

24139



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE INGENIERIA CIVIL, TOPOGRAFICA Y GEODESICA**

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
DEL
DISTRIBUIDOR POTRERO**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A
SALVADOR NAVARRO ARMENTA**

MEXICO, D. F.

NOV. 1986



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.

TEMARIO

INTRODUCCION	14
CAPITULO I	21
GENERALIDADES	
CAPITULO II	34
NOCIONES SOBRE DISEÑO DE PUENTES	
CAPITULO III	67
PLANEACION Y SOLUCION PARA LA CONSTRUCCION DEL DISTRIBUIDOR POTRERO	
CAPITULO IV	74
CONSTRUCCION DE LA CIMENTACION Y SUBESTRUCTURA	
CAPITULO V	115
CONSTRUCCION DE SUPERESTRUCTURA, OBRA FALSA Y ESTRUCTURAS PROVISIONALES UTILIZADAS	
CAPITULO VI	157
ORGANIZACION DE LA OBRA Y CONTROL DE CALIDAD	

I N D I C E

INTRODUCCIÓN

I	GENERALIDADES	
	Objetivos de la Obra	21
II	NOCIONES SOBRE DISEÑO DE PUENTES	
	2.1 Planeación	34
	2.2 Cimentación	37
	2.3 Superestructura	40
	2.4 Efectos de los Sismos en la Estructura	45
	2.5 El Acero de Presfuerzo	53
	2.6 Flechas y Contraflechas en las Trabes	64
III	PLANEACION Y SOLUCION PARA LA CONSTRUCCION DEL DISTRIBUIDOR POTRERO	
	3.1 Planeación	67
	3.2 Organigrama	68
	3.3 Mano de Obra	71
	3.4 Materiales	71
IV	CONSTRUCCION DE CIMENTACION Y SUBESTRUCTURA	
	4.1 Introducción	74
	4.2 Interferencias y Desviaciones	75
	4.3 Pilotes	79

4.3.1	Equipo	82
4.3.2	Fabricación de Pilotes	84
4.3.3	Secuencia de Hincado	90
4.4	Zapatas y Dados	94
4.5	Contratrabes	101
4.6	Columnas y Cabezales	104

**V CONSTRUCCION DE SUPERESTRUCTURA, OBRA
FALSA Y ESTRUCTURAS PROVISIONALES
UTILIZADAS**

5.1	Antecedentes	115
5.2	Estructuras Provisionales	118
5.2.1	Estructura de Acero Orto- trópica sobre los Deprimi dos de Insurgentes	118
5.2.2	Estructura usada para el Cruce con la Línea 5 del del S.T.C. Metro	126
5.3	Obra Falsa	130
5.4	Construcción de Superestructura	134
5.5	Obras Complementarias	154

**VI ORGANIZACION DE LA OBRA Y CONTROL DE
CALIDAD**

BIBLIOGRAFIA	164
---------------------	-----

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

El desplazamiento masivo de la población rural a las grandes urbes en busca de mejores condiciones de vida, ha ocasionado un impresionante crecimiento demográfico en la Ciudad de México durante los últimos cuarenta años. Ante tal situación, las autoridades del sector público se --avocaron a realizar los estudios necesarios para solucio--nar este problema.

El 15 de diciembre de 1975 se expidió la Ley General de Asentamientos Humanos. En apoyo a ésta, se crea la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, y con --ella, el Plan de Desarrollo Urbano del Distrito Federal.

El fin de este esfuerzo ha sido no sólo resolver las carencias de la población urbana, sino también participar en un nuevo sistema de planeación integral a nivel Nacional, estableciendo las bases necesarias que permitan la congruencia entre todos los niveles de planeación de las --acciones a corto, mediano y largo plazo.

Como parte constitutiva del Plan de Desarrollo --Urbano está el Plan Rector de Vialidad y Transporte, el --

cual fija, reglamenta y norma las acciones y metas encaminadas a optimizar la movilidad tanto de personas como de bienes, dentro de los límites del Distrito Federal.

Este plan constituye un esquema rector de desarrollo para la Red Vial y el sistema de transporte en nuestra Ciudad Capital, previendo el crecimiento armónico por medio de la construcción, especialmente diseñada, de arterias viales que permitan una fluidez óptima para la comunicación local e inter-regional.

A fin de lograr una adecuada estructura vial -- se requiere, de acuerdo con el plan, contar con una nueva Red Vial jerarquizada de la siguiente manera:

- a) Vías de circulación continua para satisfacer la demanda de grandes volúmenes de tránsito de vehículos, conectadas a las principales penetraciones carreteras; dentro de esta categoría se encuentran:

Vías Anulares

Anillo Periférico

Circuito Interior

Viaductos	Miguel Alemán Tlalpan
Vías Radiales	Ignacio Zaragoza Aguiles Serdán Río San Joaquín
Puertas de Acceso	De Toluca Cuernavaca Puebla Pachuca

- b). Vías Primarias, que crucen la Ciudad, a las cuales se les habrá de dar prioridad en cuanto a su circulación se refiere, entre ellas se encuentran:

Insurgentes y Ejes Viales

- c) Vías Secundarias, que conecten las diferentes áreas urbanas entre sí.
- d) Vías Locales, que sirvan para tener acceso a las propiedades y fuentes de trabajo.

e) Vías y Zonas Peatonales.

Las dimensiones económicas y físicas que representan a esta estructura vial, provocan una programación de construcción conforme las necesidades prioritarias lo requieran.

De lo anterior, se mencionará al Puente Cuitláhuac, "Distribuidor Potrero", como ejemplo de uno de los puntos más conflictivos. Este puente está ubicado al norte de la Ciudad, en el cruce de Insurgentes Norte, Avenida Cuitláhuac, Avenida Robles Domínguez y Eje Central Lázaro Cárdenas, teniendo diferentes niveles de vialidad para evitar los congestionamientos de tránsito en esa zona.

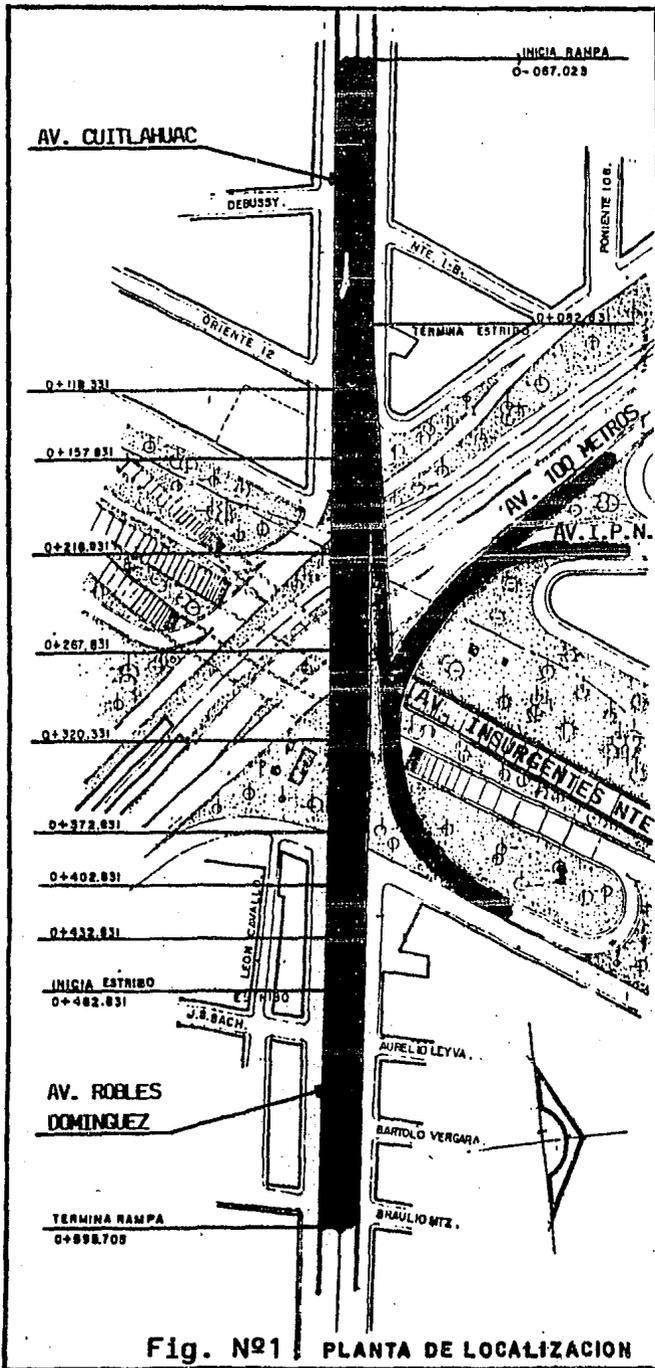
Esta estructura forma parte del tercer nivel de vialidad en la solución vial al "Distribuidor Potrero", -- siendo el más importante desde el punto de vista del procedimiento constructivo, ya que une en forma elevada a las Avenidas Cuitláhuac y Robles Domínguez en ambas direcciones con su cuerpo principal y con las rampas circulares secundarias incorpora a Insurgentes con Avenida Instituto Politécnico Nacional, 100 Metros y Cuitláhuac hacia el puente. Los niveles de vialidad existentes anteriormente son

los pasos deprimidos de Insurgentes en sus dos sentidos, - hacia el Norte y hacia el Sur, y la vialidad que da paso - del Eje Central Lázaro Cárdenas hacia la Avenida de los 100 Metros e Instituto Politécnico Nacional; independientemente están también los cruces con las líneas 3 y 5 del me--tro. (Fig. 1).

En esta tesis se describirá el procedimiento utilizado para la construcción de Puente Cuitláhuac, "Distribuidor Potrero", obra ubicada dentro de una zona urbana en la confluencia de varias avenidas de tránsito intenso, analizando los problemas que se presentaron y la solución a--doptada, tomando en cuenta que se debía conservar la continuidad y fluidez del tránsito existente en la zona y no poner fuera de servicio el sistema de transporte colectivo - (Metro) Línea 5, (tramo La Raza - Potrero).

Para lograr el objetivo fijado de dar continuidad y fluidez a este Distribuidor, fue necesario efectuar una --serie de afectaciones con el fin de tener la sección de --proyecto para respetar los carriles especificados.

Dentro de las afectaciones necesarias a realizar, y como condición básica para lograr dicha continuidad, fue



necesario darle una solución específica a cada interferencia:

- 1.- Habitacionales: en Avenida Robles Domínguez y -
Avenida Cuitláhuac.
- 2.- Viales: Avenida Robles Domínguez, Avenida
Cuitláhuac, 100 Metros, Ave-
nida Instituto Politécnico Na--
cional e Insurgentes Norte.
- 3.- Metro: Línea 5 y Avenida 100 Metros.
- 4.- Aéreas: Cables de Alta Tensión, de Tel-
mex y Línea de Trolebuses.
- 5.- Subterráneas: Instalaciones de Telmex, de a--
lumbrado público, colectores, -
cables de Alta Tensión de la --
Compañía de Luz y tuberías de -
agua potable y de Pemex.

CAPITULO I

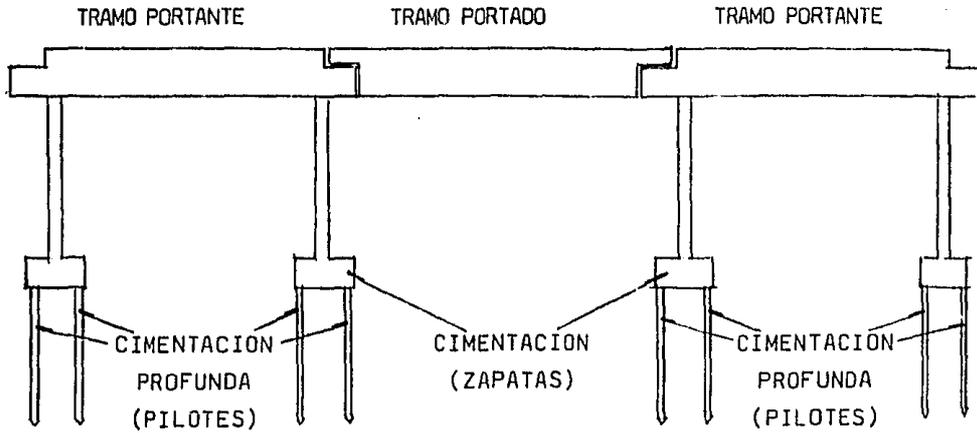
GENERALIDADES

La estructura del Puente Cuitláhuac, "Distribuidor Potrero", tiene un desarrollo total de 1,600 m., es de concreto reforzado y presforzado, en su tramo principal y en sus gasas cuenta con 18 claros, cuya longitud entre apoyos varía entre 30 y 65 m.

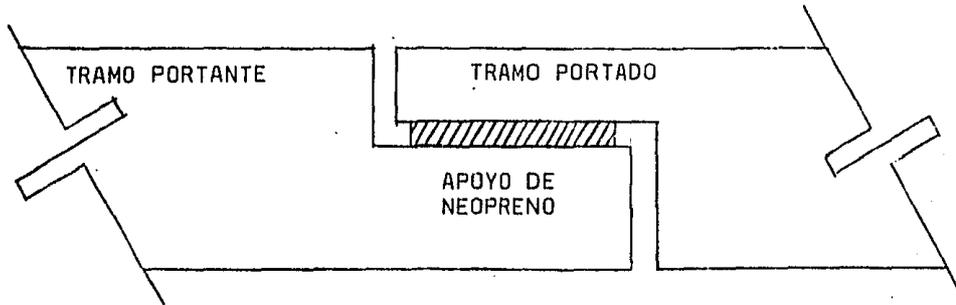
	Long. (m)	Ancho de Calzada (m)	Nº Carr. por Sentido
Pte. Cuitláhuac	690	24.40	3
Obra de incorporación de Insurgentes a Av. Cuitláhuac	390	9.40	2
De I.P.N. a Avenida Cuitláhuac	475	9.40	2
De Avenida 100 Metros	479	9.40	2

Número de Usuarios: 255,600 personas día.

Las vigas (superestructura) forman un sistema tipo Gerber (ver Fig. I.1), con apoyos fijos y libres de momento, en su sección transversal se observa que son de tipo



CROQUIS DE UN SISTEMA DE VIGAS "GERBER"



DETALLE DE APOYO DE TRABES

FIGURA I.1

trabe-cajón, sus dimensiones varían según los claros y según correspondan a las gasas o al eje principal. La sección cajón de la trabe se forma con una losa inferior, de una a tres nervaduras centrales verticales y dos extremas inclinadas, que alojan a los cables del acero de presfuerzo y se rigidizan por medio de diafragmas transversales a ellas, que van sobre los puntos de apoyo de las traves, haciendo que trabajen en conjunto; las traves en sus extremos cuentan con ménsulas (ver detalle de Fig. I.1), que trabajan básicamente a efecto de cortante y son el apoyo de los tramos contiguos, las vigas se cierran en su parte superior con una losa de concreto hidráulico recubierta con concreto asfáltico que sirve como pista de rodamiento; estas traves fueron coladas en el lugar y postensadas. Tanto en el cuerpo principal como en las rampas secundarias del puente se cuenta con banquetas peatonales en ambos lados. (Fig.I.2)

Cabe aclarar que el sistema tipo Gerber (Fig.I.1) es un sistema estructurado de tal manera que permite articular a las traves; estas articulaciones se construyen de antemano, por lo que deja una serie de discontinuidades en toda la superestructura que son muy convenientes para las características de comportamiento en una estructura de este tipo que se construya en el Valle de México. Este tipo de

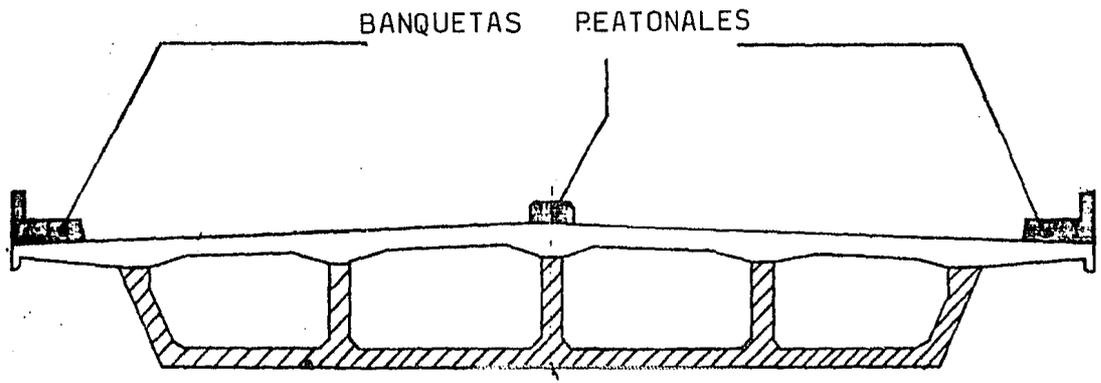
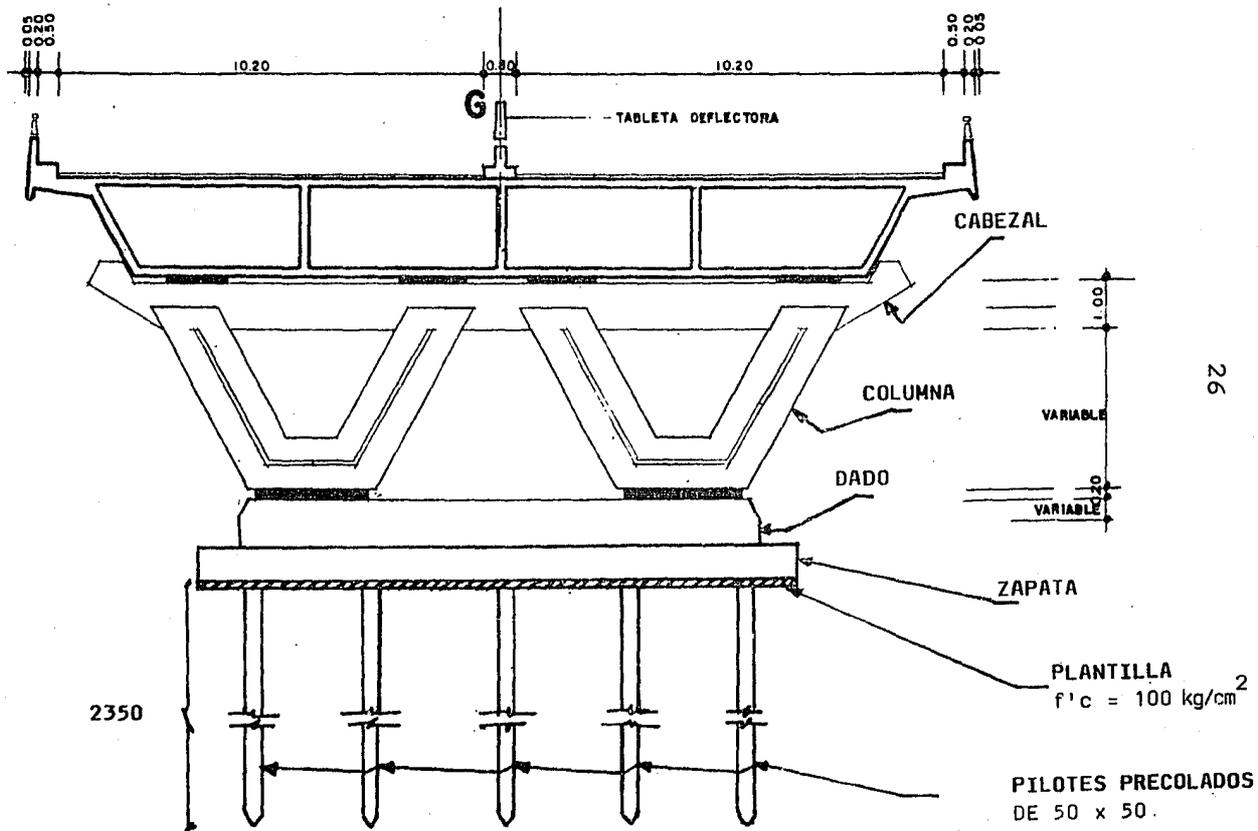


FIGURA I.2 SECCION TRANSVERSAL DE LA TRABE

solución permite que la estructura pueda tener ciertos movimientos y algunos pequeños hundimientos diferenciales, - sin que esto implique mayores efectos sobre la estructura que el puramente geométrico; estructuralmente tiene una capacidad adecuada para lograr ciertas deformaciones sin que se perjudiquen los elementos estructurales ni se incrementen notablemente los esfuerzos por las acciones que estén imperando sobre el puente.

Las pilas tienen una sección arquitectónica del tipo "W", son de concreto reforzado, sin presfuerzo; en la parte superior cuentan con un cabezal que permite recibir a las trabes por medio de apoyos de neopreno, que son el punto de apoyo de las trabes, la mayoría de los cabezales se reforzaron con presfuerzo (son postensados). La cimentación de las pilas son zapatas aisladas desplantadas a -- 3.00 m. del nivel del terreno natural sobre pilotes de fricción que llegan a 23.50 m. de profundidad. (Fig. I.3)

Las aproximaciones al puente (cinco en total), - se logran mediante dos elementos estructurales: un terraplén y un estribo. (Fig. I.4)



26

FIGURA I.3 CIMENTACION Y COLUMNAS DE LAS PILAS

TERRAPLEN DE ACCESO, es el primero de los desniveles partiendo del suelo hacia la estructura, está formado por relleno a base de tepetate compactado entre muros de retención de concreto reforzado, con drenes transversales, como se utiliza normalmente en este tipo de obras.

ESTRIBO, es una zona de transición entre la estructura térrea descrita anteriormente y la superestructura, es una estructura hueca, con muros, trabes y losas de concreto reforzado para formar la sub-rasante, apoyadas en zapatas corridas y éstas a su vez en pilotes.

En los cruces con los pasos deprimidos de Insurgentes sobre su sección descubierta, se construyó una estructura provisional de acero ortotrópica movable, con el objeto de puentear y apoyar sobre ésta la obra falsa y no interrumpir el tránsito de la Avenida de los Insurgentes. Para que dos de los tramos del puente no interfirieran con el cruce de la Línea 5 del Metro (superficial), se diseñó una estructura de acero combinando elementos de soporte denominados troqueles, con perfiles laminados. Los primeros son elementos que trabajan en compresión básicamente, en este caso específico fueron utilizados para trabajar a flexión, después de haberlos reforzado. Los perfiles lami

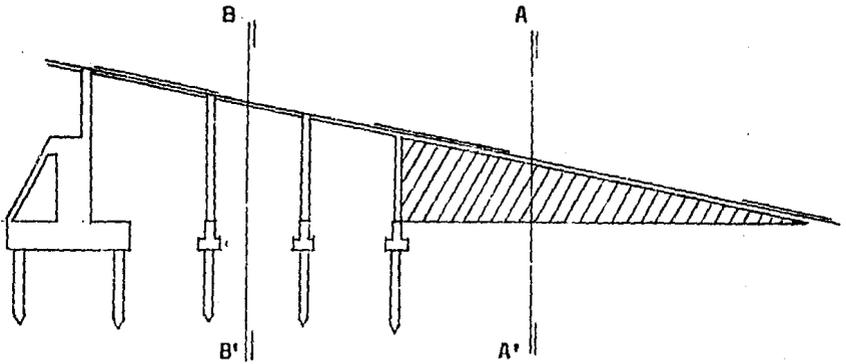
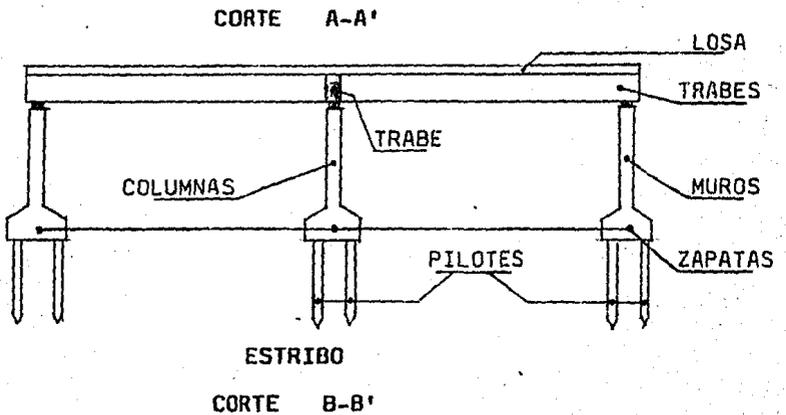
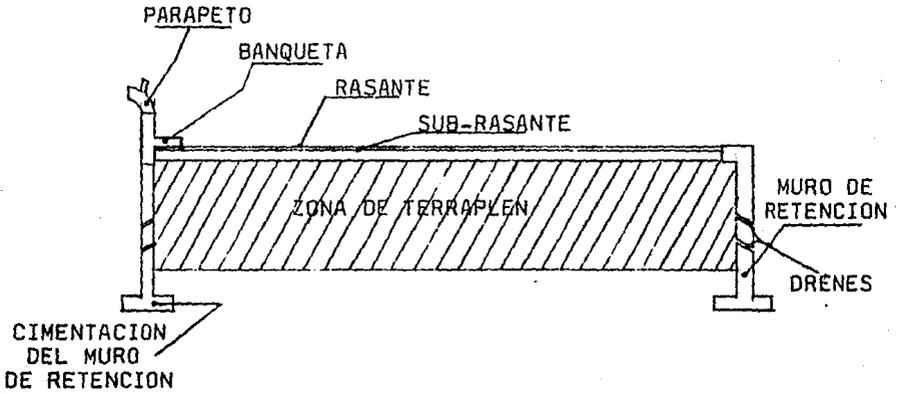
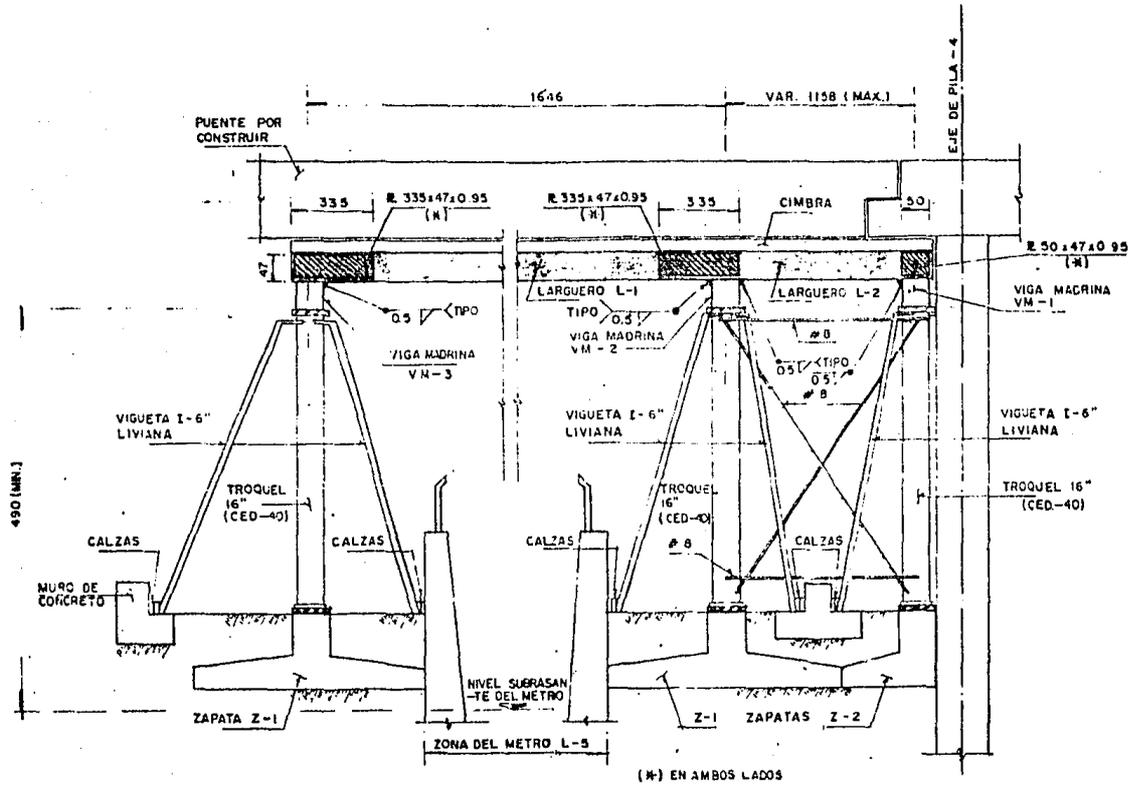


FIGURA I.4 TERRAPLEN DE ACCESO Y ESTRIBO



nados son elementos de acero, macizos, de sección variable fabricados en planta. Con estos elementos se logró puentear la Línea 5 del Metro de uno a otro lado para soportar la cimbra y el peso de la trabe que sería colada. (Fig. I.5).

