

---

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM

Proceso Constructivo de Puentes Vehiculares  
Atirantados sobre la Av. Zaragoza caso  
Particular Canal de San Juan.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
PRESENTAN  
ENRIQUETA TRUJILLO MORALES  
JUAN MANUEL LOPEZ MAYA  
JUAN CARLOS MARTINEZ CANAL  
CARLOS MARTINEZ HERNANDEZ.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## **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.

## I N D I C E

	<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>I.</b>	<b>ANTECEDENTES</b>	<b>3</b>
<b>II.</b>	<b>ESTUDIOS PREVIOS</b>	<b>22</b>
<b>III.</b>	<b>PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO</b>	<b>52</b>
<b>IV.</b>	<b>OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>	<b>179</b>
<b>V.</b>	<b>COMENTARIOS Y CONCLUSIONES</b>	<b>204</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>218</b>
	<b>ANEXOS.</b>	

## INTRODUCCION.

La Ciudad de México ha sufrido grandes cambios por la cantidad tan exaquerada de inmigración de las provincias del resto del País. Esto ha traído como consecuencia las grandes acumulaciones de población en determinadas zonas de la Ciudad, dando origen a problemáticas graves para satisfacer las necesidades de éstas.

Tal es el caso de la zona oriente de la Ciudad de México, - donde uno de los problemas de mayor caos era el transporte urbano, ocasionando durante mucho tiempo graves problemas de vialidad sobre la Calzada Ignacio Zaragoza, ya que además de tener -- que guiar todo el transporte de conexión de esa zona, tiene la - función de introducir a la Ciudad la vialidad proveniente de las carreteras Federal y Autopista de Puebla, Tlaxcala y Estado de - México.

Para solucionar este problema la Comisión de Vialidad y - - Transporte Urbano (COVITUR) se hizo cargo de la construcción de la Línea "A" del Metro Férreo que corre sobre la Calzada Zaragoza, circulando superficialmente en un 70% de su longitud total.

Para complementar esta obra fué necesario dar solución a -- los pasos vehiculares y peatonales que cruzaban superficialmente la calzada antes de la construcción de la línea "A".

La solución óptima fué construir puentes de tipo atirantado (por primera vez en la zona metropolitana de la Ciudad de México) sobre las avenidas de mayor circulación, norte-sur y viceversa, - coincidiendo estos puentes con las estaciones de la línea "A".

Los puentes atirantados se han utilizado mucho para salvar grandes claros, en nuestro caso se llegó a la conclusión de usar

lo por el tipo de suelo en que se ubica la construcción, que es sumamente compresible y este tipo de estructuración nos condujo a una solución muy ligera, siendo su peso muerto total de 700 -- Kg/m<sup>2</sup> aproximadamente con lo cual se obtuvieron cimentaciones -- sencillas y económicas.

Para el caso particular de este trabajo, el enfoque principal va dirigido hacia el procedimiento constructivo de los puentes y específicamente hacia el Puente Canal de San Juan.

El trabajo se ha dividido en cinco capítulos en los cuales se darán a conocer las características específicas de los puentes.

En el capítulo I se dan a conocer las características y el problema que hace surgir como alternativa la construcción de estos puentes.

En el siguiente capítulo se analiza la situación real de la zona, del terreno y del tipo de estructura para poder definir una solución.

En el capítulo III se describen las técnicas seguidas para la construcción de los elementos, los cuales se dividieron en: - cimentación, superestructura, aireplén y terraplén.

Las obras complementarias al puente se describen en el capítulo IV y son los elementos constructivos que se manejan como inducidos por el puente.

Finalmente en el capítulo V se presentan una serie de Comentarios y Conclusiones.

## CAPITULO I

# ANTECEDENTES

## I. ANTECEDENTES.

La necesidad de transportarse de un lugar a otro y de realizar diversas actividades en el menor tiempo posible y con un gasto mínimo de energía y dinero, ha constituido desde la época de la conquista un problema a resolver por parte de las autoridades correspondientes, lo cual se ha visto obstruido hasta la fecha a causa de los crecientes problemas viales que se presentan en las ciudades por la enorme cantidad de vehículos que transitan en -- sus calles, que exceden la capacidad de éstas, aumentando las necesidades viales o bien produciendo caos vial por lo que es necesario plantear soluciones que permitan una clara articulación entre las vías existentes y las vías planeadas a futuro.

En la Ciudad de México la vialidad y el transporte público-- tienen que ser mejorados cada año, para brindar un buen servicio debido al aumento en el número de vehículos que circulan, que hace que el desarrollo de la red vial siga requiriendo de una gran atención por parte de las autoridades correspondientes para solucionar y proponer vialidades y no verse rebasados por los problemas como ha ocurrido en el pasado. Para atender estos problemas el Departamento del Distrito Federal creó la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano (COVITUR).

En términos generales, los elementos que forman el tránsito son:

- a) El peatón
- b) El vehículo
- c) El camino.

**a) El peatón.**

Es importante analizar la situación del peatón porque no solamente es víctima del tránsito sino también una de las causas. Víctimas porque en gran parte o en el gran número de los accidentes no sale bien librado ya que cuando no sale lesionado en ocasiones pierde hasta la vida.

Como causante del tránsito, es por falta de educación vial y por lo cual no obedecen señalamientos viales, los cruces de las calles no los realizan en las esquinas, etc.

**b) El vehículo.**

Es indispensable que cada país facilite su transporte, que lo mecanice al máximo para que progrese, para que puedan transportarse los bienes manufacturados, para ir a las ciudades; para que las personas se transporten rápida y cómodamente de sus viviendas a sus lugares de trabajo o de recreo.

**c) El camino.**

Entendemos por camino o calle la faja de terreno acondicionada para el tránsito de vehículos, este elemento del tránsito tal vez sea el menor atendido técnica y operativamente ya que las calles se encuentran en deplorable estado por los distintos tipos de vehículos que circulan por ellas.

**I.I LOS PROBLEMAS DE VIALIDAD.**

Se sabe que son cinco los factores que contribuyen y que deben ser tomados en cuenta en cualquier intento de solución al problema de vialidad.

Estos factores son :



- 1.- Diferentes tipos de vehículos en el mismo camino, diferentes dimensiones, velocidades y características de aceleración.
  - a) Automóviles.
  - b) Camiones y autobuses de alta velocidad.
  - c) Camiones pesados de baja velocidad.
  - d) Vehículos tirados por animales.
  - e) Motocicletas y bicicletas.
- 2.- Superposición del tránsito motorizado en caminos inadecuados.
  - a) Relativamente pocos cambios en el trazo urbano.
  - b) Calles angostas, torcidas y fuertes pendientes.
  - c) Aceras insuficientes.
  - d) Caminos que no han evolucionado.
- 3.- Falta de planificación en el tránsito.
  - a) Calles, caminos y puentes que se siguen construyendo con especificaciones no adecuadas.
  - b) Intersecciones proyectadas sin base técnica.
  - c) Previsión casi nula para estacionamiento.
  - d) Localización inapropiada de zonas residenciales en relación con zonas industriales y comerciales.
- 4.- El automóvil no considerado como necesidad pública.
  - a) Falta de apreciación de las autoridades sobre la necesidad del vehículo dentro de la economía del transporte.
  - b) Falta de apreciación del público en general a la importancia del vehículo automotor.
- 5.- Falta de asimilación por parte del gobierno y del usuario.

- a) Legislación y Reglamento de Tránsito anacrónicos, y que tienden más a forzar al usuario a los mismos, que adaptarse a las necesidades del usuario.
- b) Falta de educación vial del conductor y del peatón.

## I.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCION.

Si el problema de tránsito nos causa pérdida de vidas y -- bienes o sea equivale a una situación de falta de seguridad para las personas y de ineficiencia económica del transporte, la solución lógicamente la obtendremos haciendo el tránsito seguro y -- eficiente.

Existen dos tipos de solución que podemos dar al problema de tránsito de una vialidad existente:

### 1.- Solución parcial de bajo costo.

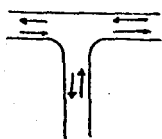
Cuando el volumen del tránsito lo permitía, la solución -- se daba con el máximo aprovechamiento de las condiciones -- existentes con el mínimo de obra adicional y el máximo -- en cuanto a regularización funcional de tránsito, a través de técnica depurada, así como disciplina y educación por parte del usuario.

Incluye entre otras la Legislación y Reglamentación adaptadas a las necesidades del tránsito; las medidas necesarias de educación vial; el sistema de calle con circulación de un sentido; el estacionamiento de tiempo limitado, el proyecto específico y apropiado de señales de tránsito y semáforos.

Las intersecciones que se han propuesto como soluciones de bajo costo son:

**a) Intersecciones simples.**

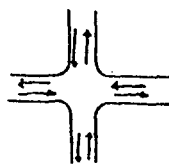
Son aquellas en donde la importancia del tránsito no amerita ningún trabajo especial más que el de señalar el cruce, pintar los pasos de peatones. Solución que para la Ciudad de México, solo se puede aplicar en colonias muy apartadas del centro de la ciudad o en lugares de escasos recursos económicos.



EN "T"



EN "Y"



NORMAL

**INTERSECCION SIMPLE**

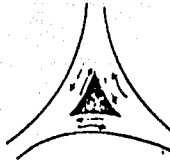
**b) Intersecciones canalizadas.**

Solución que como su nombre lo indica, canalizará el tránsito de manera que al usuario no se le presenten varias decisiones a un tiempo.

Debidamente dotadas de las señales convenientes, las intersecciones canalizadas pueden funcionar en condiciones óptimas y sin que al usuario se le presenten situaciones imprevistas, es decir, sin que se le presenten cambios bruscos.



EN "T"



EN "Y"



EN "Y"

### INTERSECCION CANALIZADA

Finalmente cuando la intersección se complica porque concurren a ella tres o más caminos, la intersección puede dotarse de dispositivos de control que ordene el movimiento vehicular por turnos y en función de los volúmenes de tránsito.

Todos los tipos anteriores a nivel, pueden llegar a tener en un momento dado, control por medio de agentes o semáforos.

En la intersección canalizada se logran encauzar los movimientos en la dirección debida y se separan los conflictos, de tal manera que el usuario no tenga que tomar más de una decisión a un tiempo.

El ángulo en que se intersecan los movimientos debe ser aquel que permita la mejor visibilidad al conducir.

tor.

El proyecto de la canalización depende principalmente de los volúmenes de tránsito a los que se trata de servir, con base en ellos se establece cual camino tiene prioridad de paso, el o los caminos deberán supeditarse de aquel, haciendo "Alto" y cediéndole el paso.

Como ejemplo de soluciones de este tipo que se han - - aplicado en el Distrito Federal es la Avenida Revolución y Río Mixcoac, que es una intersección en "Y" controlada con semáforos.

**c) Intersecciones rotatorias (Glorietas).**

Las intersecciones rotatorias fueron creadas por los urbanistas que trazaron calles diagonales a través de una traza urbana ortodoxa, como lo puede ser la cuadrícula rectangular, para evitar maniobras de cruce directo y en otros para emplazar algún movimiento.

Entre las principales ventajas están:

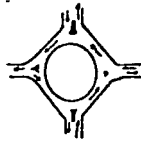
- 1.- Permitir un flujo ordenado y continuo con bajos volúmenes sin demoras por paradas.
- 2.- Con un buen diseño los movimientos de este cruceamiento reemplazan a los cruceros directos comunes en los cruces a nivel; disminuyendo los conflictos.
- 3.- Son especialmente indicadas para intersecciones de cinco o más ramas.
- 4.- Cuestan menos que un paso a desnivel.

Las principales desventajas que presentan:

- 1.- Una intersección rotatoria no puede alojar más tránsito que una intersección canalizada y en muchos casos ya han sido convertidas a este tipo, - por ejemplo: la Glorieta de Periférico y Legaria.
- 2.- Requieren mayor derecho de vía y longitud de calzada, con lo que se limita su uso en zonas de mucha densidad de construcción.



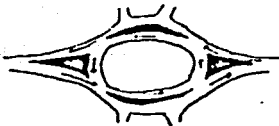
**TRES RAMAS**



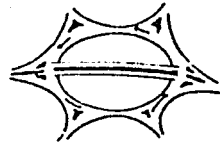
**CUATRO RAMAS**



**CINCO RAMAS**

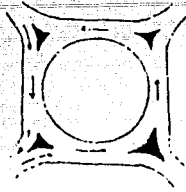


**CONVERTIDA A CANALIZADA, CON  
VUELTA IZQUIERDA DIRECTA**

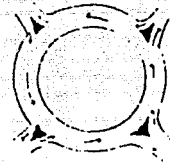


**CONVERTIDA A CANALIZADA, CON  
VUELTA IZQUIERDA INDIRECTA**

**TIPOS DE INTERSECCIONES  
ROTATORIAS**



PLANTA CUADRADA



CIRCULAR

### INTERSECCIONES ROTATORIAS SIMETRICAS

#### 2.- Solución parcial de alto costo.

Esta solución equivale a sacar el mejor partido posible de lo que actualmente tenemos, con ciertos cambios necesarios que requieren fuertes inversiones.

Los casos críticos, como calles angostas, cruces peligrosos, obstrucciones naturales, capacidad restringida, falta de control en la circulación, etc., pueden atacarse mediante la inversión necesaria que es siempre, muy elevada.

Entre las medidas que pueden tomarse están:

##### a) Ampliación de calles.

Cuando los grandes volúmenes se generan a cortas distancias, por ejemplo: cerca de un centro de gravedad como puede ser un centro comercial de autoservicio en horas pico por falta de estacionamiento y de las calles existentes tan estrechas, como por ejemplo de esta solución en nuestra Ciudad fué la construcción de los ejes viales en la

década de los ochenta, en la que muchas calles se ampliaron y se hicieron de un solo sentido creando pares viales.

