estribo, colocando la varilla en un punto fijo y girándola alrededor, dejando un traslape de 8 diámetros.

Ya con los estribos habilitados, se colocan las varillas correspondientes y se arma un cilindro, como se muestra en la figura. Para colocar el acero de refuerzo dentro de la pila, por su peso y magnitud, es necesario hacerlo con una grua.

La longitud del acero de refuerzo, es la que requiera cada pila, bajándolo hasta la capa dura y ya en la superficie dando la longitud de anclaje en escuadra "Lg" correspondiente al diámetro de la varilla.

Se debe de tener cuidado de que el acero este bien centrado en la pila, no tocando ninguna de las paredes de ésta; para lograr esto, es necesario colocar piedras o pedazos de varilla entre el refuerzo principal y la pared de la pila.

El acero en las pilas no representa gran importancia estructuralmente, ya que en este caso, las pilas no trabajan a tensión sino únicamente soportan fuerzas de compresión, aún así, es necesario colocar el armado por temperatura.

## 2.6. Concreto de Pilas

Como se mencionó anteriormente, las pilas trabajan a compresión, por lo que el concreto desempeña el más importante papel en la cimentación de la estructura, ya que es quien transmite los esfuerzos al subsuelo.

Por la importancia que representa la cimentación en cualquier estructura, es necesario tomar precauciones en el colado de las pilas.

### 2.6.1. Procedimiento de colado

Las pilas serán coladas en sitio, debiendo garantizar la profundidad indicada, es decir, la capa dura.

Una vez colocado el acero de refuerzo en la pila, se procedera a colar mediante el método TREMIE, debido a que las pilas tienen una profundidad promedio de 6 m y están constantemente llenas de agua por las lluvias, es necesario seguir el siguiente procedimiento.





Se utiliza un tubo de fierro de 4 a 6 cm de diámetro ajustando a la profundidad requerida, un embudo en el extremo superior para facilitar el vaciado del concreto. Este tubo sujetado mediante una grua sobre camión con una capacidad de 20 Ton.

Es necesario que el tubo tenga suficiente longitud para que el concreto no caiga desde una distancia mayor a 40 cm. y así evitar que se disgregue, de esta forma el concreto se va acomodando por peso propio y no necesita ser vibrado.

Puede presentarse el caso de que la pila este llena de agua, ya sea por agua pluvial o nivel freático. Cuando se tiene este problema, para evitar que el concreto al vaciarlo en la pila se mezcle con el agua y pierda sus propiedades, es necesario que el colado se realice de la siguiente forma:

Se introduce el tubo de fierro hasta el fondo de la pila, de modo que, al ir vaciando el concreto, éste, al tener un peso específico mayor que el del agua, al ir aumentando el nivel del colado, vaya sacando el agua de la excavación, logrando de esta forma que el concreto no se llegue a mezclar con el agua en ningún momento; siguiendo este sistema, además de colar la pila, se extrae el agua de la misma, ahorrándose el bombeo.

Con el fin de sostener el tubo, e ir colocando o quitando tramos según se presente el problema, es necesario que por su peso y facilidad de maniobra, se utilice la grua sobre camión, que también nos servira para mover el tubo al momento del colado, obteniendo así un mejor acomodo del concreto.

Todo el concreto utilizado en las pilas, fue suministrado por compañías premezcladoras, de esta forma, la unidad llegaba a vaciar directamente sobre el embudo que se encuentra conectado a la tubería.



Se debe de tener cuidado en el suministro del concreto, ya que en caso de suspenderse, se formaría una junta fría entre el concreto ya vaciado y el nuevo, motivo por el cual, puede cambiar al resistencia a comprensión de la pila.

Si se emplea concreto fraguado normal en el colado, se deben dejar pasar cuando menos 72 horas para la perforación de aquellas pilas cuyo centro diste 3.0 m o menos de otra ya colada.

Este lapso puede reducirse en proporción a la reducción del tiempo de fraguado, en caso de utilizarse cemento tipo III o aditivos acelerantes.

Es importante considerar que el concreto que se está colocando en el tubo TREMIE, en su parte superior permanece todo el tiempo en contacto con el agua que se esta extrayendo, agua que por lo general esta contaminada, por este hecho, es necesario dejar la pila 20 cm. arriba de su nivel para posteriormente descabezarla, es decir, retirar el concreto contaminado, obteniendo asi una pila colada con concreto sin contaminar, logrando asi la resistencia de proyecto.

Una vez descabezada la pila, el acero se dobla en escuadra en forma radial hacia el centro de la pila con su "Lg" correspondiente:

#### 2.6.2. Tolerancias

Las pilas deberán cumplir con las siguientes tolerancias:

- a) Las dimensiones de la sección transversal no diferirán de los diseños, en más de 2.0 cm.

- b) El recubrimiento libre del refuerzo longitudinal será como mínimo de 5.0 cm.
- c) Todas las pilas deben quedar verticales con tolerancia de 2% en inclinación.
- d) La posición de la cabeza de la pila no debe variar más de 15 cm. de la indicada.
- e) En la profundidad de la punta de la pila la tolerancia será de 15 cm.

#### 2.7. Contratraves y Dados

Es importante recordar que la excavación fue realizada en un principio hasta el nivel -6.67, mismo que tendrá el sótano.

Las contratraves y dados en su totalidad tienen un peralte de 0.80 cm., por lo que es evidente que al colar las pilas, estas quedaban a un nivel de aproximadamente 1.00 m abajo del nivel -6.67.

Para alojar las contratraves y dados, fue necesaria la excavación de cepas de 1.00 de profundidad por 1.00 m de ancho y formando una retícula sobre los ejes, en ambos sentidos, por otra parte, para el dado, se excavaba según las dimensiones de este, dejando a 0.50 m de holgura en cada cara para poder armar, cimbrar y colar.

La excavación de las cepas fue realizada a mano, dejando el material, producto de la excavación, al pie de las cepas para posteriormente rellenar con el mismo material.

Una vez excavadas las cepas, se coloca una plantilla de concreto  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$  de 5 cm de espesor, con el fin de que la contratrase asiente en una superficie regular, repartiendo así mejor la carga.

Posteriormente, se procede a armar y cimbrar dados y contratraves, como se muestra en la fig.

Es necesario cimbrar los dados junto con las contratraves, para que sean colados monolíticamente, en los casos donde por diversas causas no se pudo colar la contratrase completa; debe colarse a 1/5 del claro, pero siempre junto con el dado.

Podemos concluir que los dados son elementos estructurales de gran importancia, debido a que estos son donde rematan las pilas, se desplantan las columnas y pasan o rematan contratraves, de ahí la importancia de colarse monolíticamente.

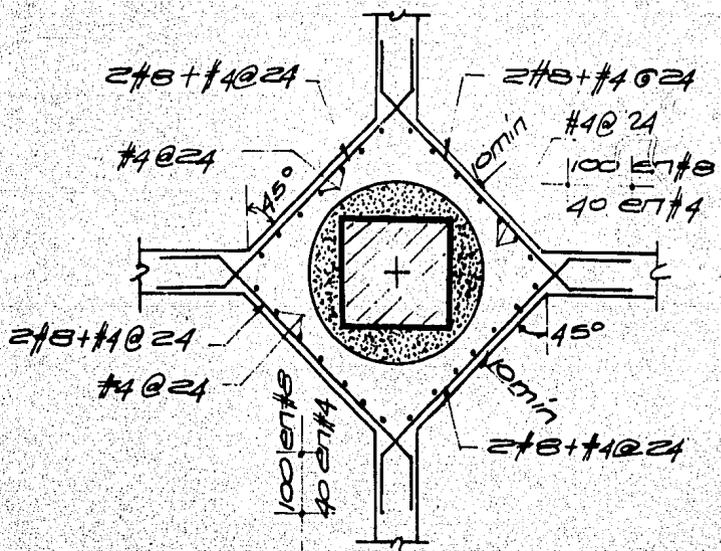
Es importante señalar que las contratraves forman una retícula con el fin de tener una distribución eficiente de cargas.

El concreto utilizado en dados y contratraves tiene una resistencia de  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ , y acero de refuerzo  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .

Finalmente, ya que han sido descimbrados a las 24 horas, se procede a efectuar el relleno de las cepas, para ello, se utiliza el mismo material que se excavó.

El material de relleno, al irse depositando, debe de ser en capas de 20 centímetros compactadas con bailarina al 90% de la prueba Proctor, teniendo cuidado de que el material al compactarse este humedo constantemente.

D A D O



P L A N T A

3

**ESTRUCTURA DE  
CONCRETO**

### 3. ESTRUCTURA DE CONCRETO EN EDIFICIO DE ESTACIONAMIENTOS

#### 3.1. Estructura de Concreto

Una estructura de concreto puede concebirse como un sistema, es decir, como un conjunto de partes o componentes que se combinan en forma ordenada para cumplir una función dada.

La función puede ser: salvar un claro, encerrar un espacio, como sucede en los distintos tipos de edificios.

La estructura debe cumplir la función a la que esta destinada con un grado razonable de seguridad, y de manera que tenga un comportamiento adecuado en las condiciones normales de servicio. Además deben satisfacerse otros requisitos tales como mantener el costo dentro de los límites económicos y satisfacer determinadas exigencias estéticas.

Las estructuras de concreto reforzado tienen ciertas características, derivadas de los procedimientos constructivos usados en su fabricación, que las distinguen de las estructuras de otros materiales.

El concreto se fabrica en estado plástico, lo que obliga a utilizar moldes que lo sostengan mientras adquiere resistencia suficiente para que la estructura sea autoportable.

Esta característica exige ciertas restricciones, pero al mismo tiempo aporta algunas ventajas. Una de estas es su "moldeabilidad", propiedad que brinda al proyectista gran libertad en la elección de formas. Otra característica importante es la facilidad con que puede lograrse la

continuidad en la estructura, con todas las ventajas que esto supone. Mientras en estructuras metálicas el logro de continuidad en las conexiones entre los elementos implica serios problemas en el diseño y en la ejecución, en las de concreto reforzado el monolitismo es consecuencia natural de las características de construcción .

Existen dos procedimientos principales para construir estructuras de concreto. Cuando los elementos estructurales se forman en su posición definitiva se dice que la estructura ha sido colada "in situ" o colada en el lugar. Si se fabrica en un lugar distinto al de su posición definitiva en la estructura, el procedimiento recibe el nombre de prefabricación.

El primer procedimiento, que es con el cual se va a construir esta estructura, obliga a una secuencia determinada de operaciones, ya que para iniciar cada etapa es necesario esperar a que se haya concluido la anterior. Por ejemplo, no puede procederse a la construcción de un nivel de un edificio hasta que el nivel inferior haya adquirido la resistencia adecuada. Además, es necesario a menudo construir obras falsas muy elaboradas y transportar el concreto fresco del lugar de fabricación a su posición definitiva, operaciones que influyen decisivamente en el costo.

Con el segundo procedimiento se economiza tanto en la obra falsa como en el transporte de concreto fresco y se pueden realizar simultáneamente varias etapas de construcción.

Por otra parte, este procedimiento presenta el inconveniente del costo adicional en el montaje y transporte de los elementos prefabricados y, además el problema de desarrollar conexiones efectivas entre los elementos.

Otra característica peculiar de las estructuras de concreto reforzado es el agrietamiento, que debe tenerse en cuenta al estudiar el comportamiento bajo condiciones de servicio.

### 3.2. Características Generales

Como se mencionó en el capítulo I, hablaremos de la construcción de la segunda etapa de estacionamientos que tiene las siguientes características:

- Estructura de concreto armado.
- Siete niveles:
  - 3 sótanos
  - 1 intermedio al nivel de la calle
  - 2 niveles superiores
  - 1 nivel de azotea
- Retícula de ejes a cada 8.40m. en ambas direcciones en todo el conjunto.
- Columnas de sección cuadrada y rectangular
- Losa reticular, aligerada con casetones de fibra de vidrio
- Muro perimetral de concreto
- Accesos:
  - Sótanos
    - Rampas interconectadas entre dos niveles, una de subida y una de bajada, en cada extremo de la estructura
  - Niveles superiores
    - Rampa Helicoidal en Cantiliver, una de subida y una de bajada
- Acabados:
  - Firme pulido
  - Pintura de esmalte en columnas y muros
  - Losa aparente
- Fachada:
  - Elementos precolados
- Superficie:
  - De A a S - 4b y 7 : 3.380m por nivel
  - 3.380m x 7 niveles = 23.660 m
  - Zona torre B
  - K a P : 7 y 12 : 1130m por nivel
  - 1130 m x 7 niveles : 7.910 m

- Superficie total = 23,660 + 7910      31, 570 m  
9500 m de construcción

ToGa estructura de concreto armado, para ser construida requiere de tres elementos esencialmente:

Concreto

Acero

Cimbra

### 3.3. Materiales

#### 3.3.1. Concreto

##### - Definición de concreto

El concreto es un material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas, de cemento, agregados (grava, arena y agua). El cemento y el agua forman una pasta que rodea a los agregados, constituyendo un material heterogeneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos o adiconantes, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto

El concreto simple, sin refuerzo, es resistente a la compresión, pero es débil en tensión, lo que limita su aplicabilidad como material estructural.

La combinación de concreto simple con refuerzo constituye lo que se llama concreto reforzado.

Existen otras características del concreto tales como su durabilidad, permeabilidad, resistencia al fuego, a la abrasión, a la intemperie, etc.

**- Características de los agregados:**

El agregado deberá de ser del tamaño necesario para que libere el espacio mínimo entre refuerzos.

El agregado por su forma puede dividirse en dos grupos:

- Canto rodado o bolea
- Triturado o aristas vivas

**Triturado:** es el proceso que sufrirá la roca para reducirle su tamaño original.

**Cribado:** una vez triturada la grava pasará a la criba vibratoria, donde se selecciona el tamaño adecuado de la grava, esto se obtiene en función de las mallas disponibles.

**Lavado:** se efectúa para separar los limos, arcillas y excesos de arena producto de la trituración.

**Manejo y almacenamiento:** el correcto manejo de los agregados nos conducirá a una buena mezcla teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Construcción de un patio de agregados.
- Manejo adecuado con equipo adecuado.

**- Generalidades de los agregados:**

+ Limpieza: debe ser limpio con el fin de que exista mayor adherencia.

+ Elementos orgánicos: deberán estar libres de estos elementos, pues su presencia alteraría las reacciones químicas del cemento, afectando su resistencia.

+ Resistencia: la fatiga o compresión de la roca de la cual provienen debe ser mayor o igual que la fatiga del concreto proyectado y poco porosas, para que absorban menos agua.

**- Prueba de resistencia a la compresión:**

La medida más común con la que se juzga la calidad del concreto es la prueba de la resistencia a la compresión, ésta se realiza por medio de cilindros de 30cm de altura por 10 cm de diámetro, mismos que se llenaran con la mezcla recibida, se sacará una familia de cilindros por cada 10 m<sup>3</sup> de concreto, una familia de cilindros se compone de cuatro muestras.

El cilindro metálico se llenará en 3 capas mismas que se deberán picar 25 veces, posteriormente, los cilindros deberán estar en el lugar de la obra durante 24 horas, tiempo en el cual se debiera descimbrar, transportar al laboratorio donde los depositamos en una tina con agua, de donde se sacarán para cabecear sus extremos con azufre hirviendo y de ahí pasaran a la prensa donde los tronaremos.

**- Prueba del revenimiento:**

Es la fluidez que tiene una mezcla y varía en función de la relación agua-cemento que tenga la mezcla. La prueba se realiza por medio de un cono de revenimiento de 20 cm en la parte



inferior, 10 cm en la parte superior y 30cm de altura, el concreto se colocará en 3 capas, mismas que con la varilla de extremo redondeado, se le dará 25 golpes repartidos uniformemente.

- Revenimientos recomendables para diversos tipos de construcción:

Muros y zapatas de cimentación	10 a 8 cm
Trabes y muros de concreto	10 a 8 cm
Pavimentos de concreto	8 a 4 cm
Concreto para bomba	18 a 12 cm

- Compactación del concreto:

Una masa de concreto fresco, al colocarse en la cimbra o molde, tiene el aspecto de un panal de abeja, debido principalmente al aire atrapado dentro de la mezcla. Si se le permite endurecer en esta condición el concreto no será uniforme y por lo tanto débil, poroso y deficientemente adherido al hacer el esfuerzo.

La compactación o vibrado es el proceso de eliminación del aire atrapado, por medio de vibración manual o mecánica.

El vibrado manual se logra introduciendo una varilla dentro de la mezcla en forma continua. La vibración mecánica consiste en introducir dentro de la mezcla un cabezal metálico de aproximadamente 30 cm de largo por un diámetro que fluctúa entre 3/4 "y 2", este cabezal producirá vibración, logrando con esto la expulsión del aire atrapado.

La vibración la producirá un motor, que podrá ser de diesel, eléctrico o gasolina. Podemos concluir que el vibrado es la acción de someter al concreto fresco a rápidos impulsos vibratorios, licuan el mortero y permiten la distribución correcta de los agregados.

#### - Aditivos

Un aditivo es un material distinto del agua, agregados y cemento hidráulico que se usa como ingrediente adicional en los concretos. Se añade al concreto antes, durante o después del mezclado.

Los aditivos pueden ser usados para modificar las propiedades del concreto, en tal forma que lo haga mas adecuado para las condiciones del trabajo o por economía.

Los aditivos se utilizan para los siguientes fines:

1. Aumentar la trabajabilidad sin alterar el contenido de agua, o sea que mejore el revenimiento.
2. Aumentar la resistencia
3. Retardar o acelerar el fraguado inicial
4. Reducir la permeabilidad de los líquidos (impermeabilización)
5. Mejorar las condiciones de bombeo (fluidizante)
6. Aumentar la adherencia entre concretos viejo y nuevo.
7. Para resanes y reparaciones de concretos mal trabajados.
8. Para lograr concretos con color.