Dadas las características de la obra y la necesidad de librar ya interferencias actuales (las vialidades, el metro) y dado que se requería cimbrar en el lugar el puente, como se dijo antes, fue necesario establecer que el proceso constructivo se haría construyendo tramos portantes primero, y al tener terminados dos contiguos y con la resistencia necesaria, sería construido un tramo portable entre ellos, interrumpiendo en algunos casos vialidades importantes, como la de Lázaro Cárdenas y la de los 100 Metros, durante un tiempo determinado, debido a que la construcción se tuvo que llevar a cabo paulatinamente; todo esto implicó una secuencia, un seguimiento muy detallado de los programas de obra, efectuando su control mediante la ruta crítica, teniendo una revisión semanal de ellos entre la dirección de la obra y la supervisión, en la cuál se hacían los ajustes en caso necesario.



30

FIGURA I.5 VISTA DE LA ESTRUCTURA UTILIZADA PARA CRUZAR SOBRE LA LINEA 5 DEL METRO

OBJETIVOS DE LA OBRA

Debido a la confluencia de varias avenidas a la glorieta Potrero, ocasionando un caos vial, incrementado por la barrera física de la solución superficial del Metro Línea 5 y subterráneamente con la Línea 3 del mismo, también por el mismo Circuito Interior tratando de continuarse por Río Consulado, no existía espacio para una solución superficial que uniese a las avenidas Cuitláhuac y Robles Domínguez, sin otra alternativa que darles continuidad por medio de un tercer nivel, ya que estas avenidas han sido principales durante muchos años; en un tiempo pertenecieron al límite de la traza de la Ciudad de México y con el crecimiento ahora se encuentran dentro de la zona céntrica, dado que muy cerca de ese lugar se localiza el cruce de Insurgentes con el Circuito Interior y comunican a toda la zona sur-poniente de la Ciudad (Tacubaya, Chapultepec, Polanco, Tacuba) con La Villa, que es una zona tradicional de la Ciudad; para lograr dar una solución global a este cruce, se hizo necesario establecer una serie de objetivos que debieran ser conseguidos a través de la construcción del puente Cuitláhuac, "Distribuidor Potrero", siendo éstos:

- 1.- Ofrecer una opción vial para descongestionar el tránsito de vías existentes.
- 2.- Comunicar el origen-destino de la mayor cantidad de -- viajes-persona en la forma más directa, con miras a reducir tiempo y longitud de recorrido.
- 3.- Dar continuidad a un sistema de transporte masivo me--tropolitano, dado que en este punto se cruzan las Lí--neas 3 y 5 del Metro y demás obras viales.
- 4.- Crear la infraestructura necesaria para el sistema de traslado de personas y bienes, aplicando la ciencia y tecnología de la manera más conveniente para lograr -- los mejores satisfactores con el menor deterioro de -- los intereses particulares y públicos de la zona afectada. (Ver Fig. 1).

Para poder cumplir con los objetivos anteriores y de acuerdo con la estructura que se había pensado, fue necesario efectuar estudios viales, proyectos geométricos, de mecánica de suelos, de estructuras, una planeación de construcción, un análisis de precios unitarios y de costos, enriqueciendo todo esto con experiencias obtenidas en otras

arterias viales, logrando como consecuencia una disminución máxima de costos y tiempos de construcción.

CAPITULO II

NOCIONES SOBRE DISEÑO DE PUENTES

2.1 PLANEACION

El suelo del Valle de México produce permanentemente el efecto de hundimientos diferenciales en las estructuras continuas, estos hundimientos provocan -- una redistribución de los elementos mecánicos (momentos, cortantes y cargas axiales) en un momento dado.

Las estructuras continuas tienen una rigidez lineal, lo cual implica que se da un momento k (fig. II.1); si no se quiere incrementar ese momento con un hundimiento, se debe eliminar esa rigidez articulando el apoyo; de esta manera, las vigas continuas se convierten en vigas articuladas o simplemente apoyadas, isostáticas, y si se producen hundimientos diferenciales se elimina el incremento de elementos mecánicos, producidos por la rigidez mencionada, generalmente los sistemas de puentes son isostáticos por esta condición.

Ahora bien, se tenía que encontrar un sistema de puente que fuera factible de construir y tuviera también ventajas de comportamiento; para ser una viga -- isostática existen muchas alternativas, pero después de diversos estudios se llegó a un sistema a base de tramos simplemente apoyados con voladizo en los extremos, llamados tramos portantes, que a su vez soportan a otros tramos llamados portados, encontrándose alternadamente un tramo portante, un tramo portado, uno -- portante, uno portado, y así sucesivamente, a este -- sistema se le llama "SISTEMA DE VIGAS TIPO GERBER" -- (Fig. II.2).

Entre las ventajas que tiene este sistema se encuentran:

- a) El tramo portante al tener los voladizos en los extremos genera un momento negativo en esos extremos, que reduce el momento positivo que se -- tendría si no existiesen los volados, para un peralte se logra la mayor eficiencia en esa sec--ción trabajando a momento negativo y momento po-sitivo (Fig. II.3).

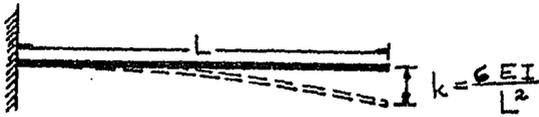


FIGURA II.1

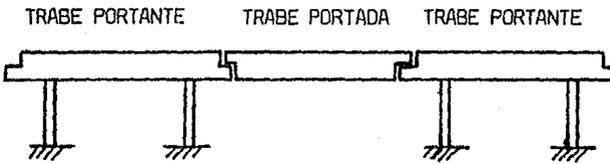


FIGURA II.2

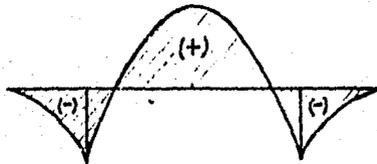


FIGURA II.3 DISTRIBUCION DE MOMENTOS EN UN TRAMO PORTANTE.

- b) Los tramos portados al momento de apoyarse sobre el tramo portante reducen su tamaño en long., de jando una trabe isostática simplemente apoyada - con una longitud menor que reduce los elementos mecánicos, empezando a existir una compatibili--dad de peraltes entre la trabe portada y la por--tante, teniendo un acoplamiento de esas dimensio--nes, o sea, aumentando o disminuyendo la longi--tud se empieza a dar la posibilidad de equili---brar los elementos mecánicos y hacerlos pareci--dos, tanto para los tramos portantes como en los portados.

2.2 CIMENTACION

Para definir la cimentación del puente Cuitláhuac "Distribuidor Potrero", se determinaron:

- a) La capacidad de carga del suelo.- Zona de capas de arcilla muy compresible con gran cantidad de humedad, con un hundimiento continuo de 10 cm. - por año, y los estratos resistentes se encuen---tran a más de 40 m. de profundidad.
- b) El peso propio de la superestructura-tramos de 35 a 60 m. de longitud-, que transmite mucha carga al subsuelo.

Por lo anterior se llegó a la conclusión de que se colocarían pilotes de fricción de sección cuadrada hincados a percusión, ya que daban la capacidad suficiente por adherencia en las caras laterales del pilote para transmitir la carga al subsuelo y si éste sufría un asentamiento, los pilotes se hundirían con él.

La zapata es el elemento de unión entre los da-dos y columnas y la cimentación profunda (pilotes); - tiene que ser lo suficientemente resistente para trans-mitir la carga de las columnas del puente a los pilo-tes, que se encuentran distribuidos en el área de la misma zapata (Fig. II.4); además, si llega a existir alguna carga remanente, este elemento debe ser capaz de soportarla. Por todo lo anterior, la zapata tiene que estar revisada por PENETRACION, trabajando en fle-xión y en cortante, otro punto a su favor es que el área diseñada en ella le proporciona mayor estabilidad al puente.

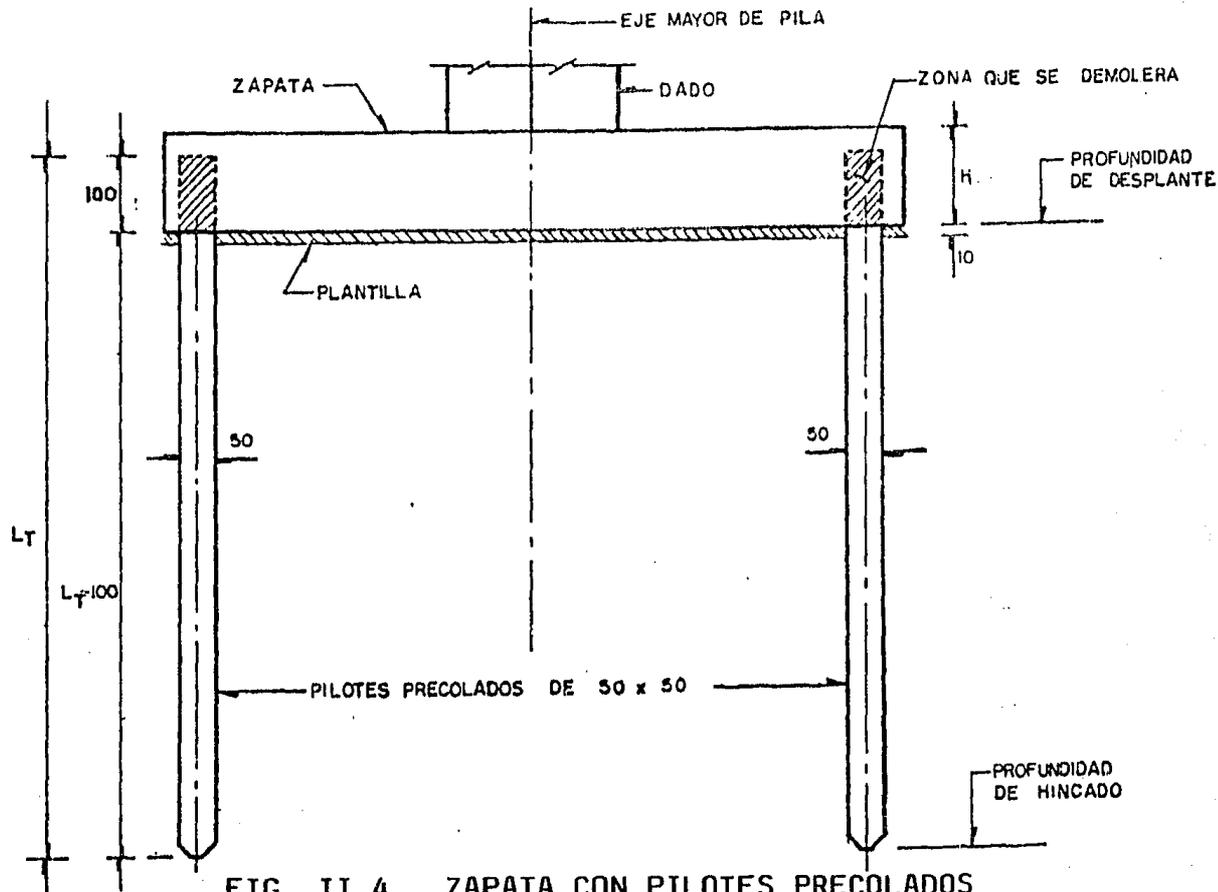


FIG. II.4 ZAPATA CON PILOTES PRECOLADOS

2.3 SUPERESTRUCTURA

El análisis de la superestructura se hizo tomando en cuenta que debía tener todas las garantías de - seguridad, de servicio, funcionalidad, resistencia, - eficiencia y economía, distribuyendo las secciones de la estructura en elementos que tuvieran esas características y no se tuviera material donde no se necesitara, haciendo que todos y cada uno de los elementos de los que se formó el puente estuviesen trabajando, por lo que se diseñó la sección como una "trabe-cajón" de esta manera se logró que trabajara toda la sección en conjunto, haciendo que la losa le transmitiera las cargas a las nervaduras de concreto reforzado, tanto verticales como inclinadas, y de donde se transmiten a los cabezales por medio de los cables de presfuerzo, y, por otro lado, al incrementar la sección aumentaba la inercia de la superestructura, logrando con todo - ésto que la sección fuera lo más eficiente posible, - además, al hacerla monolítica, la eficiencia aumentaría (Fig. II.5).

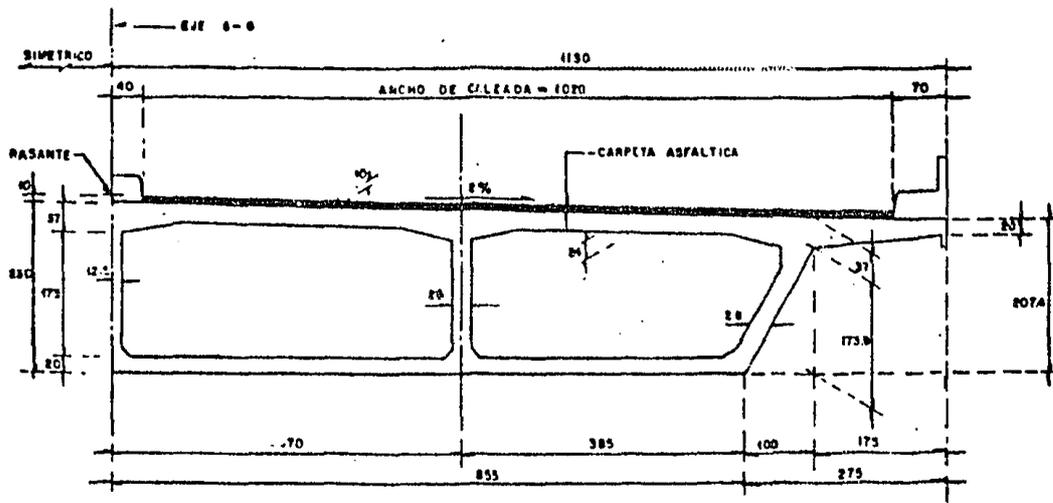


FIGURA II.5 MEDIA SECCION TRANSVERSAL,
TRAMO 4-5 SOBRE EL EJE G-G'

Esta estructura se escogió por varias razones:

- 1.- Se planeó en la misma época que el metro elevado que se resolvió casi todo a base de traveses tipo cajón con nervaduras intermedias y coladas en el lugar, además, en esa época el empleo de cimbrado era muy común, por lo que se pensó era buena alternativa.
- 2.- Una trabe aislada de 50 m. tiene muchos problemas para su construcción y montaje, por los pandeos que se producen y sobretodo que tiene que hacerse a pie de obra, ya que por su longitud debe ser lo suficientemente resistente y no es posible transportarla desde una planta.
- 3.- En esta solución, el concreto se puso donde servía; generalmente los perfiles I ya están en las condiciones más eficientes desde el punto de vista de geometría, de escuadría, son esbeltos en el alma y anchos en los patines, por lo que el momento lo toman los patines y el cortante el alma; el diseño se hizo tomando en cuenta estos conceptos.

A medida que se complica el sistema de una estructura, empieza a tener una serie de capacidades --

que no son tan tangibles como una columna, una trabe, un cable, etcétera. El Distribuidor Potrero fue diseñado considerando las especificaciones más actuales - de las utilizadas en los Estados Unidos de Norteamérica.

Se considera un tipo de convoy de tractor con dos cajas que da 9.5 toneladas de carga por eje, sin impacto, que en México tiene poco tiempo de usarse, - aproximadamente 5 años, es un TRS-33; el efecto adicional de impacto se toma en cuenta también, y es el que se genera al momento en que se frena o se arranca el autobús o cualquier cuerpo que pueda tener una aceleración o desaceleración, ese valor de impacto no rebasa del 30% de la carga en base a las especificaciones. El puente Cuitláhuac ha sido diseñado con base en este tipo de camión en sus tres carriles por sentido y aparte los secundarios; en un momento dado, el puente puede estar totalmente saturado o parcialmente empleado y tener las mismas características de seguridad. Claro es que no tendrá los mismos esfuerzos, -- eso es distinto, si tiene un camión encima le va a -- producir un estado de esfuerzos diferente a que si -- tiene 20, sin embargo el puente debe funcionar igual para uno que para 20.

El puente esta diseñado con condiciones de carga que preveen una acumulación de carga viva en un momento determinado y que se toma en cuenta de acuerdo a los factores de diseño de este tipo de estructuras, considerando la probabilidad de que esté total o parcialmente saturado.

Para el diseño de la estructura en una región como México, que es una región sísmica tienen que tomarse en cuenta:

CARGAS MUERTAS.- Peso de las trabes, parapetos, las pilas, la cimentación, los acabados, las banquetas, etcétera.

CARGAS VIVAS.- Peso de los usuarios: peatones, ciclistas, trailers, autobuses, trolebuses, camiones, motos, coches, etcétera.

CARGAS ACCIDENTALES.- Viento y sismo.

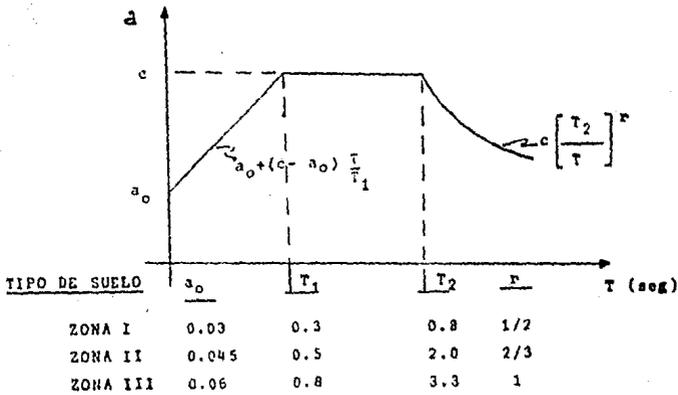
En este caso la estructura no es susceptible a los efectos del viento, sino del sismo y para el diseño se consideran dos condiciones:

- a) Combinación de Carga Muerta + Carga Viva.
- b) Combinación de Carga Muerta + Carga Viva + Sismo.

De ambas se elige la más desfavorable. El puente Cui tláhuac es una estructura, por lo que se diseña en forma similar a cualquier estructura.

2.4 EFECTOS DE LOS SISMOS EN LA ESTRUCTURA

Para prevenir los sismos, el reglamento para construcciones en el Distrito Federal recomienda el espectro de diseño que se muestra en la Figura II.6, que es una envolvente de las aceleraciones que se han manifestado en los diferentes sismos que se han podido medir en esta región y se registraron a lo largo de la historia de dicho reglamento, en el que las ordenadas espectrales que se indican toman en cuenta los efectos de amortiguamiento



ZONA	c
I (Terreno firme)	0.16
II (Terreno de transición)	0.20
III (Terreno compresible)	0.24

FIGURA II.6 ESPECTRO DE DISEÑO PARA EL D. F.

Este espectro considera una difícil superación - de un evento como los que incluye, aunque puede llegar a suceder algo como el sismo de septiembre de 1985, en el cuál para un determinado periodo se tuvo una aceleración no prevista en el espectro, ocasionando serios trastornos a la población. El valor que pueda - llegar a tener la aceleración será distinto dependiendo de si es un terreno firme, de transición o compresible, por lo que el reglamento lo afecta con el llamado coeficiente sísmico (C). El coeficiente sísmico se define como el cociente entre la fuerza cortante - en la base de la estructura y el peso de la misma, incluyendo la carga viva especificada por el reglamento.

En el reglamento anterior había valores que variaban entre 0.16 y 0.24 para el coeficiente sísmico; éste último se afecta por un factor de ductilidad (Q).

El concepto de "fuerza del sismo" proviene de la 2a. ley de Newton:

$$F_s = \frac{C}{Q} W$$

haciendo la comparación contra $F = ma$, $\frac{C}{Q} = a$, y el peso $W = masa (m)$.

El coeficiente sísmico C está dado en los reglamentos.

El factor de ductilidad Q es un factor que depende de las características de estructuración que se van a dar.

La ductilidad es la capacidad de la materia o los elementos para absorber energía de deformación básicamente.

En una gráfica de esfuerzo σ -deformación ϵ , del acero por ejemplo (Fig. II.7), la ductilidad se mide por el área bajo la curva, ésta última indica la capacidad para absorber energía de deformación que pueda tener una estructura; si se compara el vidrio con la plastilina, se observa que el vidrio es frágil, no es dúctil, es de ductilidad nula, y la plastilina es un material muy dúctil, puede deformarse sin perder sus propiedades.

Una estructura puede fallar con tendencia dúctil o frágil, la falla del concreto es con tendencia frágil, no obstante que tenga cierta ductilidad, mientras

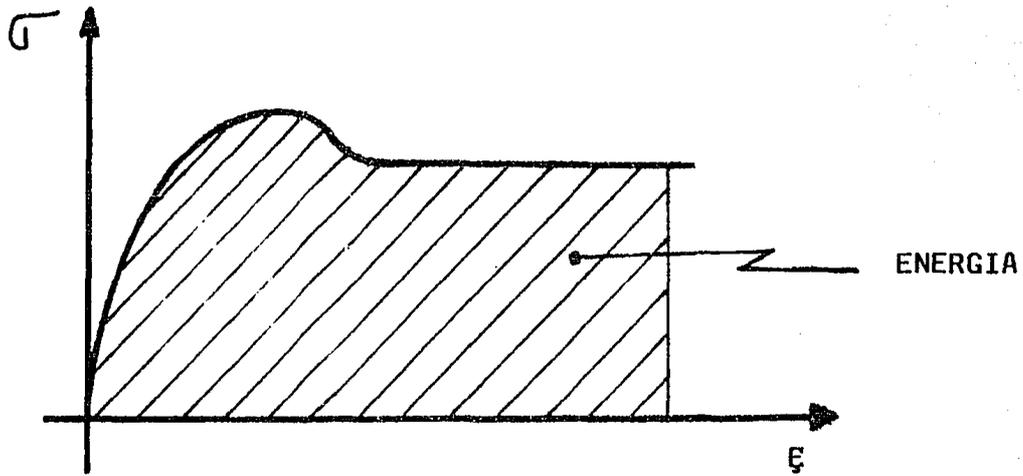


FIG. II.7 GRAFICA $\sigma - \epsilon$ DEL ACERO

que el acero tiende a la falla dúctil, se va plastificando hasta que al llegar a cierta deformación se rompe; al combinar estos dos materiales se puede producir una mayor resistencia en las estructuras.

Una trabe se puede diseñar sub-reforzada o sobre-reforzada, el porcentaje balanceado ocurre cuando se diseña la estructura con tal cantidad de acero que la falla se presenta al mismo tiempo en el acero que en el concreto, por lo que normalmente se pide que el diseño de las trabes sea abajo del porcentaje balanceado, ésto es sub-reforzadas, si una trabe se diseña con menor cantidad de acero, significa que el acero es el primero que va a fallar, con lo que se pretende que cuando el acero se esté plastificando, el concreto no tenga ninguna falla, y cuando éste ya empieza a fallar, uno ya esté enterado de que tal o cual elemento va a fallar por completo, lo que se busca es que los elementos avisen cuando esten fallando y no que se caigan de repente y puedan lastimar a alguien.

El factor de ductilidad Q variaba antes del sismo desde 1 (estructura muy frágil o con tendencia frágil, poca ductilidad, poca capacidad de deformarse) -

hasta 6 (estructura muy dúctil, con gran capacidad de deformarse). Los muros son estructuras con $Q = 1$, -- son rígidos, al empezar a deformarse truenan.

Después del sismo el factor de ductilidad se redujo a 4, ya no se cree que existan estructuras con capacidad de irse deformando poco a poco, ésto implica que la fuerza del sismo en lugar de dividirse entre 6 ahora se divide entre 4 y está aumentando 1.5 veces lo que antes se diseñaba con $Q = 6$, por otro lado el coeficiente sísmico C se incrementó y en la zona de terreno compresible, por ejemplo, del 0.24 que se tenía, ahora se tiene 0.40 ó 0.46, se fue casi al doble.

Cuando se diseña una estructura no es para que resista un determinado grado de sismo, el efecto está ligado con una excitación que es el sismo a través de un sistema como un edificio, una casa, una presa, etcétera; existen muchos factores que intervienen para que una estructura sea más o menos sensible que otra, es factible medir como es una estructura con relación a otra para un mismo fenómeno, pero cada sismo es diferente y no es lo mismo que tiemble en Las Lomas que en el Zócalo, el suelo y las estructuras son diferentes,

lo que origina diversas respuestas debajo de la envolvente de aceleración en la gráfica de periodo " π " vs. aceleración "a" (Fig. II.6); lo que se trata es de tener un patrón general que se encuentre con rangos bastante seguros para que las estructuras puedan serlo - también al diseñarlas.

El diseño del puente Cuitláhuac se hizo como para una estructura de la importancia de ésta con ciertos factores adicionales, pero considerando los coeficientes sísmicos de acuerdo al reglamento de diseño - vigente en el momento en que se diseñó, y hubo una -- respuesta excelente ante el sismo, pero si el puente hubiese estado en una zona de terreno compresible tal vez no hubiera tenido esa respuesta. Una estructura no resiste todos los sismos, porque puede llegar un - sismo que produzca una frecuencia natural de vibración, tan parecida a la del edificio que lo haga fallar y - se derrumbe. Toda la materia tiene una frecuencia^{na} natural de vibración, sobre todo la que se encuentra -- formando un sistema, y si algo la excita cercano a -- esa frecuencia, de seguro va a fallar, no necesaria-- mente significa que colapse, pero sí va a fallar.