**b) Arterias de acceso controlado.**

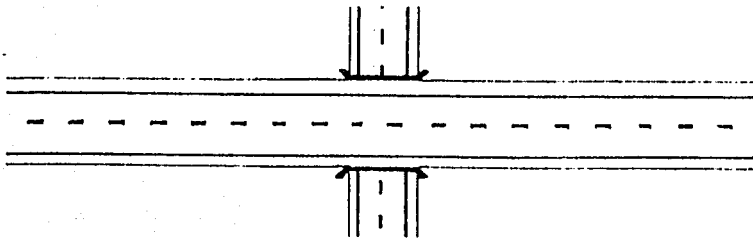
El plano regulador debe determinar en forma clara y específica las arterias de acceso controlado, - total o parcial, que en forma radial y periférica liguen los distintos centros de gravedad.

Las especificaciones de cada tramo de estas arterias deben responder a las necesidades del tránsito, tanto en su volúmen como en los tipos de vehículos que las deben usar.

Debe entenderse que estas arterias de primera categoría, deben tener prioridad de alineamiento -- vertical y horizontal; de sección transversal de paso y estética.

**c) Cruces a desnivel.**

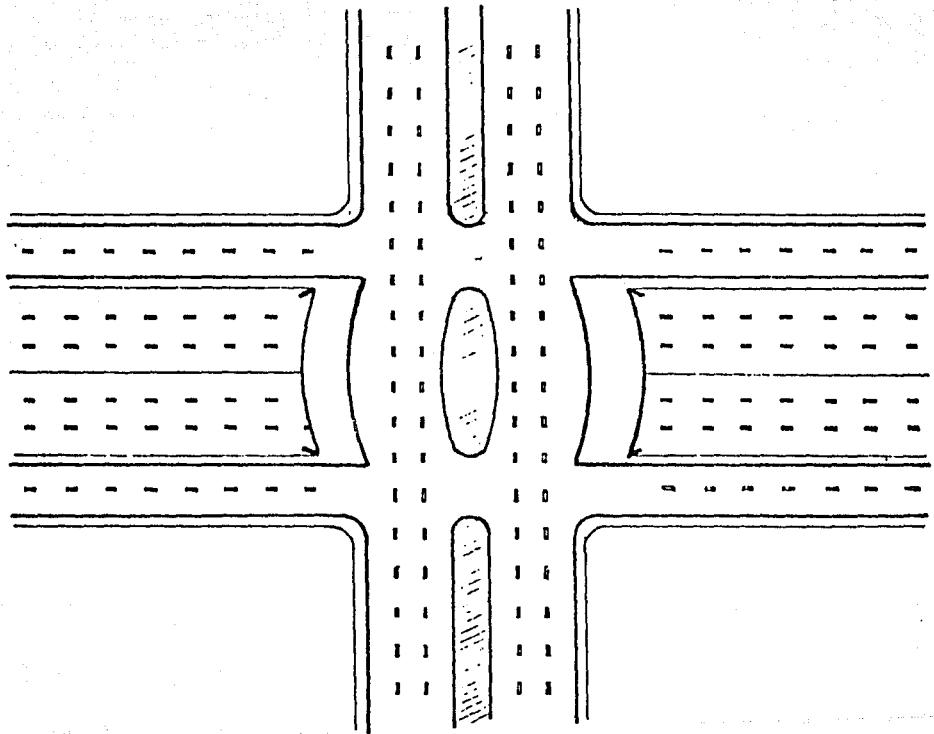
Debe procurarse que todos los cruces con vías de ferrocarril, con avenidas importantes y con arterias de acceso controlado sean a desnivel para -- evitar caos viales. Aquí el tipo de estructura -- que se utiliza mucho es el puente.



P U E N T E

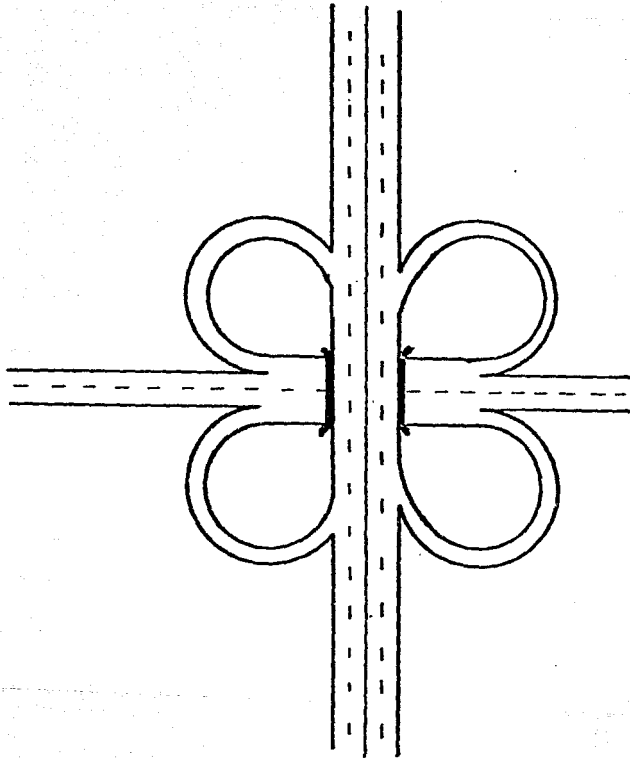
FIG. 1.1 INTERSECCION A DESNIVEL





P U E N T E   C O N   G L O R I E T A

FIG. I.2 INTERSECCION A DESNIVEL



T R E B O L

FIG. 1.3. INTERSECCION A DESNIVEL

### 1.3 EL PUENTE COMO UNA SOLUCION A LA VIALIDAD.

La construcción de los puentes siempre ha cautivado la imaginación del hombre, en ellos se han conjugado el ingenio, los materiales y los procedimientos constructivos.

Así ocurrió con los acueductos y puentes antiguos, donde la piedra dispuesta en arcos aún perdura en obras admirables.

Los puentes se han construido de:

Concreto reforzado.

Concreto presforzado.

Acero.

Combinados.

La evolución de la construcción de puentes está relacionada con los siguientes factores:

- 1.- Utilización de materiales con mayores resistencias.
- 2.- Necesidad de resolver cruceros viales más difíciles.
- 3.- Requisitos más estrictos en el trazo para su construcción.
- 4.- Mejor conocimiento del comportamiento de las estructuras y mayores facilidades para su análisis.

En efecto, los concretos que se utilizan en la actualidad tienen resistencias superiores a  $250 \text{ kg/cm}^2$  para puentes de concreto armado y hasta de  $450 \text{ kg/cm}^2$  para los de concreto presforzado. El acero de refuerzo de que se dispone en la actualidad tiene valores hasta de  $6,000 \text{ kg/cm}^2$  para límite elástico y el acero de presfuerzo que se fabrica en el país alcanza esfuerzos de  $15,000 \text{ kg/cm}^2$  y cargas de ruptura correspondiente a  $17,000 \text{ kg/cm}^2$ .

**a) Puentes de concreto reforzado, colados en el lugar.**

Es el sistema tradicional en el que se requiere -obstruir totalmente el tránsito y se usa cimbra.- Este tipo de construcción de puentes usado en forma común hasta la década de los sesenta, ha caído en desuso por lo lento de su construcción y para los tiempos actuales en donde la solución que representa el puente debería estar funcionando mucho tiempo antes al día de su inauguración.

Ejemplo de este tipo de puentes, lo tenemos a lo largo del Viaducto Miguel Alemán y en el Anillo Periférico en su tramo de Conscripto a Barranca del Muerto.

**b) Puentes de concreto presforzado.**

Las características que tiene el concreto presforzado para ser usado en la construcción de puentes, son sus propiedades dinámicas y de amortiguamiento de ruido que tiene este material; éstas y su adaptabilidad arquitectónica lo hacen un material ideal en las estructuras para vías de tránsito.

El buen desempeño de los elementos prefabricados, su economía y su apariencia se han confirmado en su uso para la construcción de las obras de vialidad modernas. Actualmente su uso se ha generalizado por la disponibilidad de los elementos usados y por la rapidez en que se colocan los elementos sin tener que interferir el tráfico en aveni-

das o servicios públicos como el metro.

Se han usado en la construcción del Circuito Interior y recientemente en los cruces de Calzada de Tlalpan con Municipio Libre y Emiliano Zapata, en donde su montaje se realizó en muy corto tiempo y no hubo necesidad de interrumpir el paso del Metro (Línea 2).

**c) Puentes de acero.**

Los puentes hechos en acero, incorporan extraordinarias ventajas como son la estética, su ligereza de la construcción, su rapidez y simpleza de montaje y costos totales competitivos respecto a las estructuras de concreto.

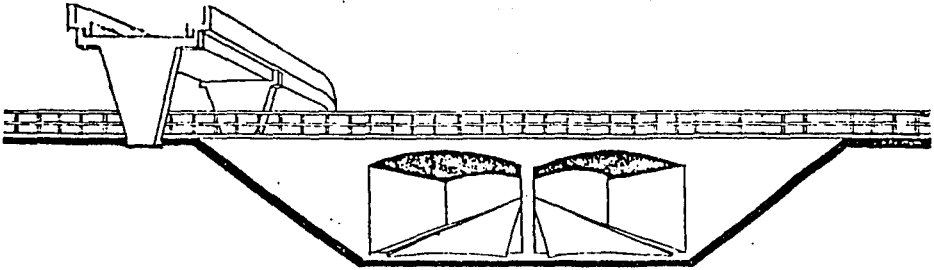
Sin pretender entrar en mucho detalle dentro de esta área, es reconocido ya que los puentes de grandes claros solo son posibles con estructuras metálicas (Sistemas suspendidos de cables).

Cada vez en el mundo de la construcción los viaductos y pasos elevados se construyen con más frecuencia a base de estructuras de acero y losa de piso de concreto reforzado trabajando en construcción compuesta con el acero.

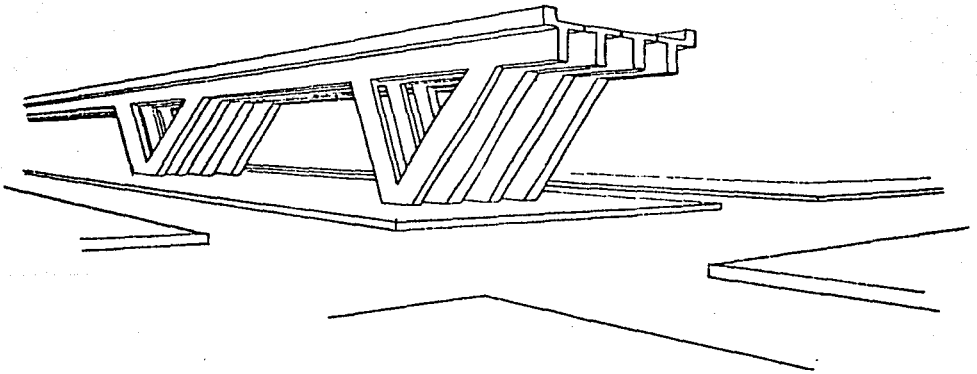
Como ejemplo tenemos que el primer puente de este tipo en la Ciudad de México fué el puente de Nonoalco, en Insurgentes Norte, y más recientemente se construyó otro en el cruce de Tlalpan y Miguel Angel de Quevedo.

**d) Puentes combinados.**

Como ejemplo de este tipo de puentes combinados, tenemos los puentes ligeros atirantados que se han construido actualmente en la Avenida Ignacio Zaragoza, estos puentes están contruídos con -- una cimentación de apoyos de concreto armado ali gerado y una estructura metálica la cual está de tenida en los apoyos de concreto y la parte cen tral está sostenida de unos cables de alta resis tencia.



**FIG. 1.4. PUEBTE DE CONCRETO REFORZADO**



**FIG. 1.5. PUEBTE DE CONCRETO PRESFORZADO**

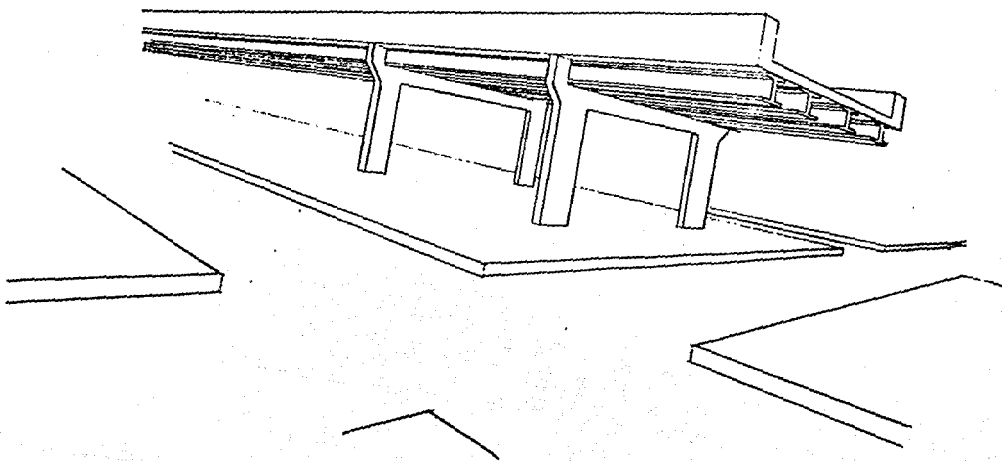


FIG. 1.6. Puentes de Acero



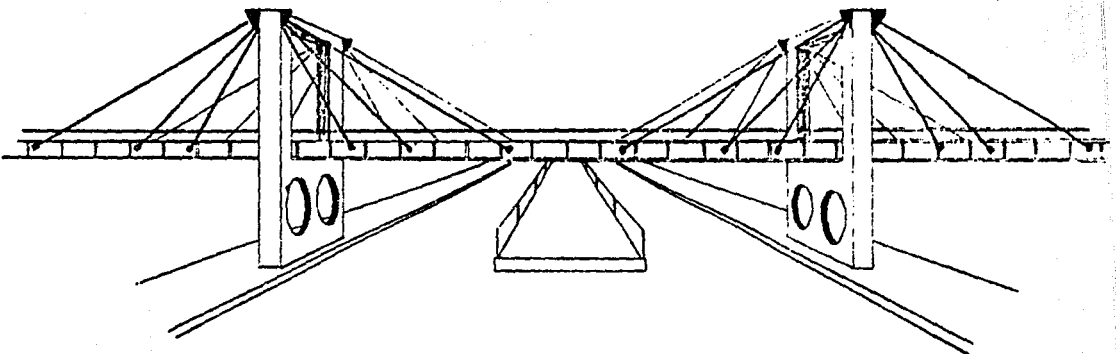


FIG. 1.7. PUENTES COMBINADOS

## CAPITULO II

# ESTUDIOS PREVIOS

## II. ESTUDIOS PREVIOS.

Todas las obras viales que se desarrollan en el Distrito Federal, forman parte de un complejo Plan Maestro de Desarrollo Urbano, establecido ya hace más de 20 años. Este plan ha evolucionado con el tiempo, mejorando soluciones y ampliando el ámbito de su influencia en toda la Zona Metropolitana.