### - Curado del Concreto

Es el proceso mediante el cual se mantiene un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable en el concreto, el curado se logra con agua, aditivos y vapor

### 3.3.2. Acero de Refuerzo

El acero de refuerzo es el material que se utiliza para realizar las diferentes armaduras que necesitan las construcciones.

Existen tres tipos de acero de refuerzo, definidos por su límite de fluencia, es decir el punto de fatiga en el cual después de aplicar una carga ya no se recupera siguiendo la Ley de Hooke.

- Los tres aceros mencionados son de límite elástico:

2,320 Kg/cm	llamado acero normal
4,200 Kg/cm	llamado alta resistencia AR42
6,000 Kg/cm	llamado acero Thor

Las varillas se diferencian por:

- Sección
- Longitud
- Diámetro
- Otros

Las varillas pueden ser circulares o cuadradas, lisas o corrugadas, el acero de alta resistencia siempre deberá de ser corrugado, generalmente circular y en longitudes que varían entre 6,10 y 12m.

Para identificar el acero de refuerzo se tendrá en cuenta lo siguiente:

a) El número que identifica el grado es el que corresponde en el límite de fluencia en Kg/cm, especificando como mínimo para cada tipo de varilla

b) El número que identifica el tamaño de la varilla corresponde al número de octavos de pulgada de su diámetro nominal.

El acero para la fabricación de las varillas procede de lingote tanto las no torcidas como las torcidas en frío y se obtiene mediante alguno de los siguientes procedimientos: horno de hogar abierto, básico al oxígeno, horno eléctrico, etc.

Las varillas corrugadas de acero, deben someterse a la prueba de doblado a la temperatura ambiente pero en ningún caso a menos de 16 grados centígrados, deben doblarse alrededor de un mandril, sin agrietarse en la parte exterior de la parte doblada. Las corrugaciones de las varillas de acero, deben de satisfacer los siguientes requisitos:

a) Estaran espaciadas a lo largo de la varilla a distancias sustancialmente uniformes, el espaciamiento promedio o la distancia entre corrugaciones a cada lado de la varilla no debe exceder de siete décimos del diámetro de la misma.

b) Deben de estar colocadas respecto al eje de la varilla formando un ángulo no menor de 45 grados, las corrugaciones de un lado deben de estar en dirección contraria a la dirección que tienen en el lado opuesto, cuando el eje de cada corrugación forme un ángulo mayor de 70 grados, no se requiere este cambio de dirección.

c) La longitud total de las corrugaciones debe ser tal, que las separaciones entre los extremos de las mismas, sobre los lados opuestos de las varillas no sea mayor del 12.5% del perímetro nominal de la varilla.

Las varillas corrugadas de acero deberán de tener buena apariencia, sin presentar defectos perjudiciales exteriores como grietas, traslapes, quemaduras y oxidación excesiva

#### - Estribos

Los estribos son piezas de varilla de diámetro variable, que tienen la función de darle forma a las armaduras y absorber parte de los esfuerzos a los que están sometidas dichas armaduras.

Estos pueden ser de diferentes formas, pero todos cumplen con la misma función y pueden ser: rectangulares, hexagonales, circulares, etc.

Se debe de tomar en cuenta que a la medida del estribo se tiene que agregar la longitud de los ganchos.

El acero se deberá almacenar, clasificandolo por diámetro (entongado), colocandolo sobre polines de madera que impidan el contacto con la humedad del piso.

- Doblado de varilla.- con el objeto de proporcionar al acero la forma de proyecto, las varillas de cualquier diámetro se doblarán en frío, en caso que tenga que doblar en caliente, la temperatura no excedera de 200 grados centígrados.

- Ganchos y dobleces.- los ganchos y los dobleces, se podran hacer por medios mecánicos (dobladoras) o por medios manuales, asi mismo siempre se deberan hacer en frío.

Todas las juntas deberán de hacerse por medio de traslapes con una longitud igual a 40 diámetros, no se deberá soldar o traslapar más del 50 % del acero de refuerzo de una misma sección.

- Colocación del acero de refuerzo.- al colocar el acero de refuerzo se tendrá un recubrimiento de concreto de mínimo 2.5 cm y asi mismo debera de estar libre de cualquier agente extraño.

Para cortar la varilla existen 2 formas:

- Cortar con segueta
- Cortar con cortadora de palanca

- Soldadura

El procedimiento por medio de la electrosoldadura para unir varillas de refuerzo no es nuevo en el campo de la construcción.

Sin embargo, debido a las ventajas que se obtienen empleando el sistema de unir varillas con soldadura eléctrica con cualquiera de los sistemas actualmente en uso, es decir, con procedimientos manual o semiautomático y dada la maniobrabilidad de estos sistemas, se ha estudiado su aplicación a la unión electro soldada de varillas de los números 8, 10 y 12. Los resultados que se logran son altamente satisfactorios ya que la resistencia que desarrolla una unión soldada con este proceso adecuadamente aplicado, es igual o mayor que la resistencia de la varilla misma.

## Régimen de arco para soldar manualmente.-

En soldadura se entiende por régimen de arco el conjunto de variables que intervienen en un proceso para unir metales. Para el adecuado desarrollo de una soldadura en varilla "TOR" es conveniente seguir el siguiente régimen con el cual se obtienen uniones electrosoldadas de resistencia igual o superior al de la varilla misma.

a) Electrodo: se requiere un electrodo de tipo AWSE - 90xx y E-110xx . Estos electrodos requieren de precauciones especiales en su manejo y almacenaje.

Se recomienda almacenarlos en forma vertical y a una temperatura de 80 grados centigrados sin mantenerlos fuera de su empaque un lapso mayor de 3 horas.

b) Resistencia: 6,300 Kg/cm y 7700 Kg/cm respectivamente.

c) Diámetro: electrodos de diámetro de 2,3,4,6 mm dependiendo de la posición y diámetro de la varilla a unir.

d) Intensidad de la corriente: el amperaje empleado oscilara entre los 100 y 250 amps. dependiendo del grueso de las varillas, la habilidad del operador y diámetro del electrodo

e) Voltaje: deberá oscilar entre 24 y 32 voltios. Se recomienda soldar dentro de los rangos inferiores.

f) Fuente de fuerza: corriente directa (continua) electrodo al polo positivo o viceversa; se pueden utilizar ambas polaridades.

g) Preparación de la junta: el bisel puede ser de varios tipos, doble "V", "V", sencilla y sin respaldo o traslape excéntrico y unión con doble refuerzo lateral.

El respaldo tiene la función de alinear las varillas y de elemento disipador de calor que el proceso de soldar genera.

h) Abertura de raíz: es la separación o abertura mínima de las piezas a unir. La abertura mínima recomendada es de 3 a 4 mm.

i) Pudelage o manipulación del electrodo: es el adecuado movimiento del electrodo para depositar en un "cordón" o "pasada" la cantidad de metal necesaria y en la forma requerida.

Se recomienda la colocación de 2 o 3 cordones de fusión sobre las caras de bisel.

Una vez colocados y dejando transcurrir el tiempo indicado se limpia perfectamente la escoria y en forma de pasadas múltiples evitando zig-zag se darán los cordones de "relleno" dejando enfriar la junta.

Este bulbo deberá tener un refuerzo máximo de 3mm como sobremonta. Deberá estar libre de socavados poros, escoria incluida, protuberancias irregularidades y estrangulamiento en el cuello.

La varilla en toda su longitud y junto al bulbo especialmente deberá estar libre de "puntazos" o "flamazos" del electrodo.



La lluvia o los enfriamientos subidos deberán evitarse tanto en la soldadura como en las zonas cercanas.

### 3.3.3. Cimbra

Para poder lograr las formas más caprichosas en las estructuras de concreto, es necesario fabricar los moldes en donde se depositará el concreto en estado plástico, para posteriormente al fraguar, adoptar la forma deseada.

A todo el conjunto de elementos que nos permiten la fabricación de estos moldes, así como la estructura requerida para sustentarlos, se le conoce con el nombre de cimbra.

Esta cimbra generalmente es de madera, metálica, aluminio o mixta.

#### - Tipos de Madera

1. Polín: 4" x 4" por la longitud deseada (generalmente es de 8 a 10 ft) y se utiliza como puntal o cargador en la cara de contacto de la cimbra.
2. Duela o Tabla: será de diferentes medidas que van de 1" a 2" de espesor y de 2" a 8" de ancho, por su longitud deseada. Este tipo de madera sirve principalmente como cimbra de contacto.
3. Tablones: Son de 2" de espesor y de 6" a 10" de ancho, por la longitud deseada. Sirven principalmente como tendido o para cimbra de elementos especiales. (bóvedas y formas parabólicas.)

4. Hojas de Triplay: Son de 4 ft. por 8 ft (1.22 x 2.44 m) con 2.97 m<sup>2</sup> de superficie y su espesor comercial varía de 1/4" a 3/4", siendo su principal uso para cara de contacto.
5. Duela Machimbrada: Es un tipo de madera especial, que se une entre sí, por medio de una muesca, sus dimensiones son de 1" de espesor por 2" a 4" de ancho. Se utiliza principalmente para el colado de elementos curvos o cascarones de concreto.
6. Viga: Es de 4" a 6" y se utiliza principalmente como viga madrina o cargador.
7. Chaflan: Es una pieza espacial, triangular, su sección de 1/2" a 3/4" que sirve principalmente para evitar las aristas vivas de la cimbra.

**- Factor de Usos**

Es el cociente expresado en forma de quebrado, del uso unitario de un elemento de cimbra, entre el numero de usos propuesto.

Para cimbras comunes, el factor sera de 20 usos, para cimbras aparentes de 8 a 10 usos, para cimbras especiales de 1 a 4 usos.

**- Factor de Desperdicio**

Es el porcentaje expresado en forma decimal, de la cantidad total de madera rota o perdida en la elaboración y durante los diferentes usos, generalmente este factor es del 10%.

## - Acabado de las Cimbras

1. Comunes o no aparentes: Son aquellas en las que se deberá cumplir con sus condiciones de niveles, plomos, apuntalamientos, siendo la superficie que queda al descimbrar, la misma que deja la madera.
2. Cimbras aparentes: Además de cumplir con los requisitos anteriores, su superficie debe cumplir como acabado arquitectónico, esto se logra tratando la madera a base de barniz epóxico o fibra de vidrio.

Para lograr un mejor descimbrado, se le deberá aplicar a la cimbra, diesel o cualquier otro desmoldante que nos permita lograr con facilidad el descimbrado.

## - Cimbras Especiales

1. Cimbras metálicas: Se tienen algunos tableros a base de una combinación de madera, como superficie de contacto y un bastidor metálico.

También se tienen cimbras totalmente metálicas, donde su cara de contacto puede ser lámina y refuerzos de sección metálica.

Las ventajas en las cimbras metálicas, son la gran cantidad de usos que se le pueden dar, e impedirá el uso de serrote a los carpinteros.

Sus desventajas son, el peso para la maniobra, así como el alto costo.

2. Cimbras de Aluminio: Ultimamente, se han desarrollado obras falsas de aluminio, cargadores, tornillería de aluminio, colocando sobre esto nuestra cimbra de contacto.

Sus ventajas serán su ligereza y reducción en la mano de obra, teniendo el inconveniente que su costo de adquisición es muy alto.

#### - Accesorios, Herramientas y Equipo para Manejar Cimbras

Dentro de los accesorios que se usan frecuentemente, tenemos los torsales de alambón, así como separadores metálicos. Con el objeto de acelerar el habilitado de las cimbras, se utilizan diversas herramientas, tales como sierras de banco, sierras manuales, taladros eléctricos y martillos neumáticos de golpe, etc.

Para movilizar las grandes secciones de madera, obra falsa, las caras de las columnas, el equipo más adecuado es la grúa torre, siendo que su costo se podrá prorratear en las actividades de elevación de concreto y colocación de acero de refuerzo, así como actividades de albañilería.

#### - Andamios Metálicos

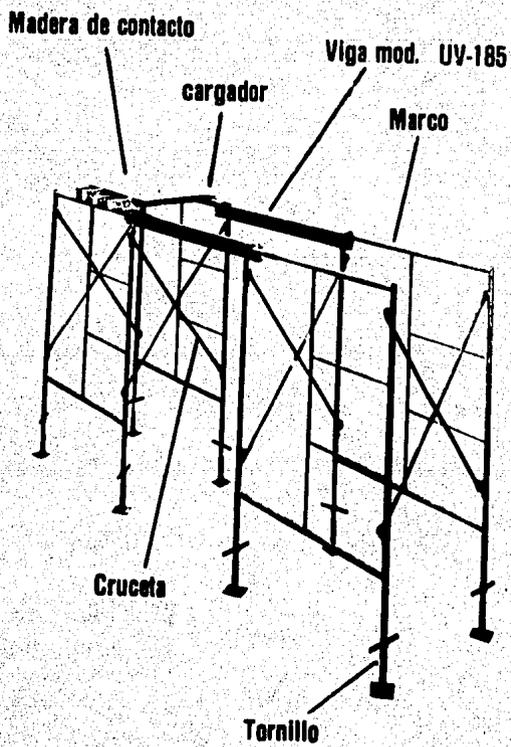
Los andamios metálicos, se utilizan principalmente como obra falsa, que nos servirá para sostener nuestra madera de contacto y el concreto durante su fraguado.

La obra falsa consta de: tornillos de ajuste, que irán en la parte inferior y con los cuales daremos la altura necesaria; a estos tornillos se les colocará un andamio metálico que al colocarle sus crucetas quedará armado y rígido.

En la parte superior, colocaremos un tornillo de ajuste con cabezal en forma de "u", donde colocaremos la viga madrina que puede ser metálica o de madera, sobre esta y en sentido transversal, se colocan los cargadores, para posteriormente poner nuestro forro o cimbra de contacto.

- Sugerencias para una Mayor Seguridad y un buen Apuntalamiento

1. Inspeccionar todo el equipo que se va a instalar, cuidando de no usar equipo dañado o deteriorado en alguna de sus partes.
2. Cuidar que tanto las distancias entre marcos, como las alturas, sean aquellas para las cuales se hizo el diseño.
3. Proveer base solida para distribuir las cargas en todas las patas del andamio.
4. Revisar que los tornillos de ajuste esten firmemente en contacto con el piso, la cimbra y las patas de los marcos.
5. Cuidar tanto el alineamiento como el planeo del equipo.
6. Colocar a nivel los andamios durante el proceso de instalación y no force las crucetas.
7. Cuidar de poner y fijar todas las crucetas segun corresponda a cada tipo de marco.
8. Cuidar que el personal no se apoye en las crucetas al desmontar o montar el equipo.



9. Antes de vaciar el concreto, revisar cuidadosamente todo el apuntalamiento.

10. Evitar grandes aglomeraciones de concreto o materiales sobre las cimbras, ya que no están diseñadas para este efecto.

#### - Aditivos y Formas de Protección para Madera

Con el objeto de lograr mayores usos a la cimbra, se le puede proteger con lo siguiente:

1. Recubrimiento de fibra de vidrio: Es el mejor sistema, pero con el inconveniente de su alto costo, con este tipo de recubrimiento, se pueden lograr hasta 40 usos.
2. Barniz epóxico: Se le coloca a la cimbra logrando un sello que la protegerá de la humedad, con este sistema se tienen hasta 20 usos.
3. Lámina: En algunos casos, se cubrirá la cara de contacto con lámina, esta protegerá la madera teniendo el inconveniente de que la superficie queda ondulada.
4. Desmoldantes: Con el objeto de lograr un mejor descimbrado, se podrá utilizar una grasa desmoldante. Su desventaja es el riesgo de contaminar el acero.
5. Con objeto de curar la cimbra, el método más común, es colocarle diesel, logrando con esto, proteger la madera y descimbrar con facilidad.

### 3.4 Edificio de Estacionamiento

#### 3.4.1 Procedimiento Constructivo

##### + Columnas.

Una vez colados tanto contratraves como dados, se procede a levantar las columnas correspondientes, la localización y características de las mismas se encuentran indicadas en la planta y tablas de columnas anexas.

##### - Anclaje del acero de refuerzo.-

Previamente al colado de los dados de cimentación se deben colocar las varillas del refuerzo de las columnas en la posición indicada, con escuadras en dirección al centro de las mismas y conservando el "Lg" correspondiente al diámetro de la varilla en cuestión.

La longitud de las varillas debe alternarse, es decir, colocar un 50% del acero de refuerzo en sección completa de 12 m y el otro 50% en secciones de 6 m., con el fin de no dejar todas las soldaduras a una misma altura y tener diferentes planos de falla.

##### - Limpieza.-

Es necesario limpiar el acero de refuerzo de toda partícula adherida, sea esta basura, polvo, desperdicio de cimbra o mortero, así como escamas de oxidación sueltas, rebabas y aceite.

Para ello es necesario limpiarlo con cepillo de alambre.