Dentro de los espectros de diseño (Fig. II.6) cada una de las estructuras tendrá un período y un valor de la aceleración asociado muy diferente, no se encuentran en el mismo punto.

2.5 EL ACERO DE PRESFUERZO

Las trabes de concreto reforzado en claros grandes tienen el inconveniente del alto valor que presenta su peso muerto, aunque puede tener un efecto benéfico en claros cortos para reducir las vibraciones en la estructura * .

Mediante el concreto presforzado se puede aumentar el claro máximo empleado en elementos de concreto reforzado. Con este tipo de estructuras se han logrado claros de más de 70 m. y se han realizado proyectos para 260 m. en competencia con puentes de vigas de acero de alma llena. El concreto presforzado permite elementos de menor peralte y mayor ligereza que los elementos de concreto común. Al mismo tiempo permite un mejor aprovechamiento mecánico de la viga.

Combinado con la prefabricación se puede lograr una mayor economía al poder controlar en mejores condiciones las altas resistencias del concreto. Para los claros pequeños es usual prefabricar y presforzar las vigas en taller y de allí trasladarlas al lugar de montaje *, pero para claros de 50 m. como los del Puente, y para el tipo de trabe elegida, trabe de sección cajón (nervaduras ligadas con losas de piso y techo), hubiese sido prácticamente imposible moverlas, por espacio, por longitud, por peso, etc., todo eso motivó que se pensara en hacer colados en sitio y no precolados.

Para explicar más claramente el presfuerzo, se verá desde el punto de vista del análisis o diseño de una estructura que no es presforzada, es reforzada; cuando se tiene una viga simplemente apoyada y se le aplica una carga uniforme se produce un momento, si se analiza con cualquier criterio, plástico o elástico, se encontrará un eje neutro dentro de la sección transversal, que es aquél en el cual los esfuerzos son iguales a cero, nulos, pero el momento genera una tensión y una compresión, en la sección transversal se observa que en algunas zonas se generan tensiones

* De los apuntes de Diseño Estructural, pág. 184, UNAM, F. I.

con una distribución de un triángulo, si es elástica y lineal, y en otras, compresiones donde se producirá un momento en el sentido indicado en la figura II-8 .

De esta manera, se le da capacidad al acero de refuerzo para tomar la tensión y al concreto la compresión, puesto que este último no tiene capacidad para tomar tensiones y para el diseño se desprecia totalmente la sección de concreto que está en tensión, obteniendo una mezcla de concreto reforzado, con lo que se forma un par o momento resistente que tiene que ser igual o mayor que el momento actuante, para que el diseño sea el adecuado.

Si se analiza la sección transversal de una viga de 50 m. de largo por 2 m. de ancho de concreto reforzado, se llega a la conclusión de que tiene unos efectos de tensión muy grandes y casi no tiene de compresión, se siente de inmediato que la viga va a fallar, por efectos de tensión básicamente, pero también se tienen efectos de aplastamiento muy importantes; aquí es donde entra el presfuerzo, que es una inducción de una fuerza de compresión en un punto de la sección donde es conveniente comprimirla, es una precompresión.

La distribución de esfuerzos en cualquier sección de la viga, producida por la suma de los efectos de:

- + peso propio (PP)
- + precompresión, que es el presfuerzo (c)
- + carga viva (C.V.)

debe tener ciertas características de equilibrio y de límite de valores que permitan que la estructura se comporte adecuadamente (fig II-9).

Se utilizó el presfuerzo porque de otro modo hubiese tenido que ser una viga metálica o con claros muy pequeños para poderse resolver como sección de concreto reforzado , o un puente a base de piedra, soluciones que ya no son aplicables ni tan fácilmente realizables.

Estructuras audaces como ésta, con 50m. de claro, requieren soluciones importantes técnicamente hablando, y eso es el presfuerzo; el presfuerzo tiene la gran ventaja de darnos estructuras factibles de hacer, arquitectónicamente aceptables, con secciones relativamente bajas, salvando claros de 50 m. con 2 m. de peralte, como en este caso.

Existen dos tipos de presfuerzo: postensado y pretensado.

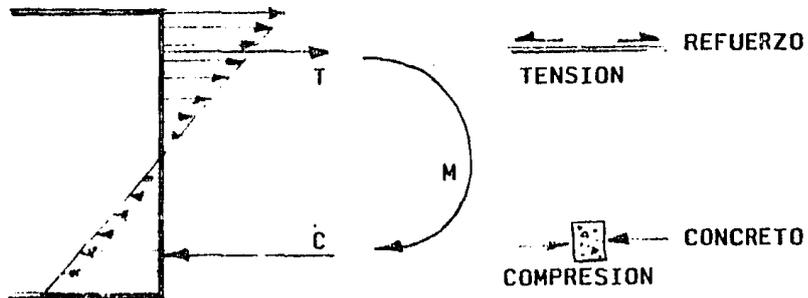


FIGURA II.8

57

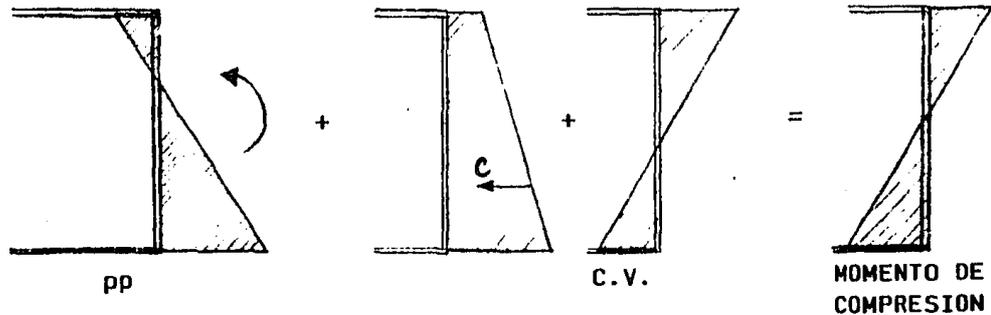


FIGURA II.9

MOMENTO DE COMPRESION

La estructura del puente Cuitláhuac es postensada, la diferencia es que el pretensado es el tensado antes de -- construir el concreto y el postensado es después de construido el concreto, y consiste básicamente en dejar ductos que van a tener dentro cables de postensado en una determinada trayectoria para lograr los esfuerzos que se están previendo en el diseño, es decir, se necesita mayor compresión - en las zonas donde se va a tener mayor tensión, en una viga simplemente apoyada ocurre al centro del claro, donde se tiene una mayor excentricidad de la fuerza; en la sección transversal, si el presfuerzo está en el eje neutro lo único que se ve son compresiones, o sea que nada -- mas se está generando una compresión, y si ese eje neutro coincide con el eje centroidal, se tiene una compresión - que vale P/A (fig.II-10); si esa fuerza de presfuerzo se - mueve, se empieza a generar un desequilibrio, un momento, porque hay una excentricidad, convirtiéndose en compresiones como las del tipo de la figura 11, con algo de tensiones.

Esto demuestra que se pueden controlar las tensiones y compresiones jugando con la posición de la resultante de - compresión.

Si se tiene una sección con tensiones y compresiones (fig.12), y se le aplica una fuerza P , como en la figura 13 se puede producir una compresión C' tal que equilibre la tensión T y además, producir una tensión T' tal que -- disminuya la compresión C , con lo que se obtiene un beneficio; claro, no es tan fácil, hay que hacer una serie de estudios, detectar cuáles son las tensiones que se estan-presentando en las fibras, cuáles son las compresiones, - porque se puede hacer fallar a la pieza tanto por presfuerzo como por acción de las cargas a las que se tiene que - diseñar, debe ser algo preciso, se le tiene que dar un - presfuerzo tal que en condiciones de vacío la estructura - sea perfectamente estable, segura, sin agrietamientos, con un estado de esfuerzos adecuado para las condiciones del material y que lógicamente ante la acción de cargas, tenga que estar también en equilibrio y con las mismas condiciones.

Cuando el concreto logra su resistencia se realiza el postensado, o sea, se tensan los cables previamente colocados y se aseguran con los botones extremos para que al soltarlos estiren y el botón les ayude a transmitir la compresión a las secciones de la estructura; una ventaja del postensado es que se puede hacer en planta o en la obra.

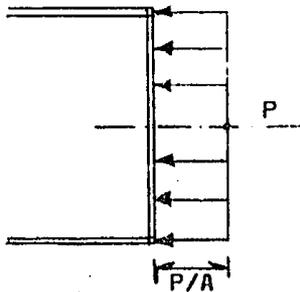


FIGURA II.10

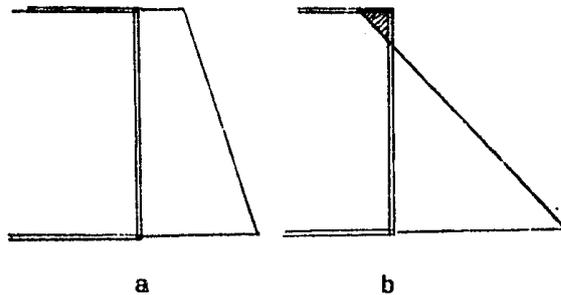


FIGURA II.11

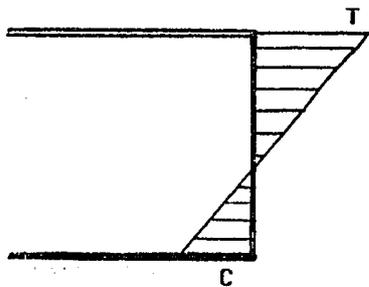


FIGURA II.12

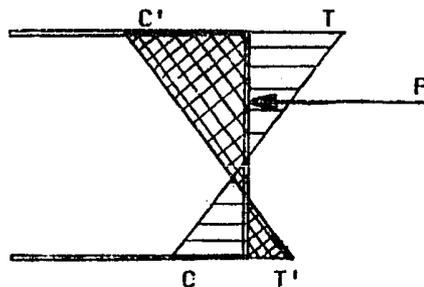


FIGURA II.13

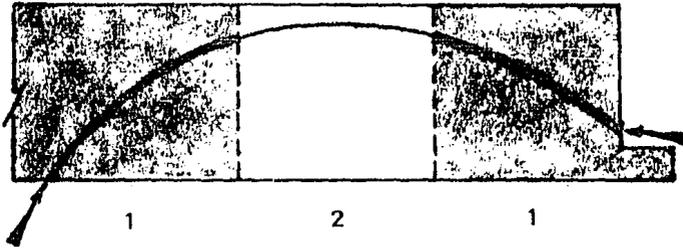
El pretensado se realiza de la siguiente manera:

Primero se tensan los cables, después se cuela en concreto y al adquirir éste cierta resistencia se sueltan los anclajes del presfuerzo y la fuerza se transmite por adherencia a través de todas las secciones de la estructura, mientras que en el caso del postensado generalmente los ductos producen una separación entre el concreto y el mismo cable, no existe una adherencia como tal, sino que está produciendo la compresión por el efecto que se da en los extremos, en tanto que el pretensado se produce en cada una de las secciones, he ahí que en algunos casos sea necesario engrasar o meter en ductos de plástico el cable para dar la fuerza donde se quiere dar, esto se debe a que hay ocasiones en que cuando se va a presforzar una trabe, en los extremos casi no se tiene momento y no es necesario darle fuerza, y lo que se hace es engrasar el cable para dejar que -- fluya y de esa manera se transmite la fuerza a los lugares que es más importante, (fig.14). esto se puede hacer variar en función del tipo de viga que se vaya a resolver.

El pretensado y el postensado son dos alternativas aplicables una en unos casos y la otra en otros casos, ambas -- con ventajas y desventajas.

Los sistemas de presfuerzo tienen un sistema de fijación a la estructura que depende de una botella o de un anclaje, que es una placa con un hueco por el que pasan los cables en la parte exterior y en la interior es una especie de botella o embudo que permite que se fijen en el concreto (Fig.15); lo que se llama botón o anclaje es una pieza que amarra a los cables de presfuerzo y que produce un efecto de compresión en el hueco que se trasmite a la placa y ésta a su vez lo trasmite al concreto.

Para el anclaje de los cables de presfuerzo se utilizaron en el puente los sistemas BBRV principalmente y el FREYSSINET. La diferencia entre ambos sistemas es el tipo de anclaje y que en el primero se utiliza cable de 7 mm. y en el segundo de $\frac{1}{2}$ " ; el sistema BBRV es alemán de hace mucho tiempo y el sistema FREYSSINET, es francés, de los padres del presfuerzo. Cada sistema lógicamente ha ido sofisticando su anclaje, mejorándolo; se pueden utilizar en anclajes de cualquier tipo, tienen elementos que trabajan básicamente a tensión, por lo que en donde se requiera un sistema de tensión y sea aplicable a base de cabezas, que son las que sirven de anclaje, tienen gran utilización estos sistemas.



Zona 1: Cable engrasado o entubado

Zona 2: Zona de transmisión de la fuerza

FIGURA II.14

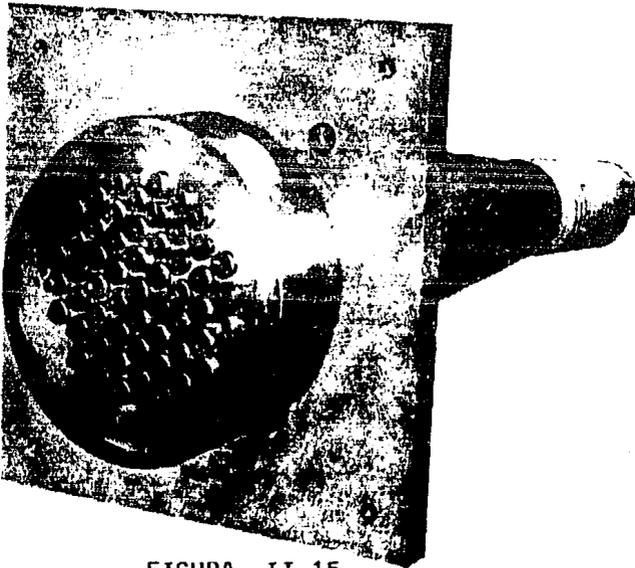


FIGURA II.15

2.6 FLECHAS Y CONTRAFLECHAS EN LAS TRABES.

Cada trabe es de diferente longitud y forma, en consecuencia de peso diferente. La contraflecha está ligada al comportamiento propio del material, no es posible que una estructura permanezca inerte cuando se le aplican una serie de cargas, inmediatamente responde deformándose; la deformación ocurre a mayor o menor grado dependiendo del módulo de elasticidad del material, su inercia, con la relación del claro a la cuarta y con el valor de la carga que se afecte.

La flecha de una viga simplemente apoyada se define como:

$$f_y = \frac{5}{384} \frac{w l^4}{EI}$$

W = peso de la trabe

l = claro

E = módulo de elasticidad

I = momento de inercia

Lo anterior indica que la flecha es directamente pro

porcional a la cuarta potencia del claro e inversamente - proporcional al módulo de elasticidad y a la inercia. Los materiales de los agregados en México producen ciertos módulos de elasticidad, el módulo máximo que se puede considerar es $8,000\sqrt{f'c}$, no hay módulos mayores. La inercia se puede determinar de acuerdo al peralte, a la sección, si es tá ligada o no con las losas, etc.; El claro también es fac tible de determinarse. Por todo lo anterior es lógico esperar que las trabes ante el efecto de cargas se empiecen a flechar, cla ro está que la forma de responder de las estructuras de ac ero, de madera, de concreto reforzado o presforzado, etc. será diferente, por lo que cada trabe se toma como un ele mento independiente, se valúa su flecha y en consecuencia, su contraflecha, a la cuál el máximo valor que se le da es el de la flecha misma para que cuando se deforme la estruc tura, quede con el pérfil de diseño especificado.

Una estructura puede tener dos tipos de flechas, las inmediatas y las diferidas. Una flecha inmediata es la que se produce al momento en que se descimbra la estructura y se le aplica su carga, La flecha diferida se produce en un tiempo infinito y se considera que será al 100% de la flecha inmediata (fig. II.16).

El puente Cuitláhuac tiene tramos con claros diferentes y cada uno se diseñó con la contraflecha necesaria para contrarrestar la flecha que se produce al soportar sus cargas, al ir perdiendo el módulo de elasticidad, al irse degradando el material poco a poco, hasta que dentro de algunos años tienden a estabilizarse.

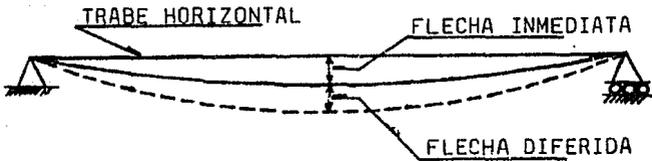


FIGURA II.16

CAPITULO III

PLANEACION Y SOLUCION PARA LA CONSTRUCCION DEL DISTRIBUIDOR POTRERO.

3.1 PLANEACION.

Para la programación de la obra se tomaron en --
cuenta dos aspectos fundamentales:

- 1.- El procedimiento constructivo que marca el -
proyecto.
- 2.- La restricción del tránsito.

Como este tipo de puente es con losas o estructuras -
tipo Gerber (son portantes y portables), se debe tener una
cierta secuencia para cumplir con el proyecto, que es lo -
mas importante. Debido a la existencia de dos pasos depri-
midos sobre Avenida Insurgentes hubo necesidad de utilizar
unas trabes de acero transversales al sentido de la vialidad,
apoyadas sobre la parte superior de los muros laterales de
la misma, para desplantar la cimbra de la superestructura,
situación de la que dependió la planeación de la obra, ya

que la interferencia se iba a tener en tres tramos y la estructura de acero se tenía que cambiar de uno a otro tramo para no interrumpir en ningún momento el tránsito sobre Avenida Insurgentes. Ya resuelto este problema serviría como base para empezar a atacar hacia todos los extremos del puente.

Después de que se planeó la ejecución de la obra, se definieron los elementos con los que se debía contar para tal efecto: la gente, los técnicos, los materiales, recursos, etc. Para llevar un control de todo lo anterior se realizó un proforma, donde además se estipuló el costo de la obra y lo que se cobraría por ella.

3.2 ORGANIGRAMA

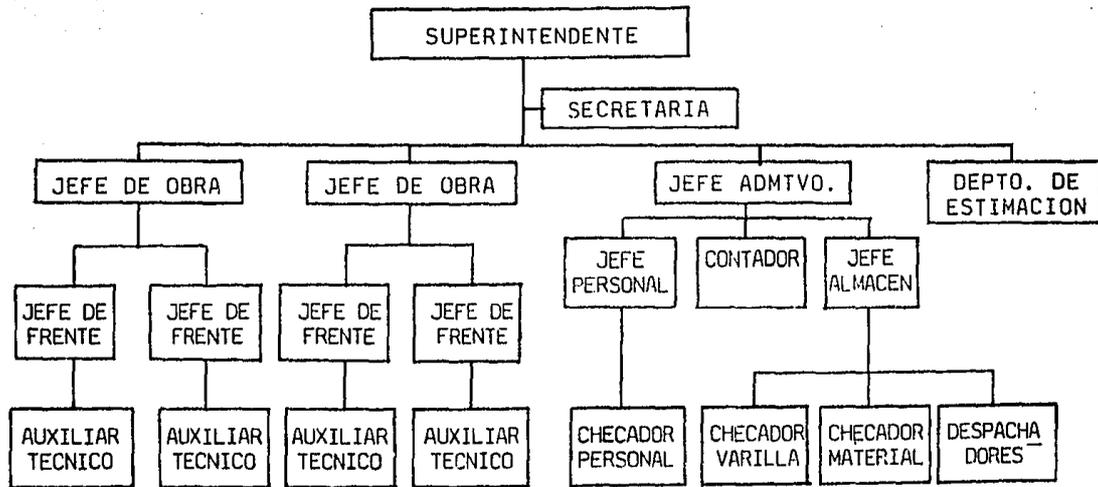
El cliente marca el programa, pidiendo la obra para una fecha determinada, al conocer esto la contratista determina los técnicos y la gente de campo que va a emplear.

En el Distribuidor Potrero se hizo un organigrama con dos jefes de obra con un turno de noche y uno de día, dos jefes de frente y un auxiliar por cada jefe de frente. También se planeó un departamento de estimaciones para reali-

zar las estimaciones de obra y los precios unitarios. Por otro lado, para la administración de la obra se contó con un jefe administrativo, un contador, un jefe de personal, un jefe de almacén, cinco checadores (de gente, de varilla, de materiales) y dos despachadores de almacén, debido - - a que existían dos almacenes de varilla.

Para una obra de esta importancia y magnitud se necesitó también una caseta de tamaño tal que toda la gente pu diese realizar su trabajo en forma ordenada, cómodamente y bien distribuida.

El programa de obra se debe cumplir respetando el proyecto y procedimiento constructivo que marque el proyectista, esto se debe tener todo el tiempo presente.



ORGANIGRAMA

3.3 MANO DE OBRA

Después de que ya se tiene el plan de obra y el organigrama, se estudia qué gente de campo se va a emplear. En el caso del Distribuidor Potrero se tuvieron tres sobrestantes: de carpintería, fierrero y albañilería; para la seguridad y vigilancia de los recursos de la obra y de la gente se utilizó una brigada compuesta por dos cabos y treinta vigilantes.

Dependiendo del tipo y cantidad de trabajo se le definió al sobrestante correspondiente la gente necesaria, de tal manera que se pudiera cumplir el programa y no tener sobre costo por gente ociosa, que suele suceder en las obras, por lo que este aspecto se debe vigilar constantemente.

3.4 MATERIALES

Cuando se inicia una obra se debe cuantificar el proyecto, para definir los materiales necesarios a utilizar y pedirlos por medio de requisiciones al departamento de compras, con una programación de entrega a la obra, sobre todo si los materiales forman gran parte de la construcción, como el acero de refuerzo y la madera. En el Distribuidor

Potrero no hubo desperdicio de acero de refuerzo, ya que todos cumplieron con su trabajo y no se tuvieron problemas.

Generalmente en la construcción de obras civiles grandes que implican el manejo y colocación de grandes volúmenes de concreto, se requiere consiguientemente del uso adecuado de la cimbra. En los casos donde por diversas circunstancias se construye bajo condiciones no del todo favorables, como fue el Puente Cuitláhuac, se hizo necesaria la utilización de cimbras especiales, montaje de gran cantidad de obra falsa y la utilización de estructuras provisionales de acero.

La elección del tipo de cimbra estuvo en función de varios factores como el material, la cantidad requerida y la economía, eligiendo el uso de cimbra de madera basándose principalmente en el factor económico, ya que aunque la obra falsa fue subcontratada en renta, la madera para formar los juegos de la cimbra fue comprada. En este sentido no era conveniente comprar cimbra metálica, pues la proporción de la obra era enorme y considerando que de acuerdo al programa de la obra tan solo se darían tres usos a cada juego, no se podía rentar ni mucho menos comprar tal cantidad de cimbra si no se tenía la certeza de su pronta reuti

lización una vez terminado el puente, ya que era prácticamente imposible amortizarla. En cambio, con el cálculo -- del número de usos de la cimbra y la superficie por cimbrar, se compró únicamente la cimbra necesaria y suficiente, evi tando gastos y desperdicios por este concepto.

El concreto premezclado y bombeado fue suministrado - por plantas premezcladoras. La mayor parte del concreto - se bombeó y dada la premura del programa fue de resisten-- cia alta y rápida, $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$. Los colados se pla-- neaban desde antes con el fabricante, debido a que eran de 600 m^3 en adelante, por lo que no hubo problemas de cali-- dad. Tanto el fabricante como el DDF y la constructora ha-- cían sus pruebas de laboratorio para tener todo bien con-- trolado y cualquier anomalía que pudiese existir inmediata mente se detectaba y se corregía.

CAPITULO IV

CONSTRUCCION DE CIMENTACION Y SUBESTRUCTURA

4.1 INTRODUCCION

La cimentación y subestructura son elementos que sirven esencialmente para transmitir las cargas muertas y vivas de cualquier estructura al subsuelo, sin que existan grandes deformaciones que pongan en peligro la estabilidad de la misma.

En el caso específico del Puente Cuicláhuac, "Distribuidor Potrero", la secuencia de construcción fue:

- a) Colocación de la cimentación profunda (pilotes)
- b) Construcción de Zapatas y Dados.
- c) Construcción de Columnas y Cabezales.

Se explicará con mayor detalle el proceso constructivo de los pilotes, debido a que, existen varias técnicas muy especializadas, desde la construcción de los mismos -- hasta su hincado.

Las zapatas y los dados son elementos de unión entre

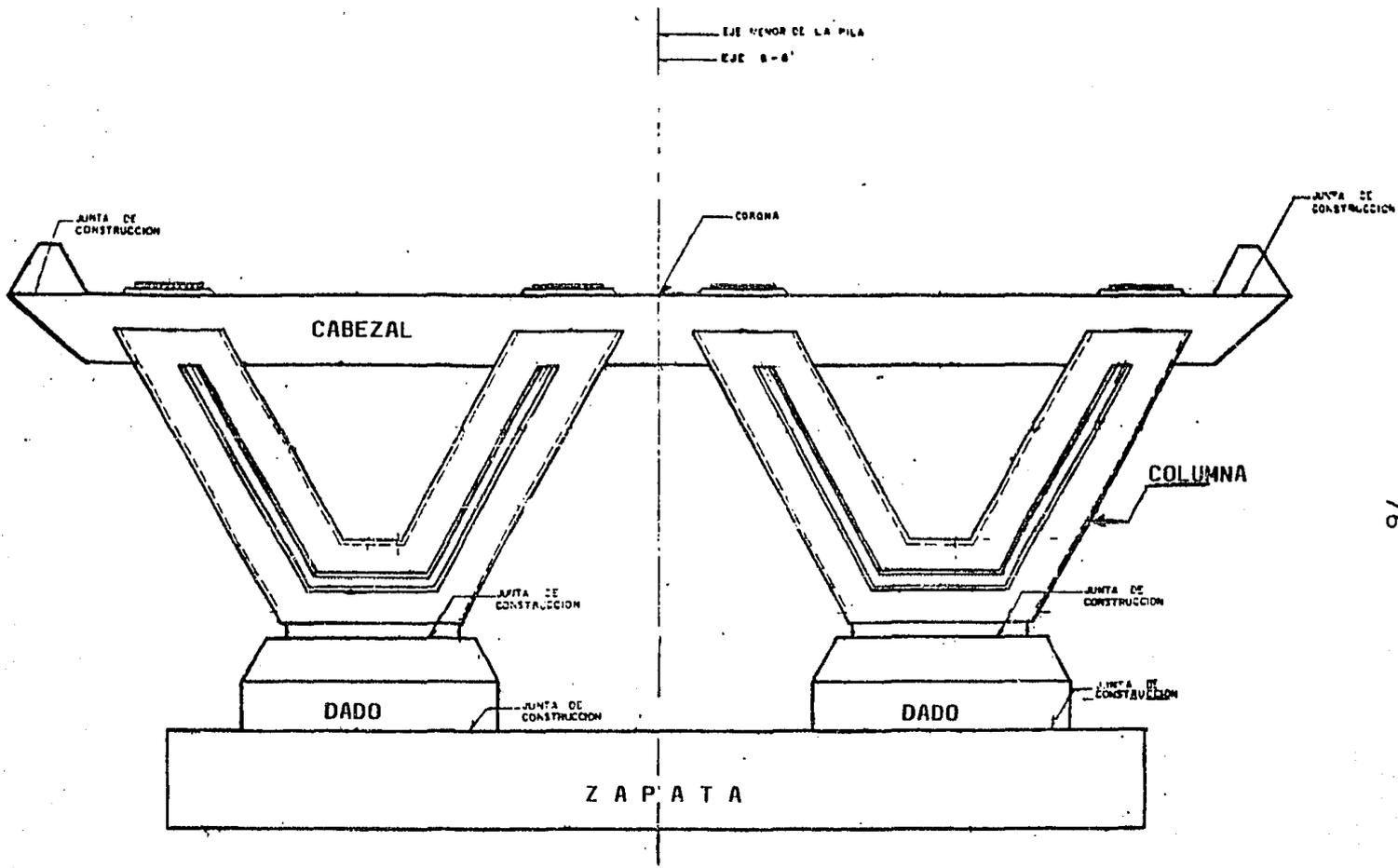
las columnas de soporte y la cimentación profunda.(fig.IV.1).