Para desarrollar los estudios, fué creada la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano que depende del Departamento del Distrito Federal. Conjuntamente en el Estado de México se originó la COTEM (Coordinadora del Transporte en el Estado de México). Esta conjunción debe ayudar a enlazar correctamente la vialidad que fluctúa del D. F. hacia los Municipios conurbados y viceversa.

Para nuestro caso particular y como parte de un programa de Gobierno, se cuenta con medidas para ayudar a resolver el problema vial de la zona Oriente de la Ciudad en las Delegaciones Iztapalapa, Iztacalco y el Estado de México. Este problema no se había tratado de solucionar ya que las condiciones económicas del País no eran buenas para iniciar una obra tan costosa y por otra parte, para evitar el crecimiento de los asentamientos irregulares.

### II.1.- SOLUCION A LA VIALIDAD.

La solución que se le dió al problema es la construcción de la línea "A" del Metro, Pantitlán-La Paz y transformar la Calzada General Ignacio Zaragoza en una vía de acceso controlado con 14 carriles, 7 en cada sentido, dejando los carriles laterales para el tránsito vehicular pesado y los carriles centrales para circu-

lar con una velocidad óptima, obteniendo un servicio e imagen adecuadas a la importancia a esta vía de acceso a la Ciudad de México.

#### II.1.1.- LINEA "A" DEL METRO.

Las medidas adoptadas para lograr fortalecer el Transporte Colectivo Eléctrico sobre el individual se observan en el continuo incremento de la red del metro al ampliar las líneas existentes y construir nuevas como la línea Pantitlán-La Paz.

La expansión del transporte masivo no contaminante, como parte de la estrategia integral y compromisos contra la contaminación atmosférica, ha sido uno de los aspectos prioritarios de la actual administración en los programas de desarrollo y modernización de la Ciudad de México.

La línea "A" se ubica al Oriente de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, sobre uno de los corredores de mayor demanda de transporte urbano que es la Calzada General Ignacio Zaragoza: tiene su origen en el Centro Urbano Pantitlán en la Delegación Itacaalco, continúa hacia el Oriente y termina en el Municipio de la Paz en el Estado de México.

La longitud de la línea es de 17 km. de los cuales 13 km. se localizan en el Distrito Federal y 4 km. en el Estado de México, a partir de la Estación Pantitlán en la intersección del Eje 1 -- Ote. con la Av. Río Churubusco, se desplaza del orden de 1 km. -- hasta llegar a la Av. General Ignacio Zaragoza en donde cambia de dirección hacia el Oriente sobre el centro de dicha avenida, recorriendo aproximadamente 11 km. hasta el entronque de esta calzada en Santa Martha Acatitla con la Carretera Federal México-Puebla;--

continúa en la misma dirección por el derecho de vía del Ferrocarril México-Cuautla, atraviesa la población de los Reyes y la Carretera México-Texcoco hasta terminar frente a la estación de los Reyes del Ferrocarril México-Izúcar, en el Municipio de La Paz, - Estado de México.

La construcción de la línea "A" del Metro se realizó en dos soluciones: subterránea y superficial. La primera, se construyó a base de un túnel falso de sección rectangular conformado a base de muros tablestaca y estructurales, losa de piso y techo integrado por tabletas prefabricadas y firme de compresión; la solución superficial, consiste en una estructura de concreto hidráulico en forma de cajón abierto, integrada por una losa de fondo la cual - se construye sobre una plantilla de concreto pobre, dos muros laterales que además sirven de confinamiento y un muro central de - seguridad.

La solución subterránea se consideró en tres tramos de la línea; el primero de aproximadamente 1,600 m de longitud desde Pantitlán hasta la Calzada Ignacio Zaragoza, para poder cruzar por - debajo de la línea 5 del Metro y los carriles Norte de la Calzada Ignacio Zaragoza; el segundo tramo de 500 m de longitud se cons--truyó entre Acatitla y Santa Martha a efecto de librar la viali--dad de la propia Calzada, así mismo, se consideró un paso deprimi--do del Metro en cajón subterráneo de aproximadamente 385 metros - en el tramo Santa Martha-Los Reyes. Lo anterior, debido a la im--portancia que representa la Avenida Simón Bolívar en el Municipio de Los Reyes, Estado de México.

La participación de este proyecto en el sistema integral del transporte de la zona Metropolitana de la Ciudad de México, es de suma importancia por las siguientes razones:

- Es una transición entre un metro convencional y un ferrocarril-suburbano con interestaciones de 1,200 m hasta 2,200 m de separación.
- En general, los usuarios lo tomarán como parte de un traslado integrado por autobús-Metro Zaragoza-Metro líneas 1, 5 y 9.
- Se propiciará el intercambio modal en cada una de las estaciones, con las adecuaciones necesarias a la vialidad para acceso del transporte colectivo de superficie.

#### II.1.2- RECONSTRUCCION DE LA CALZADA GENERAL IGNACIO ZARAGOZA.

Por su contribución al problema de la contaminación atmosférica el transporte es uno de los factores donde se deben realizar y reforzar acciones significativas y efectivas, como lo establece el Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica de la Ciudad de México. Dentro de este marco, una de las acciones señaladas en el Programa consiste en el mejoramiento de los accesos a la Ciudad, para ello, se habilitó la Calzada General Ignacio Zaragoza como vía de acceso controlado desde la Av. Río Churubusco hasta el entronque con la carretera de cuota México-Puebla en aproximadamente 11 km. de longitud.

Cuenta con cuatro carriles centrales y tres laterales, para un total de siete carriles por sentido de circulación.

De manera adicional, se contempló la construcción de la vialidad coincidente entre Zaragoza y Pantitlán, así como el tramo entre Santa Martha y la Paz, Estado de México.

Para que la vialidad de dicha Calzada opere como vía rápida, se hicieron las adecuaciones geométricas necesarias así como el mejoramiento de la estructura de los pavimentos con objeto de lo-

gar el funcionamiento adecuado de la circulación vehicular.

Con la implantación del proyecto vial de la Calzada General-Ignacio Zaragoza, se atenderán los siguientes problemas:

- Solución al tránsito vehicular de la propia Calzada entre Santa Martha y Río Churubusco; considerando que esta avenida es uno de los principales accesos a la Ciudad de México y de los de mayor volúmen de tráfico de la Zona Metropolitana.
- Descongestionar de tráfico urbano la super carretera México-Puebla y de Chalco a Santa Martha.
- Disminuir molestias y reducir tiempo de traslado de los vehículos procedentes de o con destino al Oriente: Texcoco, Chalco, Tlaxcala y Puebla.

Por otra parte, el Estado de México construye las obras viales necesarias para alimentar al Metro con usuarios procedentes de las carreteras de Texcoco, Federal y de Cuota de Puebla.

### II.1.3- PUENTES ATIRANTADOS.

Para asegurar la continuidad en la Circulación de la Calzada General Ignacio Zaragoza y del propio Metro, se construyeron seis puentes con estructura metálica soportada en tirantes de acero, con una longitud promedio de los puentes de 480 m. y un claro principal promedio de 55 m., dichos puentes son:

- Rojo Gómez, de cuatro carriles, dos en cada sentido.
- Canal de San Juan, de cuatro carriles en la primera etapa.
- Telecomunicaciones, de dos carriles, uno en cada sentido.
- Crisóstomo Bonilla, de seis carriles, tres en cada sentido.
- República Federal, de tres carriles en la primera etapa.
- Amador Salazar, de dos carriles.

#### II.1.4.- PUENTES PEATONALES.

Se construyeron 11 puentes y se reconstruyeron diez. Del total de estos puentes, algunos sirven también de acceso a las estaciones del Metro.

#### II.1.5.- REORDENACION DEL TRANSPORTE.

Paralelo a la solución vial, se contempló la necesidad de -- crear zonas de intercambio de medios de transporte, de acuerdo a las necesidades de reordenación del transporte y en función de -- los aforos realizados.

Para tal efecto, se construyeron dos zonas (paraderos) de intercambio en la Paz y en Santa Martha, para captación del trans-- porte suburbano proveniente de las Carreteras Federales Puebla y Chalco, así como la Autopista a Puebla.

#### II.2.- CIMENTACION.

Como ya se mencionó, con la idea de mejorar la vialidad de la zona Oriente de la Ciudad de México, se creó la línea "A" del Metro Férreo trayendo como consecuencia la construcción de puen-- tes atirantados. Estas obras están localizadas a lo largo de la Calzada Ignacio Zaragoza, los puentes atraviesan transversalmente a dicha Calzada en las Avenidas donde el tránsito de vehículos es de verdad importante, estas avenidas son: Rojo Gómez, Canal de San Juan, Telecomunicaciones, República Federal, Amador Salazar y Crisóstomo Bonilla. Para éstas se debió reconocer las condicio-- nes del subsuelo ya que en cada una, la construcción del puente - atirantado tendrá un comportamiento diferente.



Para establecer las condiciones que se requieren para tomar el criterio apropiado en la solución de la cimentación se debe -- realizar un Estudio de Mecánica de Suelos en la zona donde se tiene prevista la instalación de la estructura.

Este estudio deberá establecer las condiciones de la zona y la posible problemática a la que se enfrentará la realización de la obra, planteando alternativas de solución y finalmente la conclusión del trabajo que será el tipo de cimentación que requiere cada obra.

Al presentar el subsuelo de la Ciudad de México, características de materiales altamente compresibles y con baja capacidad de carga, además del fenómeno de hundimiento regional, ocasionado por el bombeo exhaustivo en los mantos acuíferos del subsuelo; se prevee que provoquen grandes problemas a las estructuras apoyadas en ese suelo, como:

- Asentamientos de magnitud considerable a estructuras cimentadas superficialmente.
- Emersiones respecto al terreno circundante de las estructuras cimentadas con pilotes de punta, causando graves daños a estructuras vecinas, tuberías y pavimentos.
- Disminución de la capacidad de carga de los pilotes de punta, inducida por el fenómeno de fricción negativa.

De acuerdo a la zonificación que para el Distrito Federal establece el Reglamento de Construcciones, se tiene una división de tres zonas, con las siguientes características:

Zona I. Lomas, formada por rocas o suelos generalmente firmes -- que fueron depositados fuera del ambiente lacustre, pero en los-

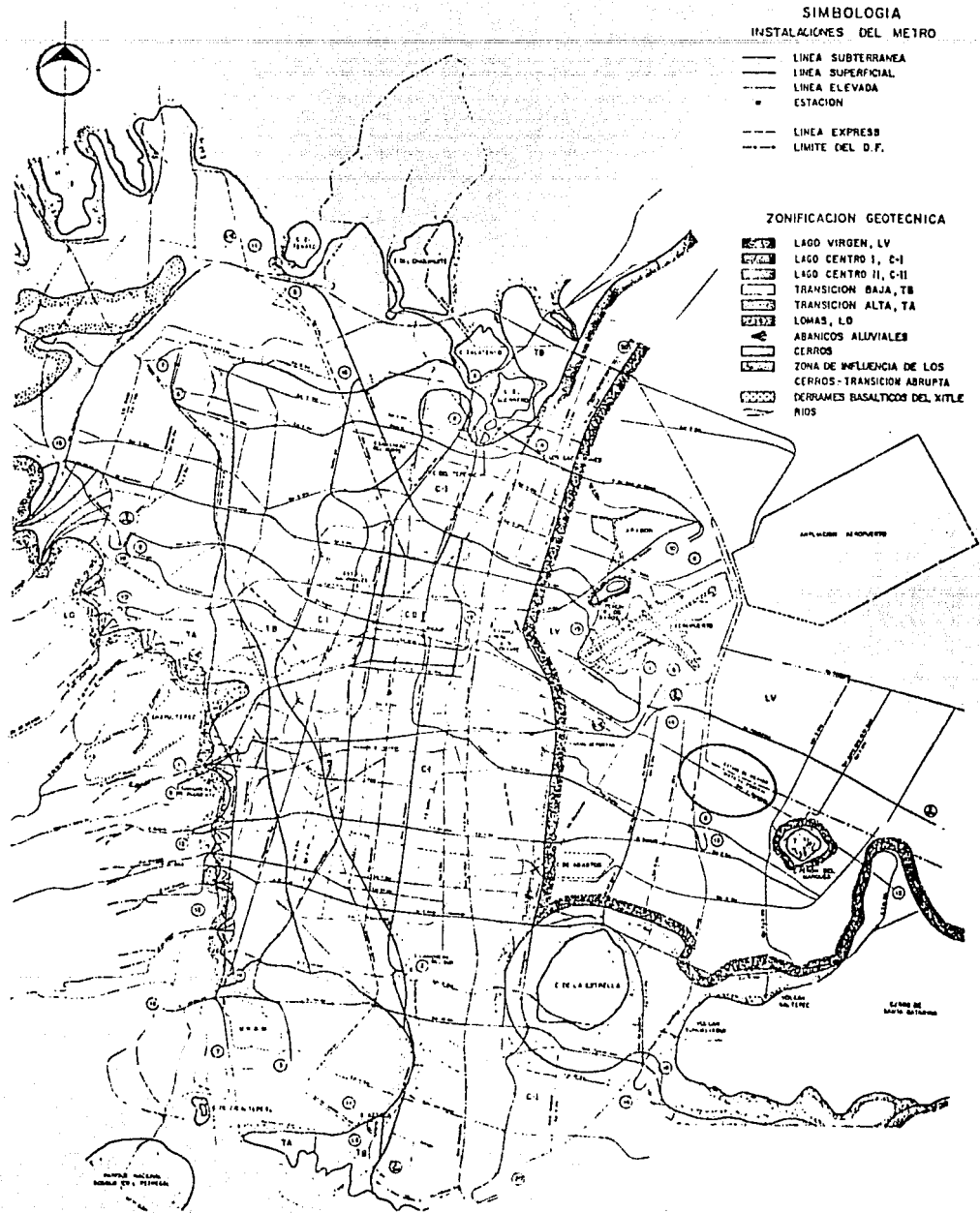
que pueden existir, superficialmente o intercalados, depósitos -- arenosos en estado suelto o cohesivos relativamente blandos. En esta Zona, es frecuente la presencia de oquedades en rocas y de cavernas y túneles excavados en suelos para explotar minas de arena.