-Características Estructurales.-

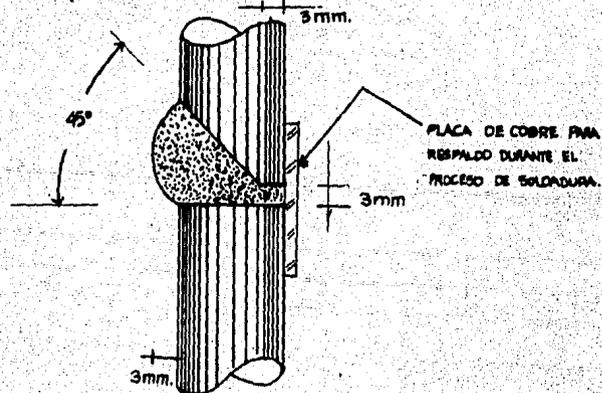
- Los anclajes y traslapes deben tener la longitud indicada en la siguiente tabla de varillas:

CALIBRE	DIAMETRO (Pulg)	$f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$		$f_c = 300 \text{ kg/cm}^2$		$f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$		FUERZAS DE FUERZAS	
		"La"	"Lg"	"La"	"Lg"	"La"	"Lg"	Máxima	Mínima
#	$\phi$	cm.	cm.	cm.	cm.	cm.	cm.	kg	kg
2	1/4"	---	---	---	---	---	---	---	---
2.5	3/16"	25	15	25	15	25	15	2450	1960
3	3/8"	30	15	30	15	30	15	3350	2840
4	1/2"	35	20	35	15	35	15	6350	5190
5	3/8"	50	25	45	25	40	20	10 000	9 000
6	3/4"	65	35	60	30	60	30	14 200	11 400
8	1"	100	55	85	40	80	35	25 300	20 700
10	1 1/4"	150	100	130	80	120	68	39 700	31 760
12	1 1/2"	220	150	190	110	175	105	57 000	45 600

"La" = LONGITUD DE ANCLAJE RECTO O TRASLAPE.  
 "Lg" = LONGITUD DE ANCLAJE EN ESCUADRA.



- La unión de varillas del #10 y #12 se tiene que soldar a tope de acuerdo con el siguiente croquis:



- Los anclajes "Lg" pueden girarse horizontalmente dentro de la losa para evitar agrupamiento del refuerzo.

- Todos los estribos en el extremo superior e inferior de las columnas se cerrarán a la mitad de la separación especificada a una altura de  $H/5$ .

- **Habilitación y colocación del acero.-**

Con el objeto de ganar tiempo y eficiencia al estar armando la estructura de acero de una columna, es importante contar con un banco de estribos ya habilitados según las dimensiones de la columna.

Se recomienda hacer los dobleces en frío alrededor de un perno de diámetro no menor a 8 veces el de la varilla.

Es importante realizar las soldaduras correspondientes antes de colocar todos los estribos ya que de lo contrario, estos impedirían al soldador realizar el corte adecuado del bisel y evitar el calentamiento innecesario de las varillas. Sin embargo se deben colocar estribos en la parte superior e inferior de la columna para armar y evitar movimientos de la varilla al estar soldando.

Una vez terminada la soldadura se procede a concluir el armado de la columna. Posteriormente es necesario verificar los "plomos" de la columna, de modo que coincidan sus ejes con los de la estructura cuidando que no este girada.

- Cimbra en columnas.

- Materiales.

Donde se especifica concreto aparente la cimbra debe ser metálica, duela cepillada o de triplay impermeable de 18 mm. En caso de emplear triplay la cimbra no debe utilizarse más de 9 veces de colado. Al emplear duela cepillada su espesor no debe ser menor a 38 mm., cepillándose antes de cada colado, no debiéndose utilizar más de 6 veces.

Es indispensable que la cimbra no presente aberturas que permitan el paso de la lechada.

#### - Diseño.\_

Los moldes o formas deberán ajustarse a la configuración, líneas, elevación y dimensiones que vaya a tener el concreto, según lo indiquen los planos respectivos.

Todas las aristas deben ser ochavadas. La sección del ochavamiento será un triángulo rectángulo con catetos de 2.5 cm.

#### - Procedimiento de cimbrado.\_

Una vez revisado el acero estructural, se procede a colocar la cimbra, siguiendo los siguientes pasos:

1. Antes de colocarla deberá estar limpia y exenta de toda partícula suelta y se barnizará con una capa de aceite o cualquier otro lubricante que no manche el concreto.
2. Se coloca sobre la superficie (losa o terreno natural) la base sobre la cual se levantarán las caras de las columnas.
3. Se levantan los costados previamente habilitados según las

dimensiones de la columna.

4. Mediante el uso de moños se ajusta la cimbra dejando un recubrimiento de 3 a 5 cm.

5. Posteriormente se colocan polines y tensores de acero para dar rigidez a la cimbra.

6. Se verifican niveles, ejes y plomos.

- Concreto en Columnas.

- Recomendaciones.

-Concreto.

Se debe emplear agua limpia, potable, exenta de ácido, bases, aceites y materia orgánica

Los agregados también deberán estar exentos de estas mismas impurezas y de toda otra materia deletérea.

- Revenimientos.

Con el fin de evitar la colocación del concreto de resistencia a trabajabilidad insuficiente se debe llevar a cabo y registrar una prueba de revenimiento cada vez que vacie la revolvedora o el camión revolvedor y se descartara el material cuyo revenimiento este fuera de los siguientes límites:

f'c(Kg/cm <sup>2</sup> )	Trabes, losas macizas columnas y muros.	losas encasetonadas.
250-400	10	12-14

a) En elementos con altura de colado mayor a 2.50 m., no se permiten revenimientos mayores a 12 cm.

b) En concreto premezclado se limitará el tiempo desde el vaciado del carro hasta la colocación en la posición definitiva en el molde a un máximo de una hora, a menos que se utilicen retardadores de fraguado.

**- Control de Calidad.\_**

La resistencia del concreto en compresión axial se determina mediante ensayos en cilindros de 15 cm. de diámetro a 30 cm. de altura. Los cilindros deben elaborarse con el concreto que se tome en la posición final del mismo o lo más cercano a ella. Los cilindros deben ser ensayados a los 3, 7, 14 y 28 días.

Cuando el concreto sea premezclado en planta se tomará una muestra ( 4 cilindros ) por cada camión muestreado y se muestreara al azar el 50% de los camiones que llegue a la obra.

El concreto utilizado en la estructura será proporcionado de tal manera que 8 de cada 10 ensayos tengan resistencias iguales o mayores a dicha resistencia de proyecto f'c.

**- Concreto Premezclado.-**

El concreto premezclado debe surtirse en camiones mezcladores de tipo giratorio. El mezclado debe hacerse en el transcurso de los 30 min. subsecuentes a la adición del agua. El concreto se entregará y descargará en la obra antes de una hora, después de haberse unido el cemento con el agua. No se debe de permitir la adición de agua en la obra para aumentar el revenimiento de una

mezcla seca endurecida, puesto que el concreto pierde su resistencia.

- Limpieza Previa al Colado.-

No puede efectuarse un colado donde existan partículas sueltas de polvo, materiales de desperdicio, la presencia de agua libre, o cualquier elemento ajeno al concreto.

- Transporte y Colocación.-

El concreto se manejará y colocará en los moldes con métodos que eviten la segregación o pérdida de los ingredientes, y con la máxima rapidez posible.

El vaciado del concreto dentro de los moldes debe de hacerse tan cerca como sea posible de su posición final evitando traspalearlo o transportarlo dentro del molde a base de vibraciones .

No es permisible dejarlo caer libremente desde alturas mayores a 1.50 m. , dado que se produce disgregacion en el concreto .

Cuando el concreto se transporta por canalones, estos deberán estar diseñados de manera que permnitan un escurrimiento casi continuo del concreto. Se recomienda sean de metal o con un recubrimiento metálico con pendientes de 1:3 .

No deberá producirse segregación ; en los casos en que por la longitud o pendiente del canalón se comenzara a presentar tal fenomeno , podra recurrirse al empleo de inclusores de aire para eliminarlo.

**- Temperatura.-**

No es recomendable colar cuando la temperatura ambiente es inferior a 7 grados centígrados, a menos que se tomen precauciones para tal efecto. Cuando durante el periodo de curado sea menor de 5 grados se tomarán precauciones especiales tendientes a contrarrestar el descenso en resistencia y el retardo en endurecimiento y se verificara que estos no han sido desfavorablemente afectados.

**- Colado de columnas.-**

Ademas de respetar las especificaciones generales referentes al colado, en columnas, castillos y muros el colado debe iniciarse inmediatamente despues de depositar en el fondo del elemento por colar una capa de 4 cm. de espesor de mortero cemento y arena con proporcionamiento volumetrico de 1:4 o mas rico en cemento de igual resistencia que la especificada para el concreto del miembro en cuestión y con revenimiento de 6 a 8 cm.

Esto es con el fin de no dejar escapar la lechada al momento de estar colando un elemento.

**- Vibrado.-**

Todo el concreto de estructuras debe ser vibrado a excepción de la plantilla de cimentación.

Se empleara el vibrador de chicote con cabeza de dimensiones adecuadas para que pueda penetrar hasta el fondo de todo el concreto. Las varillas de lecho superior de trabes, contratraves,

vigas, contravientos y muros de concreto deberá estar en contacto con la cabeza del vibrador durante un mínimo de 15 seg. a cada 50 cm de longitud de dichas varillas, este pase tendrá lugar inmediatamente después de haber introducido lentamente el vibrador hasta el fondo, permaneciendo en él durante 5 seg. y haberlo extraído lentamente a los mismos intervalos de 50 cm. No se debe permitir el exceso de vibrado que produzca segregación en el concreto.

La cabeza del vibrador se introducirá verticalmente sin remover con ello el concreto; no se permitirá aplicarlo horizontalmente. Para muros delgados, columnas de gran altura o posiciones inaccesibles de los moldes donde no llegue el vibrador, podrá vibrarse exteriormente aplicando la cabeza del vibrador, normal al plano del molde a la vez que se hace un " varillado " por el interior.

#### -Juntas de Colado.-

En columnas, las juntas serán horizontales localizadas en su extremo superior a un centímetro arriba del lecho bajo de la losa, planta o trabe de menor peralte del nivel que soporte. Antes de reiniciar un colado toda junta deberá ofrecer una superficie rugosa, la cual se limpiará con soplete de aire o de arena y cepillo de alambre y se saturará pero no se lecheará.

#### - Aspecto.-

Sin excepción el concreto debe presentar un aspecto homogéneo. Se debe desechar todo el concreto cacarizo y aquel en que haya

quedado visible el refuerzo o que presente hoquedades u otros defectos objetables de colado.

**- Resanes.-**

Todo defecto del concreto que no afecte la estabilidad del edificio ni adn localmente y cuyo resane no sea objetable arquitectónicamente, será resanado según el siguiente procedimiento:

- a) Se quitará todo el volumen defectuoso del concreto.
- b) Se terminará a escuadra las caras del hueco así formado.
- c) Se martelinará dicha superficie hasta eliminar toda partícula de polvo, agregados y cemento suelto.
- d) Se mantendrá saturada continuamente la superficie por resanar durante el mínimo de 6 horas mediante aplicación de riegos frecuentes.
- e) Se colocará el refuerzo adicional que solicite el estructurista.
  
- f) Se resanará con concreto o mortero provisto de aditivo expansor en proporción tal, que extrictamente contrarreste la contracción del material.

La resistencia del mortero o concreto de resane no debe ser menor a 1.25 veces la resistencia de proyecto del elemento que se resana ni menor que la resistencia media de dicho elemento deducida de las pruebas de control.

- Curado.-

Todas las superficies de concreto que no esten protegidas con moldes deberán mantenerse constantemente húmedas durante un mínimo de 7 días consecutivos si sus cemento es de fraguado normal o 3 días si es de fraguado rápido. Se puede utilizar cualquier procedimiento como : membranas impermeables, riegos frecuentes, inundación de agua y capa de arena, recubrimiento con lonas saturadas o exposición a corrientes de vapor de agua a temperaturas no mayores a 70 grados.

El curado debere iniciarse inmediatamente después de que se haya producido el fraguado inicial, aproximadamente 3 horas despues del colado.

Consideradas las recomendaciones anteriores se procede al colado de las columnas, en este caso se utilizaron tres diferentes formas para el vaciado del concreto.

- Colado con bomba telescópica o estacionaria.
- Colado con grua torre y bacha.
- Vaciado en artesa y colado con bote.

La altura de las columnas debe llegar 2 cm. arriba del lecho inferior de la losa.

- Descimbrado.-

En caso de columnas, muros y otros moldes verticales como costados de trabes y contratraves, se debe descimbrar a las 24

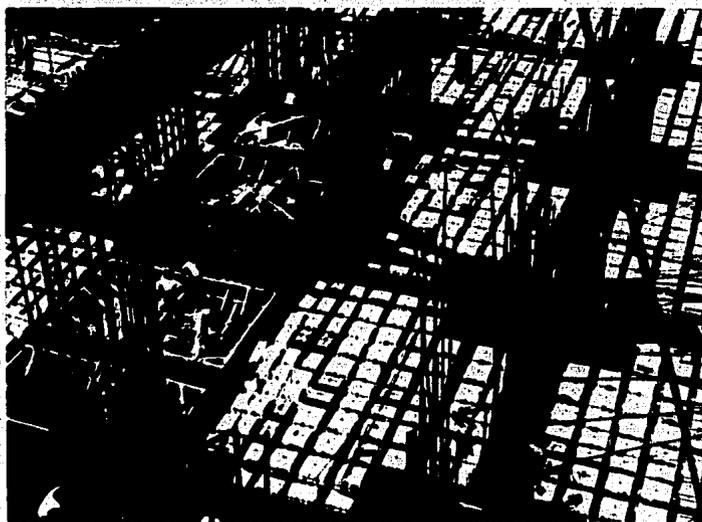
horas de haberse colado el elemento.

Inmediatamente despues de haber descimbrado se procede a curar el concreto mediante el uso de aditivos, esto es con el fin de conservar el grado de humedad del concreto hasta alcanzar su resistenacia de proyecto.

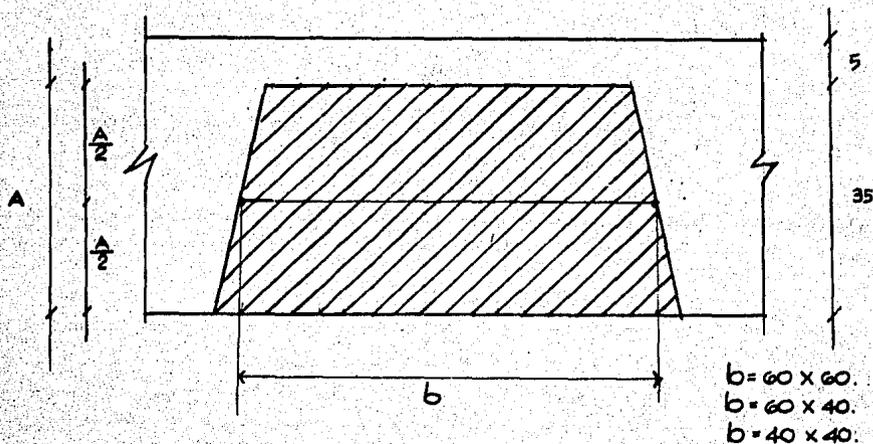
- Losa Reticular

Todas las losas que se utilizaron en el edificio de estacionamientos con excepci3n de las rampas de acceso de un nivel a otro, tienen las siguientes caracteristicas.

1. Losa de peralte total  $H = 40$  cm. aligerada con casetones de fibra de vidrio como se indica a continuaci3n.



2. Las cajas para aligerar deben ser recuperables, de fibra de vidrio con las siguientes dimensiones, tomadas a la mitad del peralte como se indica en la figura:

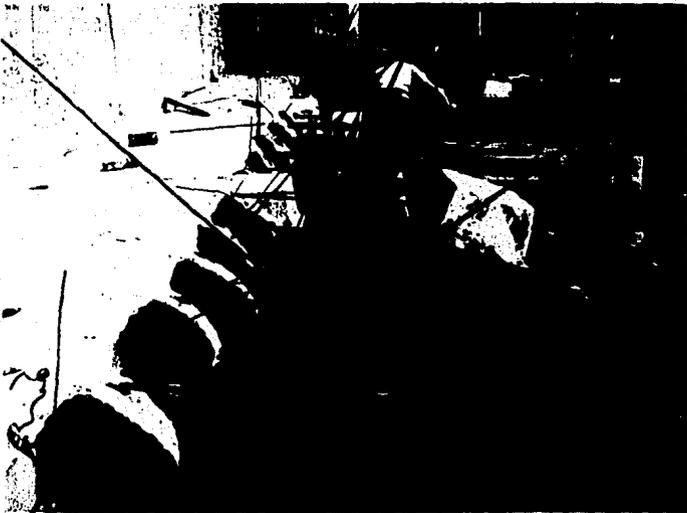
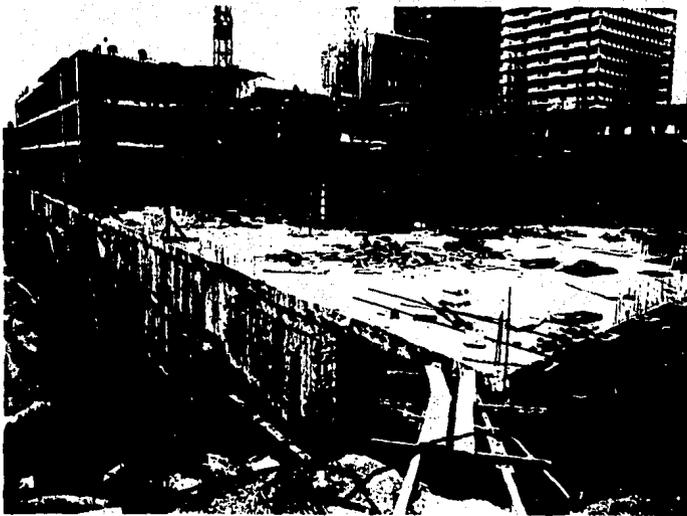


3. El armado de la losa se divide en dos:

**Trabes principales.**.- van de columna a columna formando un capitel en cada una.

**Nervaduras** .. van entre los casetones (armado secundario)

**Refuerzo por Temperatura.**- en una parrilla adicional del # 2.5 o 3, colocada al centro de los casetones en el lecho alto de la losa.



- Cimbra:

Una vez que ha sido colada una serie de columnas, formando varias crugias se procede al cimbrado de la losa mediante el uso de andamios tubulares.

Todos los marcos tubulares deben de colocarse sobre rastras de madera con el fin de repartir la carga uniformemente sobre la superficie de apoyo.