Las columnas tienen forma de "V" y soportan a los cabezales, que son elementos presforzados y sirven de apoyo a la superestructura del puente.

En 1981, se inició la construcción del puente llegando hasta el colado de algunas columnas, y cabezales, antes de interrumpir la obra por falta de presupuesto; cuando se reinició en 1984 se utilizaron algunos juegos de cimbra para construir las columnas y cabezales faltantes, así como para las buñas, las cuales se habían colado con concreto - pobre anteriormente para evitar su intemperización, por lo que se tuvieron que demoler y volver a construir con el concreto de proyecto. No se cimbró todo al mismo tiempo, sino que se cuidó que la cimbra se utilizara mínimo dos o tres veces dado el programa tan apretado que se tenía, ya que normalmente se puede utilizar de cinco a seis veces.

4.2 INTERFERENCIAS Y DESVIACIONES

4.2.1 Se enumeran a continuación las obras encontradas que interferían con la construcción del Distribuidor Potrero y los tramos en que interfirieron:



OBRA	INTERFERENCIA CON
1.- Tubería de agua potable de 91 cm. de diámetro.	La cimentación de las columnas de apoyo 5,6,7,8 y 9 en la rampa principal.
2.- Líneas municipales de drenaje, línea subterránea de TELMEX, colector II de 2.44 m. de diámetro que da servicio a la ciudad.	Columnas de apoyos 2 y 4.
3.- Tubería de PEMEX a 1.50 m. de profundidad y 14" de diámetro, línea subterránea de Alta tensión de la CFE, colector de concreto de 2.44 m. de diámetro.	Estribo Nº 1 y apoyos de las columnas 2 y 3.
4.- Colector de 1.80 m. de diámetro.	Apoyo de columna 3.
5.- Línea aérea de Alta tensión.	Columna 2.
6.- Línea de trolebús.	Tramos 3-4 y 4-5 del eje - G; 3-11 y 12-16-17 del eje E-E'.

- 7.- Línea 5 del Sistema de Transporte Colectivo Metro. - Tramos 3-4 y 4-5 eje G-G' y el 11-12 del eje E-E'.
- 8.- Tubería de Agua Potable, líneas subterráneas de Alta tensión. - Estribos 13 y 20 correspondientes a los ejes A y C - respectivamente.
- 9.- Línea de agua potable de 6" de diámetro. - Muros de contención del estribo 10.
- 10.- Tubería de agua potable de 91 cm. de diámetro. - Terraplén del estribo 10.

4.2.2 INTERFERENCIAS CON VIALIDADES

VIALIDAD	INTERFERENCIA CON LA CONSTRUCCION DE
1.- Avenida de los 100 metros lado poniente.	Tramos 3-4 y 3-11.
2.- Avenida de los 100 metros lado oriente.	Tramos 4-5, 11-12 y 12-16-17
3.- Avenida de los Insurgentes (poniente).	Tramos 4-5 y 12-16-17.
4.- Avenida de los Insurgentes (oriente).	Tramos 5-6 y 17-18.

- 5.- Lateral oriente de Insur- Tramo 6-7
gentes.
- 6.- Línea 5 del Sistema de -- Tamos 3-4, 4-5 y 11-12.
Transporte Colectivo Metra

4.3 PILOTES

Se utilizaron pilotes de fricción (Fig. IV.2), de concreto reforzado, prefabricados, de sección transversal cuadrada de 50 por 50 cm. en las pilas y de 40 por 40 cm. en los estribos, como su longitud total era de 23.50 m. aproximadamente, se fabricaron en dos secciones, la inferior o punta del pilote, con una longitud de 12.00 m. y la sección superior, cuya longitud se hizo variable, dependiendo de - las especificaciones dadas en los planos para cada caso. - (Fig. IV.3).

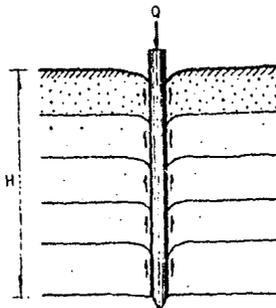
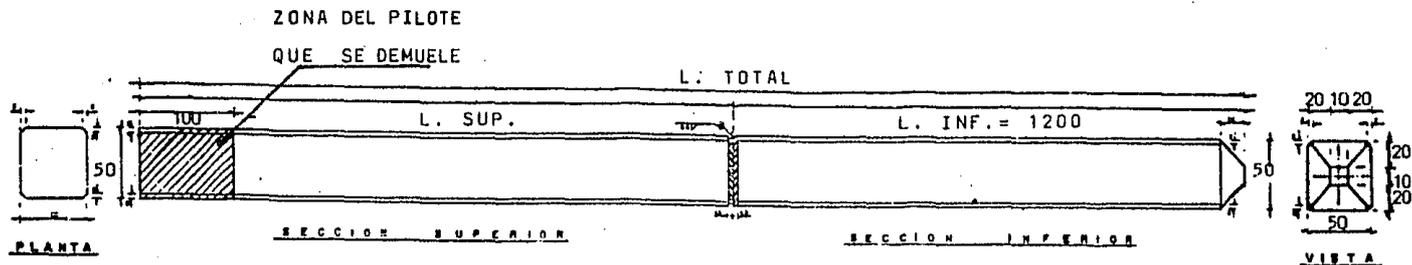


FIG. IV.2 PILOTE DE FRICCIÓN



ELEVACION PILOTES

08

TABLA DE PILOTES												
	No. DE PILOTES	LONGITUD			DIMENS. TRANSV.	REFUERZO					ELEVACION DESPLANTE (m.)	
		L. SUP.	L. INF.	L. TOTAL		AS 1	AS 2	AS 3	EST. E-1	EST. E-2		
RAMPA O.C.	PILA 2	24	1150	1200	2350	50x50	4#10	4#10	4#6	# 4	# 2.5	2207.632
	PILA 3	30	1115	1200	2315	50x50	4#10	4#10	4#6	# 4	# 2.5	2207.666
	PILA 4	24	1090	1200	2290	50x50	4#10	4#10	4#6	# 4	# 2.5	2208.123
	PILA 5	28	1150	1200	2350	50x50	4#10	4#10	4#6	# 4	# 2.5	2207.208
	PILA 6	22	1190	1200	2390	50x50	4#10	4#10	4#6	# 4	# 2.5	2206.797
	PILA 7	20	1190	1200	2390	50x50	4#10	4#10	4#6	# 4	# 2.5	2207.384
	PILA 8	16	1190	1200	2390	50x50	4#10	4#10	4#6	# 4	# 2.5	2207.366
	PILA 9	16	1190	1200	2390	50x50	4#10	4#10	4#6	# 4	# 2.5	2207.092

Según su procedimiento constructivo, se utilizó la -- técnica de pilotes con poco desplazamiento, dado que se -- hincaron en una perforación previa de menor área que la -- del pilote mismo, perforación que servía de guía al pilote y evitaba movimientos excesivos en la masa de suelo adya-- cente (Fig. IV.4).

Se utilizó esta técnica porque ha tenido buenos resul-- tados en suelos arcillosos blandos, sensitivos y con alto contenido de agua, como los encontrados en la zona de cons-- trucción del Distribuidor Potrero.

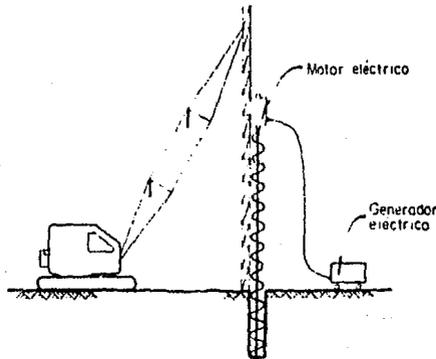


FIG. IV.4 PERFORACION PREVIA AL HINCADO

La perforación se hizo remoldeando el material del subsuelo enérgicamente mediante rotación dentro de la misma sin extraerlo, utilizando una broca espiral, estabilizándolo con lodo formado por el mismo suelo arcilloso mezclado con agua, además, como el número de pilotes por hincar era alto, la suma de sus desplazamientos podía provocar el levantamiento del terreno, con el consiguiente arrastre de los pilotes previamente hincados.

4.3.1 EQUIPO

a) PERFORADORA: Máquina utilizada para hacer los barrenos en el subsuelo, por medio de una barra en cuyo extremo inferior se coloca una broca espiral (herramienta de avance); (Fig. IV.5).

Las perforadoras utilizadas en el Distribuidor - Potrero fueron una WATSON modelo 5000 y otra SOILMEC modelo RTA/S, ambas montadas sobre camión.

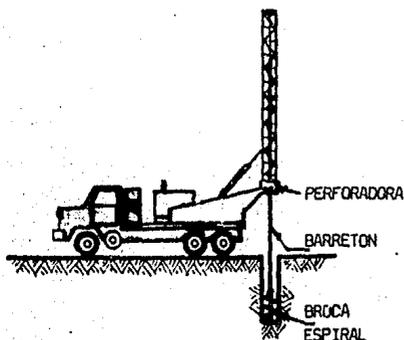


FIG. IV.5 PERFORADORA MONTADA SOBRE CAMION

b) GRUAS: Máquinas utilizadas para el levanta--
 miento y manejo de los pilotes, cuentan para ello con un -
 sistema de malacates que accionan a uno o varios cables --
 montados sobre una pluma y un sistema de patescas, cuyos -
 extremos terminan en gancho.

Para facilitar su función, la unidad motriz y los
 mecanismos de la máquina le permiten girar alrededor de un
 eje vertical y a la pluma moverse sobre un plano vertical
 (Fig. IV.6).

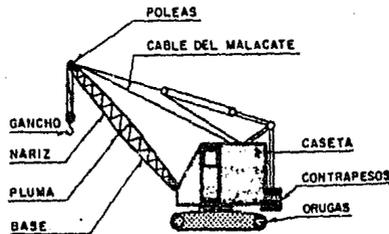


Fig. IV.6 GRUA MOVIL MONTADA SOBRE ORUGAS

Para el hincado se utilizó una grúa Link Belt modelo
 LS 108-B con capacidad para 45 toneladas y un peso de 38.4
 toneladas montada sobre orugas, con plumas rígidas de 60 -
 pies de largo; para las maniobras de auxilio al hincado se

empleó una grúa de menor capacidad, otra Link Belt modelo LS 98, de 27 toneladas de capacidad y un peso de 27.7 toneladas.

c) MARTILLO: Equipo que genera impactos en serie para el hincado de pilotes. En el Distribuidor Potrero se utilizó un martillo diesel Delmag D22-13, cuyo ciclo de operación se inicia con la caída libre de un pistón guiado dentro de un cilindro que al comprimir el aire en el interior de la cámara de combustión produce el encendido y explosión súbita del diesel previamente inyectado. La explosión y el impacto de la masa que golpea provocan la penetración del pilote en el terreno y la expansión de los gases quemados impulsa al pistón hacia arriba y así sucesivamente (Fig. IV.7).

4.3.2 FABRICACION DE LOS PILOTES

1) Preparación de camas de colado.- Para el apoyo y fijación de los moldes para la fabricación de pilotes se construyeron plataformas de concreto de 10 cm. de espesor coladas sobre una base de tepetate compactado.

2) Moldes.- Para darle la sección cuadrada a los pilotes, se usaron unos moldes que recibían el concreto, - formados a base de tableros modulares de madera. El ciclo

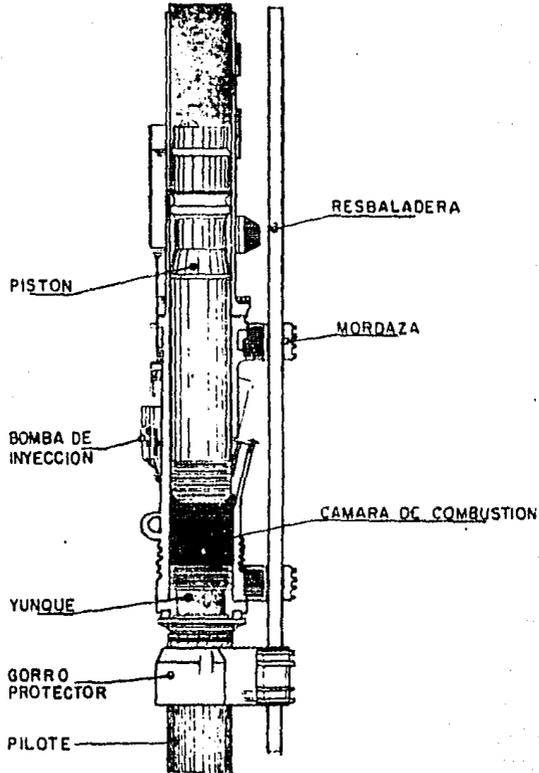


FIG. IV.7 MARTILLO DIESEL

de fabricación se realizó de tal manera que fuera posible usar los mismos pilotes ya colados en una primera fase como cimbra de los siguientes. De igual forma, se usaron los lechos de pilotes ya construídos como camas de colado de los siguientes (Fig. IV.8). Antes de proceder al colado se colocaba un recubrimiento en la superficie de contacto de la cimbra para facilitar su despegue, el cual fue a base de diesel en el caso de la cimbra de madera y de polietileno en el de concreto.

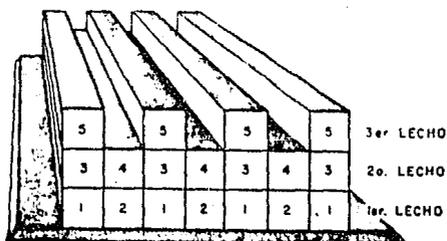


Fig. IV.8 SECUENCIA DE COLADO DE PILOTES DE SECCION CUADRADA.

3) Acero de refuerzo.- Se colocó conforme el -- proyecto, al llegar a la obra se entongaba y se protegía -- contra la oxidación antes del colado del concreto, ya que de otra manera se podría limitar su adherencia con el concreto. Su límite de fluencia $f_y = 4,000 \text{ kg/cm}^2$

4) Concreto.- Se utilizó cemento portland tipo I (normal), con una resistencia $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ y un tamaño máximo de agregado grueso de $3/4"$.

5) Juntas de unión.- Se utilizó la técnica de soldadura a filete durante el hincado, de dos placas previamente fijadas a ambos tramos del pilote en su proceso de fabricación (Fig. IV.9).



Fig. IV.9 JUNTA SOLDADA

6) Manejo y almacenamiento temporal.- Para el despegue, transporte y almacenaje de los pilotes, se prepararon dos puntos a lo largo de cada sección, estructuralmente apropiados para esas maniobras, de manera de reducir al mínimo el peligro de fracturas. Los puntos de izaje estaban constituidos por "orejas" de varilla, fijados previamente al acero de refuerzo quedando ahogadas en el concreto (Fig. IV.10).

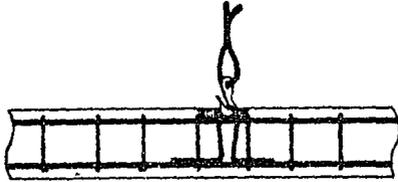
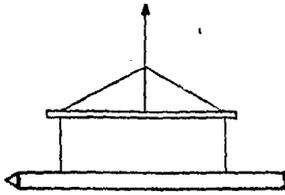


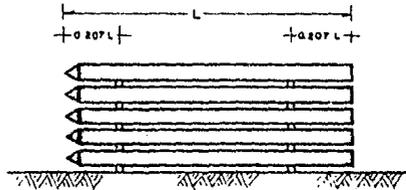
Fig. IV.10 PUNTO DE IZAJE

La ubicación de los puntos de izaje y el manejo y estibamiento de los pilotes se muestra en la figura IV.11.

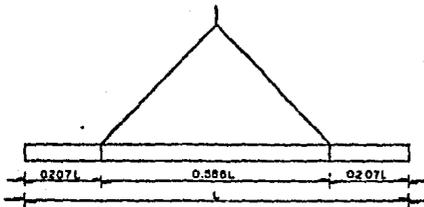
La resistencia del concreto en el momento en que los pilotes se despegaban de la cama de colado debía ser cuando menos del 70% de la especificada.



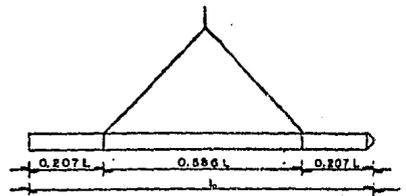
MANEJO DE PILOTES CON BALANCI



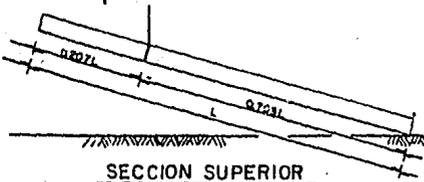
ESTIBAMIENTO



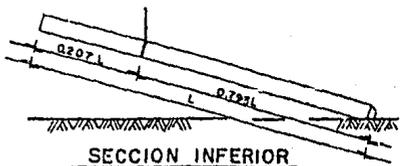
SECCION SUPERIOR



SECCION INFERIOR



SECCION SUPERIOR



SECCION INFERIOR

TRANSPORTE E IZAJE DE LOS PILOTES

FIGURA IV.11

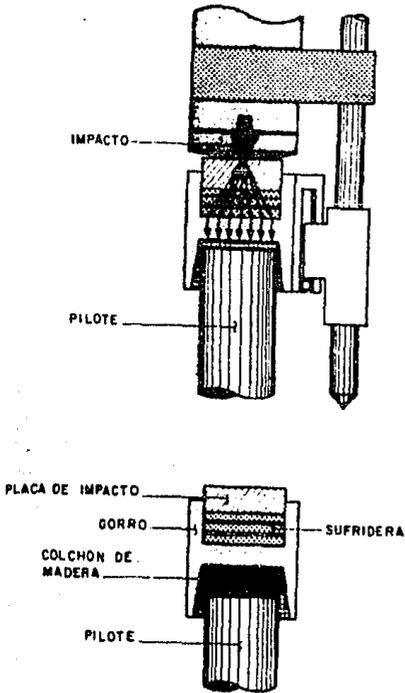
4.3.3 SECUENCIA DE HINCADO

Después del despegue y transporte de los pilotes de las camas de colado al lugar de hincado, el proyectista - dió las recomendaciones siguientes para el hincado.

- Colocar marcas con una separación de 1.0 m. a todo lo largo del pilote con el fin de determinar con facilidad el número de golpes necesarios para cada metro de hincado.
- Izar el pilote manejándolo con un estrobo apoyado en el punto correcto para evitarle fracturas (Fig. IV.11).
- Colocarlo en la perforación previa de acuerdo a los planos constructivos.
- Orientar las caras del pilote.
- Acoplar el gorro del martillo piloteador a la cabeza del pilote (Fig. IV.12).
- Colocar en posición perfectamente vertical, tanto el pilote como la resbaladera del martillo, corrigiendo

la posición de la grúa hasta lograrlo (Fig. IV.13).

Iniciar el hincado propiamente del pilote, accionando el disparador del martillo, hasta llegar a la profundidad de desplante o rebote indicado por las especificaciones.



FI. IV.12 GORRO DE PROTECCION

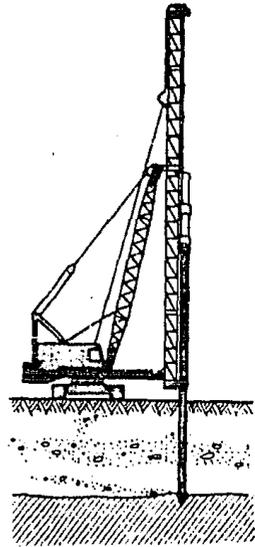


FIG. IV.13 PILOTE HINCADO VERTICAL

El número de pilotes hincados por zapata dependía de las cargas transmitidas por la superestructura en cada uno de sus tramos, respetando el orden especificado de hincar primero los pilotes centrales y posteriormente los de la periferia, empezando en cualquier esquina y continuando con el mismo sentido de giro para no interferir con los trabajos que seguían al hincado.

Todo el proceso constructivo de los pilotes se observa en la (fig. IV.14).

PROCESO CONSTRUCTIVO

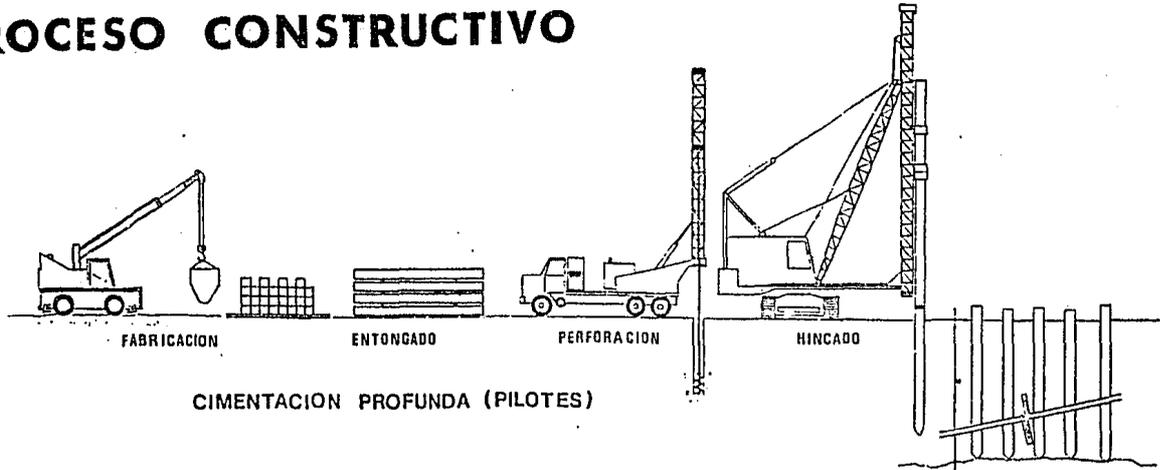


FIGURA IV.14

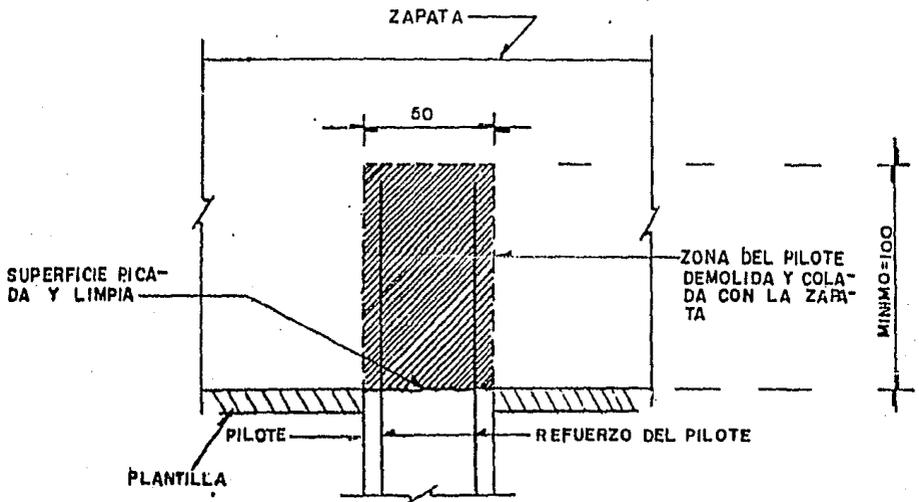
4.4 ZAPATAS Y DADOS.

Una vez hincados los pilotes correspondientes a cada zapata y habiendo renivelado y compactado el terreno, se inició la excavación a cielo abierto para desplantar - las zapatas, limitándola con taludes de 0.25:1 (horizontal a vertical) y con un ancho máximo en el fondo igual al de proyecto mas 80cm. (40 cm. a cada lado).

La excavación se hizo en una sola etapa hasta el nivel de desplante de la zapata y se demolió la cabeza de -- los pilotes, dejando una longitud de 30 cm. mínimo antes - de llegar a la profundidad de desplante; por especificación no deben transcurrir más de 12 hrs. entre el momento en que se alcanza la máxima profundidad de excavación y el colado de una plantilla de concreto simple de 10 cm. de espesor - y resistencia mínima de $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$. El colado de la - plantilla se hizo antes de demoler la cabeza de los pilotes (fig. IV.15)

En los casos en que se presentó filtración hacia la - excavación, se controló mediante la construcción de uno -- y/o dos cárcamos de bombeo (dependiendo del volumen de fil-

tración presentado en cada excavación), de 30 cm. de profundidad, conectados mediante zanjas rellenas de grava limpia y desde los cuales se bombeó el agua con bombas autocebantes.



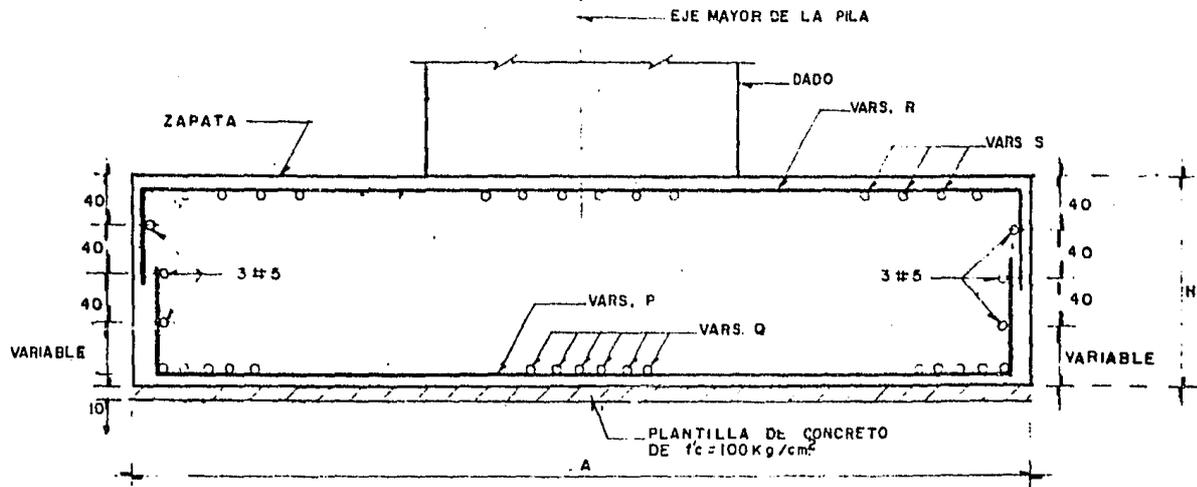
UNION TIPICA ENTRE PILOTES Y ZAPATAS

FIG. IV.15

una vez que se hubieron dejado libres las varillas de refuerzo de los pilotes se les hizo un dobléz y se procedió a colocar el acero de refuerzo de la zapata, ligándolo con el de los pilotes. Hecha esta continuidad se dejaron las preparaciones necesarias para el anclaje del acero de refuerzo del dado y las columnas, para efectuar después el cimbrado y colado de la zapata (fig.IV.16).