Zona II. Transición, es la parte en la que depósitos profundos -- se encuentran a 20 m. de profundidad, o menos, y que está constituido predominantemente por estratos arenosos y limo-arenosos intercalados con capas de arcilla lacustre; el espesor de éstas es variable entre decenas de centímetros y pocos metros.

Zona III. Lacustre, integrada por potentes depósitos de arcilla -- altamente compresible, separados por capas arenosas con contenido diverso de limo o arcilla. Estas capas arenosas son de consistencia firme a muy dura y de espesores variables de centímetros a -- varios metros. Los depósitos lacustres suelen estar cubiertos superficialmente por suelos aluviales y rellenos artificiales; el -- espesor de este conjunto puede ser superior a 50 m.

Esta zonificación se encuentra señalada en las Normas Técnicas Complementarias de Cimentación, donde se muestra el territorio del Distrito Federal y los límites que por exploración general, -- se han establecido de las zonas que el Reglamento menciona (Fig. II.1). De acuerdo a dicha zonificación el predio en estudio se -- encuentra en la denominada zona de Lago, con las características siguientes:

Manto superficial, poco espesor; formación arcillosa superior, de gran dimensión; primera capa dura, casi escasa; formación arcillosa inferior, más compacta pero disminuyendo su espesor; y los depósitos profundos.



CIUDAD DE MEXICO

FIG. II.1. ZONIFICACION GEOTECNICA

Ya identificada la zona teórica, se deben establecer las características y parámetros de comportamiento para la aplicación de la teoría apropiada y mediante la cual se llevará a cabo la extracción de las muestras del suelo y la ejecución de las pruebas de laboratorio.

Los estudios se iniciarán con un reconocimiento detallado -- del lugar donde se localiza el predio, se revisará la historia de cargas soportadas previamente por el suelo de cimentación y las áreas circundantes, con objeto de averiguar las diversas partes de un mismo predio que puedan dar origen a movimientos diferenciales importantes.

Para estudiar cualquier tipo de cimentación es necesario elaborar un programa de exploración, que permita obtener muestras alteradas o inalteradas. Dicho programa puede incluir la realización de sondeos de tipo preliminar y de tipo definitivo.

En el siguiente cuadro se muestran los tipos principales de sondeos que pueden utilizarse para la realización de los Estudios de Mecánica de Suelos. (Ver Tabla II.A). De estos tipos de exploración se elegirá el o los más convenientes, tomando en consideración el tipo de suelo donde se harán los sondeos que deban ejecutarse en un programa de exploración de suelos depende fundamentalmente del tipo de subsuelo, según la clasificación teórica del Reglamento, y la importancia de la obra. El número de estos sondeos exploratorios será el suficiente para dar precisamente el conocimiento indispensable para establecer el tipo y características mecánicas del subsuelo. En el caso de estudios para cimentaciones de puentes, el propio trazo del puente y los puntos donde se habrán de situar pilas y estribos, proporcionarán puntos sugere

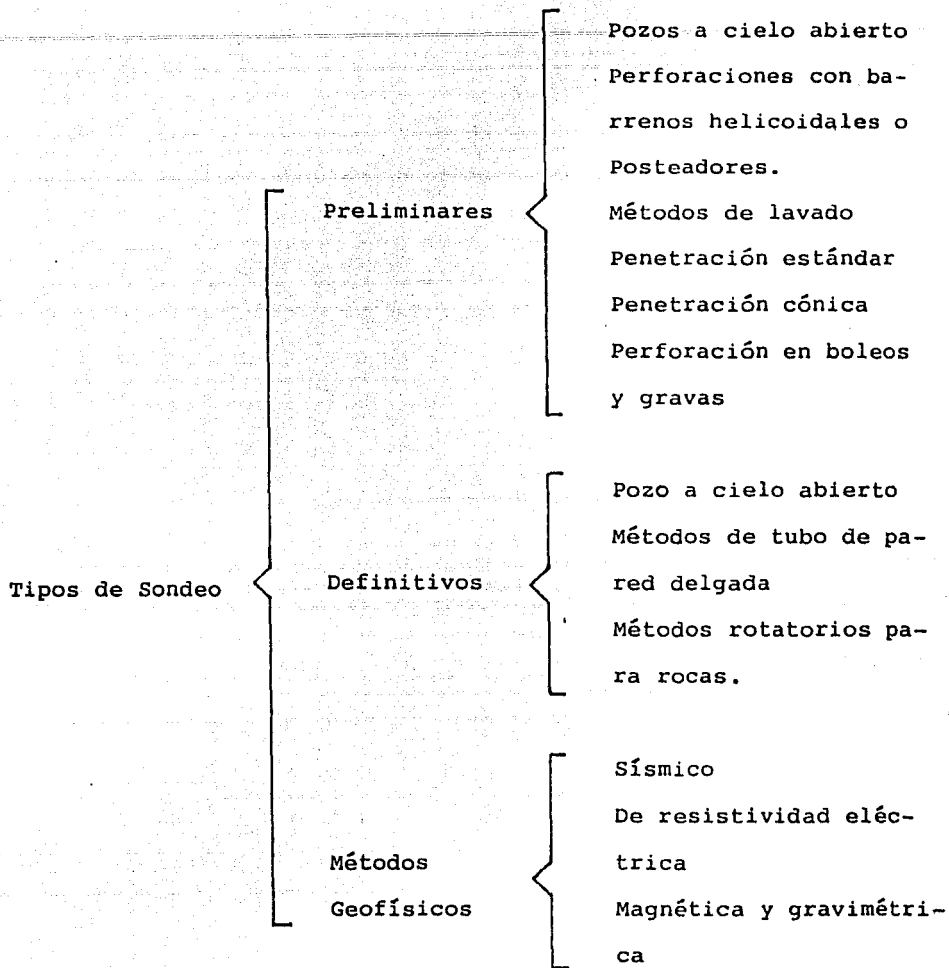


TABLA II.A.

tivos. El estudio de las características del suelo y su comportamiento mecánico, no sólo será antes de llevar a cabo la obra, sino que estará sujeto a continua revisión durante la construcción y aún ya terminada la obra.

Para el caso particular del Puente Vehicular Atirantado Ca--

nal de San Juan, se llevaron a cabo cuatro sondeos, tres de éstos fueron del tipo de Cono Eléctrico y uno mixto, que hace participar dos tipos de exploración para obtener muestras inalteradas y aún alteradas, éstas son de penetración estándar y tubo de pared delgada o Shelby.

En el método de cono eléctrico, los sondeos, consisten en -- hincar una pieza cilíndrica de acero, cuyo extremo inferior, es cónico, con ángulo de ataque de 60 grados y un área transversal de  $10.18 \text{ cm}^2$ , a una velocidad de 1 cm/seg. El cono está instrumentado con deformímetros eléctricos que miden la resistencia a la penetración de la punta cónica al penetrar en el terreno. El cono eléctrico va acoplado a la tubería de perforación convencional de diámetro EW, la cual permite hincar la herramienta con ayuda de una máquina perforadora.

En el método de penetración estándar, el muestreador o penetrómetro estándar es un tubo de pared gruesa de dimensiones específicas que se hinca a percusión, el tubo es grueso, partido longitudinalmente con una zapata de acero endurecido y una cabeza -- que lo une al extremo inferior de una columna de barras de perforación que le transmite la energía de hincado, la cabeza tiene -- una válvula esférica que permite, durante el hincado, aliviar las presiones del fluido y azolves, una vez retirado el tubo se recupera fácilmente la muestra. En el suelo puramente friccionante, la prueba permite adquirir y conocer la compacidad de los mantos. En suelos plásticos la prueba permite adquirir una idea de la resistencia a la compresión simple. Además el método lleva implícito un muestreo que proporciona muestras alteradas representativas del suelo en estudio. El muestreo obtenido por la prueba de tubo

de pared delgada nos da muestras casi inalteradas, en suelos finos blandos a semiduros, localizados arriba o abajo del nivel freático, el hincado de este instrumento es a presión.

Los sondeos y su localización se muestran en el anexo 1, donde se observa que el sondeo mixto y uno cónico se elaboraron sobre el eje del Metro y los dos restantes se encuentran uno de cada lado del puente, longitudinalmente.

Una vez que se han obtenido las muestras durante los trabajos de exploración del subsuelo se mandan al laboratorio, protegidas debidamente para evitar pérdidas de humedad y de estructuración en el caso de que el muestreo sea del tipo inalterados, a fin de practicar las pruebas apropiadas que se requieren.

Es necesario considerar que los suelos se presentan en la naturaleza en una gran variedad, con propiedades mecánicas también diferentes; pues aún en los suelos homogéneos, éstas varían de punto a punto. Lo anterior trae consigo la necesidad de aplicar pruebas diferentes, cuya elección depende de las propiedades que son de interés, dependiendo del problema de Ingeniería cuyo proyecto se realiza y de las condiciones del propio suelo. (Tabla II.B), el tipo de muestra que se obtenga está pues relacionado con el fin que se pretenda lograr al realizar el estudio. Los materiales encontrados se identifican y clasifican, a partir de sus propiedades índice de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), de ésta se obtendrán: contenido de agua, densidad de sólidos, pruebas de granulometría, límites de consistencia, peso volumétrico, pruebas de compactación, pruebas de permeabilidad, compresibilidad, expansibilidad y resistencia al esfuerzo cortante.

<u>PROBLEMA</u>	<u>TIPO DE SUELO</u>	<u>PRUEBAS APROPIADAS</u>
CAPACIDAD DE CARGA	ARCILLAS Y LIMOS	1) CONTENIDO DE AGUA 2) LIMITES DE CONSISTENCIA 3) PESO ESPECIFICO - RELATIVO 4) PESO VOLUMETRICO 5) COMPRESION SIMPLE 6) COMPRESION TRIAXIAL
	ARENAS	1, 3, 4, 6, 7) COMPACIDAD 8) DISTRIBUCION DE TAMAÑOS DE PARTICULAS
	GRAVAS	3, 4, 7, 8
ASENTAMIENTOS	ARCILLAS Y LIMOS	1, 2, 3, 4, 9) PRUEBA DE CONSOLIDACION
	ARENAS	1, 3, 4, 7
	GRAVAS	3, 4, 7
FLUJO DE AGUA	ARCILLAS Y LIMOS	1, 2, 4, 10) PRUEBA DE PERMEABILIDAD
	ARENAS	1, 3, 4, 7, 8, 10
	GRAVAS	3, 4, 7, 8, 10
	ARCILLAS Y LIMOS	1, 2, 3, 4, 5, 6
	ARENAS	1, 3, 4, 6, 7, 8
	GRAVAS	3, 4, 6, 7, 8
ESTABILIDAD DE	ARCILLAS Y LIMOS	1, 2, 3, 4, 5, 6, 11) PRUEBAS DE CORTE DIRECTO
	ARENAS	1, 3, 4, 6, 7, 8, 11
	GRAVAS	3, 4, 7, 8, 11

**TABLA II.B PRUEBAS REQUERIDAS.**



Finalmente para el caso particular del Puente Canal de San-Juan, se obtuvo en su caso, de cono eléctrico, las gráficas que nos dan la resistencia de punta del mismo, con ello se llega a resultados característicos para clasificar el suelo y la profundidad en la cual se encuentran los diferentes estratos. Del muestreo de tubo Shelby, se obtuvieron datos como el peso volumétrico, resistencia al esfuerzo, compactación del suelo, cohesión del suelo en prueba no drenada, no consolidada, ángulo de fricción interna del material y coeficiente de compresibilidad volumétrica.

A partir de los resultados de la exploración y laboratorio se definieron cuatro estratos que se indican en la siguiente tabla y una interpretación general de la estratigrafía del subsuelo se muestra en la figura del anexo 1.

<u>ESTRATO</u>	<u>PROFUNDIDAD</u>
-Arenoso café claro y gris verde de alta plasticidad y consistencia media con lentes intercalados de arcilla y arena.	0.00 a 10.00
-Arcilla volcánica café y verde, gris y rojiza, de alta plasticidad de consistencia variable de muy blanda a blanda con lentes intercalados de arena y vidrios volcánicos y ceniza.	10.00 a 45.00
-Arcilla volcánica verde de alta plasticidad de consistencia blanda con lentes intercalados de arena y vidrio volcánico.	45.00 a 65.00

-Arena limosa gris verde, compacidad -- muy alta.	65.00 a 70.00
--	---------------

El nivel de agua freática se encuentra localizado a 4.80 m. a partir del nivel actual de piso.

Una vez obtenidos los resultados de las pruebas y haber definido la estratigrafía, se llegaron a encontrar las alternativas de solución, teniendo en cuenta las propiedades básicas de los componentes del subsuelo.

Además se deberá considerar la estructura que soportará la cimentación, para poder definir los elementos que llegarán a cargar la cimentación.

Empezaremos por definir algunos de los tipos de cimentación para saber las posibles soluciones y definir la real.

### TIPOS DE CIMENTACION

Arbitrariamente se acostumbra hablar de dos grandes grupos de cimentaciones:

Aquellas que transmiten su carga a estratos de suelo que se encuentran a poca profundidad bajo la superficie por lo que se denominan cimentaciones someras o superficiales, para distinguir -- las de aquellas otras cuya carga es transmitida hasta estratos de suelo relativamente profundos, a lo cual deben el nombre de cimentaciones profundas.