Ya colocados los andamiajes, se colocan vigas de madera en sentido perpendicular a los cargadores.

Posteriormente se colocan hojas de triplay de 16 mm. que se clavan a las vigas de madera que formarán el fondo de la losa.

Para el triplay de 16mm se recomienda un máximo de 6 usos.

Además del peso del concreto y del peso propio de la cimbra, esta se diseñará para una carga uniformemente repartida de 100 Kg/m<sup>2</sup> mas una concentración de 100 Kg, aplicada en cualquier punto de la cimbra.

La flecha máxima permisible, se recomienda que sea mayor de 1/500 del claro si se trata de concreto aparente o de 1/300 del claro en caso contrario.

Mediante los tornillos de ajuste de los andamios se va nivelando la cimbra dejando una contraflecha a 1/400 del claro libre.

- Casetones de fibra de vidrio.-

Como se mencionó anteriormente los casetones de fibra de vidrio servirán para aligerar la losa, recuperándolos después.

**Colocación:**

Primeramente se hace el trazo según el plano de distribución colocando en toda la losa casetones de 60 x 60 cm. y utilizando de 60 x 40 y 40 x 40 únicamente para realizar los ajustes correspondientes.

**Fijación:**

Ya definida la posición de los casetones, estos son clavados al triplay, colocando un clavo en cada esquina sobre la ceja, de esta forma se evita el movimiento al estar colando.

**Engrasado:**

Antes de comenzar el colado, es muy importante que todos los casetones queden bien engrasados, con el fin de facilitar su extracción.

**Descimbrado:**

El descimbrado puede hacerse en forma parcial en la mitad del tiempo correspondiente al descimbrado total, dejando puntales capaces de tomar íntegro el peso propio del concreto colado más la mitad del peso del siguiente nivel y las cargas vivas correspondientes que obrarán durante la construcción.

Para el descimbrado total se deben respetar los siguientes plazos mínimos.

En losas y fondos de trabes

cuando el concreto alcanza  
65% de su resistencia de  
proyecto.

En voladizo

Cuando el concreto alcanza 90%  
de su resistencia de proyecto

- Extracción de casetones.

Una vez que el concreto de la losa ha alcanzado la resistencia requerida se extraen los casetones mediante cualquiera de los siguientes procedimientos.

a) Inyección de aire.- al casetón se le deja una perforación en la parte superior, en donde se le inyecta aire comprimido y con la presión ejercida por este se logra la extracción sin maltratar la losa.

b) Manualmente.- por medio de dos " barretas " de fierro; se introducen entre la ceja y la losa y se jalan hacia abajo.

teniendo el inconveniente de dañar las nervaduras.

- Colocación de acero de refuerzo

Como se mencionó anteriormente las losas reticulares llevan dos tipos de armados.

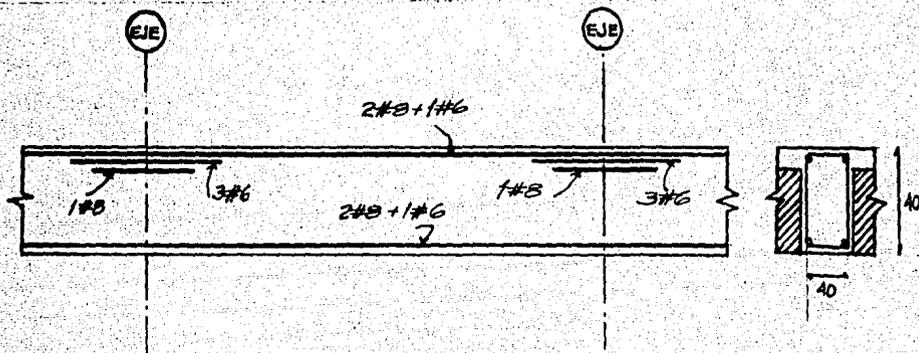
- Refuerzo Principal:

El refuerzo o traveses principales van colocadas entre columna formando en su intersección el capitel de la columna.

Estas traveses van ancladas en las columnas, terminando en escuadra en las perimetrales y pasando las varillas corridas en las intermedias.

El capitel de las columnas esta formado por la intersección de las traveses, y por un refuerzo adicional que se coloca formando una parrilla, esto es; a  $1/5$  del centro del claro, en las cuatro direcciones encontraremos zona de capitel.

Un ejemplo de armado principal es el siguiente:

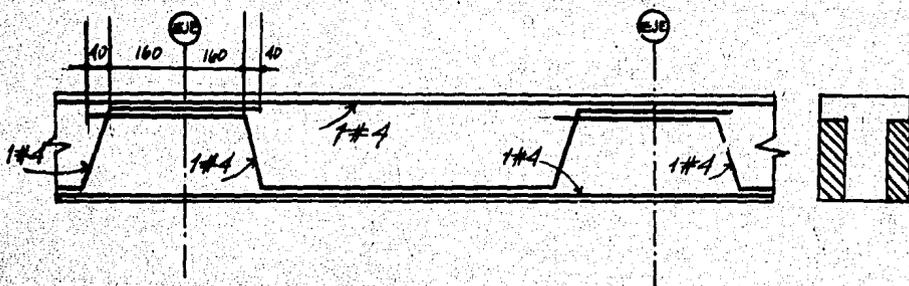


**-Nervaduras:**

El armado secundario se coloca entre los casetones formando una reticula a todo lo largo y ancho de la losa.

Las varillas que forman las nervaduras pasan corridas por las trabes principales intermedias y rematan en las perimetrales.

Un ejemplo de nevadura sería el siguiente:



**-Refuerzo por temperatura.-**

Es una parrilla adicional del #2.5 o 3, colocada al centro de los casetones en el lecho alto de la losa. Este acero se coloca para que no se agriete el recubrimiento de concreto es decir los 5 cm. que quedan sobre los casetones.

**- Concreto de Losa:**

**Juntas de Colado.-**

En este caso, las losas por colar, deben ser unidas a las losas de concreto del edificio del centro comercial, que tienen 2 años de antigüedad.

Para ello deben prepararse las juntas de colado de manera que

logren una buena adherencia entre concreto viejo y nuevo.

Primeramente se debe hacer un corte a 45 grados en el concreto viejo, cuidando que no queden pedazos de concreto fisurado o teccatas, esta junta debera ofrecer un superficie rugosa, la cual

se limpiará con soplete de aire o arena y cepillo de alambre, y se saturará con riego continuo durante 4 horas antes del colado, pero no debe de lechearse.

**Limpieza.-**

Previo al colado debe hacerse una limpieza a fondo, cuidando que la losa quede libre de basura, madera o cualquier cuerpo extraño. Además se debe sopletear con el fin de limpiar todos los rincones de la losa.

**-Colado:**

Previamente se deben verificar los siguientes aspectos:

- Cimbra nivelada.
- Casetones bien colocados y en buen estado.
- El acero debe estar limpio.
  
- No deben faltar amarres en las varillas.
- Vibradores.
- Es recomendable tapar el acero de las columnas del siguiente nivel a fin de no contaminarlo con el concreto de la losa.

- Las soldaduras deben estar listas 4 horas antes del colado.
- Colocar pasos e instalaciones.

- Colocación del concreto :

En este caso, dado el volumen del concreto de cada losa (150 m<sup>3</sup> promedio) es necesario utilizar bomba de concreto, la cual debe estar instalada antes de que empiece el suministro por parte de la premezcladora. La tubería es de acero de diámetro variable (4, 5 ó 6" ) en el extremo debe contar con una manguera de hule de manera que sea manejable y se pueda colocar el concreto en un área mayor.

La tubería de la bomba debe colocarse en la parte mas alejada de la losa, de esta forma al ir vaciando el concreto se van recortando los tramos de tubería , evitando así el paso sobre las áreas ya coladas.

Al ir vaciando el concreto, éste va siendo vibrado y distribuido por medio de personal con palas y otra persona viene atrás dando el nivel correspondiente, auxiliado con un escantillón y cuchara.

Una vez concluido el colado, se apisona el concreto y se le proporciona un riego constante para curarla.

En toda la obra se utilizó concreto normal y se contaba con 1 1/2 juegos de cimbra, por lo que no fue necesario, el uso de concreto R.R y curados a vapor.

- Losas Macizas:

En los estacionamientos subterranos se utilizaron losas macizas en las rampas de acceso y salida.

Cada entepiso cuenta con dos juegos de rampas, una de subida y una de bajada, una sobre la calle Fernando Villalpando y la otra sobre Río San Angel.

Para apoyar estas rampas es necesario colar previamente, muros de concreto que servirán como apoyo a las mismas.

El colado de las losas, dada la pendiente existente debe realizarse de arriba hacia abajo y con un revenimiento bajo para evitar el deslizamiento del concreto.

- Firmes de Concreto.-

Sobre toda la superficie de concreto en losas se colocó un firme de concreto simple de 7 cm. de espesor el cual posteriormente y antes de que llegue a fraguar es pulido para dar el acabado al piso del estacionamiento.

Este firme fue necesario ranurarlo por medio de una cortadura de disco, haciendo los cortes a cada 8.40 en ambos sentidos, es decir, sobre los ejes de las columnas. Estos cortes se realizan con el fin de evitar agrietamientos.

Sobre la superficie del terreno se colaron firmes de concreto armado de 10 cm. de espesor. El colado se realizó en tableros intercalados a fin de que trabajaran independientemente uno de

otro y no se rompieran con los asentamientos del terreno.

Para la formación de estos firmes se tomó el área de una crujía por tablero. Al igual que los firmes sobre losa, se les dio el acabado puliéndolos.

- Principal Equipo Utilizado en Estructuras de Concreto.-

- Torre grua:

Esta maquinaria se compone de un pórtico o marco fijo en una base y que sustenta una torre metálica giratoria de rotación total alrededor de un eje vertical. En la parte superior se encuentra una pluma en posición horizontal sobre la cual se desplaza un carro móvil accionado por un motor eléctrico.

Un malacate eleva la carga mediante un cable que pasa por poleas hasta la parte superior, un contrapeso superior equilibra el peso del brazo y de la carga.

Estas gruas están constituidas por elementos empalmados que permiten conseguir fácilmente la altura deseada, son eléctricas y controladas desde una cabina de mando.

Estos equipos son de gran utilidad y su instalación significa un ahorro considerable en horas - hombre para realizar movimientos.

A continuación se muestra la disposición de las gruas para la construcción del edificio de estacionamientos y Rampa Helicoidal.

- Vibradores.-

Este equipo consta principalmente de un "cabezal" o "aguja" tubular vibratoria que se sumerge en el concreto. Generalmente son accionados por motor eléctrico o de gasolina. Dada la magnitud de la obra, fue necesaria la utilización de 5 vibradores y 2 de repuesto. Los vibradores son esenciales para poder realizar cualquier colado, logrando así una perfecta colocación y acomodo del concreto.

- Pisones de impacto y rodillos mecánicos.-

Estos equipos funcionan dejando el "pie" o "placa metálica" sobre el terreno martillándolo por vibración y caída de peso. En ésta obra fueron utilizados para compactar el terreno en la cimentación.

- Bomba de concreto:

En forma general están accionados por un motor de gasolina, diesel o eléctrico sobre un chasis móvil o sobre camiones.

Cuentan además con una tolva agitadora de control remoto, frenos hidráulicos y una manguera de descarga.

Cuando van montadas en camiones se auxilian de una pluma conductora por la que circula el concreto, hasta la estructura por colar a través de la manguera de descarga.

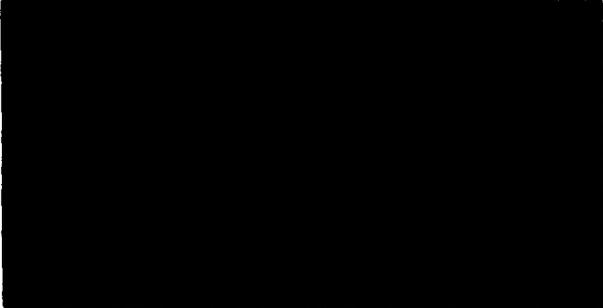
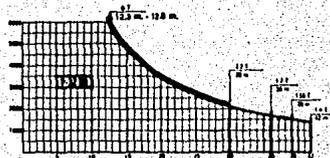
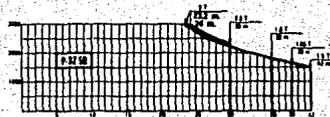
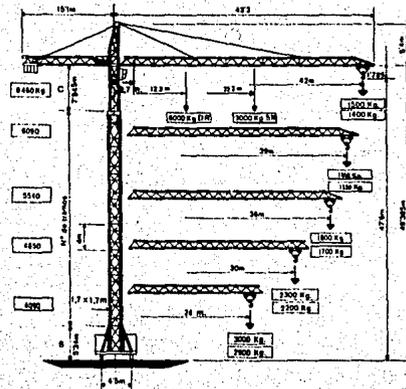
Este equipo se utilizó en la obra como elemento auxiliar en la colocación de concreto a cualquier nivel.

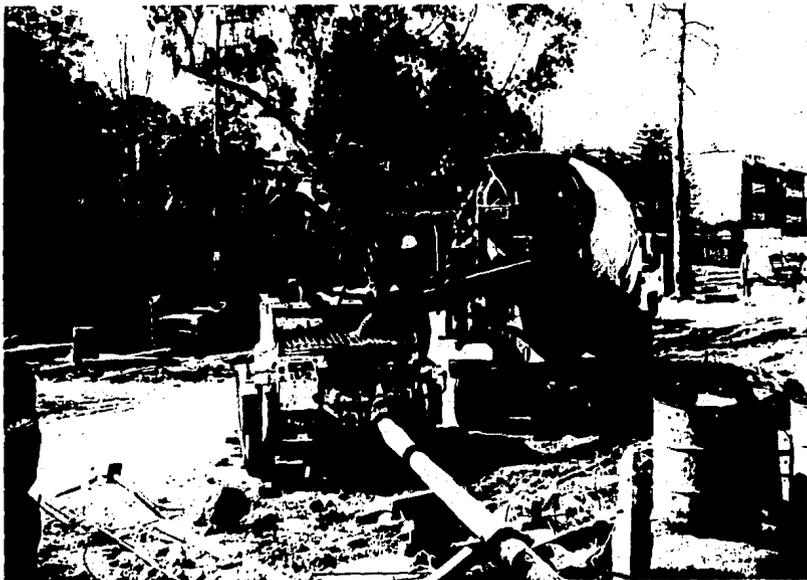
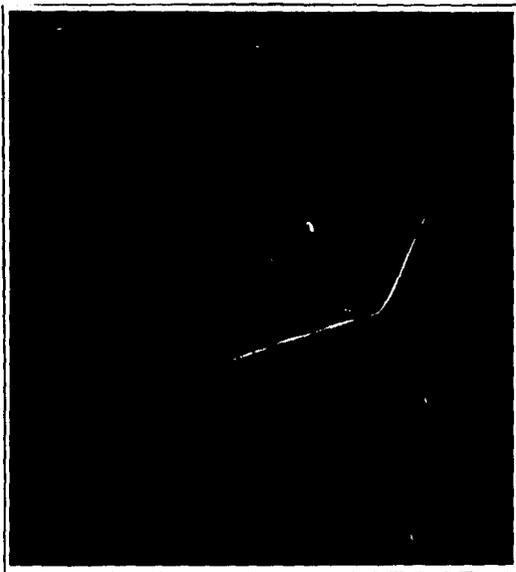
- Perforadora.-

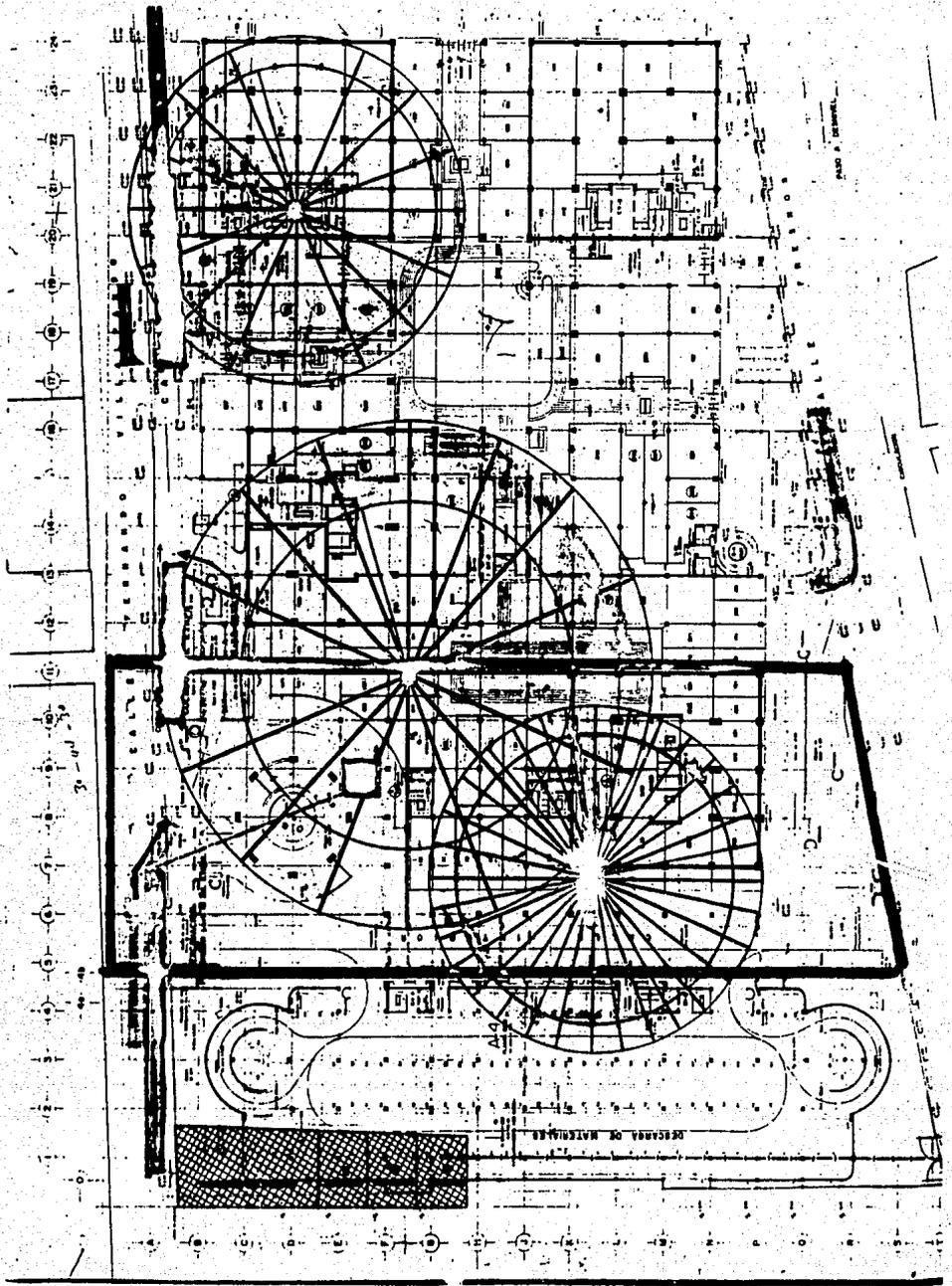
Para realizar las perforaciones en el terreno donde se desplantaron las pilas, se utilizó una perforadora sobre camión

y el uso de una cubeta de perforación para la extracción del material.