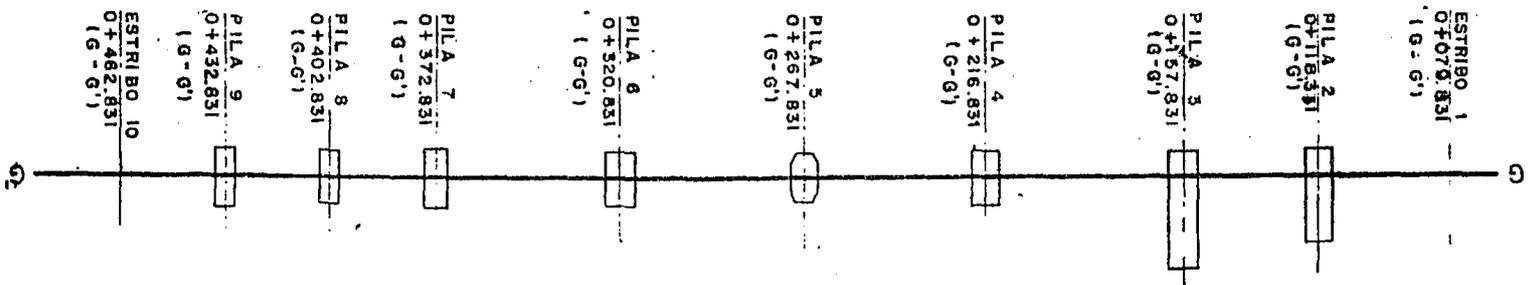
Cada zapata es aislada y sus dimensiones dependen del cálculo de los pilotes en las pilas y las cargas que deban sostener; en los ejes C-C' y D-D' se tienen zapatas para una vialidad angosta y en el G-G' se tienen otras que sopor tan cargas más considerables (fig. IV.17).

Ya que la zapata llegaba a las especificaciones de resistencia indicadas en los planos se descimbraba, rellenando las excavaciones y compactándolas, además en ese momento ya también era posible colocar el acero de refuerzo faltante en los dados, cimbrarlos y colarlos, dejando ahogada la base del refuerzo para las columnas; las especificaciones de resistencia del concreto y las varillas son iguales que en zapatas y columnas.



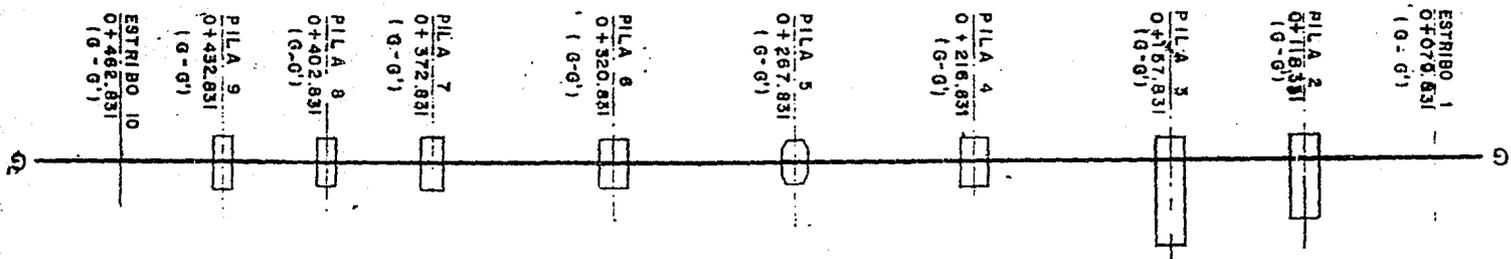
Z A P A T A

FIG. IV.16



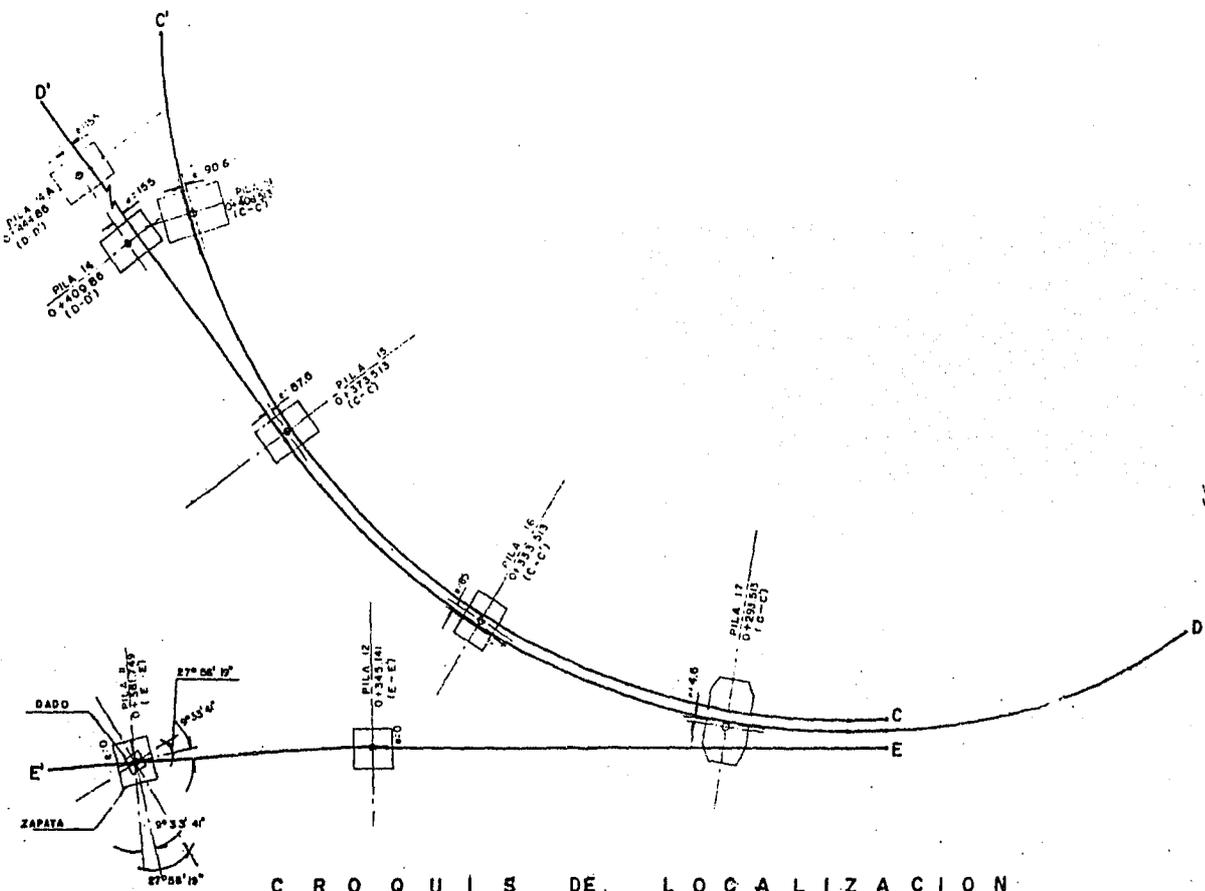
C R O Q U I S D E L O C A L I Z A C I O N

FIGURA IV.17 A



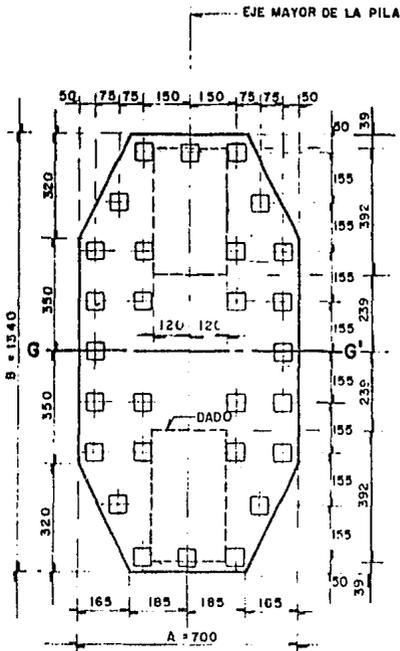
C R O Q U I S D E L O C A L I Z A C I O N

FIGURA IV.17 A



C R O Q U I S D E L O C A L I Z A C I O N

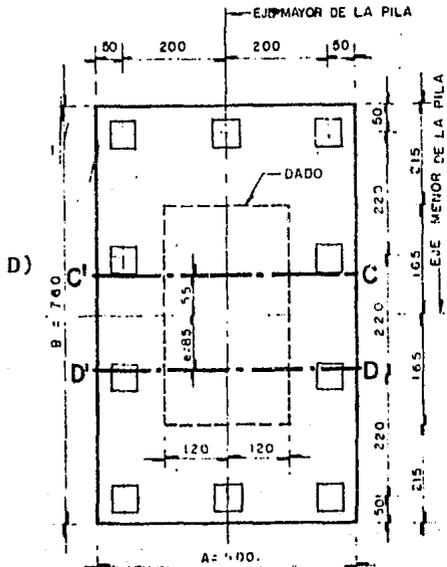
FIG. IV.17 B



PILA 5

C)

FIG. IV. 17



PILA 16
(10 PILOTES)

Los dados son elementos muy importantes en la subestructura por la posición en que se encuentran, motivo por el que se diseñan sobre-reforzados, como se puede observar en la (fig. IV-18)

4.5 CONTRATRABES.

Las contratrabes se utilizaron en la cimentación de los estribos del Puente Cuitláhuac, su procedimiento constructivo es similar al de las zapatas, por lo que aquí se dará lo más relevante de ello.

Ya hincados los pilotes, se hizo una excavación para el desplante de la contratrabe, abarcando una línea de pilotes, se coló una plantilla de concreto simple de 10 cm. de espesor y resistencia mínima de $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$, se demolió la cabeza de los pilotes, se colocó el acero de refuerzo, se cimbró y coló el concreto de $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ en el cual se dejó ahogado el refuerzo de las columnas (fig. IV. 19).

En ocasiones se ligan contratrabes por medio de trabes transversales a ellas para proporcionar mayor rigidez.

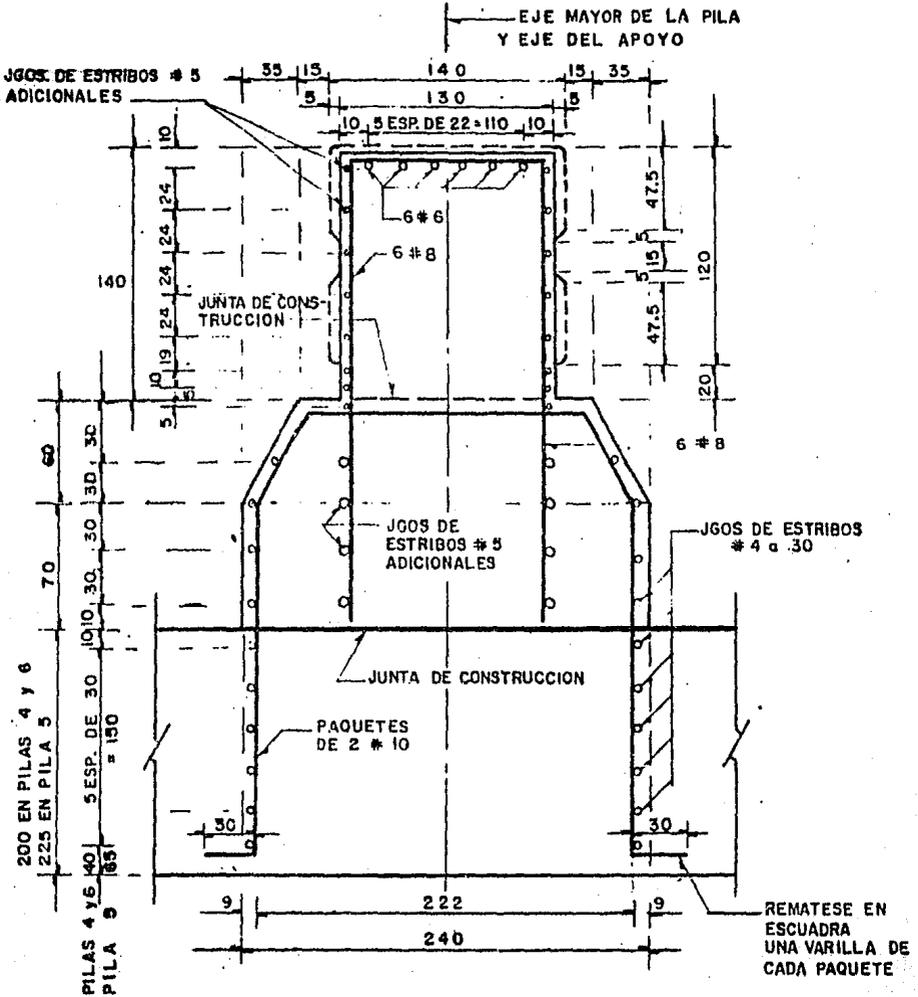
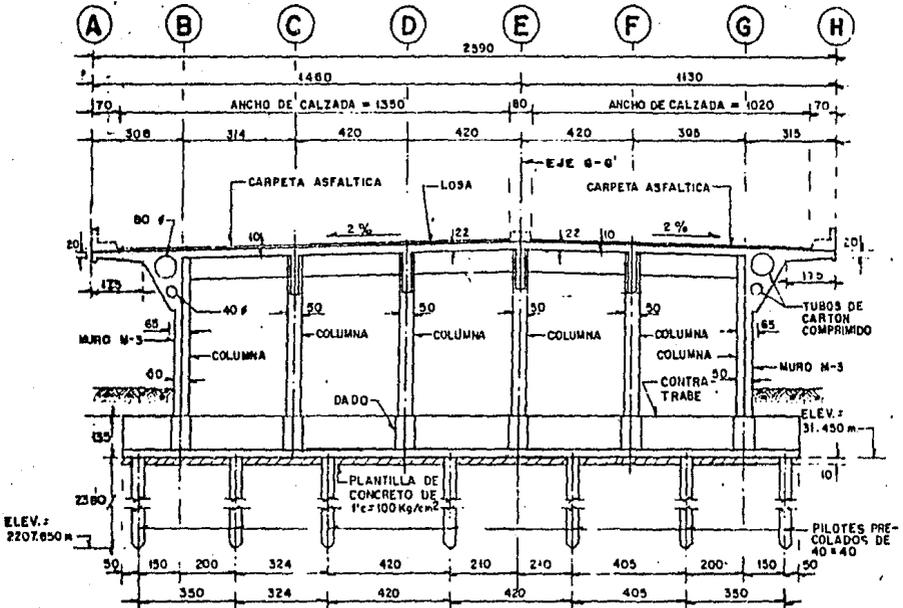


FIGURA IV.18 ACERO DE REFUERZO EN DADOS (CORTE TRANSVERSAL FIG. IV.1)



**PUENTE CUITLAHUAC
RAMPA G-G'
ESTRIBO No. 1
CIMENTACION Y COLUMNAS**

FIGURA IV.19

4.6 COLUMNAS Y CABEZALES.

Colado el dado, se procedió al armado de las columnas. Estas se construyeron en dos etapas (fig. IV.20).

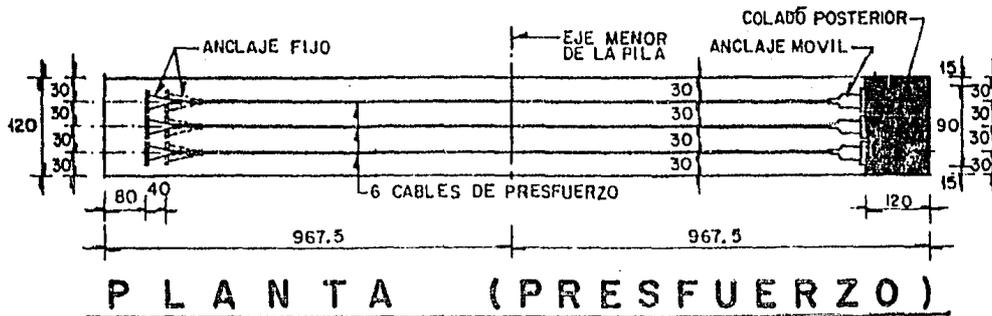
PRIMERA ETAPA. Se armaron los cuerpos de las columnas, se cimbró y se coló el concreto bombeado hasta el nivel -- donde quedaría apoyado el cabezal correspondiente.

SEGUNDA ETAPA. Se colocaba, después de descimbrar la columna, la cimbra de fondo de los cabezales, utilizando obra falsa a base de andamios tubulares y polines de madera, para armar el acero de refuerzo y colocar también los cables de presfuerzo; ya puesto el refuerzo, se colocaba la cimbra de los costados con hojas de triplay.

A los anclajes del presfuerzo se les hizo una preparación en donde se colocó tubo poliducto, que al colar el cabezal quedaría parcialmente expuesto, sirviendo entonces - para llevar a cabo el proceso de inyectado de mortero en - los cables de presfuerzo.

Para el colado, se limpió primero perfectamente el lecho superior de la columna, aplicando después un aditivo - adherente para colar el cabezal junto con la parte faltante de la columna (fig.IV.20).

El mortero que se utilizó para el inyectado de los cables de presfuerzo era una mezcla de cemento, agua y un aditivo estabilizador de volumen que cubría todos los espacios entre los cables del ducto, de tal manera que se pudiera - lograr una interacción entre el concreto del cabezal y el - acero de presfuerzo, tal inyectado se debía hacer sólo después de haber tensado los cables a su capacidad proyectada.



P R E S F U E R Z O	
PILAS 4, 5 y 6	6 CABLES DE PRESFUERZO DE 34 ϕ 7mm. $T_p=151$ Ton/cable
PILAS 7, 8 y 9	6 CABLES DE PRESFUERZO DE 26 ϕ 7mm. $T_p=115$ Ton/cable

FIG. IV.21 CABEZAL

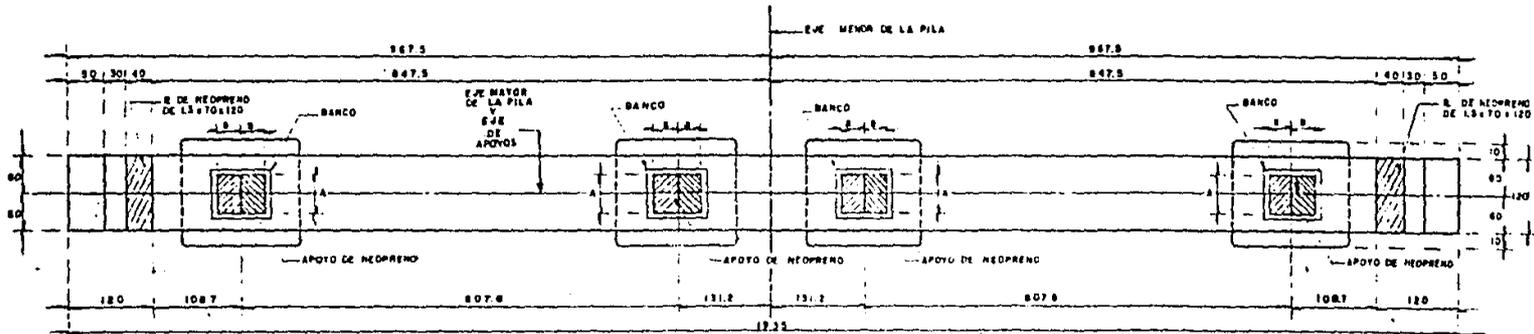
En los cabezales existen dos tipos de anclaje para el acero de presfuerzo, el anclaje fijo y el anclaje móvil. El primero se dejó ahogado en el cabezal y es el que fija los cables de presfuerzo en ese extremo; cuando se alcanzaba la resistencia de proyecto en el concreto del cabezal, se tensaban los cables por el lado del anclaje móvil, al que todavía se tenía acceso por la uña de ese lado, que aún no se colaba (fig. IV.21). El tensado se hacía con ayuda de gatos hidráulicos hasta la tensión especificada en el proyecto, colocando después cuñas de acero de "media caña" entre la placa y el tejo del anclaje, para mantener la deformación de los cables con la tensión especificada.

Ya que se tensó el acero de presfuerzo, se arma la uña del extremo en el cual se encuentra el anclaje móvil, cimbrándola y colándose después, para alcanzar su resistencia máxima a los 14 días (fig. IV.22) finalmente se cimbran y se cuelan las uñas.

Los elementos de apoyo de la superestructura en los cabezales son de neopreno, van colocados sobre unos bancos de concreto empotrados 2 cm. en el cabezal, como se puede observar en la (fig. IV.23).

PROCEDIMIENTO DE TENSADO

- 1.- EL TENSADO DE LOS CABLES SE EFECTUARÁ POR UNO DE LOS EXTREMOS.
- 2.- COEFICIENTE DE FRICCIÓN SUPUESTO
 - a) COEFICIENTE DE FRICCIÓN POR LONGITUD
 $K = 0.006$
 - b) PERDIDA POR FRICCIÓN $T_2 = T_1 e^{-(KL)}$
- 3.- LA CARGA DE TENSION MÁXIMA QUE PROPORCIONARÁN LOS GATOS EN EL TENSADO SERÁ:
 - 164 Ton. EN LOS CABLES DE 37 ALAMBRES DE $\phi = 7\text{ mm}$.
 - 151 Ton. EN LOS CABLES DE 34 ALAMBRES DE $\phi = 7\text{ mm}$.
 - 115 Ton. EN LOS CABLES DE 26 ALAMBRES DE $\phi = 7\text{ mm}$.
- 4.- SE INYECTARÁ LECHADA EN TODOS LOS DUCTOS CON UNA PRESIÓN DE 8 a 10 Kg/cm^2 , DEBE VERIFICARSE QUE LA LECHADA LLENE TOTALMENTE LOS DUCTOS EN TODA SU LONGITUD.
- 5.- CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO:
 - a) LOS GATOS DEBEN ESTAR EQUIPADOS CON MANÓMETROS, LOS CUALES SE CALIBRARÁN DESPUÉS DE CADA ETAPA DE TENSADO Y TENDRÁN UNA CAPACIDAD MÍNIMA DE 164 Ton.
 - b) SE DISPONDRÁ DE LAS GRÁFICAS ESFUERZO-DEFORMACIÓN DE LOS ALAMBRES PROPORCIONADAS POR EL FABRICANTE DE ACUERDO A LAS NORMAS DE LA ASTM A-421
 - c) LAS BOMBAS PARA LA INYECCIÓN DE LA LECHADA TENDRÁN UNA CAPACIDAD MÍNIMA DE PRESIÓN DE 10 Kg/cm^2
- 6.- EL DESLIZAMIENTO AL ANCLAR NO DEBERÁ SER MAYOR DE 2mm.
- 7.- LOS ANCLAJES DEL PRESFUERZO LLEVAN REFUERZO ESPIRAL ALREDEDOR DEL EMBUDO VER CROQUIS EN PLANO DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.



P L A N T A (D I M E N S I O N E S)

FIGURA IV.23 A) CABEZAL

El neopreno (sandwich) es un elemento formado por varias capas intercaladas de neopreno y láminas de acero --- adheridas mediante el proceso de fabricación conocido como vulcanización.

DIMENSIONES DE APOYOS				
PILAS	A	B	H	NUM. DE APOYOS
4, 5 y 6	90	45	4.1	4
7	70	45	4.1	4
8 y 9	70	45	4.1	4

FIG. IV.23 b

El número de placas y láminas depende de si el apoyo es fijo o móvil, o sea de las dimensiones del neopreno en sí, como apoyo, y de la intensidad de peso que vaya a recibir (fig.IV.24).

Las especificaciones de calidad que deben cumplir dichas placas y las láminas separadoras de acero, así como las características mecánicas que debe cumplir el apoyo y las tolerancias geométricas, se pueden ver en las especificaciones generales.

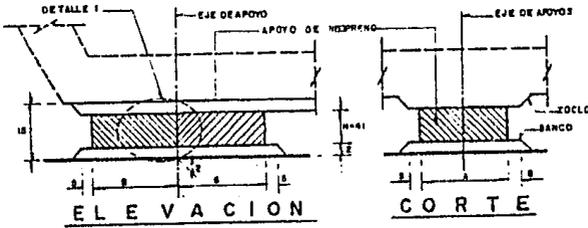
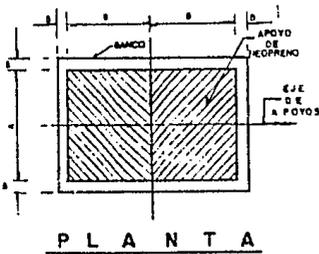
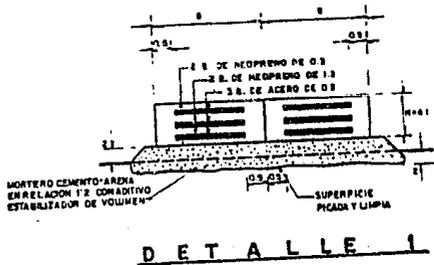


FIGURA IV.24
APOYO MOVIL DE NEOPRENO



MATERIALES.

- 1.- Concreto bombeado de $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$. en columnas y cabezales.

Se utiliza además en el cabezal cemento Portland tipo I (normal) por especificación, ya que de otro tipo de cemento puede tener aditivos que dañen al presfuerzo; en la columna se puede utilizar indistintamente cemento tipo I o III.

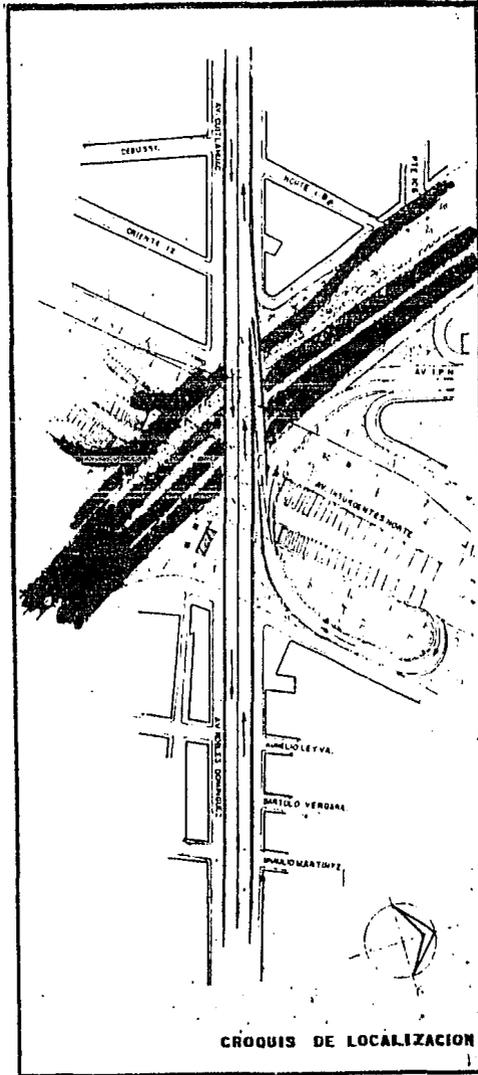
- 2.- Acero de refuerzo $f_y = 4,000 \text{ Kg/cm}^2$.
- 3.- Tamaño máximo del agregado grueso $1 \frac{1}{2}''$
- 4.- Acero de presfuerzo $f_{SR} = 16,500 \text{ Kg/cm}^2$
- 5.- Neopreno de dureza shore 60.