Las cimentaciones someras están representadas por los siguientes tipos:

ZAPATAS	}	Aisladas
		Corridas (Interiores y de Lindero)
		Voladizo
		Reticulado de zapatas

LOSAS	}	Reticuladas
		Planas

CAJONES	}	Compensados
		Semicompensados

En el grupo de las cimentaciones profundas están los siguientes tipos:

PILOTES Øs. de 0.3 m a 1.0 m	}	Fricción
		Punta
		Mixto

PILAS (Ø mayor a 60 cm, macizas)

CILINDROS (Ø menor de 3 m y mayor de 60 cm).

La selección de los diversos tipos de cimentaciones debe hacerse teniendo siempre en cuenta al igual que en todas las obras de ingeniería, el aspecto técnico y el factor económico.

Mediante la aplicación de los principios de la Mecánica de Suelos es posible preveer en la actualidad, dentro de límites de aproximación razonables el comportamiento de una cimentación y sobre esta base hacer una buena elección del tipo más adecuado, -

se sabe ahora que en dicho comportamiento intervienen los siguientes factores:

**CONDICIONES DEL SUELO:** Expresadas por la estratigrafía y las propiedades mecánicas de cada uno de los estratos que lo constituyen; principalmente, la resistencia al corte, la compasibilidad y la permeabilidad, estas características son determinadas en la práctica con el auxilio de los métodos de exploración y muestreo y la realización de ensayos de laboratorio.

**MAGNITUD DE LAS CARGAS DE LA ESTRUCTURA:** La cimentación debe ser elegida de tal manera que las cargas aplicadas al terreno no produzcan en él, esfuerzos cortantes mayores que los que el terreno sea capaz de soportar, con un margen de seguridad razonable: Esta condición requiere determinar la capacidad de carga admisible en los distintos estratos de suelo identificando en el sitio particular de que se traté y dimensionar la cimentación de acuerdo con esta y la magnitud de las cargas de la estructura.

**TOLERANCIA DE LA ESTRUCTURA A LOS ASENTAMIENTOS:** Simultáneamente con el requisito de capacidad de carga, es indispensable que la solución elegida para el cimiento no produzca asenta

mientos diferenciales del terreno, mayores que los que la estructura sea capaz de tolerar. Los métodos actuales permiten estimar, en forma suficientemente aproximada, la magnitud de estos asentamientos en función de la compresibilidad de los distintos suelos que intervienen y de la magnitud de los esfuerzos inducidos al terreno por el cimiento. Por otra parte, el conjunto de cimentación-estructura es capaz de tolerar asentamientos diferenciales de acuerdo con su rigidez; al mismo tiempo, la rigidez del conjunto impone al suelo restricciones al asentamiento diferencial que se traduce en redistribución de cargas transmitidas al terreno; esta situación plantea un problema de interacción entre el suelo y la cimentación que debe ser tomado en cuenta en el diseño estructural.

**DIMENSIONES Y COMPORTAMIENTO:** La aplicación de los principios de la Mecánica de Suelos y la experiencia muestran que la magnitud de los esfuerzos y las deformaciones inducidas en el suelo, no solo son función de la carga aplicada sino también de la forma, dimensiones y rigidez del cimiento, y que este conjunto de factores, unido a la estratigrafía y propiedades de los materiales involucra--

dos determinan el último análisis del comportamiento.

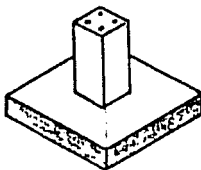
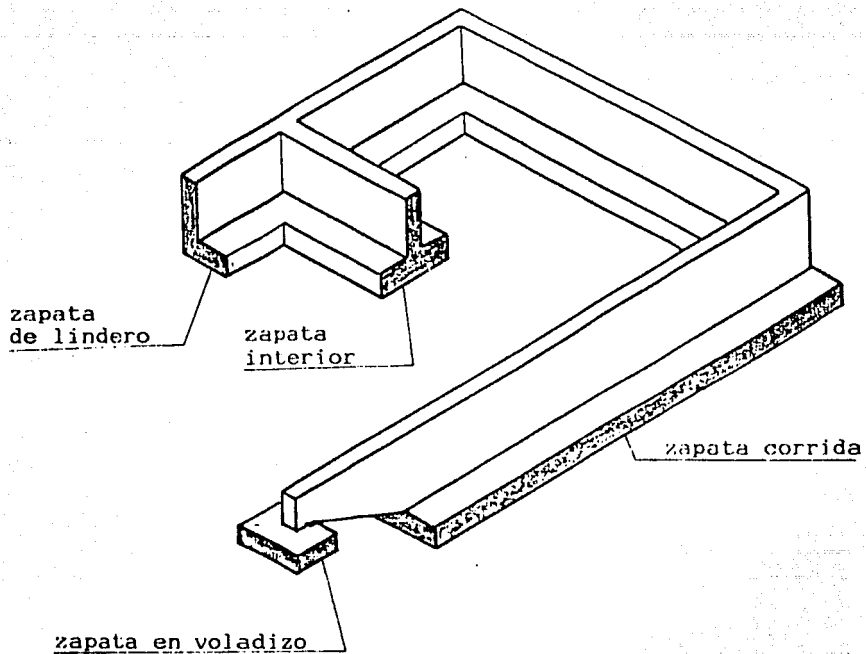
### SELECCION DE LA CIMENTACION.

En general, los factores que influyen en la correcta selección de una cimentación dada pueden agruparse en tres clases - - principales:

- 1) Los relativos a la superestructura, que engloban su función, cargas que transmiten al suelo, materiales que la constituyen, etc.
- 2) Los relativos al suelo, que se refieren a sus propiedades mecánicas, especialmente a su resistencia y compresibilidad, a sus condiciones hidráulicas, etc.
- 3) Los factores económicos, que deben balancear el costo de la cimentación en comparación con la importancia y aún el costo de la superestructura.

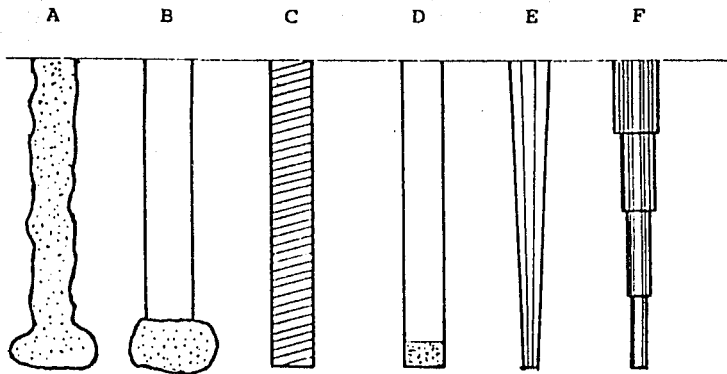
De hecho, el balance de los factores anteriores puede hacer que diferentes proyectistas de experiencia lleguen a soluciones ligeramente distintas para una cimentación dada, pues el problema carece de solución única por faltar un criterio "exacto" para efectuar tal balance, que siempre tendrá una parte de apreciación personal.

Debe observarse que al balancear los factores anteriores -- adoptando un punto de vista estrictamente ingenieril, debe estudiarse no sólo la necesidad de proyectar una cimentación que sostenga en el suelo disponible sin fallar o colapsarse, sino -- también que no tenga durante su vida asentamientos o expansiones que interfieran con la función de la estructura.



zapata aislada

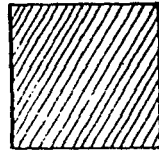
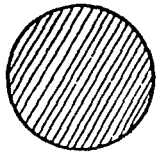
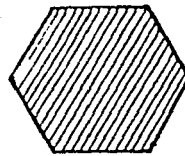
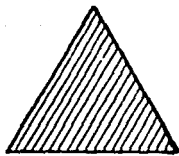
FIG. II.2. CLASIFICACION DE ZAPATAS



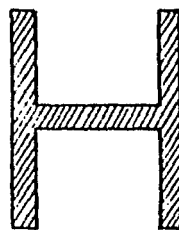
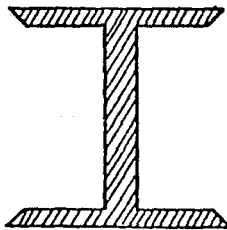
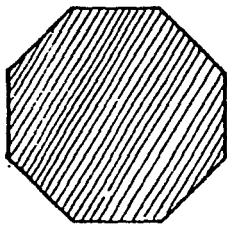
- A). No ademado (Franki).
- B). Ademado.
- C). Cilíndrico corrugado (Cobi).
- D). Tubo de pared delgada.
- E). Tubo cónico.
- F). Cónico escalonado.

FIG. II.3. TIPOS DE PILOTES



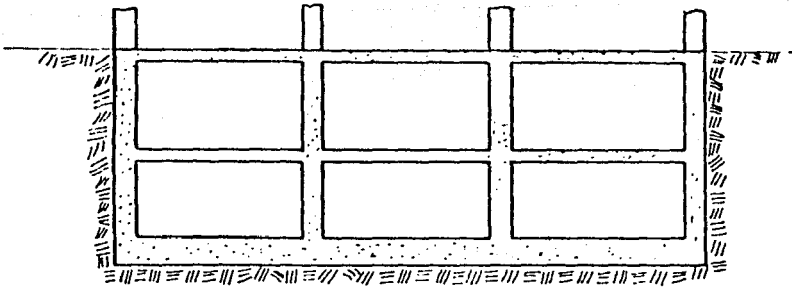


SECCIONES COMUNES

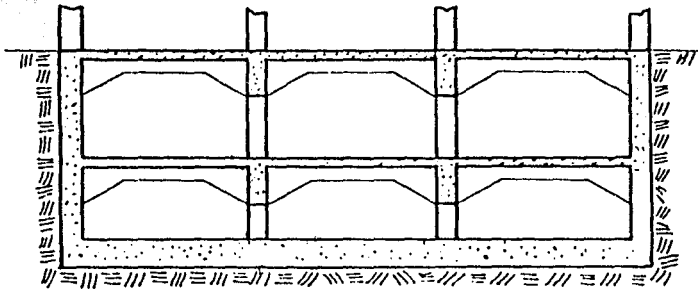


SECCIONES POCO COMUNES

FIG. II.4. SECCIONES DE PILOTES



CAJON CON MUROS Y LOSAS.



CAJON CON TRABES Y COLUMNAS.

FIG. II.5. CAJONES DE CIMENTACION

Analizando los factores mencionados y los estudios realizados, se concluye que el uso de pilotes de punta queda excluido ya que como es bien sabido la Zona Centro de la Ciudad de México presenta la problemática del hundimiento regional, el cual genera el fenómeno de fricción negativa aumentando las cargas sobre la cimentación; que aunado al hecho de que los mismos pilotes evitarán que el cajón "siga" al suelo durante la consolidación regional, deshecha totalmente esta alternativa, pues esto ocasionará daños importantes a las estructuras existentes.

Dadas las características del subsuelo de la zona y la magnitud de las descargas que transmitirán la superestructura a la cimentación se considera que el empleo de un cajón de compensación-parcial combinado con pilotes de fricción es la solución más conveniente.

Ya que de acuerdo al análisis de resultados, se presenta una capa de aproximadamente 6 m con una compresibilidad intermedia, de la que sigue una capa de aproximadamente 10 m de alta compresibilidad con resistencia muy baja, a la que sigue una capa con mayor profundidad que vuelve a una compresibilidad intermedia y con una resistencia mejor, basado en esto y en función de que los pilotes trabajan por fricción casi al límite o sea que siempre se deslizan hacia abajo ligeramente permitiendo que el cajón parcialmente compensado, alojado en la primera capa, funcione como tal redistribuyendo las presiones en el subsuelo con miras a reducirlos asentamientos.

Para el caso particular del puente Canal de San Juan, éste fué dividido en tres zonas de cimentación: zona A que abarca a los apoyos 4 y 5 los cuales tendrán una cimentación mixta formada como ya se mencionó anteriormente por un cajón de compensación y-

pilotes de fricción. Zona B que abarca a los apoyos intermedios 1, 2, 3, 6, 7 distribuidos sobre el eje del puente, cuya cimentación estará formada por cajones. Zona C que abarca a los aire-- plenes Norte y Sur, cuya cimentación también estará formada por cajones, pero éstos alojados a una menor profundidad que los de la Zona B.

### II.3.- ESTRUCTURACION.

#### 1.- CARACTERISTICAS DEL PUENTE.

Desde este punto de vista se deben cuidar tres característi-- cas:

- a) **LIGEREZA DE LA ESTRUCTURA.**- Una de las principales caracte-- rísticas que deben tener los puentes, es el menor peso posi-- ble ya que por el tipo de suelo en que se ha de construir - la cimentación -zona de lago- de acuerdo al Reglamento de - Construcción del Distrito Federal, es de muy alta compresi-- bilidad. Este tipo de suelo presenta el problema de que -- con una carga, aunque esta sea muy pequeña, se presentarán-- grandes asentamientos, ya que el suelo no ha sido cargado - con anterioridad.
  
- b) **SEGURIDAD.**- Para que la estructura cumpla con la función-- para la que fué proyectada, con un grado de seguridad razo-- nable y que en condiciones de servicio tenga un comportamien-- to adecuado evitando deflexiones, vibraciones y agrietamien-- tos excesivos, las recomendaciones indicadas - en los Reglamentos de Construcciones.

- Reglamento de Construcción de Puentes de la Secreta--

## ría de Comunicaciones y Transportes.

- Reglamento de Construcciones del Distrito Federal.

c) **TIEMPO DE CONSTRUCCION.**- Siendo la estructura del puente una solución a un problema de vialidad que se había dejado sin solución, ésta se debería de dar en el menor tiempo posible ya que era importante ponerlo en funcionamiento conjuntamente con la vialidad total de la Calzada Zaragoza y la puesta en marcha de la línea "A" del Metro.

### 2.- ALTERNATIVAS DE MATERIALES.

Entre los materiales que se encuentran en uso actualmente y han demostrado grandes ventajas para la construcción de puentes son:

- Concreto Prefabricado.
- Acero.
- Combinados de acero y concreto.

### 3.- ANALISIS ESTRUCTURAL.

En el análisis de la estructura se usaron los siguientes programas de computadora.