## GRUA TORRE - TOWER CRANE P - 32







DEPARTAMENTO DE MATERIAS

4

**RAMPA HELICOIDAL  
EN CANTILIVER**

## RAMPA HELICOIDAL EN CANTILIVER

### 4.1 Descripción General

Como se mencionó anteriormente, el estacionamiento en los niveles 7.30, 10.30 y 13.30, se tiene acceso mediante una Rampa Helicoidal ubicada sobre la fachada de la calle Fernando Villalpando. Este concepto tiene dos finalidades:

a) Ahorrar espacio, construyendo unicamente una rampa de subida y una de bajada para satisfacer las necesidades de los tres niveles superiores.

b) Crear en México por primera vez una rampa helicoidal con éstas características.

#### 4.1.1 Características

- La Rampa Helicoidal nace en el nivel + 2.40 , que es el nivel de la calle y muere en el + 13.30 nivel de azotea.

- Consta de dos rampas una exterior de acceso y una interior de descenso, ambas están sostenidas por 8 columnas centrales colocadas en círculo, esto es, tanto la rampa interior como la exterior están apoyadas en un extremo en las columnas y en el otro en cantiliver.

- Las trabes que sostienen las rampas quedan ahogadas dentro de la losa.

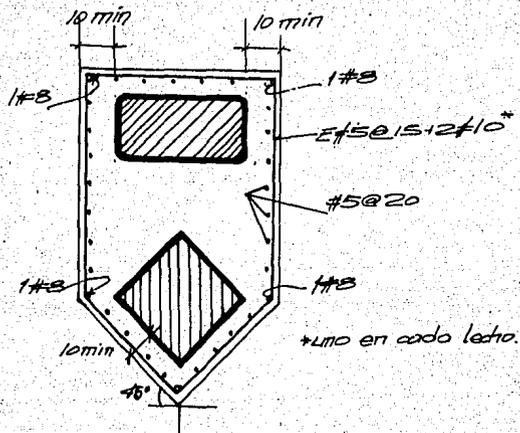
- Cada nivel esta conectado a la rampa mediante una losa ligada a la estructura del edificio de estacionamientos que sirve como puente, y cada uno de ellos tiene uno de entrada y otro de salida.
- Los petriles de las rampas son traveses que desempeñan importante función estructural .
- Las columnas son con cantos redondeados y acanaladas.
- Cada una de las rampas tiene 4.80 m., de ancho.

#### 4.2 Cimentación de la Rampa

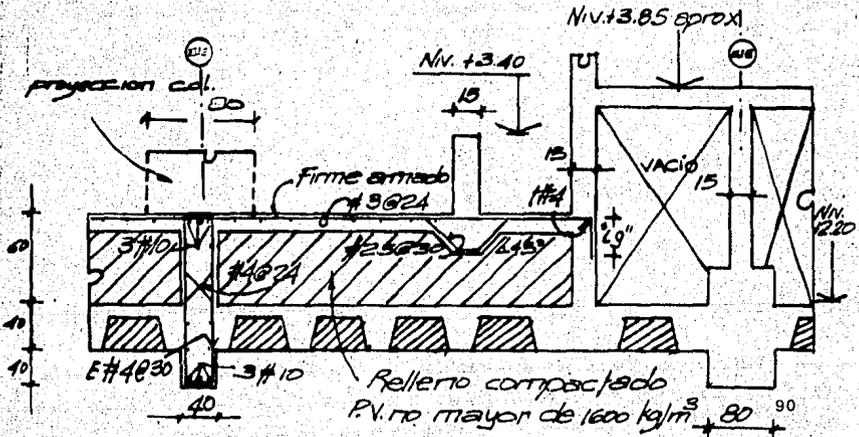
La Rampa Helicoidal, se encuentra desplantada sobre la losa 2.40 y ninguna de las columnas que la sustentan coincide con las columnas que vienen desde la cimentación y forman parte de la estructura de los sótanos de estacionamientos, por ésta causa fue necesario colocar una estructura que sirva como soporte a la rampa a partir de una losa reticular.

La estructura que soporta la losa tiene las siguientes características:

- Cada columna se desplanta a partir de un dado que sirve como elemento de liga a la columna de la estructura que nace de la cimentación, de este modo se transmite la carga de la Rampa Helicoidal al subsuelo, como se indica en la siguiente figura:



Estos dados están ligados entre sí mediante una trabe de 1.20 m. de peralte por 0.6 m. de ancho la cual está ahogada dentro de la losa reticular que tiene 0.40 m. de peralte, 0.20 m. están por debajo de la losa y los 0.60 m. restantes sobresalen de la losa, como se muestra en la figura:



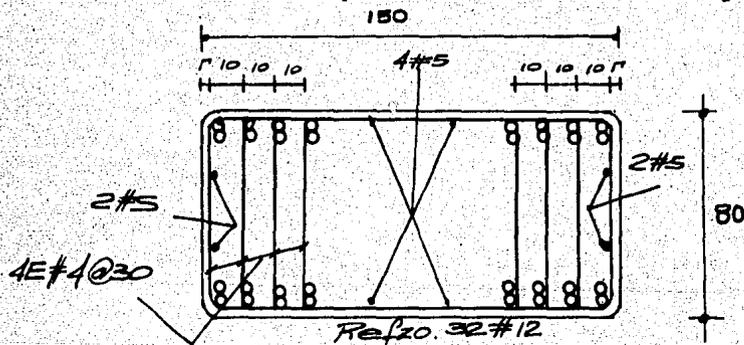
### 4.3 Acero de Refuerzo.

#### 4.3.1 Acero de Refuerzo en Columnas.

El acero de las columnas, se encuentra anclado en escuadra en los dados de cimentación de la rampa, hecho que fue realizado en la primera etapa de construcción del centro comercial, que este acero estuvo a la intemperie durante un periodo muy largo, se vio la necesidad de limpiarlo con chorro de arena (Sand-Blast) ya que la capa de óxido cubría completamente las corrugaciones de la varilla.

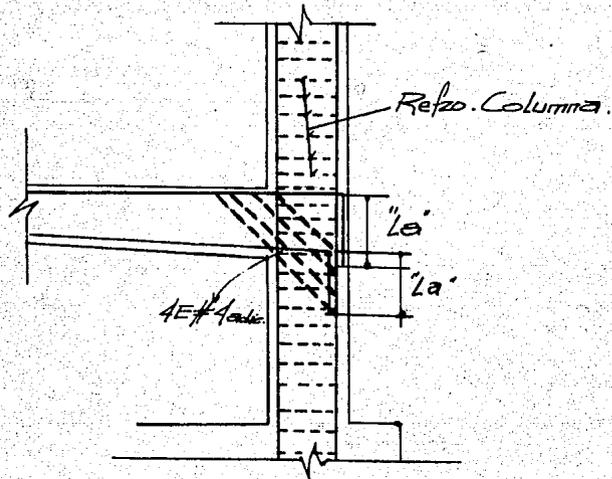
Al iniciar los trabajos de armado de las columnas fue necesario aumentar la cantidad de acero según las normas de emergencia. Para anclar este acero fue necesario descubrir el acero del dado y meter las escuadras a este con su "Lg" correspondiente.

El armado de las columnas quedó como se indica en la figura:



Al igual que en la estructura, el acero de refuerzo se colocaba en secciones de tal manera que no quedara mas del 50% de las uniones soldadas en un mismo plano de corte.

Es importante señalar la colocación de estribos adicionales a partir del  $1/5$  superior de la columnas. Estos estribos se colocaron a 45 grados conservando la misma separación y rematando al  $1/5$  del claro del lecho superior de la trabe-ménsula, como se indica en la figura:



El acero de la columna al llegar a la altura de proyecto debe ser doblado en escuadra conservando el "Lg" correspondiente, todas las escuadras deben quedar dentro de la columna.

#### 4.3.2 Acero de Refuerzo en Trabes - Pretel y Losa.

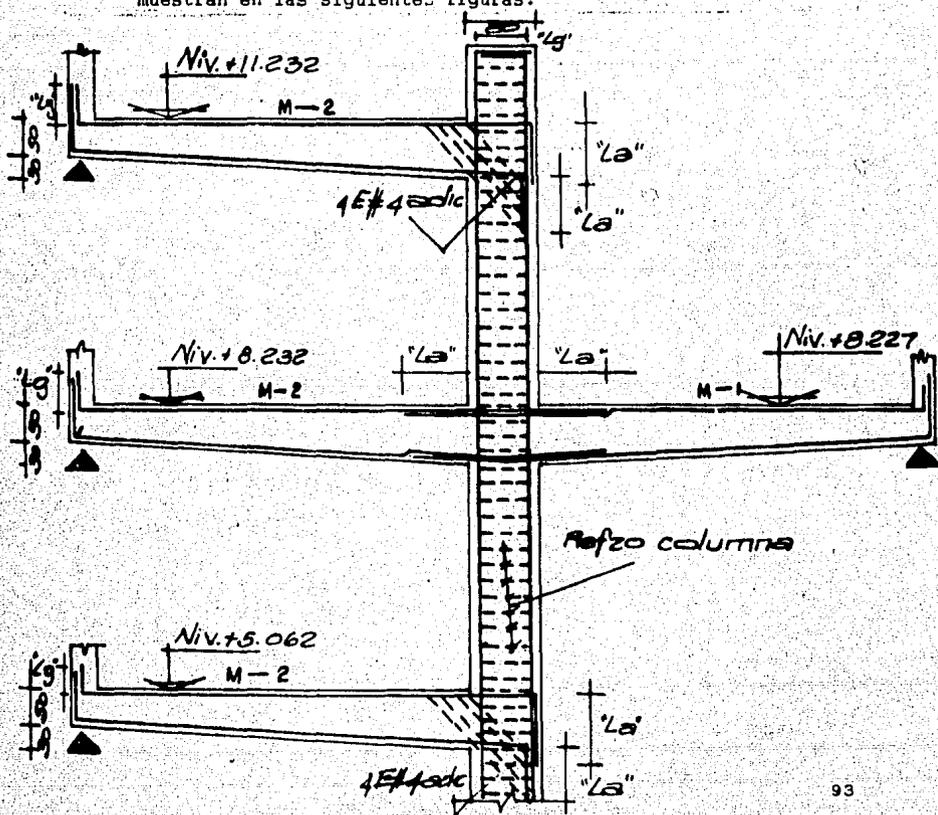
Este acero de refuerzo lo podemos dividir en tres:

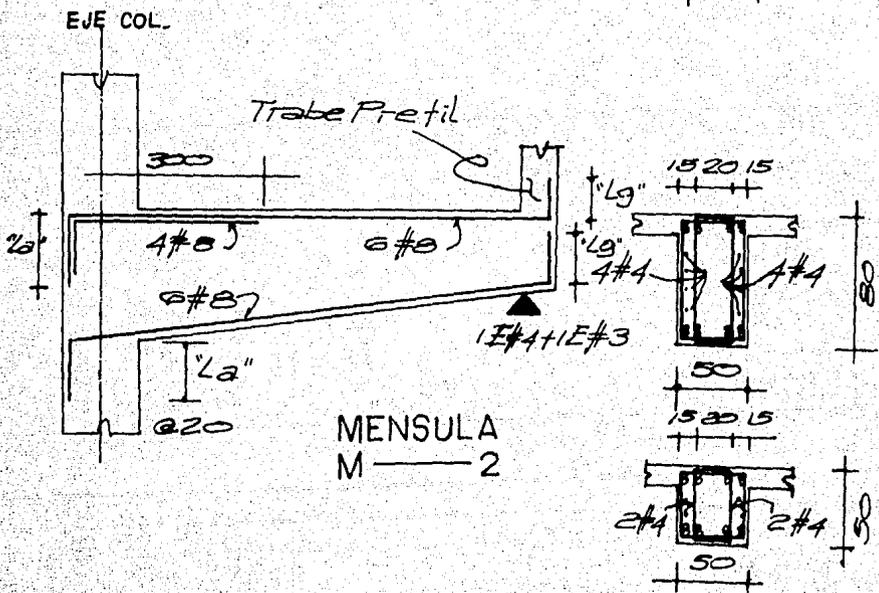
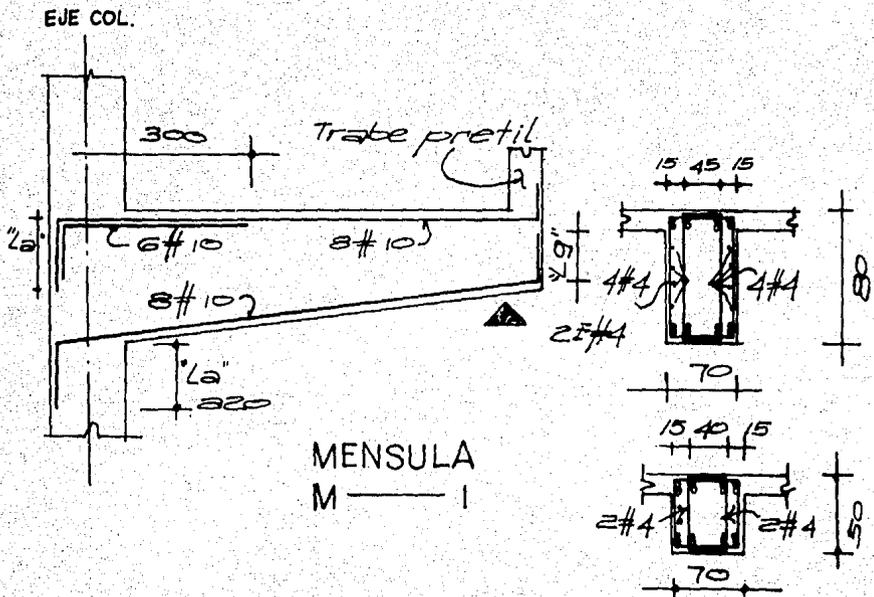
- a) Mensulas
- b) Trabes - Pretel
- c) Refuerzo adicional en losa

a) Ménsulas.-

Las ménsulas representan el principal soporte de la rampa, ya que a partir de cada columna va colocada una ménsula que soporta la rampa exterior y otra a la interior.

Estas travesas van ancladas en un extremo a la columna y en el otro a la trabe pretal. Las características de las ménsulas se muestran en las siguientes figuras:

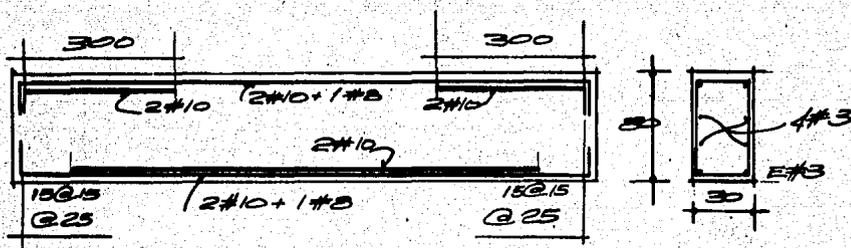




b) Trabes Pretil.-

Estas trabes funcionan como elementos de liga entre las ménsulas y columnas con el fin de dar rigidez a la estructura.

Las trabes que unen a las ménsulas están colocadas en los extremos de las mismas tanto en la rampa exterior como en la interior y tienen las siguientes características:



c) Refuerzo adicional en losa.-

La losa de la rampa en todas sus partes es aligerada, por esta causa es necesario colocar nervaduras.

Se coloca una trabe al centro de cada rampa que paralela a las trabes pretil corre a lo largo de toda la losa. Así mismo entre cada ménsula se colocan paralelamente trabes equidistantes entre sí, formando una retícula, todas estas trabes tienen el mismo peralte que las ménsulas.

En el lecho bajo de la losa se coloca una parrilla del # 4 @ 20 . Esta parrilla debe estar muy bien calzada a fin de que pueda penetrar el concreto ya que el acabado de la losa en su lecho inferior es aparente.

Además, se coloca en el lecho superior una malla electrosoldada, para armar por temperatura. Los puentes de conexión de la rampa interior con la estructura y las zonas de transición entre la rampa exterior y el edificio son losas reticulares y el armado de las nervaduras de la estructura del edificio se continúan con las reticulares del puente.

#### 4.4 Cimbra

##### 4.4.1 Cimbra en Columnas.

Como se mencionó anteriormente las columnas deben llevar un acabado acanalado, el cual es necesario darlo con la cimbra. Dada esta condición se planteó la disyuntiva entre utilizar cimbra metálica o de madera.