CAPITULO V
CONSTRUCCION DE SUPERESTRUCTURA, OBRA FALSA Y
ESTRUCTURAS PROVISIONALES UTILIZADAS.

5.1 ANTECEDENTES

Este puente se pretendía construir inicialmente al mismo tiempo que la Línea 5 del metro, teniendo únicamente la interferencia de la Av. de los Insurgentes y de la Avenida de los 100 Metros, pero cuando se reinició su construcción en 1984, se tenían que resolver los desvíos de tránsito para el cruce de Insurgentes en sus dos vialidades, para la Avenida de los 100 Metros y librar el metro que ya estaba funcionando. (Fig. V.1).

Para librar los deprimidos de Insurgentes sin interrumpir el tránsito durante la construcción de los tramos que quedan sobre la Avenida citada, después de idear varias alternativas se optó por el empleo de tabletas de acero ortótropicas como soporte de los andamios de obra falsa que servirían de apoyo para la construcción de la superestructura del puente. (Fig. V.2).



AV. INSURGENTES NORTE

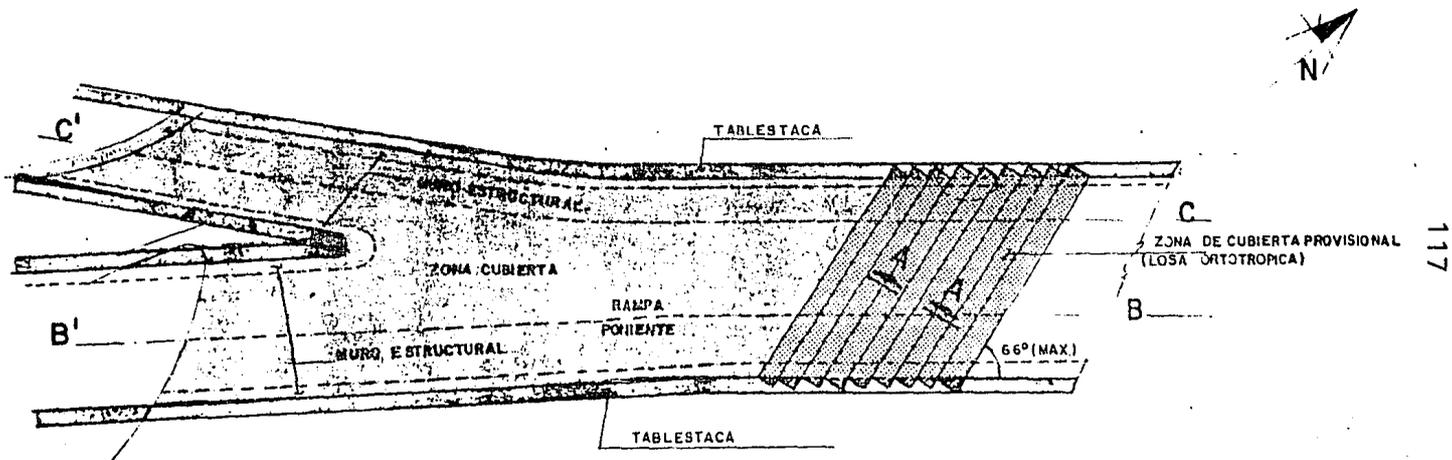


AV. 100 METROS



LINEA 5 DEL METRO

FIG. V.1



117

PLANTA DE LOCALIZACION

FIG. V.2

La ejecución del tramo sobre el metro se programó mancomunada con un desvío de tránsito en la Avenida 100 Metros Oriente, una vez obtenida la debida autorización de la administración del metro para colocar las estructuras de soporte del puente sin tocar ninguna instalación del metro. (Fig. V.3).

5.2. ESTRUCTURAS PROVISIONALES

5.2.1 Estructura de acero ortotrópica sobre los deprimidos de Insurgentes. La estructura que sirvió de piso para soportar el peso de los andamios y de la superestructura estaba compuesta por ocho tabletas diseñadas para el claro más grande, el tramo 5-6. (Fig. V.4).

Algunas de las características de las tabletas son:

- a) Material: Acero estructural A-36; $f_y \geq 2530 \text{ kg/cm}^2$.
- b) Dimensiones: Longitud = 27 m.
Ancho = 3 m.
Peralte = 1.27 m.
- c) Peso aproximado = 30 ton. c/u.
- d) Carga a soportar = 1.64 ton/m^2 .
- e) Costo aproximado = \$7'000,000.00 c/u.

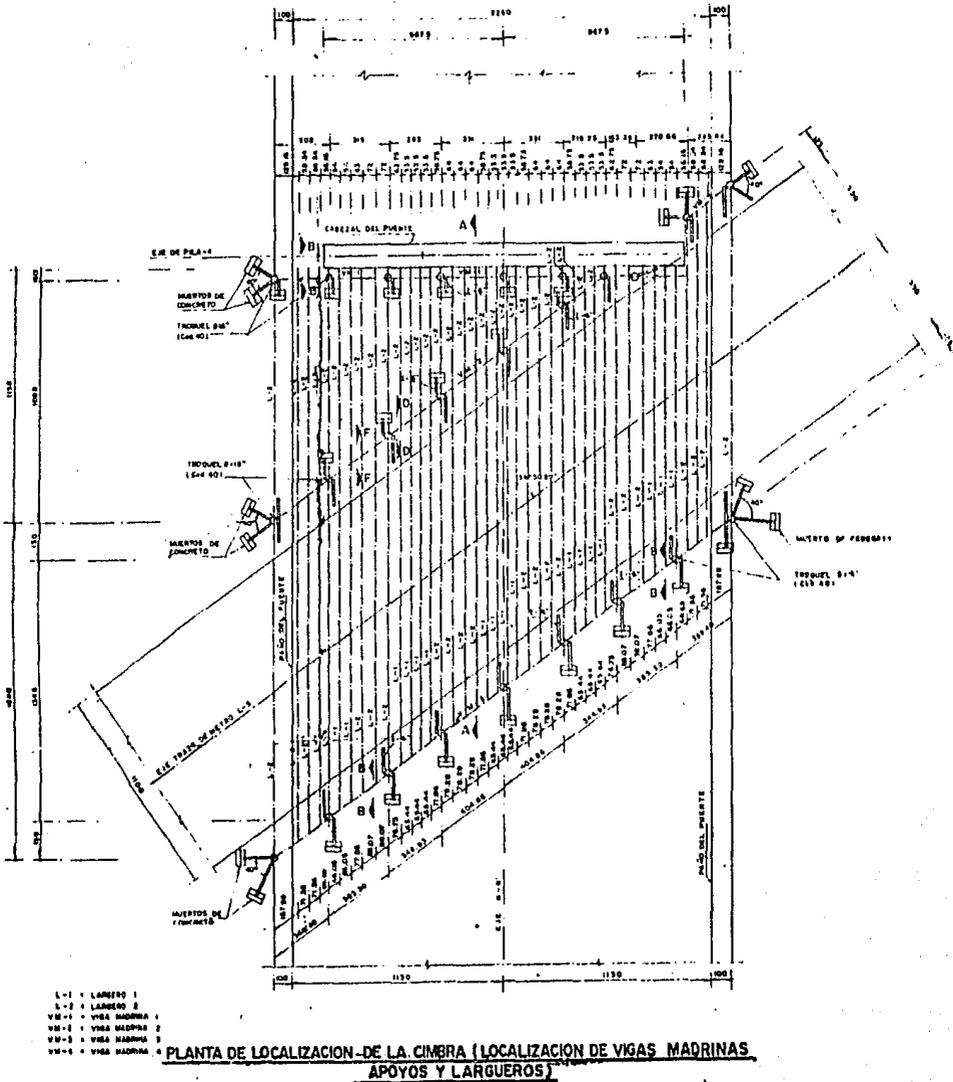


FIG. V.3

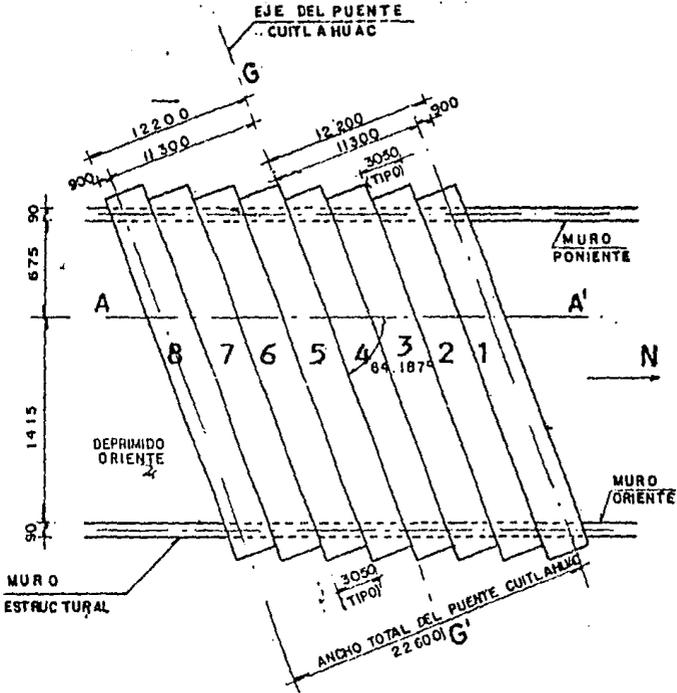


FIG. V.4 APOYO PARA LA CIMBRA DEL TRAMO 5-6 SOBRE EL DEPRIMIDO ORIENTE DE INSURGENTES

Además cada tableta consta de cuatro ganchos - de izaje dobles (Ver Fig. V.5).

Las maniobras para el montaje de las tabletas en los tramos 12-16-17, 17-18 y 5-6 se realizaron en las noches, de las 11:00 P.M. a las 5:00 A.M. para no interrumpir el tránsito sobre la Avenida de los Insurgentes.

En el croquis se localiza la ubicación definitiva de las tabletas por etapas. (Fig. V.6).

Se contrataron dos grúas de 75 tons. y 30 tons. de capacidad con un costo de \$60,000.00/hora. La de 30 tons. se contrató para apoyar las maniobras de la de 70 tons.

Las tabletas se colocaron en dos apoyos (muros estructurales) que ya tenían instaladas unas placas de neopreno para no ser dañadas (Fig. V.4).

El procedimiento fundamental de colocación de las tabletas para la primera etapa (tr. 12-17-16), fue como se indica a continuación:

- Colocación de la grúa de 75 tons. (G.1) frente a la tableta.

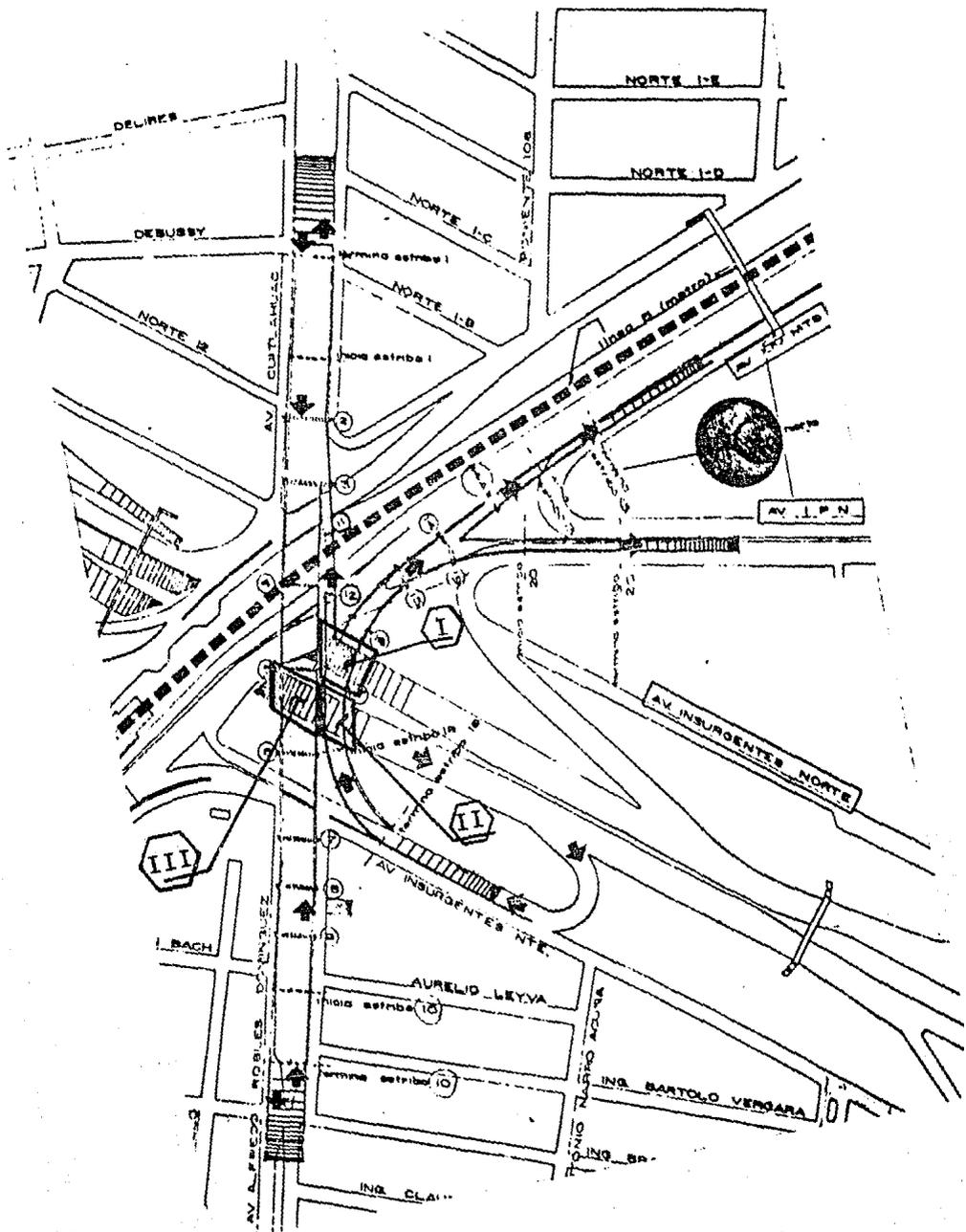


FIG. V.6 ETAPAS DE COLOCACION DE
 TABLETAS ORTOTROPICAS

- Estrobado.
- Giro de la grúa hasta colocar la tableta sobre los muros.
- Estrobado con la grúa de 30 tons. (G.2).
- Izamiento y acomodo de la tableta en su posición - con ambas grúas.

Para la segunda etapa (tramo 17-18):

- Las grúas se colocaron en la Avenida Insurgentes - Norte; la grúa G.1 se colocó en sentido norte a sur y la grúa G.2 en sentido sur a norte.
- La grúa G.1 tomó la tableta más próxima a ella previamente estrobada, la desplazó en sentido contrario al flujo de los vehículos con el objeto de librar la pila que se encuentra en el camellón de In surgentes Norte.
- Una vez librada la pila, la grúa G.1 trasladó la - tableta en cuestión al otro lado de la Avenida In surgentes Norte, donde se encontraba la grúa G.2, que continuaría el traslado a la posición indicada en el proyecto, de tal forma que mientras la grúa

G.2 llevaba la tableta mencionada, la grúa G.1 iría por la siguiente tableta para repetir la maniobra anterior.

Finalmente, para la tercera etapa se trasladaron las tabletas del tramo 17-18 al 5-6, realizando la maniobra siguiente:

- La grúa G.1 se colocó en la Avenida Insurgentes Norte en el sentido vial sur a norte y tomó la tableta más cercana a ella, previamente estrobada, transportándola en sentido contrario al flujo de los vehículos hasta la posición indicada en el proyecto.

El programa de la obra dependía de la estructura de acero ortotrópica, y se diseñó de tal manera que se diera el tiempo requerido por proyecto para la colocación de esta estructura, cimbrado de la superestructura, colado y des-cimbrado, moviendo posteriormente las tabletas para utilizarse en el siguiente tramo hasta completar las tres etapas. La razón del orden dado a la etapas fue que se tenían que hincar los pilotes de las pilas 2 y 3 para poder ejecutar el tramo 5-6 del eje G-G' y con esa secuencia se daba tiempo para igualar la construcción.

5.2.2 Estructura usada para el cruce con la Línea 5 del S.T.C Metro.

La estructura consta de 3 partes:

1.- CIMENTACION: Es una zapata corrida, con placas para anclar los troqueles de las columnas. (Fig. V.7, ver Z-1 y Z-2).

2.- COLUMNAS: Eran troqueles circulares de fierro contraventeados con atezadores en su eje principal y en el eje perpendicular tenían vientos para darles estabilidad. Se colocaron a ambos lados de la malla del metro con una distancia entre sí especificada en los planos. Encima de cada serie de columnas a manera de ligarlas se colocó una viga madrina a ambos lados del metro. (Fig. V.8).

3.- TROQUELES: Se apoyaban sobre las vigas madrinas uno tras otro formando un techo para colocar sobre ellos la cimbra de madera que le dió forma a la losa inferior de la superestructura (Fig. V.9). Para transmitir la carga a los troqueles se colocaron varios polines transversales a ellos dando la contraflecha y la pendiente requerida por proyecto. Para el -

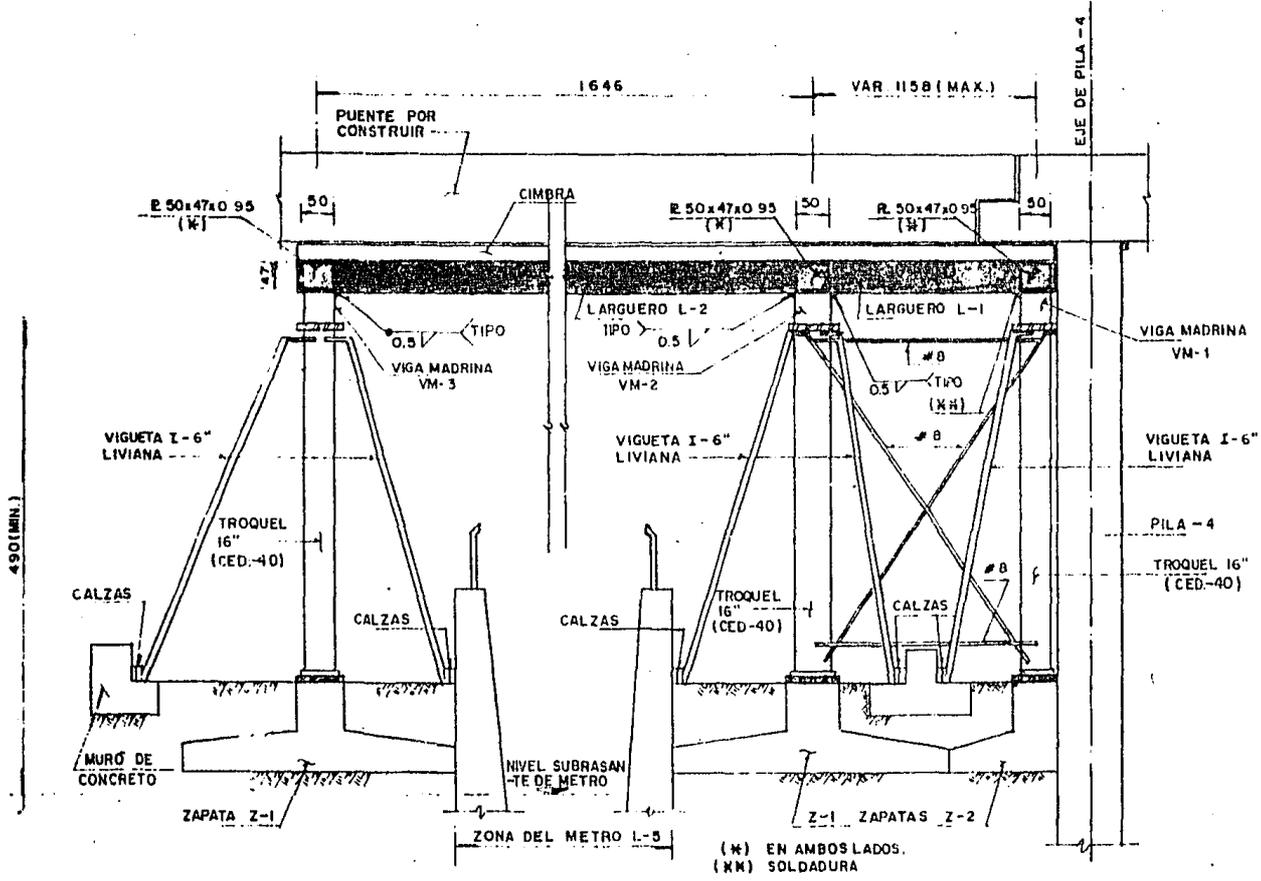


FIG. V.8 CORTE A-A' DE FIG. V.3 SOBRE LARGERO L - 2

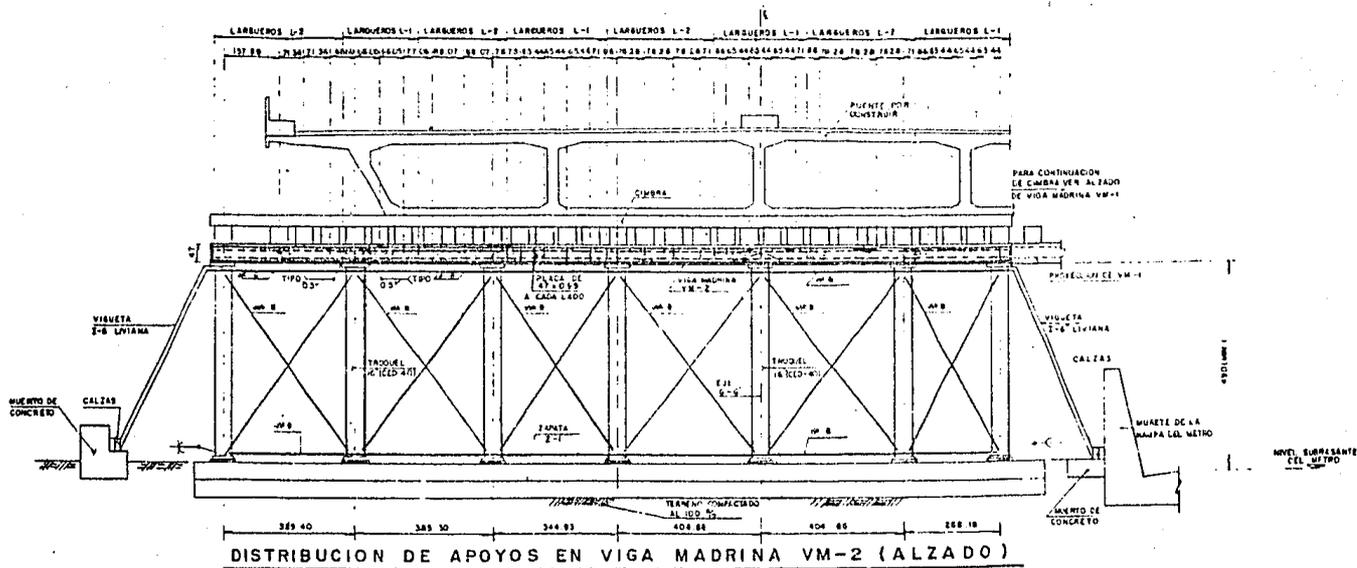


FIG. V.9

retiro se quitó primero la cimbra, después se cortaron los troqueles y se bajaron, para lo cual se tuvo que cortar la viga madrina y extraerlos con malacate y grúas de 17 toneladas.

Los tramos que se construyeron utilizando esta estructura fueron el 3-4 (eje G-G'), el 11-12 (eje -- E-E') y el 4-5 (eje G-G').

Todas las maniobras de montaje de las estructuras provisionales sobre el metro se hicieron de noche a base de libranzas coordinadas con el S.T.C. metro. Al respecto cabe mencionar que el puente Cuicláhuac es la primera obra en su tipo que se construye en la Ciudad con el metro trabajando y sin interrumpir su operación, contando para ello con horarios bastante restringidos de la 1:30 a las 4:30 A.M. con el grado de dificultad que ello implicó.

5.3 OBRA FALSA

La obra falsa fue a base de andamios con una altura de 5.50 a 8.00 m. por la seguridad y la experiencia que se ha tenido para este tipo de estructuras, teniendo el des--

pieza y el tipo de andamio recomendado por el fabricante y revisado por el proyectista; para la colocación de estos andamios tubulares se pidieron varias cotizaciones a diferentes casas que los rentan, a su vez se les pidió proporcionaran todos los elementos estructurales de apoyo que se utilizarían, así como los planos de distribución, los datos técnicos y especificaciones de su estructura, para ponerse a consideración de la Superintendencia de la obra y poder tomar la mejor solución.

Para colocar la cimbra en su lugar, se tomaba en consideración la opinión del proyectista, independientemente de que ya existía la memoria de cálculo del arrendatario, de tal manera que entre el proyectista, el fabricante y el constructor pudieran definir la mejor manera de colocación de la cimbra.

En los deprimidos y en los lugares donde el suelo era tierra principalmente, se nivelaba con tepetate, dándole la compactación requerida.

Para evitar asentamientos en el terreno al desplantar los andamios, si era tierra se colocaban polines de arrastre para distribuir la carga en una superficie mayor y si

era sobre pavimento no se colocaba arrastre, excepto sobre el puente del deprimido de la Avenida de los 100 Metros, -- que no estaba diseñado para soportar la carga de la obra - falsa y con los arrastres se distribuía la carga a lo largo del puente.

Se utilizaron andamios de alta resistencia en toda la parte inferior de la superestructura que no era volado, haciendo más densa la cercanía entre andamios en las zonas - donde existiese algún eje de nervaduras dado el peso de éstas; en las zonas donde existía volado se usaron andamios de resistencia normal.

Para el cimbrado de una de las esquinas del tramo 4-5 hubo que bajar los andamios hasta la vialidad de Avenida - Insurgentes obstruyendo la circulación en un carril, ya -- que resultaba más económica esta solución que colocar una estructura de acero sobre la vialidad, teniendo la precaución de poner la debida protección con dovelas de lumbres y señalización para el tránsito.