STRU DL      Versión 2.51

SAP            Versión 86

Los cuales se basan en el método de las rigideces y elementos finitos.

Para su funcionamiento requiere las coordenadas de los nudos, características de los elementos como son trabes y columnas así como la conectividad con los nudos.

Para cada uno de los análisis que se hicieron se tomaron en cuenta las siguientes cargas:

**CARGAS MUERTAS.-** La carga muerta constará del peso muerto de la estructura ya terminada, incluyendo la superficie de rodamiento, banquetas, parapetos, tuberías, conductos, cables y otras instalaciones para servicios públicos.

**CARGAS VIVAS.-** Consistirá en el peso de la carga móvil, correspondiente a los camiones, coches y peatones. - En nuestro caso se usó la carga de camión - - HS20-44 cargando totalmente el puente.

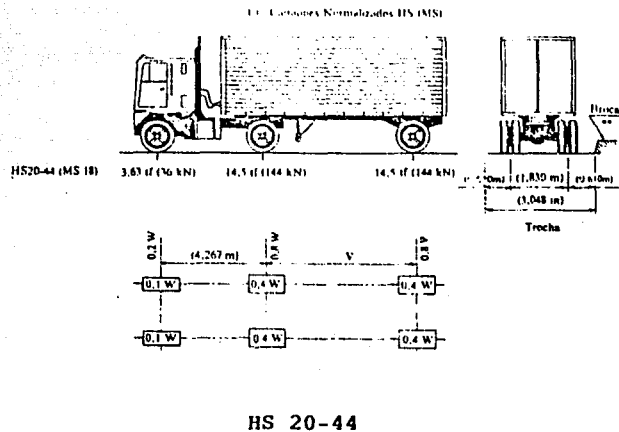


FIG. II.6. CARGA DE CAMION

Adicionalmente se tomaron en cuenta las fuerzas de impacto y el efecto dinámico por la aceleración o frenaje de la carga viva.

**CARGAS ACCIDENTALES DE VIENTO Y SISMO.-** Se hicieron los análisis de estas condiciones en base a las recomendacio

nes del Reglamento de Construcciones para el -- Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias.

**ANALISIS DE HUNDIMIENTOS DIFERENCIALES.-** El programa de análisis nos permite considerar que los apoyos pueden tener hundimientos diferenciales, los cuales producirán a la estructura elementos mecánicos adicionales a los que producen las cargas muertas, vivas y accidentales.

**ANALISIS POR CAMBIOS DE TEMPERATURA.-** Otro análisis que nos permite hacer el programa de la computadora es el de cambios volumétricos por la acción de la -- temperatura y dados los claros que tenemos que cubrir nos pueden originar la aparición de elementos mecánicos no deseables.

Con todos los elementos propuestos y las cargas que se han enunciado, en las combinaciones que nos marcan los Reglamentos, -- se procedió a realizar el análisis para todas las alternativas -- propuestas, encontrándose para cada una de ellas sus elementos -- mecánicos, con lo que se procedió a diseñar cada alternativa resultando lo siguiente para el caso particular del Puente Canal -- de San Juan.

#### **ESTRUCTURAS DE CONCRETO PREFABRICADO.**

Aunque es posible salvar grandes claros con este material, -- la solución a la que nos conduce es la de tener una estructura -- muy pesada con lo que tendríamos una serie de grandes problemas--

en la cimentación por hundimientos y la casi imposibilidad de --  
acomodar el número de pilotes necesarios para soportar la carga--  
o tener apoyos intermedios, alternativas que no era posible rea-  
lizar.

#### **ESTRUCTURA DE ACERO.**

Debido a que el principal problema que debía resolverse es--  
el peso de la estructura, se llegó a la conclusión que el mate--  
rial que nos conducía a tener un peso menor era una estructura -  
de acero, llegando a la solución de tener apoyos de concreto en-  
la cimentación y trabes de acero.

El estudio de las alternativas dió por resultado un puente-  
atirantado para cubrir el claro central que tiene una longitud -  
de 55.0 mts. y para los claros laterales tener puentes apoyados-  
en muros de concreto (aireplenes y terraplenes), en un sistema -  
convencional.



# PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

---

### III. PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.

Como resultado final de los estudios geotécnicos y estructurales se logró concebir una cimentación parcialmente compensada y una estructura ligera con las cuales se cumple el propósito de optimizar las condiciones de seguridad, servicio y abatimiento de costo de construcción de los puentes.

El proyecto de todos los puentes sigue los mismos lineamientos de diseño, tanto para la superestructura como para la cimentación. En cuanto al procedimiento constructivo sus variantes son más simples por las condiciones físicas reales de cada zona donde se ubicarán los puentes y por las condiciones de servicio. Estas diferencias se pueden resumir en tres tipos:

1. Variantes en el suelo

Número de carriles

Magnitud de carga  
Ancho de puente

2. Características estructurales

Número de apoyos

Tipos de apoyo

Número de columnas  
en mástiles

3. Características de vialidad

Esviajamientos

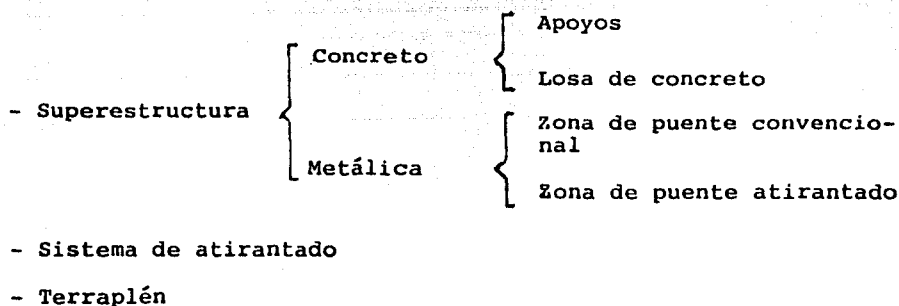
Número de carriles

Planes futuros

Los componentes de cada uno de los puentes serán.

- Cimentación

- Aireplén



Así a partir de éstos cada puente tendrá su diseño específico el cual se encontrará definido por los planos necesarios. Ver anexo 2.

### III.1.- PROCESO CONSTRUCTIVO DE CIMENTACION Y AIREPLEN.

La cimentación, parcialmente compensada, se dividió en tres tipos diferentes que en conjunto, para cada puente deben reunir las condiciones de hundimientos diferenciales iguales y nulos para todos los apoyos.

Tipo I. Cimentación mixta formada por un cajón de compensación y pilotes de fricción, estos estarán ubicados en los -- apoyos centrales que servirán de base para los mástiles

Tipo II. Cimentación a base de cajón, se encontrará sólo en casos necesarios donde la estructuración lo requiera. Esos serán de dimensiones menores a los anteriores y serán los continuos a los apoyos de mástil.

Tipo III. Cimentación a base de zapatas, sólo se usarán en los -- puentes Telecomunicaciones y Amador Salazar; por las --

PUENTE	Nº DE CARRILES	Nº DE APOYOS	TIPO DE CIMENTACION / APOYO		
			MIXTA I	CAJON II	ZAPATA III
ROJO GOMEZ	2 - 2	6	4,5	1,2,3,6	
CANAL DE SAN JUAN	2 - 2 (1ª E)	7	4,5	1,2,3,6,7	
TELECOMUNICACIONES	1 - 1	8	5,6		1,2,3,4,7,8
CRISOSTOMO BONILLA	3 - 3	6	2,3	1,4,5,6	
REPUBLICA FEDERAL	3 (1ª E)	10	5,6	1,2,3,4,7,8,9,10	
AMADOR SALAZAR	2	8	4,5	6,7,8	1,2,3

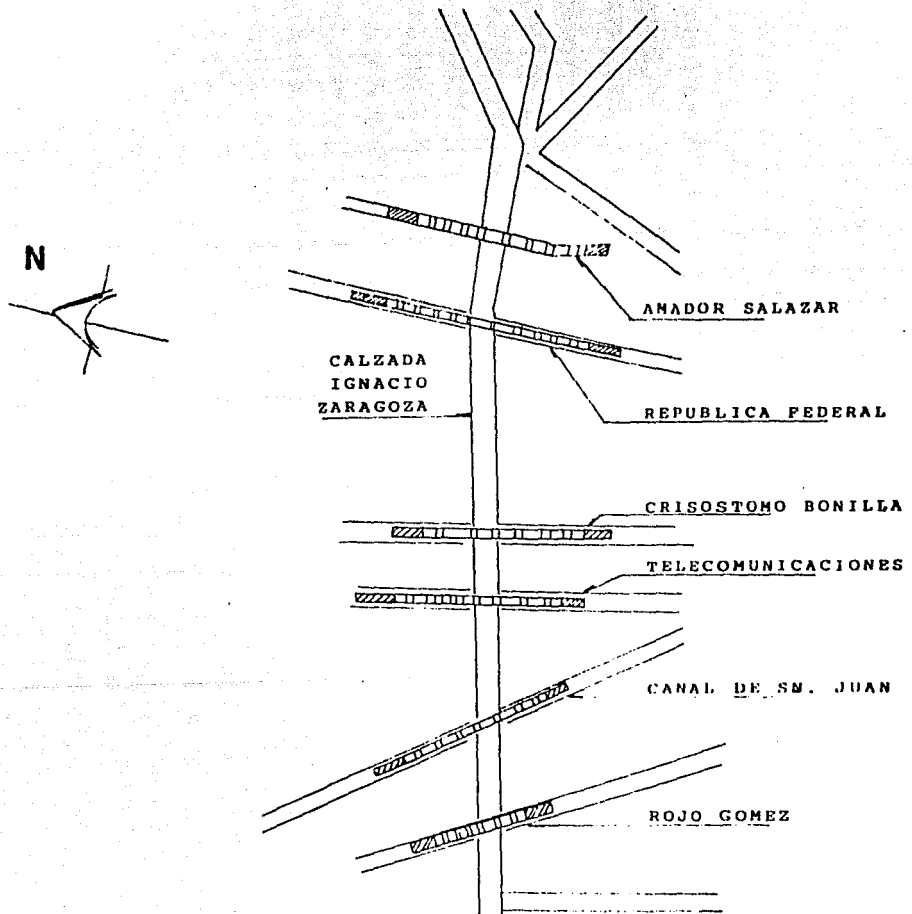


FIG. III.1 CIMENTACION DE PUENTES, UBICACION Y CLASIFICACION.

condiciones que el subsuelo presenta en esa zona y las características estructurales.

La Figura III.1 muestra dichas variantes y expresa las características de cada puente en cuanto a su cimentación.

### III.1.a PROCESO CONSTRUCTIVO DE CIMENTACION MIXTA (TIPO 1).

Esta cimentación consiste en un cajón de compensación y pilotes de fricción, todos los puentes tendrán ésta en los apoyos llamados mástiles, sus características generales son:

- 1.- Cuentan con 25 pilotes hincados hacia 30.0 m de profundidad en promedio.
- 2.- Plantilla de concreto pobre en el fondo de la excavación.
- 3.- Losa de concreto armado, que quedará conectada a las cabezas de pilotes para homogenizar el trabajo de pilote-cajón.
- 4.- Muros de concreto armado y trabes, para estructuración del cajón.
- 5.- Dados de base para columnas de apoyos de concreto de superestructura.
- 6.- Cierre de cajón con losa tapa.
- 7.- Trabajos de excavación y relleno compactado.

Estas características generales se sujetaron a un proceso constructivo que cuenta con 7 etapas, las cuales se enumeran a continuación:

- Primera : Hincado de pilotes
- Segunda : Excavación
- Tercera : Colado de plantilla

Cuarta : Armado y colado de la losa de cimentación.

Quinta : Armado y colado de muros y trabes de cimentación.

Sexta : Armado y colado de losa tapa.

Séptima : Colocación de rellenos.

En estas etapas las principales variantes fueron, entre un puente y otro, las dimensiones y los cambios constructivos requeridos por la situación de cada zona.

Primera etapa : consistió en el hincado de pilotes de sección cuadrada, fabricados en la obra, mostrados en la figura III.2.

Para su fabricación se requirió : concreto -  $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ , acero de refuerzo  $Fy = 4,200 - \text{Kg/cm}^2$  (Alta resistencia), según especificaciones.

Los pilotes fueron precolados y monolíticos, - compuestos por dos tramos requeridos, unidos - por una junta que se muestra en la figura III.5. El concreto se vibró perfectamente debiendo tener un revenimiento de 8 a 10 cm. y agregado - máximo de 2.5 cm. El curado fué continuo y -- efectivo durante siete días.

La longitud de traslape de varillas longitudinales fué de 40 diámetros y en una misma sección, solo pudo traslaparse como máximo 25% -- del refuerzo, respetando el recubrimiento indicado.

Manejo : Para su izado y transporte se sujeta

ron los pilotes por las puntas marcadas con "A" en la figura III.6, dejando previsto el anclaje según se indica en el detalle correspondiente. Se tuvo especial cuidado de no maltratar con golpes o algún agente externo la periferia del pilote. Este se transportó, cuando se alcanzó el 80% de la resistencia pedida en el concreto.

Las tolerancias de fabricación fueron en cuanto a dimensiones de la sección transversal del pilote, que no variaron de las del diseño en más de 1.0 cm.; en cuanto a la posición del refuerzo, que no difiera más de 1.0 cm. respecto a la del diseño y la desviación máxima del eje longitudinal del pilote, fuera de 1/500 de la longitud. En términos de control, la dirección de la obra se encargó de una estricta supervisión durante la fabricación de pilotes y durante el manejo e hincado. Se llevó estricto control de la resistencia del concreto por medio de muestreo, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana C-155.

Hincado : El hincado de pilotes se efectuó previamente a los trabajos de excavación, usando seguidores para dejar la cabeza al nivel de proyecto.

Se requirió perforación previa, de 20 cm. de diámetro real, que alcanzó los 20 m de profundidad, medidos éstos a partir del nivel del te





rreno natural actual. La penetración fué continua hasta llegar a los 20.0 m, sin detenerse para extraer la herramienta de perforación empleando para ello un máximo de 3 minutos. La profundidad de desplante de los pilotes es de 30.0 m en promedio, medidos a partir del nivel de proyecto de la guarnición y dejando en el extremo superior un tramo por arriba del nivel de la losa de fondo.