La cimbra metálica presenta las siguientes ventajas:

- Mejores acabados
- Mayor número de usos
- Facilidad para moldear las formas acanaladas

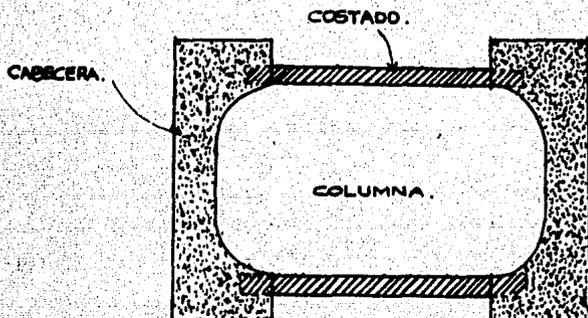
Sin embargo tiene el inconveniente de que según las características de la rampa, las columnas tienen diferente altura en todo el desarrollo de la misma, conforme pueden ser de 0.50m. las hay de 3.0 m. según el nivel indicado, entonces existirá la necesidad de tener un molde para cada altura de columnas, hecho que resultaría incosteable.

La cimbra de madera resuelve el problema de los niveles ya que es más manejable y se puede ampliar o reducir con facilidad según las necesidades de nivel.

La madera presenta el inconveniente de desgastarse y dado el acabado que se requiere únicamente se le podrían dar de 4 a 6 usos, siendo de primera calidad. Además resultaría difícil dar la forma de los canales (trapezoidal) hecho que también resultaría costoso.

Observando "pros" y "contras" de las cimbras de madera y metálicas, se optó por crear una cimbra mixta que tendría las siguientes características:

- La cara de contacto es de lámina acanalada, calibre #18 fabricada según dimensiones de proyecto.
- Esta cara va colocada sobre un cajón de madera, el cual se corta o amplía según niveles.
- El cajón de madera está compuesto por cuatro secciones; dos cabeceras y dos costados, que se encajonan como se indica en la figura.
- Así se obtendrá economía, manejabilidad y calidad.

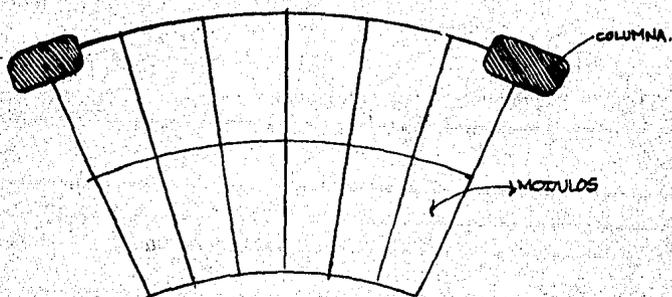


#### 4.4.2 Cimbra en Losa.-

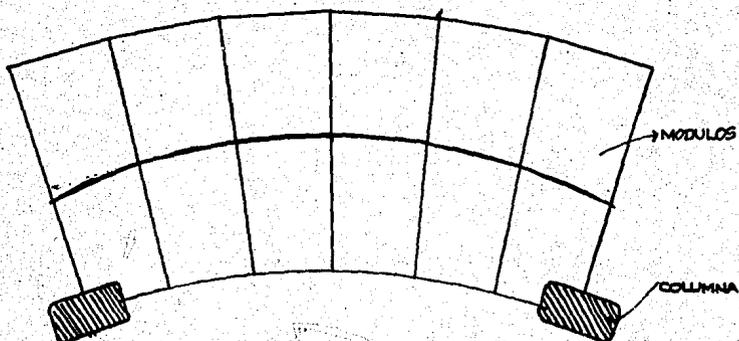
Este es el concepto más importante para lograr la construcción de una estructura como ésta, debido a la gran precisión que se necesita al momento de dar niveles, pendientes y contrapendientes.

Al comenzar el cimbrado de la rampa, es necesario dejar cimbrada ya que es muy difícil recuperarla en niveles menores de 1.00 m. Posteriormente se continúa cimbrando mediante el uso de andamios tubulares, siguiendo el mismo procedimiento que en la estructura. Es importante ir verificando niveles y cotas, conforme se va avanzando en el cimbrado.

Una vez colocado el andamiaje se van fijando los fondos mediante el uso de hojas de triplay. Por las características de la rampa se tienen que modular estas hojas de triplay a fin de evitar el mayor desperdicio posible, para ello se diseñaron los módulos en forma radial, como a continuación se ejemplifica:



RAMPA INTERIOR



### RAMPA EXTERIOR

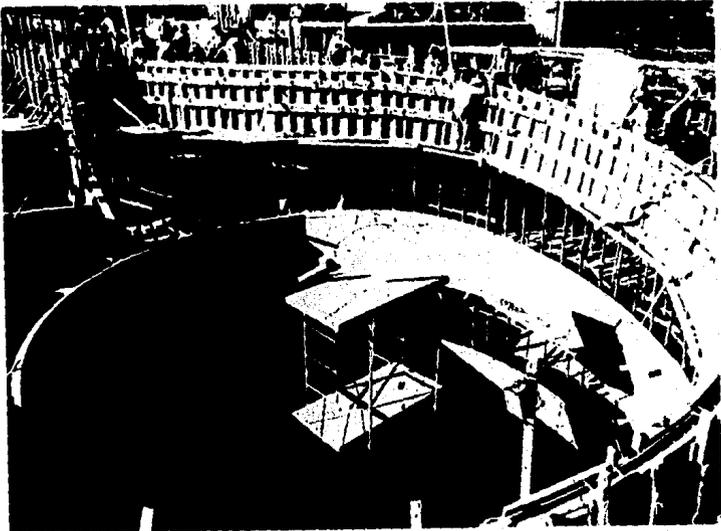
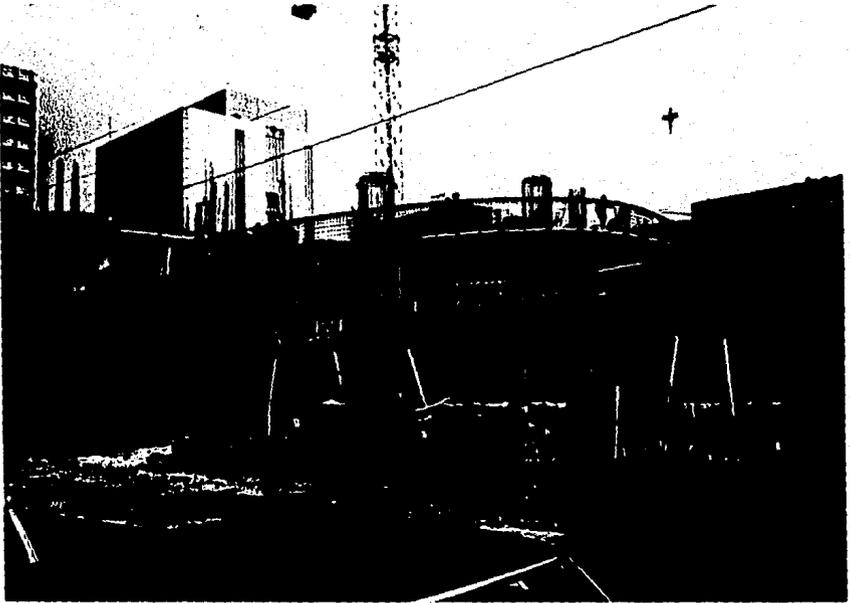
#### - Cimbra en Travesaños Pretil.-

Las travesaños pretil se cimbraron con costados de triplay de espesor igual a 12 mm. ya que se deben ir considerando las curvas que va ocasionando el desarrollo de la rampa.

El costado exterior se colocaba de la misma altura que el peralte de la trabe y los costados interiores a partir de la altura del lecho alto de la losa, a fin de realizar el colado integral entre travesaños y losa. La cimbra debe tener una contraflecha de 2.5 cm. en el extremo de las travesaños.

#### - Descimbrado.-

Es muy importante mencionar que el descimbrado de la rampa por lo que respecta a la losa no debe realizarse hasta que el 100% del concreto colocado en toda la rampa alcance su resistencia de proyecto. Por lo que respecta a columnas y travesaños se pueden descimbrar 24 horas después del colado.



#### 4.5 Colocación del Concreto.

##### 4.5.1 Concreto en Columnas:

Por lo que respecta a columnas el procedimiento de colado es el mismo que el de la estructura, salvo que en este caso no se pueden colocar ventanas por las características de la cimbra (acanalado).

Las columnas se van colando según la altura y dimensiones del tramo de losa a colar, pero, generalmente, es necesario tener listas las 8 columnas entre vuelta y vuelta de la rampa.

El concreto utilizado en las columnas es de una resistencia  $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$ .

El vibrado en las columnas es muy importante ya que del buen acomodo del concreto, depende mucho la obtención del acabado acanalado de las mismas.

##### 4.5.2 Concreto en Trabes y Losa.-

Las trabes y mensulas que sustentan la losa, tienen un peralte que va de 0.80 m. junto a la columna a 0.50 m. en el extremo, por lo que resultaría incosteable la colocación de concreto en todo el espesor de la losa. Además desde el punto de vista estructural, sería muy difícil soportar tanto peso propio en cantiliver.

Dado estas circunstancias fue necesario el aligeramiento de la losa por medio de casetones de poliestireno con las siguientes

dimensiones:

2.0 m. de largo por 0.40 m. de altura y el ancho sería de 0.80m. Estos casetones van colocados entre nervadura y nervadura o entre nervadura y losa.

En el caso de puentes y conexiones con estructura se colocaron casetones de fibra de vidrio de 60 x 60 x 35 de la misma forma y disposición que en el edificio del estacionamiento.

- Colocación del Concreto.-

El concreto en las columnas generalmente se coloca con grua torre y bacha, dado que el volumen era poco.

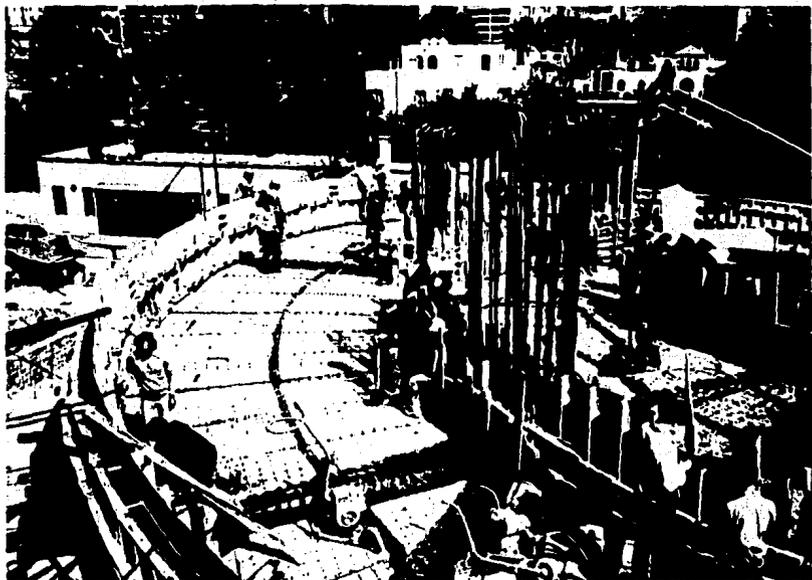
Para el colado de trabes se utilizó una bomba telescópica con brazo de 40 m. de longitud.

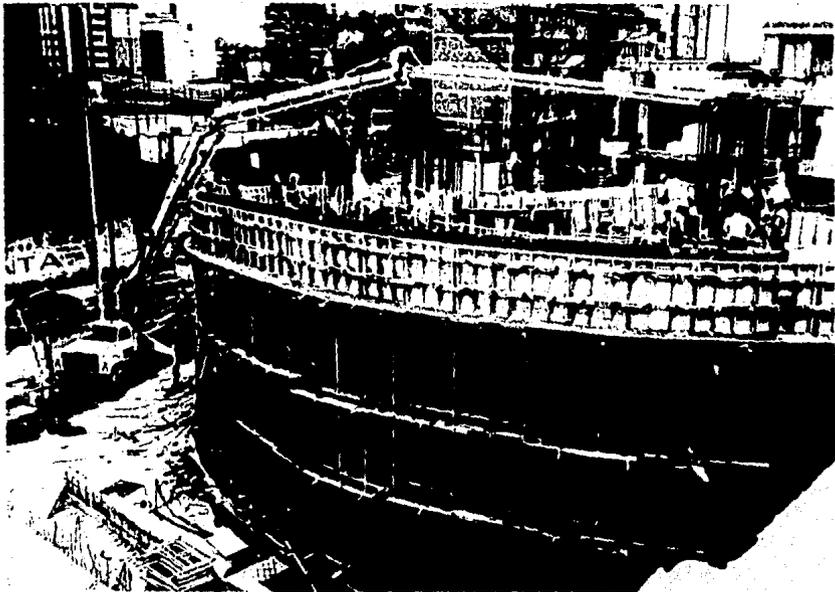
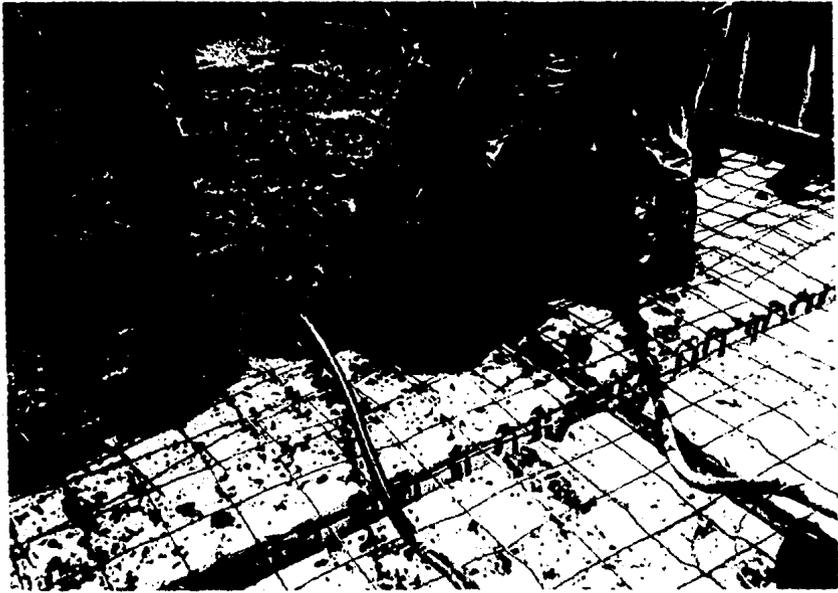
La función de ésta bomba es muy importante ya que por las características de la rampa, no se puede tender tubería para bomba estacionaria, y, colar con grua torre y bacha llevaría mucho tiempo su colocación.

Para el colado de las trabes y losa se requiere cumplir con las siguientes condiciones:

- Colado integral trabes - pretil con losa.
- Colocación de poliestireno.

Con el fin de cumplir con estas condiciones fue necesario colar mediante el siguiente procedimiento:





1. Se coloca una capa de concreto de revenimiento bajo, hasta cubrir totalmente la parrilla inferior, cuidando de acomodar muy bien el concreto ya que éste será el acabado del lecho inferior de la losa.

2. Cuando empieza a fraguar el concreto del lecho inferior, pero todavía en estado plástico, se van colocando los bloques de poliestireno y se amarran a las nervadura adyacentes.

3. Posteriormente se coloca sobre ellos una malla electro soldada que servirá como armado por temperatura para la capa de compresión.

4. Inmediatamente atrás de la colocación de poliestireno se vacía el concreto en las ménsulas y nervaduras dejando una capa de compresión de 5 cm.

5. Antes de que fragüe el concreto colocado en la losa se comienza a vaciar el concreto en las traveses - pretil, esta maniobra debe realizarse con rapidez ya que puede formarse una junta fría entre losa y traveses y el proyecto marca que debe colarse integral.

6. Es recomendable colar al mismo tiempo la rampa interior y la exterior ya que al colarse monolíticamente ambas rampas, la estructura trabaja mejor.

7. Al igual que en la estructura se debe hacer el corte del concreto a  $1/5$  del claro, cuando la curva haya pasado la columna correspondiente.

#### 4.5.3 Acabados:

Una vez terminada la estructura se dieron los siguientes acabados:

- Las columnas llevan un acabado acanalado, que se logra al retirar la cimbra.

- La losa en su lecho inferior, se dejó el acabado aparente que quedó al descimbrar.

- Las trabes pretil se martelinaron en su costado exterior, dejando acabado aparente en el interior.

- A la losa en su lecho superior se le colocó un firme estriado en todo su desarrollo, con el fin de dar tracción a los vehículos.

- Perimetralmente a la losa se coló una banqueta de 8 cm. de altura por 30 cm. de ancho.

#### 4.6 Costos:

En este tipo de estructuras, es muy importante considerar los costos, ya que por su complejidad y grado de dificultad sería imposible utilizar tabuladores de precios unitarios, o analizarlos como estructura común.

Al analizar un precio unitario de estas características se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Materiales.-

Cimbra : La madera utilizada en el cimbrado de la losa quedará sin utilizarse durante un periodo largo de tiempo, ya que no se debe descimbrar hasta que el concreto alcance su resistencia en un 100%, lo que representa considerar un menor número de usos a la cimbra, motivo por el cual aumenta el precio.

Se debe considerar una renta diaria del apuntalamiento y andamiaje para cimbrar, ya que no se deben de retirar en un periodo largo de tiempo.

En la cimbra de las columnas hay que tomar en cuenta, independientemente que dar el tipo de acabado es costoso, el gran número de cortes y ajustes que se tienen que hacer.

- Mano de Obra.-

Este es el concepto que incrementa mas el precio unitario ya que es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- Los carpinteros tienen que realizar un gran número de cortes y ajustes tanto en columnas, traveses y losa, lo que baja considerablemente el rendimiento.