El retiro de la obra falsa se hizo del centro hacia - las columnas.

Como en toda obra, el proceso constructivo está sujeto a un programa de actividades simultáneas y en el puente Cuitláhuac el habilitado, montaje y descimbrado fue uno de los conceptos que determinaron en cierta forma el avance.

Proceso de armado de los andamios.

Primero se traza el eje del puente sobre el piso dando una proyección de la futura losa, en base a eso el carpintero saca las medidas para la separación de los andamios, tanto en el sentido longitudinal como transversal.

Se colocan unos gatos de tornillo con rosca sinfin, - sobre ellos se desplantan las vigas y crucetas que formaran la torre del andamio, las crucetas darán la separación entre torre y torre, en la parte superior se coloca otro gato con el que se da el nivel que pide el proyecto de "Intra-dos" (la altura del piso a la parte inferior de la losa), sobre los gatos van unas vigas de sección I en forma longitudinal y transversalmente a ellas se colocan los polines, cuya separación se especifica en el plano de los andamios, siendo en la zona de nervaduras más cerrada que en la zona entre nervaduras.

La hoja de triplay mide 2.44 x 1.22 m. y para que to-

das las hojas queden alineadas se necesitan colocar las vigas mdrinas a todo lo ancho del tramo para poder clavar - sobre ellas las hojas de triplay. Estas vigas van colocadas al mismo nivel que los polines, pero mientras éstos van -- traslapados, las mdrinas van en una misma línea, como se muestra en la fig. 5.10:

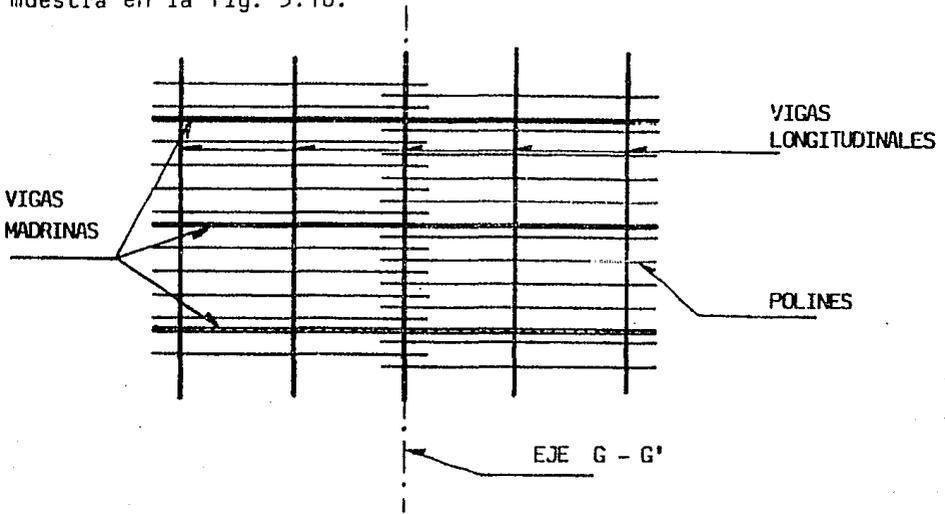


FIG. V.10

5.4 CONSTRUCCION DE SUPERESTRUCTURA.

La secuencia de construcción del Distribuidor Potrero se realizó tomando como base la estructura de acero orto--

trópica para el cruce de la vialidad deprimida de Insurgen-
tes conforme un programa de barras y de ruta crítica, con-
siderando los desvíos de tránsito y las interferencias ---
existentes en el lugar.

Para su realización se plantearon 5 frentes de ataque
(de los extremos hacia el centro en todos los ejes), to-
mando en cuenta los apoyos de cada tramo de superestructu-
ra, ya que para poder construir los tramos portables te---
nían que haberse construído los tramos portantes.

La cimbra de contacto de la losa inferior es a base -
de triplay y está restringida a un acabado liso.

Existen dos tipos de acabado: el aparente y el común.

El acabado aparente se da con triplay de poco uso y -
el acabado común se da con triplay o duela o cualquier o--
tro material rugoso que ya tenga varios usos.

Después de que se colocaron los polines y las vigas ma-
drinas de obra falsa, se colocan las hojas de triplay que -
serviran como cimbra de contacto para el colado de la losa
inferior. Una vez colocadas, el tótopografo saca niveles che-
cando que se tenga la contraflecha que se pide de proyecto,

marcándole al carpintero el lugar donde se tengan que subir o bajar los gatos para dejar una plancha continua.

Sobre la cimbra el fierrero hace el trazo del acero de refuerzo que se vaya a colocar, arma el lecho inferior del acero y lo calza con cubos de mortero para dar el recubrimiento que le están pidiendo conforme al proyecto, después arma el lecho superior y para separarlo del inferior coloca unas silletas de acero.

Ya colocada la cimbra de contacto, el carpintero procede a colocar la cimbra de las nervaduras laterales; hace su trazo sobre la cimbra de la losa inferior, de acuerdo a los datos que le pasa el topógrafo de los límites exteriores de la cimbra.

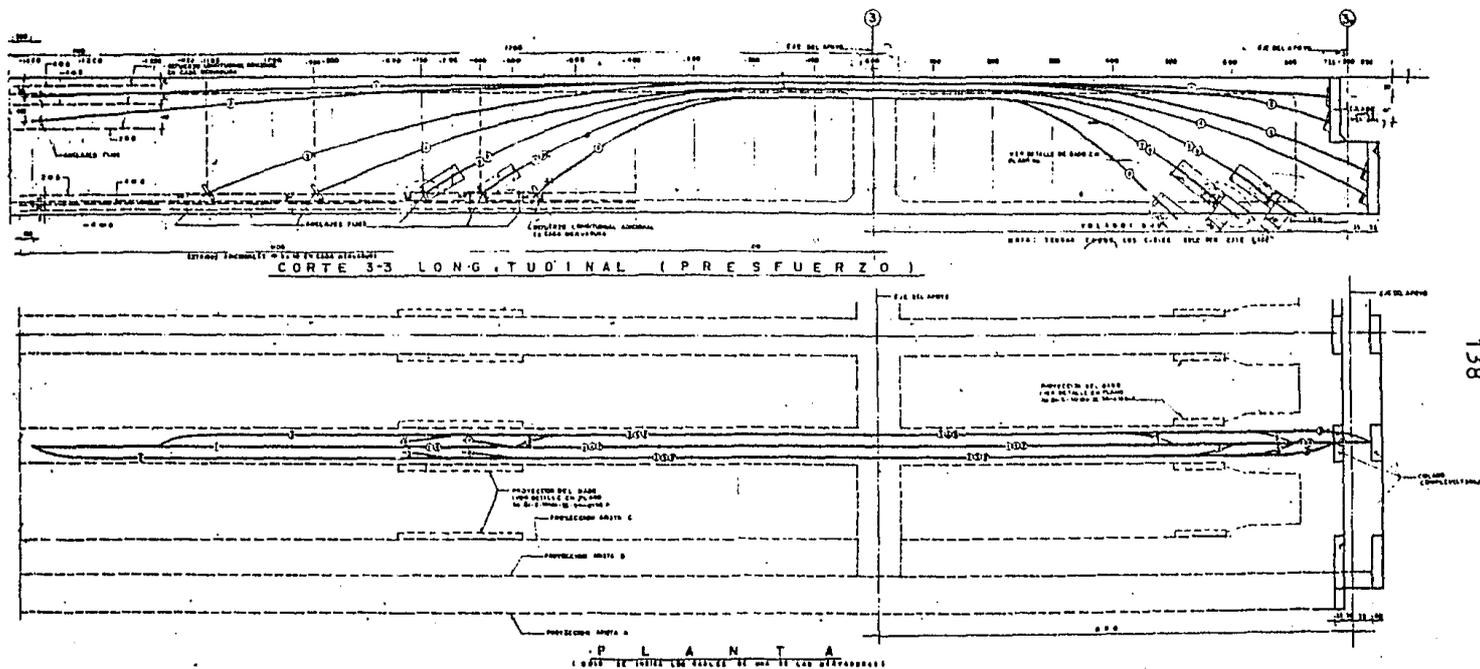
Se habilitan unos andamios laterales para soportar los costados de triplay que se están colocando, metiendo los arrastres apropiados para este tipo de cimbra, adicionalmente se pone en la parte inferior un chaflán longitudinal para perder la ceja de concreto. Hasta aquí llega y empieza a habilitar sus costados para las nervaduras centrales.

En la colocación del acero de refuerzo de la losa in-

ferior, el plano indica qué varilla va a ir más próxima a la cimbra, si es longitudinal o transversal; si es una varilla que necesite soldarse, el armador debe dejar preparados sus traslapes para que posteriormente llegue el soldador y haga la soldadura que le corresponda, con soldadura 7018, cuidando que no se aviente ni la soldadura ni los bronce para la placa de respaldo, tampoco los restos, porque se corre el riesgo de quemar la cimbra quedando marcada y al descimbrar se ve el manchón negro en el concreto de la parte quemada de la cimbra.

Para la construcción de las nervaduras se siguieron dos procedimientos:

a) Después de la colocación del acero de refuerzo de la losa inferior, se armó el de las nervaduras, los diafragmas y las ménsulas, colocando los cables de acero de refuerzo en su lugar (Fig. V.12), De acuerdo a las coordenadas marcadas en los planos para tensarlos después del colado de la losa superior (tabla V.1). La cimbra de las nervaduras se colocaba sobre unas silletas de apoyo para poder darle el recubrimiento necesario al acero, de tal manera que la losa y las nervaduras quedaran de una sola pieza sin juntas de construcción (fig. V.13).

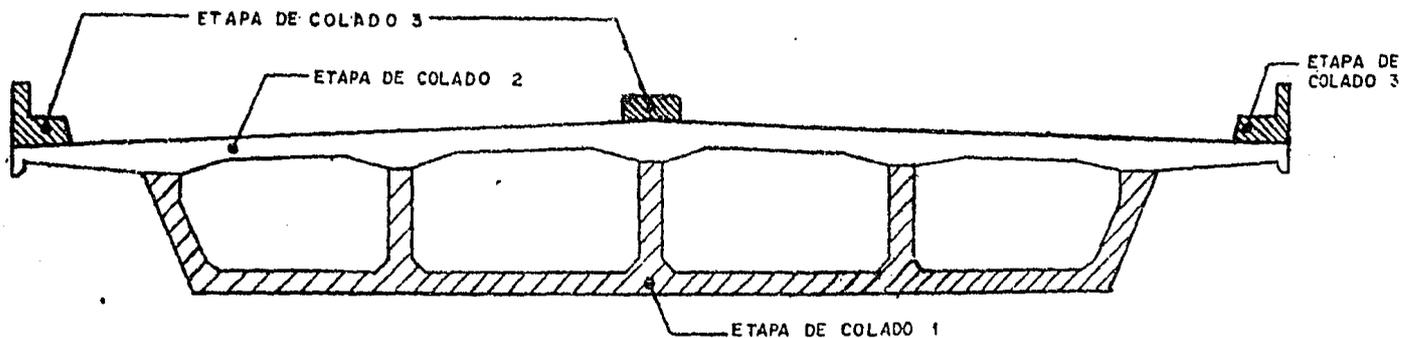


138

FIG. V. 12

COORDENADAS DE LOS CABLES DE PRESFUERZO

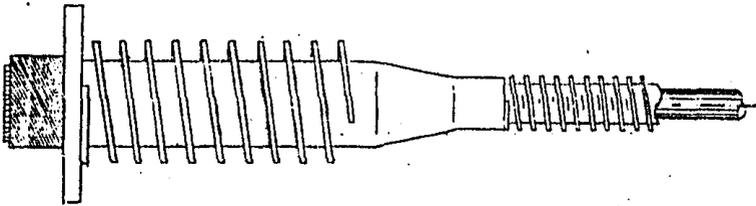
CABLE TIPO	A																			B																			S																			C																			I																			S																			A																			S																			X (cm)																			ANGULO DE SALIDA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	1400	1800	2400	3100	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13000	14000	15000	16000	17000	18000	19000	20000	21000	22000	23000	24000	25000	26000	27000	28000	29000	30000	31000	32000	33000	34000	35000	36000	37000	38000	39000	40000	41000	42000	43000	44000	45000	46000	47000	48000	49000	50000	51000	52000	53000	54000	55000	56000	57000	58000	59000	60000	61000	62000	63000	64000	65000	66000	67000	68000	69000	70000	71000	72000	73000	74000	75000	76000	77000	78000	79000	80000	81000	82000	83000	84000	85000	86000	87000	88000	89000	90000	91000	92000	93000	94000	95000	96000	97000	98000	99000	100000	101000	102000	103000	104000	105000	106000	107000	108000	109000	110000	111000	112000	113000	114000	115000	116000	117000	118000	119000	120000	121000	122000	123000	124000	125000	126000	127000	128000	129000	130000	131000	132000	133000	134000	135000	136000	137000	138000	139000	140000	141000	142000	143000	144000	145000	146000	147000	148000	149000	150000	151000	152000	153000	154000	155000	156000	157000	158000	159000	160000	161000	162000	163000	164000	165000	166000	167000	168000	169000	170000	171000	172000	173000	174000	175000	176000	177000	178000	179000	180000	181000	182000	183000	184000	185000	186000	187000	188000	189000	190000	191000	192000	193000	194000	195000	196000	197000	198000	199000	200000	201000	202000	203000	204000	205000	206000	207000	208000	209000	210000	211000	212000	213000	214000	215000	216000	217000	218000	219000	220000	221000	222000	223000	224000	225000	226000	227000	228000	229000	230000	231000	232000	233000	234000	235000	236000	237000	238000	239000	240000	241000	242000	243000	244000	245000	246000	247000	248000	249000	250000	251000	252000	253000	254000	255000	256000	257000	258000	259000	260000	261000	262000	263000	264000	265000	266000	267000	268000	269000	270000	271000	272000	273000	274000	275000	276000	277000	278000	279000	280000	281000	282000	283000	284000	285000	286000	287000	288000	289000	290000	291000	292000	293000	294000	295000	296000	297000	298000	299000	300000	301000	302000	303000	304000	305000	306000	307000	308000	309000	310000	311000	312000	313000	314000	315000	316000	317000	318000	319000	320000	321000	322000	323000	324000	325000	326000	327000	328000	329000	330000	331000	332000	333000	334000	335000	336000	337000	338000	339000	340000	341000	342000	343000	344000	345000	346000	347000	348000	349000	350000	351000	352000	353000	354000	355000	356000	357000	358000	359000	360000	361000	362000	363000	364000	365000	366000	367000	368000	369000	370000	371000	372000	373000	374000	375000	376000	377000	378000	379000	380000	381000	382000	383000	384000	385000	386000	387000	388000	389000	390000	391000	392000	393000	394000	395000	396000	397000	398000	399000	400000	401000	402000	403000	404000	405000	406000	407000	408000	409000	410000	411000	412000	413000	414000	415000	416000	417000	418000	419000	420000	421000	422000	423000	424000	425000	426000	427000	428000	429000	430000	431000	432000	433000	434000	435000	436000	437000	438000	439000	440000	441000	442000	443000	444000	445000	446000	447000	448000	449000	450000	451000	452000	453000	454000	455000	456000	457000	458000	459000	460000	461000	462000	463000	464000	465000	466000	467000	468000	469000	470000	471000	472000	473000	474000	475000	476000	477000	478000	479000	480000	481000	482000	483000	484000	485000	486000	487000	488000	489000	490000	491000	492000	493000	494000	495000	496000	497000	498000	499000	500000	501000	502000	503000	504000	505000	506000	507000	508000	509000	510000	511000	512000	513000	514000	515000	516000	517000	518000	519000	520000	521000	522000	523000	524000	525000	526000	527000	528000	529000	530000	531000	532000	533000	534000	535000	536000	537000	538000	539000	540000	541000	542000	543000	544000	545000	546000	547000	548000	549000	550000	551000	552000	553000	554000	555000	556000	557000	558000	559000	560000	561000	562000	563000	564000	565000	566000	567000	568000	569000	570000	571000	572000	573000	574000	575000	576000	577000	578000	579000	580000	581000	582000	583000	584000	585000	586000	587000	588000	589000	590000	591000	592000	593000	594000	595000	596000	597000	598000	599000	600000	601000	602000	603000	604000	605000	606000	607000	608000	609000	610000	611000	612000	613000	614000	615000	616000	617000	618000	619000	620000	621000	622000	623000	624000	625000	626000	627000	628000	629000	630000	631000	632000	633000	634000	635000	636000	637000	638000	639000	640000	641000	642000	643000	644000	645000	646000	647000	648000	649000	650000	651000	652000	653000	654000	655000	656000	657000	658000	659000	660000	661000	662000	663000	664000	665000	666000	667000	668000	669000	670000	671000	672000	673000	674000	675000	676000	677000	678000	679000	680000	681000	682000	683000	684000	685000	686000	687000	688000	689000	690000	691000	692000	693000	694000	695000	696000	697000	698000	699000	700000	701000	702000	703000	704000	705000	706000	707000	708000	709000	710000	711000	712000	713000	714000	715000	716000	717000	718000	719000	720000	721000	722000	723000	724000	725000	726000	727000	728000	729000	730000	731000	732000	733000	734000	735000	736000	737000	738000	739000	740000	741000	742000	743000	744000	745000	746000	747000	748000	749000	750000	751000	752000	753000	754000	755000	756000	757000	758000	759000	760000	761000	762000	763000	764000	765000	766000	767000	768000	769000	770000	771000	772000	773000	774000	775000	776000	777000	778000	779000	780000	781000	782000	783000	784000	785000	786000	787000	788000	789000	790000	791000	792000	793000	794000	795000	796000	797000	798000	799000	800000	801000	802000	803000	804000	805000	806000	807000	808000	809000	810000	811000	812000	813000	814000	815000	816000	817000	818000	819000	820000	821000	822000	823000	824000	825000	826000	827000	828000	829000	830000	831000	832000	833000	834000	835000	836000	837000	838000	839000	840000	841000	842000	843000	844000	845000	846000	847000	848000	849000	850000	851000	852000	853000	854000	855000	856000	857000	858000	859000	860000	861000	862000	863000	864000	865000	866000	867000	868000	869000	870000	871000	872000	873000	874000	875000	876000	877000	878000	879000	880000	881000	882000	883000	884000	885000	886000	887000	888000	889000	890000	891000	892000	893000	894000	895000	896000	897000	898000	899000	900000	901000	902000	903000	904000	905000	906000	907000	908000	909000	910000	911000	912000	913000	914000	915000	916000	917000	918000	919000	920000	921000	922000	923000	924000	925000	926000	927000	928000	929000	930000	931000	932000	933000	934000	935000	936000	937000	938000	939000	940000	941000	942000	943000	944000	945000	946000	947000	948000	949000	950000	951000	952000	953000	954000	955000	956000	957000	958000	959000	960000	961000	962000	963000	964000	965000	966000	967000	968000	969000	970000	971000	972000	973000	974000	975000	976000	977000	978000	979000	980000	981000	982000	983000	984000	985000	986000	987000	988000	989000	990000	991000	992000	993000	994000	995000	996000	997000	998000	999000	1000000	1001000	1002000	1003000	1004000	1005000	1006000	1007000	1008000	1009000	1010000	1011000	1012000	1013000	1014000	1015000	1016000	1017000	1018000	1019000	1020000	1021000	1022000	1023000	1024000	1025000	1026000	1027000	1028000	1029000	1030000	1031000	1032000	1033000	1034000	1035000	1036000	1037000	1038000	1039000	1040000	1041000	1042000	1043000	1044000	1045000	1046000	1047000	1048000	1049000	1050000	1051000	1052000	1053000	1054000	1055000	1056000	1057000	1058000	1059000	1060000	1061000	1062000	1063000	1064000	1065000	1066000	1067000	1068000	1069000	1070000	1071000	1072000	1073000	1074000	1075000	1076000	1077000	1078000	1079000	1080000	1081000	1082000	1083000	1084000	1085000	1086000	1087000	1088000	1089000	1090000	1091000	1092000	1093000	1094000	1095000	1096000	1097000	1098000	1099000	1100000	1101000	1102000



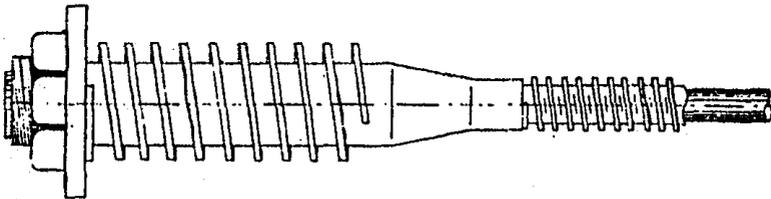
ETAPAS DE COLADO

FIGURA V. 13

trero", se consideró para el anclaje del acero de presfuerzo el sistema BBRV, pero para ir conforme al programa y -- por problemas de adquisición en el mercado se adaptó el -- sistema FREYSSINET en algunos tramos; en el sistema BBRV - se utiliza alambre con diámetro de 7mm. y en sistema FREYSSINET de $\frac{1}{2}$ ". (Fig. V.14).



ANCLAJE FIJO BBRV TIPO A-36-MS



ANCLAJE MOVIL BBRV TIPO M-36

b) Después del colado de la losa inferior se arma el acero de refuerzo de las nervaduras desde las preparaciones dejadas antes del colado, con los cables de acero de presfuerzo colocados de acuerdo a las coordenadas indicadas en los planos y la cimbra se habilita apoyándose sobre el concreto de la losa inferior dejando unas juntas de construcción entre la losa y nervaduras, diafragmas y ménsulas.

Las nervaduras interiores se podían construir dando un acabado común, o sea, cimbrándolas con pedacería de madera, debido a que no iban a estar a la vista una vez terminado el puente, al igual que la losa superior, pero por ahorrar tiempo se utilizaba a veces el triplay.

En los alerones (nervaduras extremas), el proyectista auxilió al constructor en la definición de la cimbra interior.

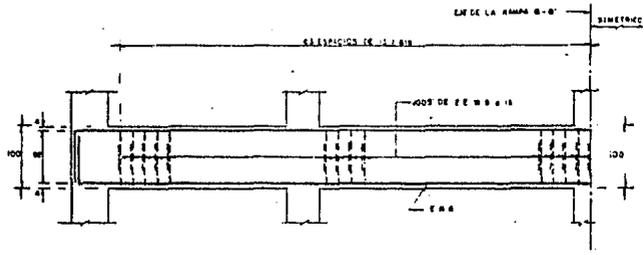
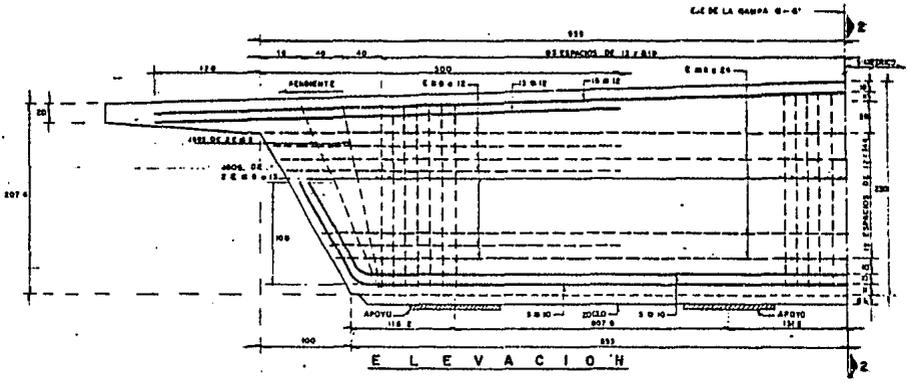
El anclaje del acero de presfuerzo que se coloca en las nervaduras es de dos tipos, fijo y móvil, los cables se tensan en el anclaje móvil y cada uno de ellos tiene -- una tensión diferente marcada por el proyecto. En 1981, -- cuando se proyectó el puente Cuitláhuac "Distribuidor Po--

Los diafragmas son elementos perpendiculares a las -- nervaduras con el mismo procedimiento constructivo, porporcionándoles mayor rigidez; se construyeron sobre las pilas al mismo tiempo que las nervaduras. (fig. V.15).

Las ménsulas son elementos que sirven para soportar -- los apoyos entre un tramo portante y uno portado, motivo por el que se diseña con gran cantidad de acero de refuerzo. (Fig. V.16).

Para la superestructura existen dos tipos de apoyo, -- el fijo y el móvil (Fig. V.17), el apoyo fijo es en el que se construyeron dientes o dentellones en la ménsula del -- tramo portado que encajaban en un hueco dejado en la ménsu la del tramo portante, colocándose sobre el tramo portante placas de neopreno de poco espesor como amortiguador de -- ambos tramos.

Sobre las ménsulas de los tramos portantes se picaban 2 cm. de espesor en un área cuadrada para colar unos ban--cos de mortero con estabilizador de volumen, sobre los que se colocaban las placas de neopreno (Fig. V.17).



(NO SE MUESTRA EL REFORZO LONGITUDINAL)
PLANTA

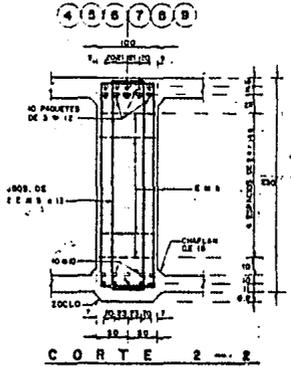


FIGURA V.15 DIAFRAGMA EN APOYOS
 . 4º, 5º, 6º, 7º, 8º y 9º.