El hincado se efectuó 14 días después de que se hizo el colado de los pilotes, si se utilizó cemento de resistencia rápida ó 28 días si se utilizó cemento portland normal o cuando el pilote tuviera el 100% de la resistencia especificada para el concreto; además de poder realizarse 24 hrs. después de cada perforación. - El hincado se realizó por percusión, utilizando un martinete D-22 o similar; con un empaque -- amortiguante en el extremo superior de los pilotes con el fin de garantizar que no se destruyera la cabeza. Al verificar la verticalidad de la perforación anterior al hincado se consideraron las tolerancias de la figura - - III.3. La cabeza ya hincada, no distará más de 5 cm. con respecto a la del proyecto.

Con la finalidad de verificar la capacidad de carga por fricción de los pilotes, se realizó la prueba de carga estática en dos pilotes por cada apoyo, todo el desarrollo de la prueba es

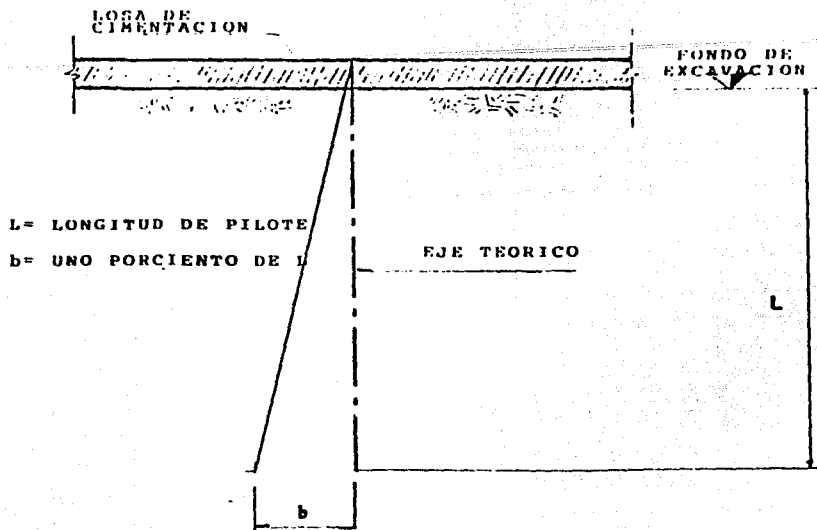


FIG. III.3. TOLERANCIA EN LA PERFORACION.

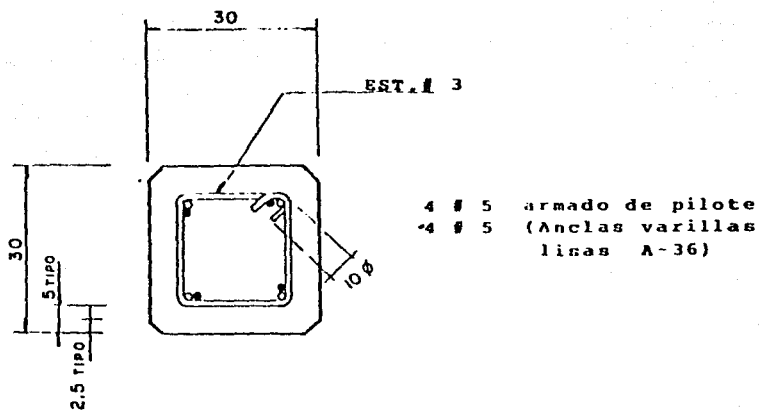


FIG. III.4 SEC. 1.1. ARMADO DE ENLACE.

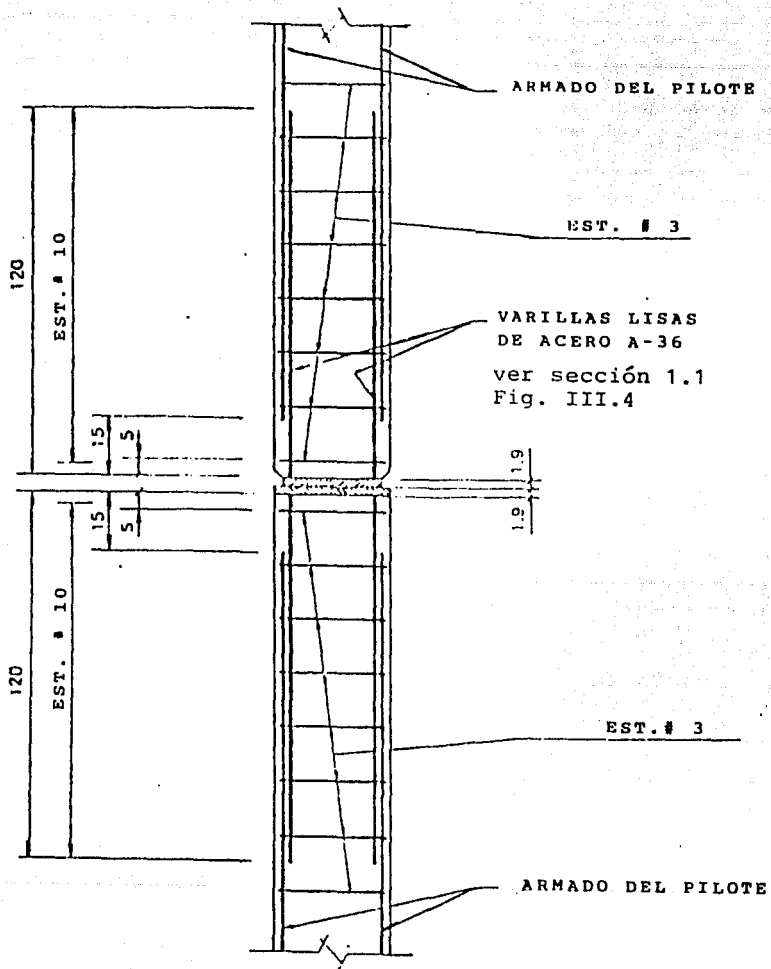


FIG. III.5. TRASLAPE DE VARILLAS Y JUNTA ENTRE TRAMOS DE PILOTES.

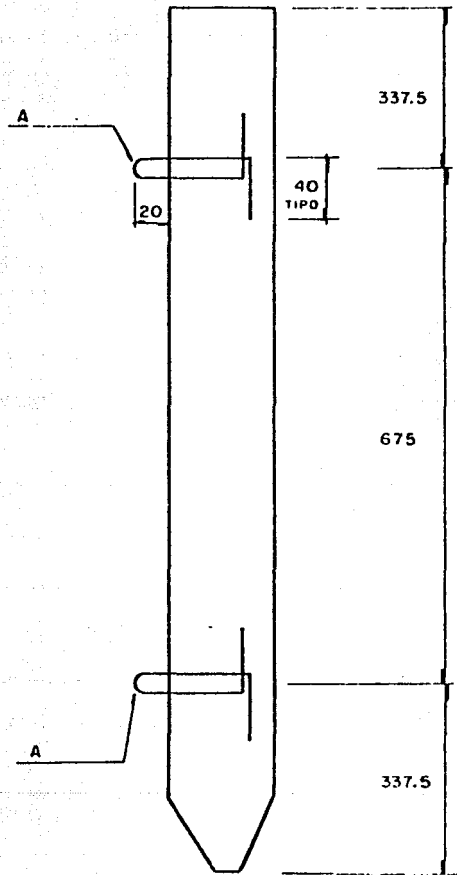


FIG. III.6. LOCALIZACION DE PUNTOS DE IZADO DE LOS PILOTES.

tá bajo la supervisión de COVITUR. Esta prueba de carga estática podrá iniciarse cuando ha ya transcurrido un período de tiempo mínimo de 5 días, después de haberse concluido el hincado de los pilotes seleccionados y una vez que la losa de fondo haya alcanzado el 80% de su resistencia, debiéndose usar acelerante de fragado para el colado de la losa de fondo del cajón de cimentación.

**Segunda etapa :** Excavación para alojar los cajones de cimentación. Una vez que se hubo hincado en cada apoyo todos los pilotes, se realizó la excavación para alojar los cajones de cimentación del puente, la cual se llevó a cabo con un equipo mecánico, hasta 20 cm, por arriba del nivel de desplante de la plantilla. El equipo usado -- fué un cargador frontal o similar, debiendo excavar los últimos 20 cm. con equipo manual con el objeto de tener una superficie uniforme, -- evitando de esta manera la sobreexcavación y -- remoldeo en el fondo de la excavación, la cual no debía exceder las dimensiones indicadas -- (5.00 m de profundidad en promedio); se debía evitar en lo posible golpear con el cucharón -- del equipo usado, sobre el material de la pa--red de excavación. De este modo no se generaron zonas inestables en las paredes de la misma.

La excavación estuvo limitada por taludes cuya inclinación está dada por la relación 2:1 (2 vertical por 1 horizontal). Las sobre excavaciones necesarias para el acceso de maquinaria, debió ser lo menos ancho posible para no afectar la estabilidad de la excavación.

La excavación se llevó a cabo en dos etapas, - definiéndose un avance inicial central (I) de longitud variable a cada caso y dos avances ad yacentes complementarios (II). Para poder iniciar la excavación en los avances complementarios, debió haberse colado la losa tapa en el avance central. Para unificar el colado se - realizó una junta fría en la losa de fondo y - losa tapa.

Ya teniendo el fondo de desplante de plantilla se implementó un bombeo de achique a base de - cárcamos en las esquinas del área excavada, para reducir el nivel freático.

**Tercera etapa :** Colado de plantilla de concreto pobre  $f'c = 100$  Kg/cm<sup>2</sup> que es la base del cajón.

Esta fué inmediatamente después de haber afinado la excavación. El espesor de plantilla en todos los casos fué de 5 cm. y con revenimiento de 12 cm., ésta debería concluirse a más -- tardar 24 hrs. después de terminados los tra-- mos de excavación.

**Cuarta etapa :** Una vez colada la plantilla se llevó a cabo el descabece de pilotes, Figura III.7, para homogeneizar la estructura de la losa con el pilote, evitando no dañar el pilote.

Se armó la estructura de refuerzo de la losa y la preparación para la estructuración de muros, trabes y dados.

**Quinta etapa :** Armado y colado de muros y trabes.

Una vez terminada la losa de cimentación se armaron los aceros de refuerzo que fueron el anclaje para los muros y trabes. Se debió cui--dar la unión de colado, en las juntas para homogeneizar a una pieza la estructura.

**Sexta etapa :** Para haber iniciado el armado de la losa tapase requirió retirar las cimbras de muros y trabes e instalar la cimbra de la losa, procediendo al armado y colado.

Se debe recordar que los avances iniciales centrales, ya terminados hasta esta etapa, darán continuidad a los avances laterales desde la -excavación hasta la losa tapa, poniendo cuidado en las juntas frías de colado y la estructuración del inicio de las columnas de los apo--yos de mástil.

**Séptima etapa :** Una vez terminado el colado y curado de losa -tapa con su acabado final, se dió inicio a la-

TRAMO DE LA CABEZA DEL PILOTE  
QUE SE DEMOLERA PARA ANCLAR  
EL REFUERZO DEL MISMO EN LA  
ZONA ACHURADA

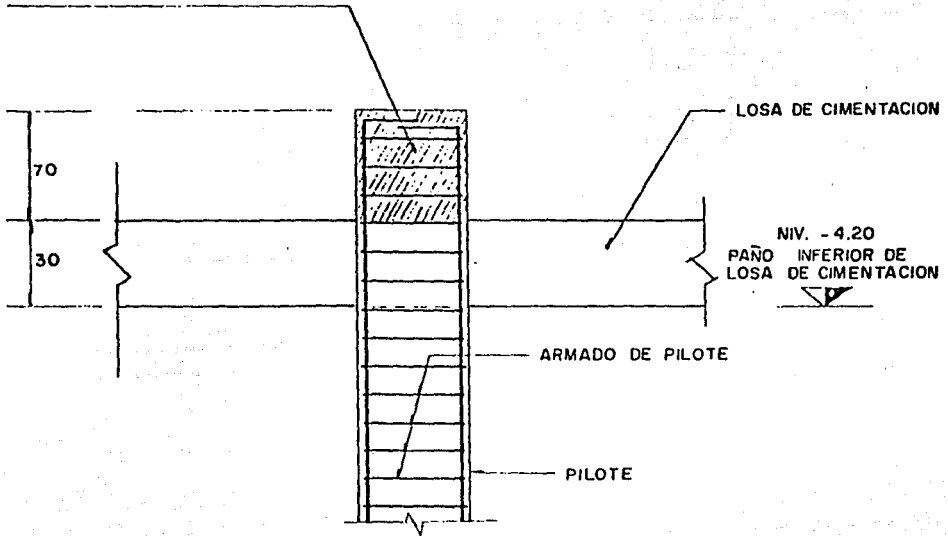


FIG. III.7. DETALLE TIPO DE ANCLAJE DE PILOTES EN LOSA.



etapa de relleno de las zanjas perimetrales para llegar al nivel de terreno natural o nivel de desplante de la subrasante de pavimentos, según corresponda.

Con compactación del 90% de su P.V.S.M. y en capas no mayores de 20 cm.

### III.1.b PROCESO CONSTRUCTIVO DE CIMENTACION A BASE DE CAJON. - (TIPO II).

Para este tipo de cimentación, se siguió el mismo procedimiento constructivo que el tipo anterior, sólo tuvo una variante que fué la eliminación de la Primera Etapa correspondiente al hincado de pilotes. En este caso las dimensiones serán menores con respecto a la cimentación mixta y variarán de apoyo a apoyo y de puente a puente. El procedimiento seguirá el mismo avance en las 2 etapas.

### III.1.c PROCESO CONSTRUCTIVO DE CIMENTACION A BASE DE ZAPATAS.

En este tipo las etapas solo serán: Excavación, colado de plantilla, armado y colado de losa de cimentación, armado y colado de la contratrabe y relleno de zanjas.

Los procedimientos seguirán siendo los mismos que los demás tipos.