- Al momento de estar colando se necesita un gran número de gentes para colocar poliestireno e ir acomodando el concreto con rapidez para evitar la formación de juntas frías.

- Se requiere de una brigada de topografía que vigile constantemente cotas y niveles.

- El gran número de traveses y la complejidad de los armados en elementos curvos, requiere de personal y tiempo, lo que implica una baja en el rendimiento.

- Equipo.-

- Para la colocación del concreto es necesaria la utilización de una grúa telescópica ya que solo con un equipo de éstas características se puede bombear el concreto a cualquier parte de la rampa en un periodo corto de tiempo.

- Se requiere también, al momento de estar colando de un número considerable de vibradores ya que el colado se realiza en diferentes puntos simultáneamente.

A continuación se muestra una comparación de algunos precios unitarios utilizados en la estructura de estacionamientos y la Rampa Helicoidal.

VOLUMEN: \_\_\_\_\_ UNIDAD: m<sup>2</sup>  
 CLAVE: \_\_\_\_\_  
 ESPECIFICACIONES: CIMBRA APARENTE EN COLUMNAS INCLUYE HABILITADO CIMBRADO Y ELEVACION A CUALQUIER NIVEL.

CONCEPTO	U	CANTIDAD		PRECIO		IMPORTE	
		PROP.	APROS.	PROP.	APROS.	PROP.	APROS.
MATERIALES:							
TRIPLAY 16 mm.	M <sup>2</sup>		0.15		3,792. <sup>93</sup>		568. <sup>64</sup>
MADERA 2" x 4"	P.T.		2.00		175. <sup>00</sup>		350. <sup>00</sup>
MADERA 4" x 4"	P.T.		2.50		134.15		335. <sup>38</sup>
ALAMBRE RECOCIDO	KG		0.40		195. <sup>00</sup>		78. <sup>00</sup>
CLAVOS	KG		0.40		180. <sup>00</sup>		90. <sup>00</sup>
DIESEL	LT.		0.50		65. <sup>00</sup>		32. <sup>50</sup>
CHAFAN	ML		2.00		127.32		254. <sup>00</sup>
MONOS	PZA		1.40		118. <sup>00</sup>		168. <sup>74</sup>

TOTAL DE MATERIALES							
(I/REND.)							IMPORTE
MANO DE OBRA:	U	CANTIDAD		PRECIO		IMPORTE	
		PROP.	APROS.	PROP.	APROS.	PROP.	APROS.
BRIGADA CIMBRAS	J		0.1294		6,912. <sup>00</sup>		894. <sup>72</sup>
HABILITADO	J		0.016		6,912. <sup>00</sup>		115. <sup>44</sup>

TOTAL DE MANO DE OBRA							
CANTIDAD							IMPORTE
EQUIPO:	U	CANTIDAD		PRECIO		IMPORTE	
		PROP.	APROS.	PROP.	APROS.	PROP.	APROS.
TOTAL DE EQUIPO							

HERRAMIENTA:	U	CANTIDAD		PRECIO		IMPORTE	
		PROP.	APROS.	PROP.	APROS.	PROP.	APROS.
	%			3	1,016. <sup>16</sup>	1,016. <sup>16</sup>	30. <sup>30</sup>
TOTAL DE HERRAMIENTA							30. <sup>30</sup>

OBSERVACIONES:			
		MATERIALES	1677. <sup>92</sup>
		MANO DE OBRA	1010. <sup>76</sup>
		EQUIPO	
		HERRAMIENTA	30. <sup>30</sup>
		COSTO DIRECTO	2,718. <sup>30</sup>
		INDIRECTO 38% +	1,032. <sup>97</sup>
FORMA: _____	FECHA: JUNIO 86	PRECIO UNITARIO	0

PRECIO UNITARIO 0 3,751.<sup>83</sup>

VOLUMEN: \_\_\_\_\_ UNIDAD: m<sup>2</sup>  
 CLAVE: \_\_\_\_\_  
 ESPECIFICACIONES: CIMBRA COMUN EN LOSAS RETICULARES, INCLUYE:  
HABILITADO, CIMBRADO, DESCIMBRADO Y ELEVACION A CUALQUIER NIVEL.

CONCEPTO	U	CANTIDAD		PRECIO		IMPORTE	
		PROP.	APROB.	PROP.	APROB.	PROP.	APROB.
MATERIALES:							
TRIPAY 16 mm	M <sup>2</sup>		0.11		4365.00		480.15
MADERA 4" x 4"	P.T.		3.00		153.75		461.45
MADERA 2" x 4"	P.T.		1.30		286.00		372.38
CLAVOS	KG		0.40		320.00		128.00
ALAMBRE RECOCIDO	KG		0.50		295.69		147.82
DIESEL	LIT		0.50		75.00		37.50
CHAFLAN	ML		0.30		81.60		24.48

TOTAL DE MATERIALES (17 RENOV.) \$ REAL IMPORTE 1651.78

MANO DE OBRA	U	CANTIDAD		PRECIO		IMPORTE	
		PROP.	APROB.	PROP.	APROB.	PROP.	APROB.
BRIGADA CARPINTERIA	J		0.1163		8645.48		1,005.46

TOTAL DE MANO DE OBRA 1,005.46

EQUIPO	U	CANTIDAD		PRECIO		IMPORTE	
		PROP.	APROB.	PROP.	APROB.	PROP.	APROB.
	%		3		803.96		24.12

TOTAL DE EQUIPO 24.12

HERRAMIENTA	U	CANTIDAD		PRECIO		IMPORTE	
		PROP.	APROB.	PROP.	APROB.	PROP.	APROB.
	%		3		803.96		24.12

TOTAL DE HERRAMIENTA 24.12

OBSERVACIONES:		MATERIALES	IMPORTE
			1651.78
		MANO DE OBRA	1005.46
		EQUIPO	24.12
		HERRAMIENTA	24.12
		<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>2681.36</b>
		INDIRECTO 38%	1018.92

FORMEO: _____	FECHA: JUNIO 1986	PRECIO UNITARIO \$	3,700.28
---------------	-------------------	--------------------	----------

VOLUMEN: \_\_\_\_\_

UNIDAD: m<sup>2</sup>  
 CLAVE: \_\_\_\_\_

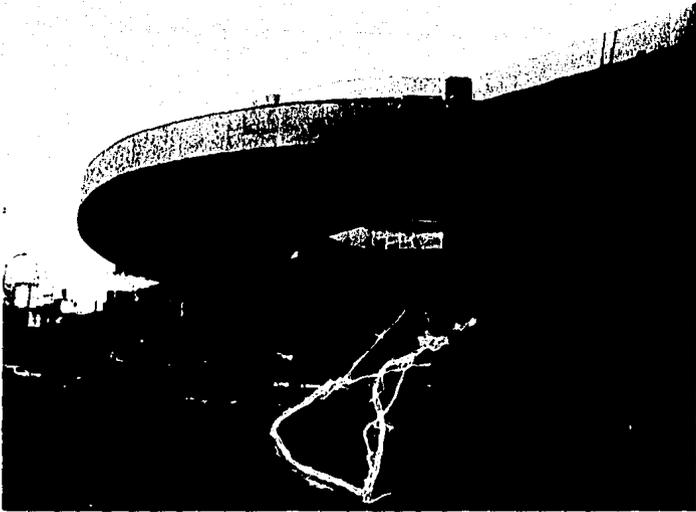
ESPECIFICACIONES: CIMBRA APARENTE EN LOSA RAMPA HELICOIDAL INCLUYE:  
HABILITADO, CIMBRADO, ACARREO, ELEVACION Y DESCIMBRADO, COLOCACION  
DE RASTRAS, NIVELACION Y TRAZO

CONCEPTO	U	CANTIDAD		PRECIO		IMPORTE		
		PROP.	APROB.	PROP.	APROB.	PROP.	APROB.	
<b>MATERIALES:</b>								
TRIPLAY 16 mm.	M2		0.37		4,365.00		1,615.05	
MADEIRA 2" x 4"	P.T.		2.53		286.40		725.00	
MADEIRA 1" x 4"	P.T.		6.96		232.04		1,656.76	
MADEIRA 2" x 12"	P.T.		1.01		333.92		340.31	
CHAFLAN 1" x 1"	M.L.		0.20		81.60		16.32	
CLAVO	KG		0.60		320.00		192.00	
ALAMBRE RECOCIDO	KG		0.60		295.65		177.39	
DIESEL	LIT		0.50		75.00		57.50	
TOTAL DE MATERIALES (1/ REND.) S. REAL							6,798.03	
<b>MANO DE OBRA:</b>								
	U							
BRIGADA CARPINTERIA	J		0.2857		8,645.40		2,469.95	
BRIGADA MINIMA	J		0.028		3,632.70		101.71	
TOTAL DE MANO DE OBRA							2,571.70	
<b>EQUIPO:</b>								
	U							
TOTAL DE EQUIPO								
<b>HERRAMIENTA:</b>								
	U							
	%		3		2,571.70		77.15	
TOTAL DE HERRAMIENTA							77.15	
<b>OBSERVACIONES:</b>								
						MATERIALES	6,798.03	
						MANO DE OBRA	2,571.70	
						EQUIPO	-	
						HERRAMIENTA	77.15	
						COSTO DIRECTO	9,446.93	
						INDIRECTO 38%	3,587.89	
FORMULA: _____							PRECIO UNITARIO	13,036.76

VOLUMEN: \_\_\_\_\_ UNIDAD: m<sup>2</sup>  
 CLAVE: \_\_\_\_\_

ESPECIFICACIONES: CIMBRA MACHIMBRADA Y REDONDEADA EN COLUMNAS DE RAMPA HELICOIDAL INCLINE: HABILITADO, COLOCACION, DESCIMBRADO, TRAZO, NIVELACION ACARREO Y ELEVACION.  
 EL HABILITADO SE HIZO POR CADA COLOCACION YA QUE POR LA INTERSECCION DE LAS DOS RAMPAS SON DE DIFERENTES NIVELES.

CONCEPTO	U	CANTIDAD		PRECIO		IMPORTE	
		PROP.	APROB.	PROP.	APROB.	PROP.	APROB.
<b>MATERIALES:</b>							
TRIPLAY 16 mm	m <sup>2</sup>		0.25		4365.-		1091.25
DUELA 1" x 4"	PT		2.25		238.04		535.59
MADERA 2" x 4"	PT		3.12		286.60		894.19
MADERA 4" x 4"	PT		3.79		153.75		582.71
MADERA 2" x 12"	PT		2.26		338.92		765.96
MOÑOS	PZA		1.63		193.50		315.41
CLAVO	KG		0.60		320.00		192.00
DIESEL	LIT		0.50		75.00		37.50
ALAMBRE RECOCIDO	KG		0.50		295.45		147.83
BUNJA MADERA, SECC. TRAPEZOIDAL 1/3 ML	ML		4.28		325.60		1391.00
<b>TOTAL DE MATERIALES (1/2 NERD.)</b>							<b>5,953.44</b>
<b>MANO DE OBRA:</b>							
	U	CANTIDAD		PRECIO		IMPORTE	
		PROP.	APROB.	PROP.	APROB.	PROP.	APROB.
BRIGADA CARPINTERIA (HABILITADO)	J		0.50		8,645.40		4,322.40
BRIGADA CARPINTERIA (COLOCACION)	J		0.25		8,645.40		2,161.35
<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>							<b>6,484.05</b>
<b>EQUIPO:</b>							
	U	CANTIDAD		PRECIO		IMPORTE	
		PROP.	APROB.	PROP.	APROB.	PROP.	APROB.
ANDAMIOS	%		2		6,484.05		129.68
<b>TOTAL DE EQUIPO</b>							<b>129.68</b>
<b>HERRAMIENTA:</b>							
	U	CANTIDAD		PRECIO		IMPORTE	
		PROP.	APROB.	PROP.	APROB.	PROP.	APROB.
	%		3		6,484.05		194.52
<b>TOTAL DE HERRAMIENTA</b>							<b>194.52</b>
<b>RESUMEN:</b>							
<b>MATERIALES</b>							<b>5,953.44</b>
<b>MANO DE OBRA</b>							<b>6,484.05</b>
<b>EQUIPO</b>							<b>129.68</b>
<b>HERRAMIENTA</b>							<b>194.52</b>
<b>COSTO DIRECTO</b>							<b>12,761.69</b>
<b>INDIRECTO 38%</b>							<b>4,849.44</b>
<b>TOTAL</b>							<b>17,611.13</b>
FORMA: _____	FECHA: JUNIO '86	PRECIO UNITARIO					17,611.13



5

ELEMENTOS

PRECOLADOS

## ELEMENTOS PRECOLADOS

### 5.1 Características Generales

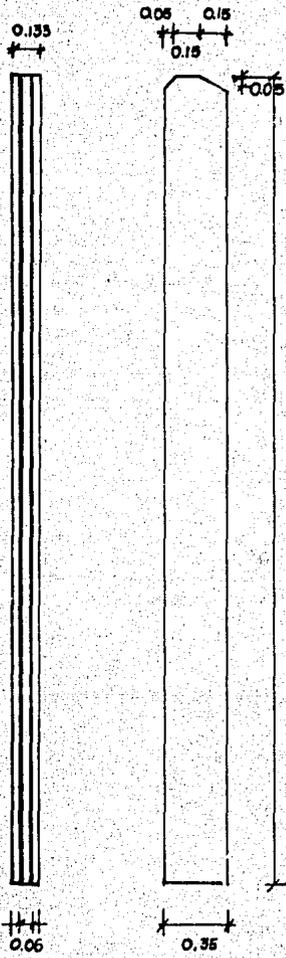
Alrededor de la estructura de concreto construida para estacionamientos, el proyecto arquitectónico marca la colocación de elementos precolados en las fachadas de las calles Fernando Villalpando y Río San Ángel.

Estos elementos deben ser exactamente iguales a los colocados en la primera etapa, es decir, alrededor del centro comercial considerando que es una sola estructura y debe existir continuidad.

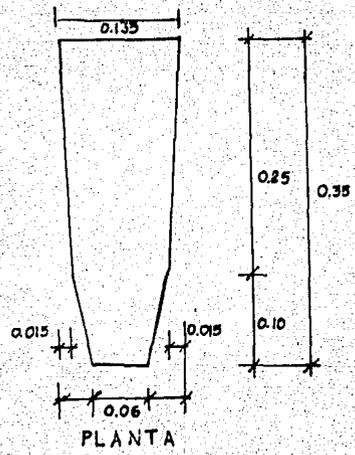
Las piezas a colocar son de tres diferentes tipos:

1. Precolado de concreto con una sola curvatura, colocado en el nivel 7.30.
2. Parteluces de concreto martelinado colocado entre los niveles 7.30 y 10.30.
3. Precolado de concreto con doble curvatura colocado en el nivel 13.30.

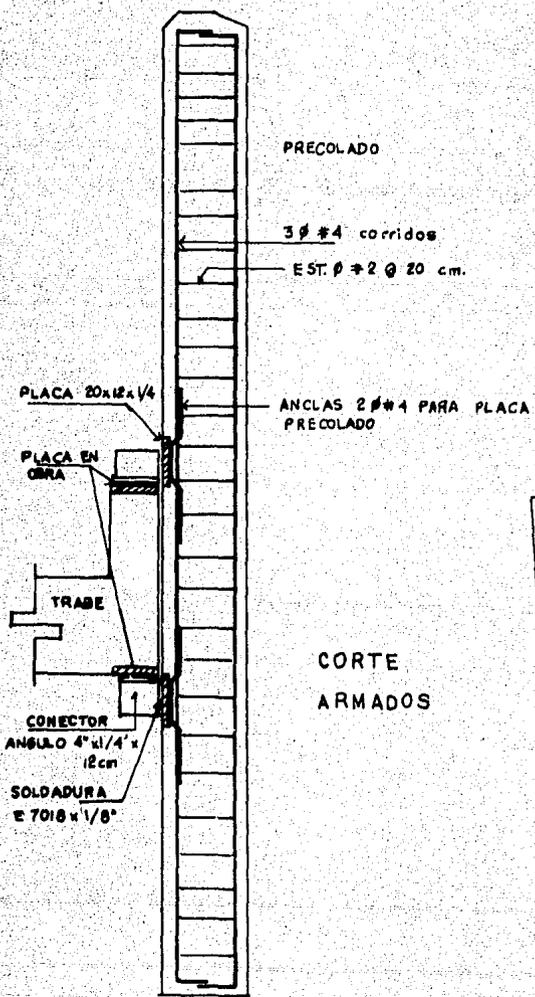
Las dimensiones de los elementos se indican en los siguientes croquis:



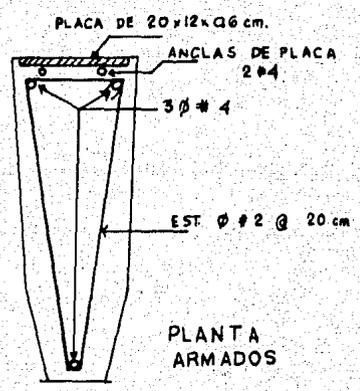
PARTE LUCES

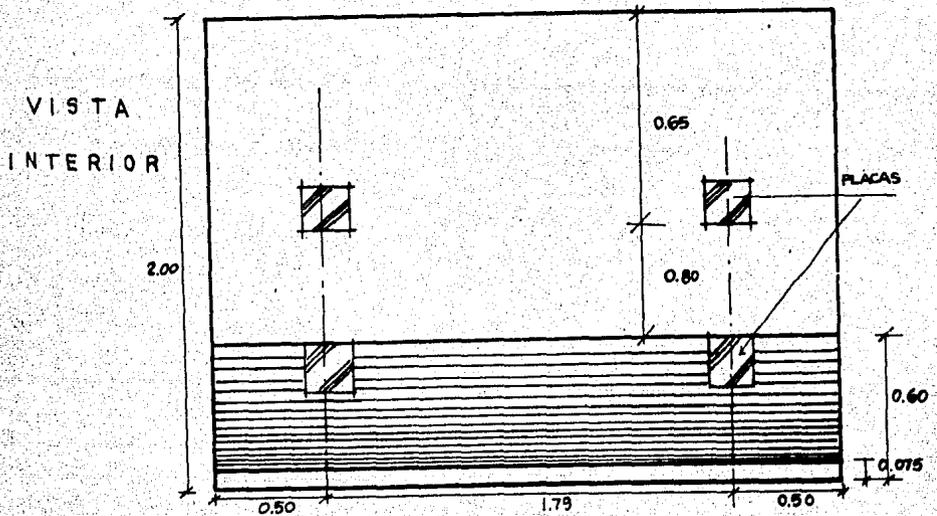
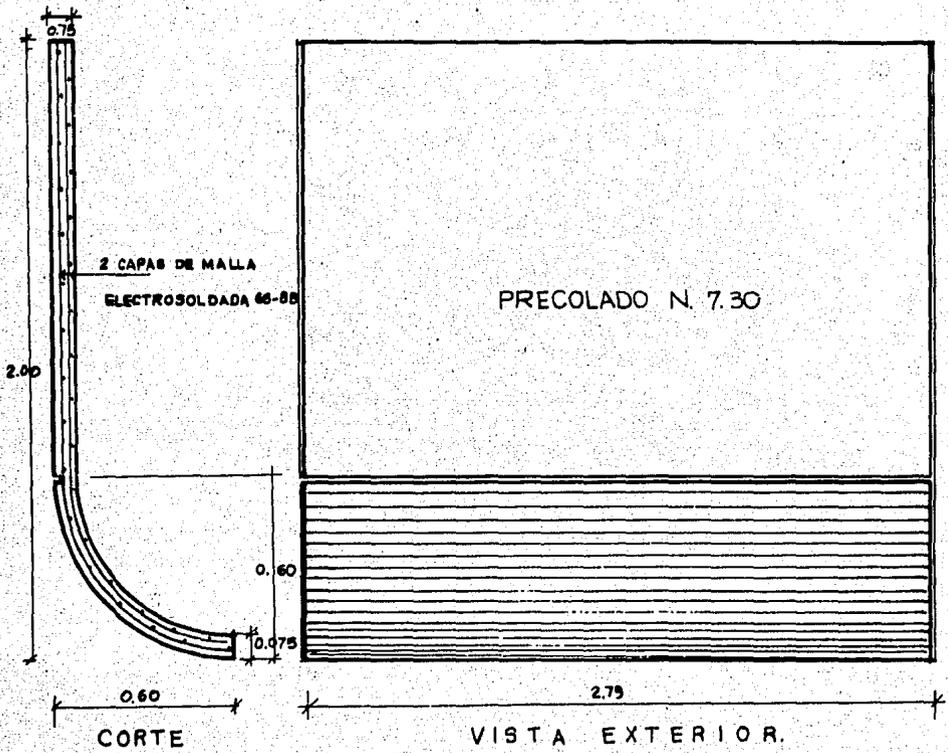


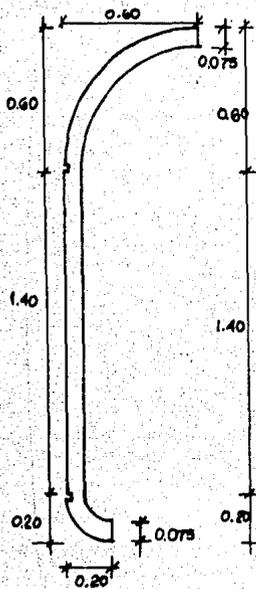
VISTAS FRENTE Y LATERAL



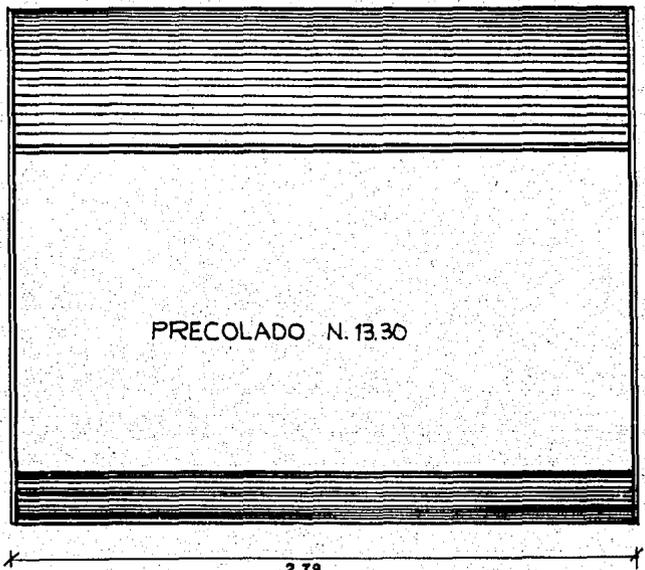
**CORTE ARMADOS**



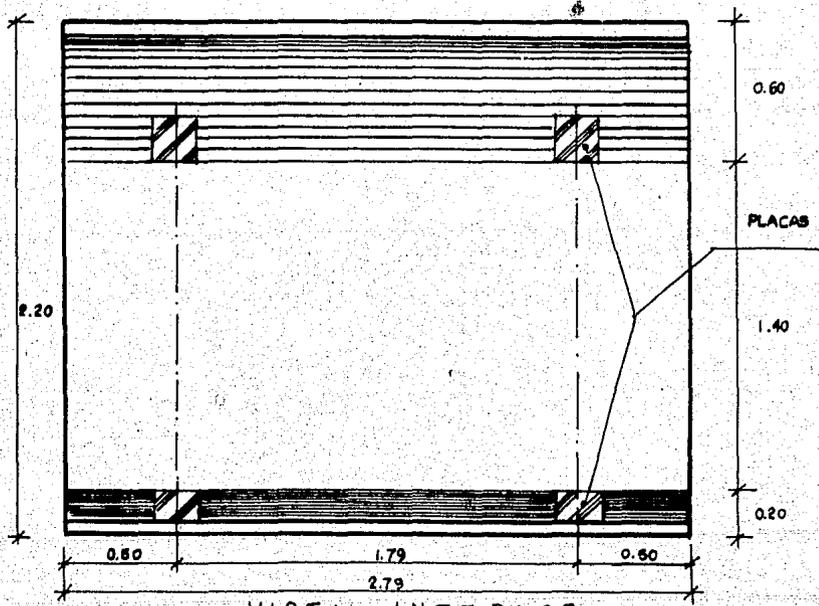




CORTE



VISTA EXTERIOR



VISTA INTERIOR

## 5.2 Fabricación

Todos los elementos precolados colocados en la estructura fueron fabricados fuera de obra. Cada tipo de elemento lleva un proceso de fabricación diferente.

### a) Fabricación de Parteluces.-

Primeramente es necesario fabricar los moldes con las medidas correspondientes. El número de piezas requerido en esta etapa es de alrededor de 700, las cuales deben ser fabricadas en un periodo de 60 días.

Estas piezas al ser coladas necesitan permanecer en el molde durante un periodo de 24 horas, por lo que fue necesaria la fabricación de moldes en los cuales se pudiera colar varios elementos simultáneamente, a fin de poder entregar todos los parteluces en el periodo de tiempo establecido.

Una vez listos los moldes deben estar perfectamente impregnados con algún desmoldante lo que permitirá un buen acabado de las piezas.

Posteriormente, se coloca el armado y placas correspondientes cuidando de no dejar fuera del recubrimiento amarres o varillas. Este armado debe estar bien calzado con el fin de conservar el recubrimiento establecido.

Además de las placas, es importante considerar la colocación de unas " orejas " de acero que servirán como soporte al momento de la colocación, una vez colocadas se cortan al ras y se resana.

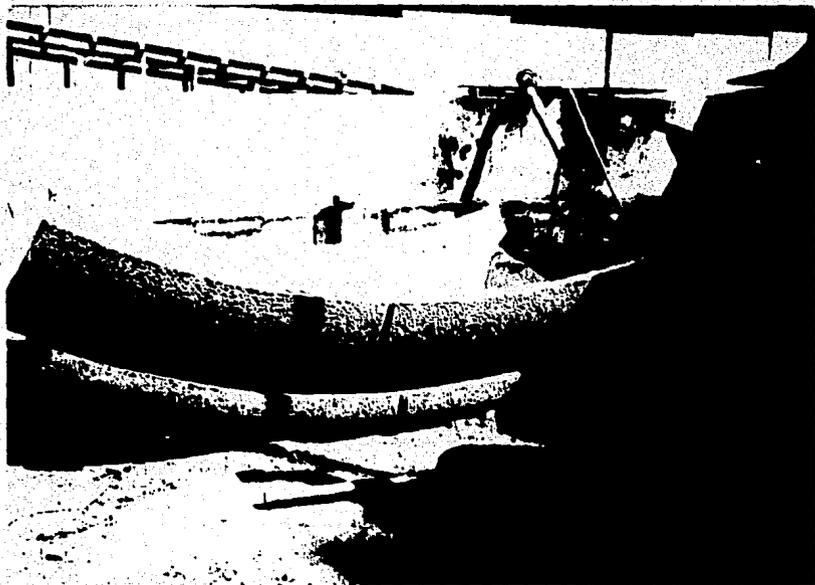
Finalmente se cuelean con concreto  $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ .

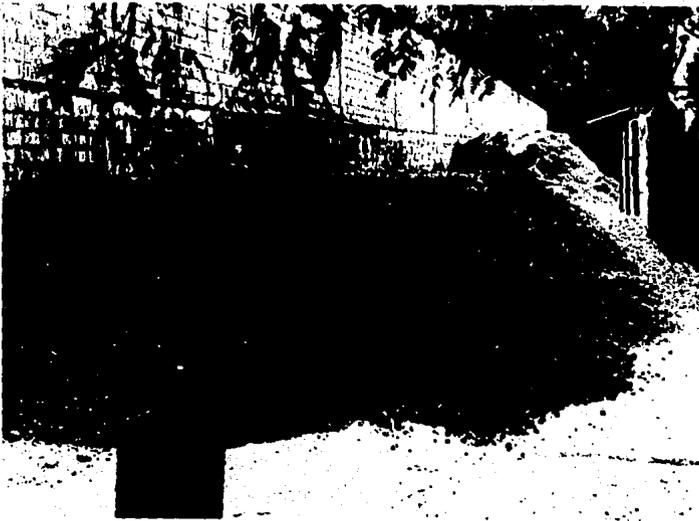
A los siete días cuando el concreto ha alcanzado más de un 50% de su resistencia se procede a martelinar toda la pieza. Dado el volumen tan grande de parteluces es necesario el empleo de martelinas neumáticas y un compresor.

b) Fabricación de Paneles Nivel 7.30 y 13.30.

Estos precolados tienen el mismo acabado pero es necesario fabricar moldes independientes, considerando dos tipos para cada nivel ya que hay que fabricar un molde para los precolados que se colocan en secciones horizontales y otro para secciones curvas, es decir, estos moldes tendrán doble curvatura la de la estructura y la propia del precolado.

El acabado de estas piezas es como se muestra en la siguiente fotografía:





Para la fabricación de estas piezas es necesario seguir el siguiente procedimiento:

1. Fabricación de moldes de concreto con las dimensiones exactas que tendrá el precolado.

2. Se coloca el molde debajo de una grua viajera para poder maniobrarlo.

3. Se impregna toda la superficie del molde con un desmoldante que no manche el acabado.

4. Se prepara una pasta - mortero, que será la que de el acabado final, para esto hay que seguir los siguientes pasos:

a) Buscar y explotar la misma mina de donde fue extraído el material utilizado en los precolados de la primera etapa, esto es con el fin de conservar el mismo color en la textura.

b) El material producto de la explotación debe acomodarse en la planta, colocando cada viaje en un diferente montón. Este material debe ser granzón de 1/2 pulgada.

c) Para preparar la mezcla se va extrayendo un bote de cada montón, de esta forma se garantiza que todos los precolados tengan el mismo color aunque se cuelen en diferente etapa.

5. Posteriormente se coloca sobre el molde el acero de refuerzo, placas y orejas.

6. Esta mezcla se prepara con el granzón, arena y una combinación 1:1 de cemento blanco y gris que se coloca en el molde en una capa de 2 cm. de espesor. A esta pasta se le agrega un retardante de fraguado.

7. Se cuela con concreto normal hasta alcanzar un espesor de 7.5 cm. (este concreto no lleva retardante).

Primeramente se cuela la pàrete horizontal de la pieza, el concreto utilizado es de  $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ . con revenimiento bajo (6-8 cm.), se espera que fragüe y con la grua viajera se va levantando el molde hasta que la sección curva quede en forma horizontal y se cuela, en el caso de las piezas con doble curvatura, se realiza el mismo procedimiento para lograr un espesor uniforme en toda la pieza.

8. Por medio de la grua viajera se retira el elemento precolado del molde y se coloca en posición vertical.

9. Una persona especializada con un cepillo de alambre y agua, va cepillando con cuidado toda la pieza quitando de la superficie el cemento y agregados finos que por efectos del retardante de fraguado permite su separación, quedando únicamente el agregado grueso logrando así el acabado rugoso que se requiere.



### 5.3 Montaje

La realización del montaje de los elementos precolados requiere de gran precisión y seguridad ya que cualquier defecto en su montaje salta inmediatamente a la vista al no conservarse la rectitud de sus líneas y niveles.

Respecto a la seguridad, también es indispensable un alto control de calidad, ya que son elementos que se encuentran en las fachadas y generalmente, abajo existen zonas peatonales.

Para la sujeción tanto de los paneles como de los parteluces, alrededor de toda la estructura se encuentran pretiles armados y colados en forma integral a la losa. Sobre dichos pretiles y en el lecho inferior de las losas 7.30, 10.30, y 13.30 se encuentran placas de acero soldadas al acero de refuerzo de la estructura y colocadas según la posición que tendrán los precolados.

Para el montaje de las piezas se utilizaron dos técnicas diferentes:

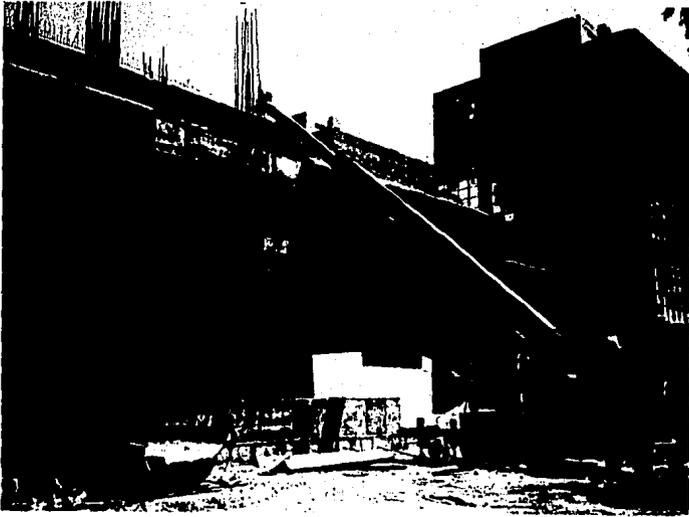
1. Mediante el uso de una "garrucha" que es un equipo muy sencillo, que consta de una estructura metálica que sirve de soporte y que contiene un sistema de poleas que por medio de cadenas va elevando la carga hasta alcanzar su posición final.

2. Por medio del uso de una grúa Pettibone sobre neumáticos con capacidad de carga de 15 toneladas.

Una vez que han sido elevadas las piezas y presentadas en su posición definitiva, se les aplica puntos de soldadura uniendo las placas de la estructura con las del precolado mediante un cartabón que es un ángulo de las mismas características que las placas, previamente se verifican niveles y plomos.

Posteriormente se aplica un cordón de soldadura en todo el perímetro del cartabón tanto en el precolado como en la estructura.

Ya colocados los precolados en su posición definitiva se aplica una junta elástica entre uno y otra a fin de evitar que choquen entre sí en caso de un movimiento de la estructura.



6

CONCLUSIONES

Y

RECOMENDACIONES

En obras de ésta magnitud, en las cuales se debe controlar la ca lidad de una forma especial, es muy importante la supervisión y- coordinación de proyecto ya que al manejarse un gran número de - conceptos, cualquier error acarrea pérdidas de tiempo y dinero, - así como entorpecimiento de actividades entre contratistas.

Es importante tanto para el dueño como para el contratista, lle- var una adecuada administración de los recursos a fin de evitar, - ahorros de material ya sea en acero o concreto, lo que llevaría consigo modificaciones estructurales de consecuencias graves.

Se debe considerar también por parte del dueño, un constante con trol de calidad por medio de laboratorios especializados que re- visen las características del concreto, soldaduras en acero, etc, y realizar estos tabajos con la periodicidad que requiera la --- obra.

Dada la versatilidad de las estructuras de concreto, en la actua lidad se puede lograr cualquier forma por caprichosa que sea y - en el tiempo en el que se requiera siempre y cuando se cuente -- con el factor dinero.

Sin embargo no todo esta dicho en éste campo de la Ingeniería -- Civil, es necesario seguir realizando investigaciones que nos -- lleven a encontrar mejores soluciones a los problemas constructi- vos de nuestro país, obteniendo de ésta forma una mayor economía y efectividad en la realización de las obras.

**BIBLIOGRAFIA**

**Especificaciones Plaza Insurgentes Sur**

**Cimientos Profundos Colados en Sitio  
Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos**

**Manual del Ingeniero Civil  
Frederick S. Merrit  
Mc. Graw - Will**

**Concreto Reforzado  
Oscar M. González Cuevas  
Limusa**

**Breve descripción de equipo utilizado en construcción  
Facultad de Ingeniería  
U N A M**