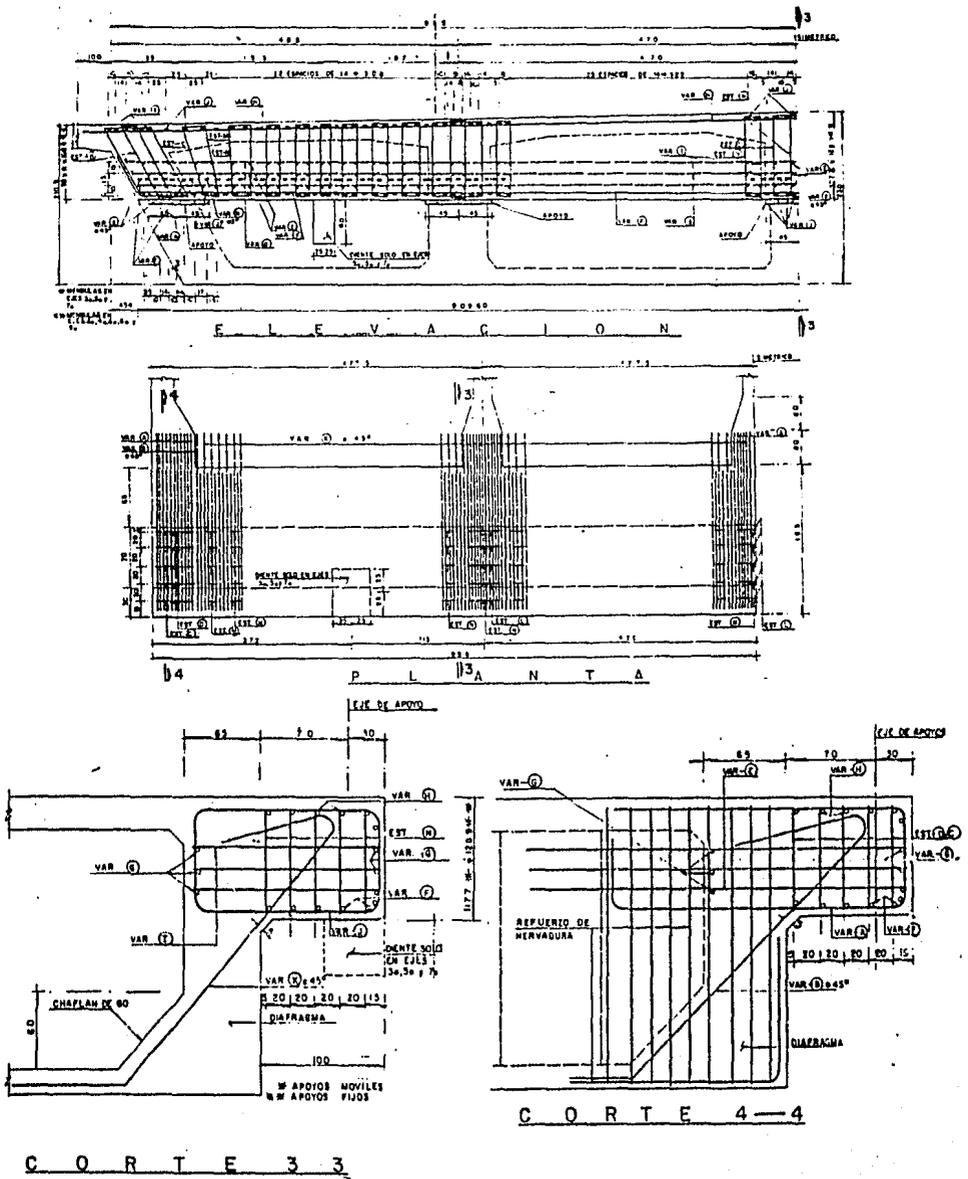


FIG. V.16 b) MENSULA SUPERIOR EN APOYOS
3R, 4R, 5R, 6R, 7R, 8R y 9R.

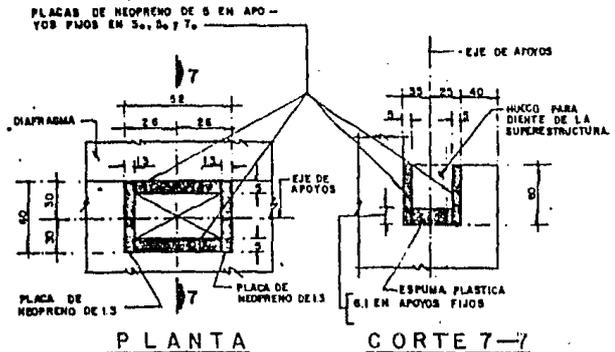
El neopreno trabaja para absorber movimientos horizontales, verticales, por torsión, producidos por cargas vivas de vibración y movimientos naturales del elemento por temperatura; si es fijo tiene el diente que le restrinje movimientos laterales y en los dos ejes, pero en - el móvil los movimientos son más fuertes, entonces si se le colocará un neopreno angosto por el espesor que ten---dría, el cortante al que fuese sometido lo haría trizas; - colocando uno más grueso el desplazamiento no le causa un cortante tan fuerte; si lo anterior se hace en una curva, el apoyo fijo va a estar anclado y no tendrá problema, pero el móvil va a tener movimientos hacia la trayectoria - marcada por los vehículos, por lo que se tiene que colo--car un neopreno con espesor más grueso. El espesor del - neopreno varía dependiendo de la función que vaya a tener de acuerdo a lo explicado anteriormente. (fig. V.17).

Las nervaduras se descimbraban a las 12 hrs. - del colado aproximadamente, comenzando a cimbrar la losa - superior apoyandose sobre la losa inferior y dejando unas ventanas para sacar la cimbra después de adquirida la re--sistencia de proyecto (etapa de colado 2). Esta losa tie--ne una altura de 1.70 a 2.00 m. con respecto a la losa in--ferior, por lo que no representó mayor problema en el cim-

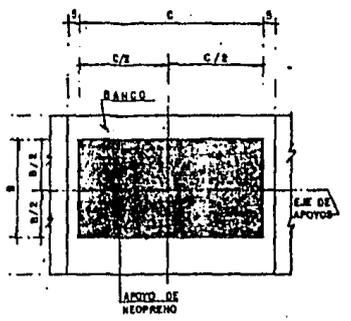
brado. Sobre la cimbra se coloca el acero de refuerzo tomando las mismas precauciones que para la losa inferior, - en la parte lateral se dejan las preparaciones para construir posteriormente el parapeto de concreto (etapa de colado 3). Durante el colado de la losa superior se dejaba un acabado rugoso para tener adherencia al asfalto.

Unidos al acero de refuerzo se colocaban unos ángulos para las juntas de dilatación entre tramo y tramo, (fig. V.18), además para el colado del tramo portado se colocaba sobre la ménsula del tramo portante un material llamado CELOTEX, que al fraguar el concreto se despegaba con una barreta de línea, quedando la separación deseada entre trabe y trabe.

A los 14 días se descimbraba la losa superior sacando la cimbra por las ventanas dejadas para tal efecto (fig. V.19). Hecho lo anterior se colaban las ventanas y al tener el concreto de la losa la resistencia marcada - por proyecto para postensar se colocaban los gatos en las aberturas dejadas sobre los anclajes móviles del presfuerzo en la losa, tensando los cables hasta llegar a la carga indicada en los planos correspondientes pudiendo hacerse - de dos maneras:



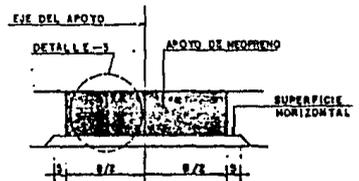
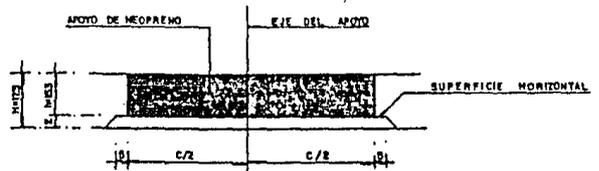
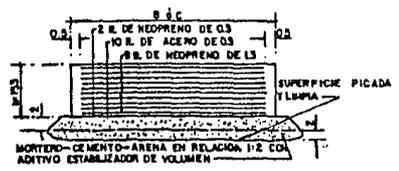
A P O Y O S					
EJE TIPO	DIMENSIONES				
		B	C	h	H
3, 5	FIJO	45	90	4.1	6.1
7	FIJO	45	90	4.1	6.1
2, 4, 6	MOVIL	45	90	15.3	17.3
8, 9	MOVIL	45	90	15.3	17.3



PLANTA CORTE 7-7

HUECO PARA DIENTES

PLANTA

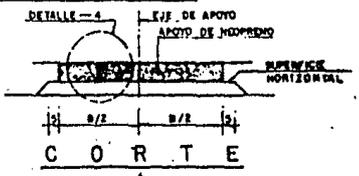
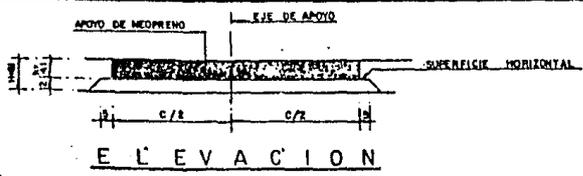


DETALLE-3

ELEVACION

CORTE

A P O Y O M O V I L



DETALLE-4

ELEVACION

CORTE

A P O Y O F I J O

FIGURA V. 17

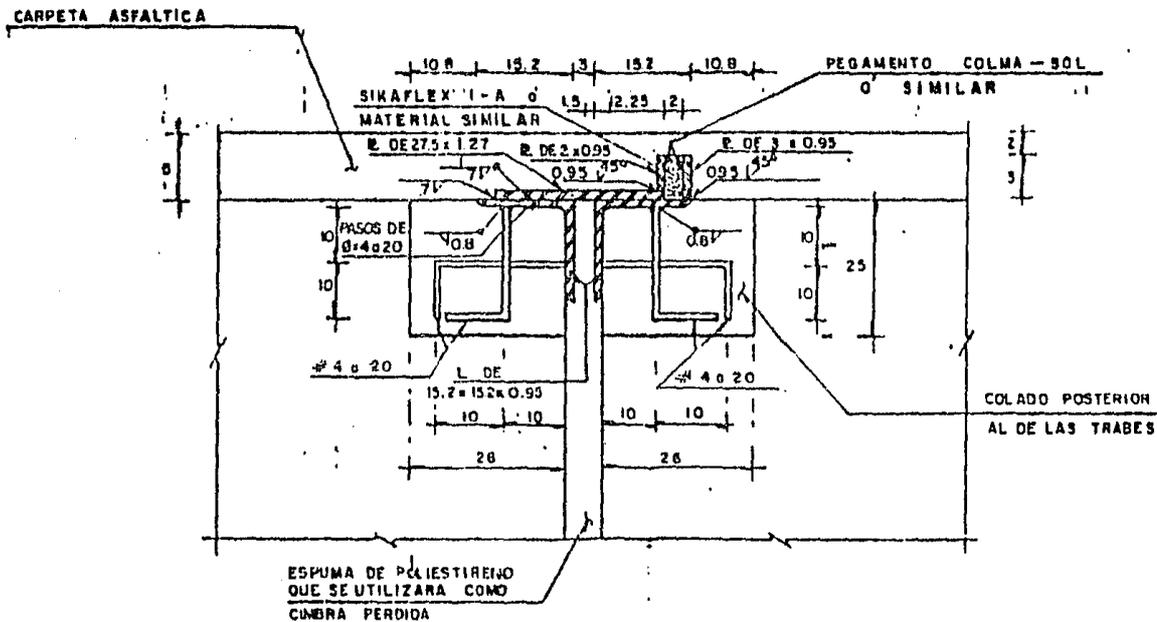
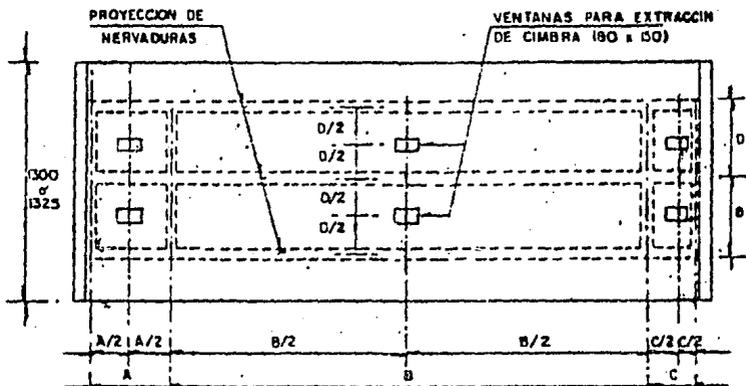
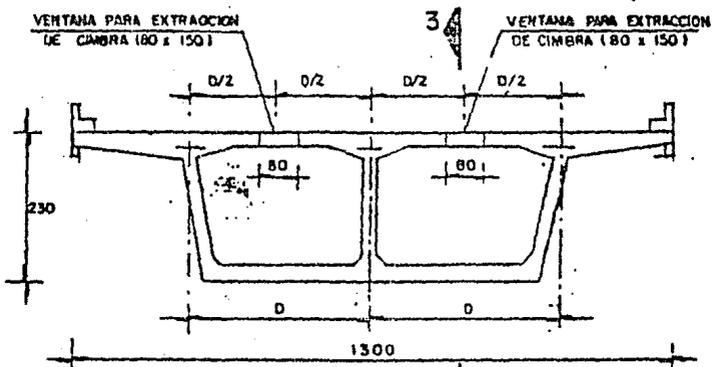


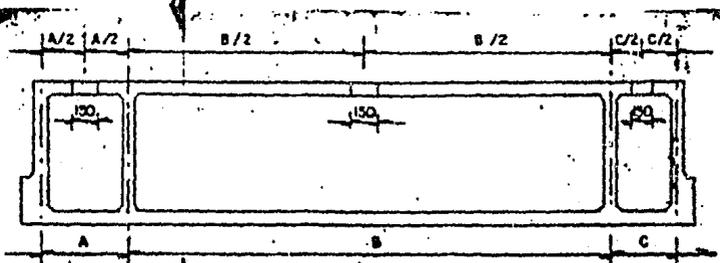
FIG. V.18 JUNTA DE DILATACION SOBRE APOYOS INTERMEDIOS



VISTA 1-1



CORTE 2-2



CORTE 3-3

VENTANAS PARA EXTRAER CIMBRA POR ARRIBA

FIGURA V. 19

a) Jalando el tejo donde se anclan los cables de presfuerzo con el gato, calzándolo y rellenando alrededor con cal y yeso de cerámica para poder inyectar todo el ducto con lechada a presión quitando después del inyectado todo ese yeso, se retiraba el gato, procediendo posteriormente a armar y colar las aberturas dejadas para el anclaje móvil (fig. V.20)

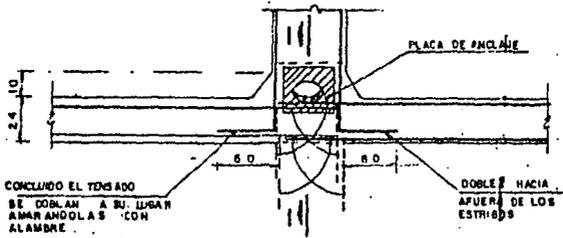
b) Después del tensado se retiraban los gatos se colaba el hueco y luego se inyectaba una lechada a presión al ducto del presfuerzo; para que la lechada no se saliera por los orificios que quedaban en ocasiones vacíos en el anclaje del presfuerzo.

En los tramos de la superestructura que eran muy largos, el acero de presfuerzo que se colocó se tensó por ambos lados para distribuir mejor los esfuerzos y deformaciones del cable.

El descimbrado de la obra falsa dependía de la autorización del proyectista, porque ellos en sus cálculos consideraban las losas adyacentes; existían tramos portantes donde no era necesario tener colados los tramos porta

dos para descimbrarse, pero generalmente se iba retirando la cimbra dejando apuntalado el tramo hasta que se colaran sus tramos adyacentes.

Esta es la secuencia general de la superestructura, posteriormente se colocan las obras complementarias.



DOBLEZ DE VARILLAS Y ESTRIBOS
EN LA ZONA DE ANLAJES MÓVILES

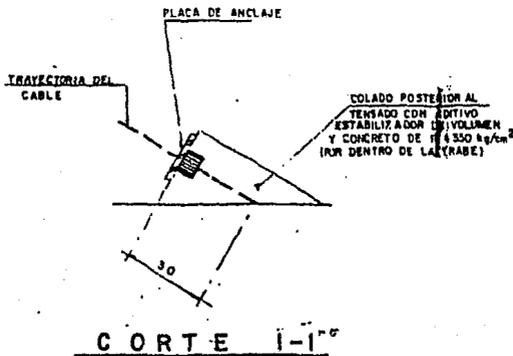


FIG. V.20

5.5 OBRAS COMPLEMENTARIAS.

Las obras complementarias se realizaron tanto en la superestructura como en los estribos y terraplenes, siendo la parte final en la construcción.

La secuencia de construcción fue como se indica:

- Acero de refuerzo en parapeto de concreto.
- Acero de refuerzo en guarniciones.
- Cimbra en parapeto de concreto.
- Colado de concreto en parapeto dejando la preparación de las placas para el desplante del parapeto metálico. (fig. V.22).
- Colado de concreto en guarniciones.
- Colocación de bajadas pluviales.
- Relleno con tepetate compactado en banquetas.
- Colado de concreto en banquetas dejando preparaciones para desplantar los postes del trolebús. (fig. V.22).
- Colocación de parapeto metálico y flex-bean -- (fig. V.22).
- Colocación de postes.
- Riegos de impregnación para recibir la carpeta asfáltica.

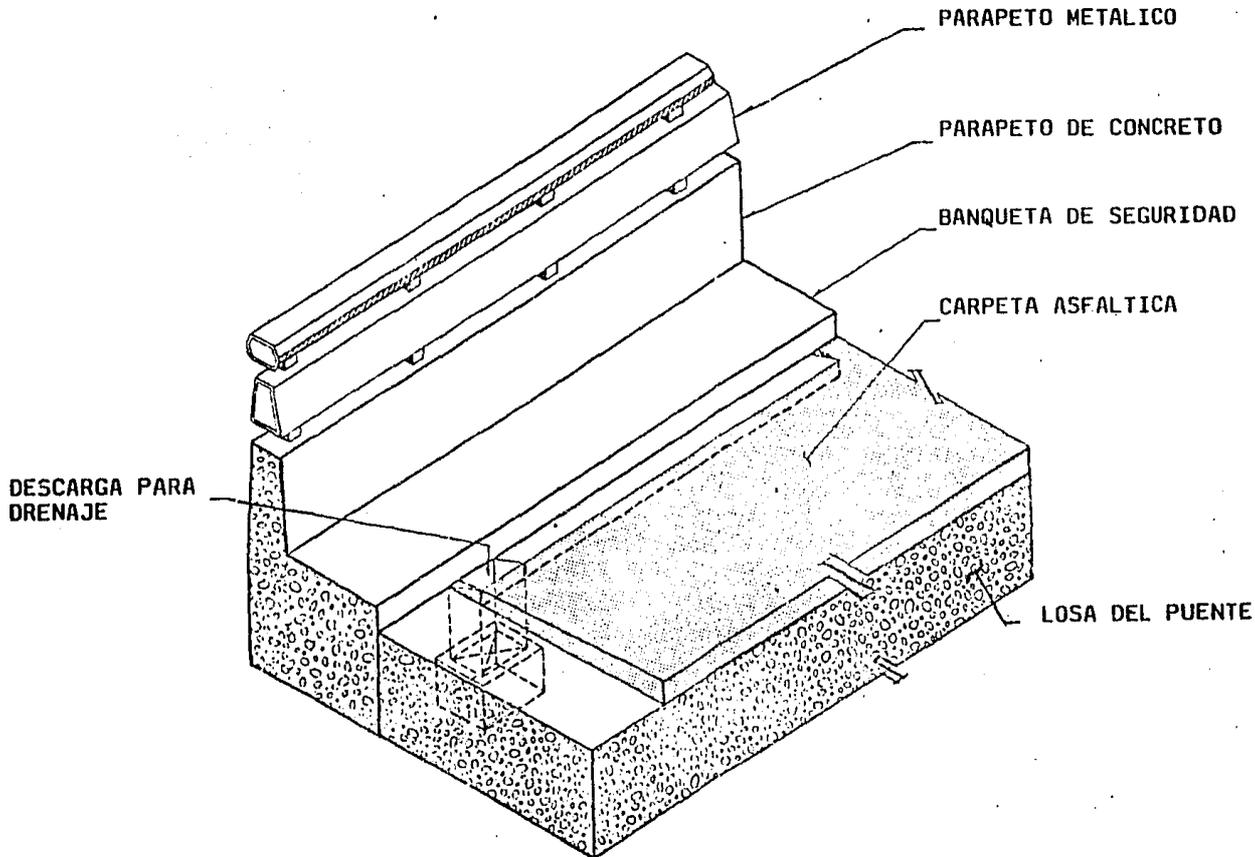


FIGURA V.22 PERSPECTIVA DE UN TRAMO DE LA SUPERESTRUCTURA.

- Señalamiento horizontal y vertical.
- Colocación de la carpeta asfáltica. (Fig.V.22)
- Sello
- Rejillas para protección del metro.

Su razón principal es evitar que se arroje basura sobre los rieles del metro y están diseñadas contra impacto.

- Postes de trolebús.
- Cobertizos para protección del trolebús de --
los cables de alta tensión.

La razón de los cobertizos fue debido a que las agujas del trolebús se pueden salir del cable quedando verticales, produciéndose así un arco eléctrico entre el trolebús y los cables de alta tensión de 220 K volts.

CAPITULO VI
ORGANIZACION DE LA OBRA Y
CONTROL DE CALIDAD

ORGANIZACION DE LA OBRA

Se realizó un programa para 10 meses de obra, -
checando su ruta crítica cada mes, tiempo en el que se tuvo
que programar en tres ocasiones debido a las interferencias,
los desvíos de tránsito, falta de proyecto, etc.

La organización de la obra la llevó a cabo la -
constructora bajo un control de dos supervisiones, la super-
visión externa al DDF (Diseños Racionales S.A.) y la inter-
na (DG de Infraestructura y Obras Viales).

CONTROL DE CALIDAD

- CONCRETO
- ACERO
- CIBRA

CONCRETO

Para verificar la calidad del concreto, que fue el material más utilizado en la obra, se contrató un Laboratorio que obtenía muestras a base de cilindros para las pruebas destructivas por cada 50 m³ de concreto aproximadamente, para probarse a los 7, 14 y 28 días y comprobar que la resistencia del concreto fuese la solicitada por proyecto.

El revenimiento se checaba en todas las ollas.

Se realizaron también algunas pruebas no destructivas con esclerómetro, pero no son muy representativas.

ACERO DE REFUERZO

A cada lote de varillas de acero de diámetro diferente que llegase a la obra, se le sacaba una muestra aleatoria para probarse a tensión, y si cumplía con las especificaciones se consideraba correcto todo el lote.

Las varillas se mantenían durante su almacenamiento, alejadas del suelo para evitar la adherencia de lodo y tierra antes de su utilización. Se usaban durmientes de madera o de concreto, colocados lo suficientemente cerca

uno del otro, para que las varillas se mantuvieran derechas durante el almacenamiento. Si las varillas permanecían almacenadas durante mucho tiempo, se cubrían para protegerlas de la lluvia y así evitar la oxidación excesiva. Una oxidación ligera no daña la varilla, pero una oxidación escamosa o laminar debe ser eliminada antes de utilizar la varilla, porque si no el concreto no se adhiere bien y la resistencia del elemento puede disminuir seriamente. La oxidación ligera normalmente queda eliminada durante el manejo de las varillas.

Todo el acero de refuerzo debe mantenerse libre de grasa, aceite, lodo, escamas o láminas de óxido, oxidación excesiva y concreto suelto y hielo; la presencia de cualquiera de estas sustancias afecta la adherencia entre el concreto y el acero.

Así mismo, una vez fijado, no se dejaba expuesto el acero de refuerzo más de dos semanas sin cubrirse con lechada de cemento, dado que la lluvia podía arrastrar parte del óxido hasta la cimbra, la cual dejaría una mancha permanente en el concreto al ser retirada.

También se hace la prueba de radiografía en sol

dadura de varillas del # 8 o mayores.

Todas las varillas se deben ajustar a lo indicado en la fig. VI.1 .

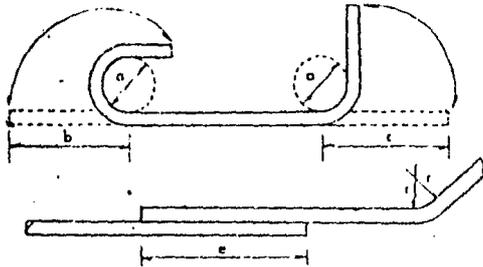
Al acero de presfuerzo se le hicieron las mismas pruebas de laboratorio que al acero de refuerzo.

CIMBRA DE MADERA

El control de calidad que se llevaba a cabo, -- era sobre defectos en la madera o si tenía parches, casos en los que se rechazaba, sobre todo si se iba a colocar en una zona de concreto aparente.

Los defectos en la madera son irregularidades que afectan a su resistencia o durabilidad. A causa de las características naturales del material, existen varios defectos inherentes a todas las maderas, que afectan a su resistencia, apariencia y durabilidad, como son las rajaduras a través de los anillos, las reventaduras entre anillos, las grietas, los nudos, etc. (fig. VI.2)

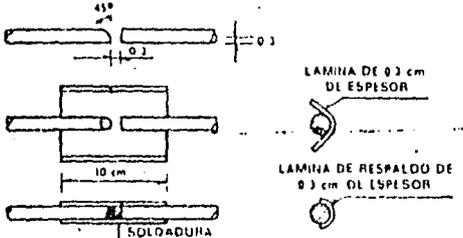
DETALLES DEL REFUERZO



#	r	a	b	c	c		
					f _c = 150	f _c = 200	f _c = 250
2.5	5	5	15	15	20	20	20
3	6	6	18	20	20	20	20
4	8	8	20	25	30	30	25
5	10	10	25	30	50	45	40
6	12	15	35	40	70	65	60
8	16	20	45	50	-	-	-
10	21	30	65	70	-	-	-
12	25	40	85	90	-	-	-

SI EN UNA SECCION SE EMPALMA MAS DE LA 3.ª PARTE DEL REFUERZO LAS LONGITUDES DE TRASLAPE AUMENTARAN EN UN 50%.

NO SE ADMITIRAN TRASLAPES EN VARILLAS DEL # 8 O MAYORES, EN ESTOS CASOS LAS VARILLAS SE SOLDARAN DE ACUERDO CON EL SIGUIENTE DETALLE.



EL ELECTRODO SERA E-70 DE BAJO CONTENIDO DE HIDROGENO

GANCHOS EN ESTRIBOS

d = 4 D
 s = 6 D ≥ 6.5
 L = 8 D ≥ 6.5
 D = DIAMETRO DE LA VARILLA

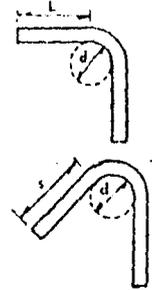


FIGURA VI. 1

Para evitar colocar parches en la cimbra, se debía checar constantemente su número de usos, que era aproximadamente de tres.

Algunas especificaciones generales que se manejaron para la cimbra son las siguientes:

-Debería tener rigidez adecuada para limitar - los desplazamientos de la sección estructural a las tolerancias dimensionales especificadas.

-Se debería fijar y nivelar en forma precisa - los alineamientos, niveles, planos y contraflechas especificadas en los planos.

-Se debía tener bien colocada y junteada, de - manera que proporcionara al concreto una buena apariencia, pero sobretodo, tanto para la cimbra común como para la aparente, debería - ser tal, que evitara la fuga de concreto entre juntas mal hechas.

-Se buscó que fuera económica, tomando en cuenta su estabilidad inicial, empleándola el ma-

por número de veces posible.

-Debería proporcionar un adecuado confinamiento al concreto para dar la forma y dimensiones requeridas.

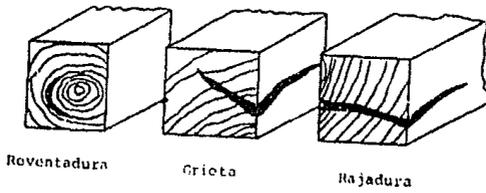


FIG. VI.2

B I B L I O G R A F I A

Apuntes de Acero de Refuerzo
Facultad de Ingeniería.
U.N.A.M.

Apuntes de Diseño de Cimbras de Madera .
Facultad de Ingeniería.
U.N.A.M.

Apuntes de Diseño Estructural
Facultad de Ingeniería.
U.N.A.M.

Manual de Diseño y Construcción de Pilotes
Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.