### III.1.d AIREPLENES NORTE Y SUR.

En los aireplenes Norte y Sur, la construcción del cajón de cimentación se hizo en avances de 30.0 m de longitud, y para - -

efectuar un nuevo avance se debió haber colado la losa de cimentación en el avance inmediato anterior.

**Descripción :**

El aireplén es una estructura hueca que consta de una losa de cimentación apoyada a 1.60 m de profundidad sobre el nivel de terreno natural.

A partir de ésta se apoyará una estructura compuesta por muros y trabes de concreto reforzado, que harán la acción de un marco, que variará en sus dimensiones desde su altura máxima promedio de 5 m. hasta llegar en su nivel más bajo de 0.70 m aproximadamente, donde hará contacto con el terraplén.

Esta estructuración tendrá una losa tapa, sobre la cual se hará el acabado final de pavimentación.

Estas estructuras del puente siguen el mismo procedimiento constructivo de la cimentación tipo II. A pesar de esto, la estructura sólo se considerará como cimentación hasta su nivel de losa de cimentación por el desplante que presenta, pero a partir de muros y trabes se podría considerar como parte de la superestructura.

**PARTICULARIZANDO AL PUENTE CANAL DE SAN JUAN.**

La ubicación de los cajones de cimentación se muestran en la figura III.8.

En cuanto a cimentación este puente tiene los mástiles apoyados sobre cajones de cimentación mixta, apoyos 4 y 5.

Los apoyos intermedios 1,2, 3, 6 y 7 distribuidos sobre el eje del puente, constan de una cimentación formada por cajones ti

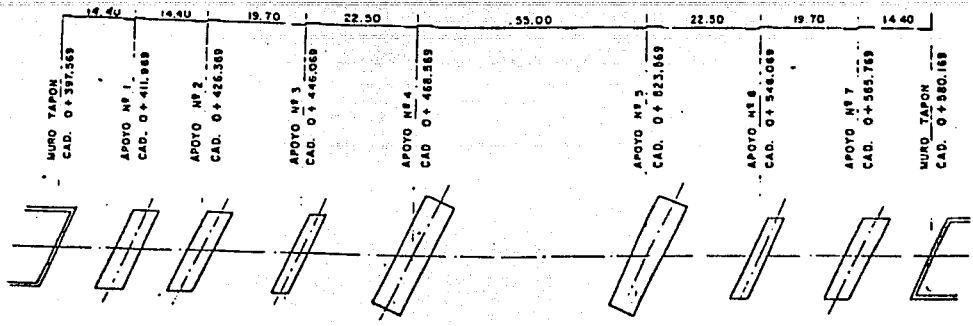


FIG. III.8. PLANTA LOCALIZACION DE APOYOS.

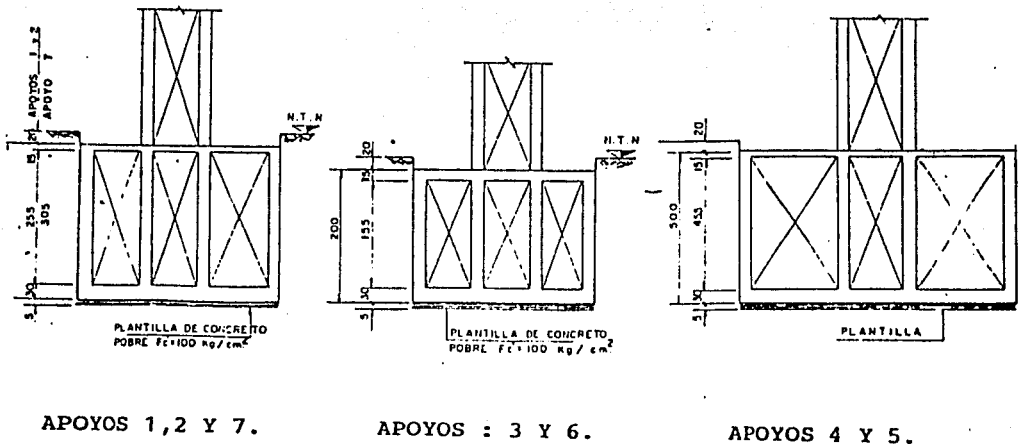
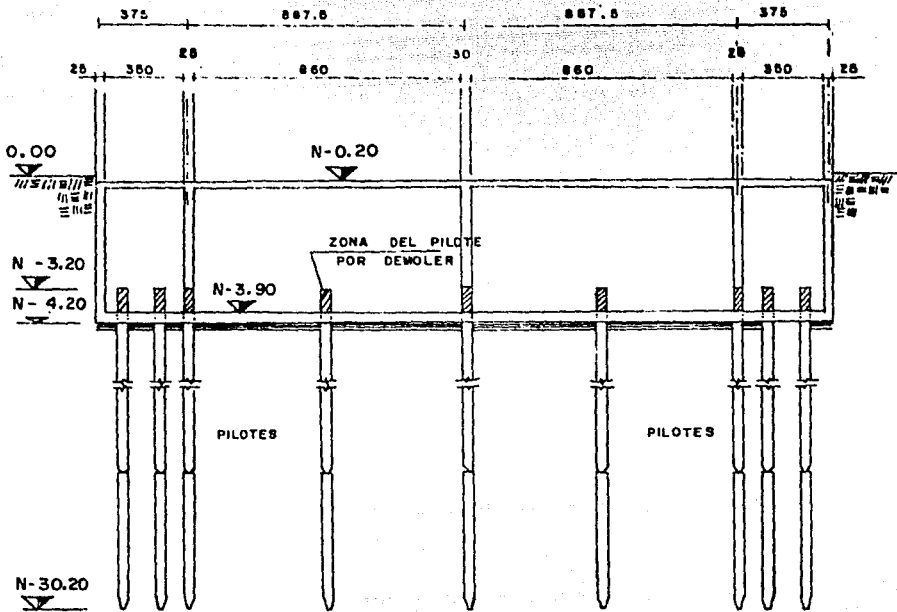
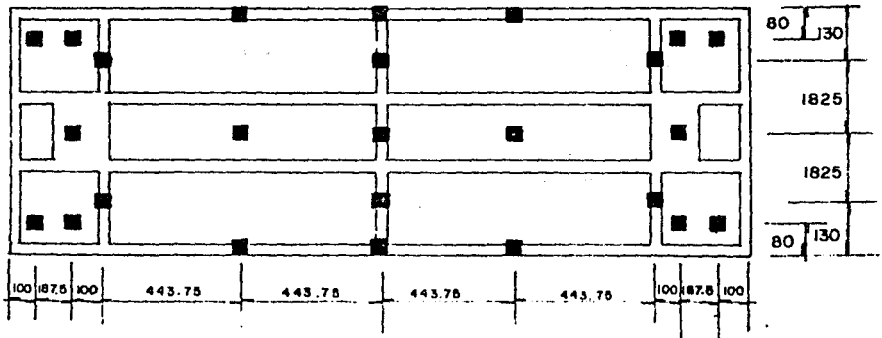


FIG. III.9. CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LOS CAJONES.



Elevación esquemática



Planta

FIG. III.10. PLANTA Y ELEVACION DE APOYOS 4 Y 5, LOCALIZACION Y UBICACION DE PILOTES.

po II. Los cortes que muestran las características geométricas -  
de los cajones están en la Figura III.9.

**PARA APOYOS 4 Y 5 :**

Primera etapa : Los pilotes son de sección cuadrada de 30 x 30  
cm.

Fueron hincados en dos tramos hasta obtener una  
longitud de trabajo de 24.9 m. en ambos apoyos  
de tal manera que el nivel de desplante, refe-  
rido al nivel de terreno natural fué de 30.10-  
m.

El hincado de los pilotes se efectuó en toda -  
el área que abarca el apoyo incluyendo los - -  
avances de excavación complementarios. Todo -  
el proceso de hincado de pilotes fué el mismo  
que a los demás puentes.

La ubicación de los pilotes para apoyos 4 y 5-  
fué la que se muestra en la figura III.10.

Segunda etapa : El procedimiento se ha dividido en dos avances  
de excavación, uno inicial de 14.20 m de longi-  
tud y dos adyacentes complementarios de 6.55 m  
de longitud.

Tercera etapa : La plantilla tendrá un espesor de 5 cm. en una  
área total del apoyo de 25.20 m de largo por -  
7.50 m de ancho. (9.45 m<sup>3</sup> de concreto simple -  
f'c = 100 Kg/cm<sup>2</sup>). Seguirá el orden de dimen-

siones de la excavación.

**Cuarta etapa :** La construcción de la losa empezó con el armado de piso que debió ser desdoblado y vuelto a doblar para anclarlo al refuerzo de la losa y muros de cimentación. El espesor de la losa de cimentación será de 30 cm.

**Quinta etapa :** Los muros para estos apoyos son del tipo : -- M-9, M-10, M-11 y M-12. La longitud de acero de refuerzo será 5.00 m. con anclajes, dobles y amarres como se indica en la figura - - III.11. Estos muros tienen espesores de 25 a 35 cm. como se ve en la figura.

También se contempla la construcción de los dados de apoyos para las columnas de los mástil. El primero de los dados medirá 2.29 m -- por 1.40 m., y el segundo será de 1.40 m por 1.40 m.

**Sexta etapa :** Ya concluido todo el trabajo de descimbrado -- del paso anterior se procederá a estructurar -- la cimbra de la losa tapa y colocar el armado de la misma como se muestra en la Figura - - III.12.

Una vez colada la losa en el tramo indicado, -- se podrán iniciar los trabajos de excavación -- de los avances complementarios y concluir hasta esta misma.

**Séptima etapa :** Ya terminada la losa hasta los tramos complementarios se podrá rellenar y compactar la periferia del cajón.

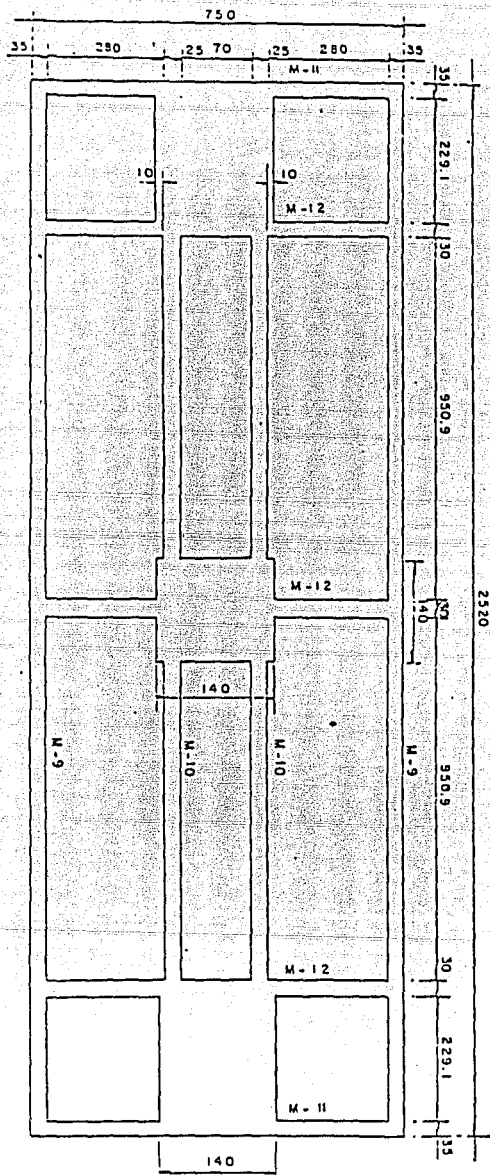
Estos rellenos serán de material limo-arenoso (Tepetate) compactado al 90% de su P.V.S.M.

Los apoyos 1, 2, 3, 6 y 7 :

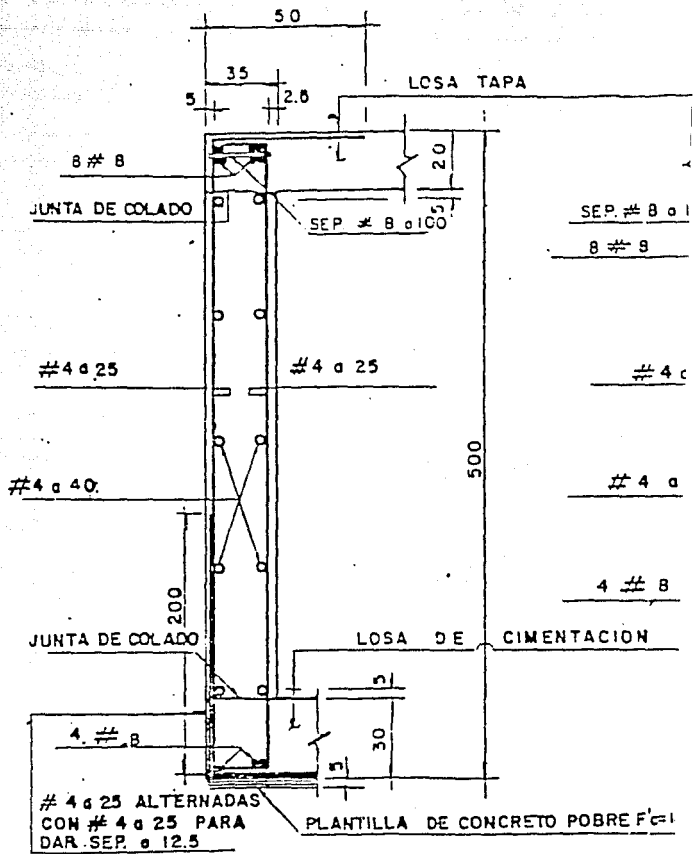
Los lineamientos a seguir para éstos serán los mismos que los apoyos anteriores, sólo las dimensiones variarán como se indica en las tablas siguientes a partir de sus cortes mostrados a continuación :

APOYO	ANCHO	LARGO	PROFUNDIDAD
1 y 2	5.10	18.80	3.25
3 y 6	4.50	18.80	2.25
7	5.10	18.80	3.75

**TABLA III.1.- ETAPA 1. Geometría de excavación en apoyos 1, 2, 3, 6 y 7.**



PLANTA

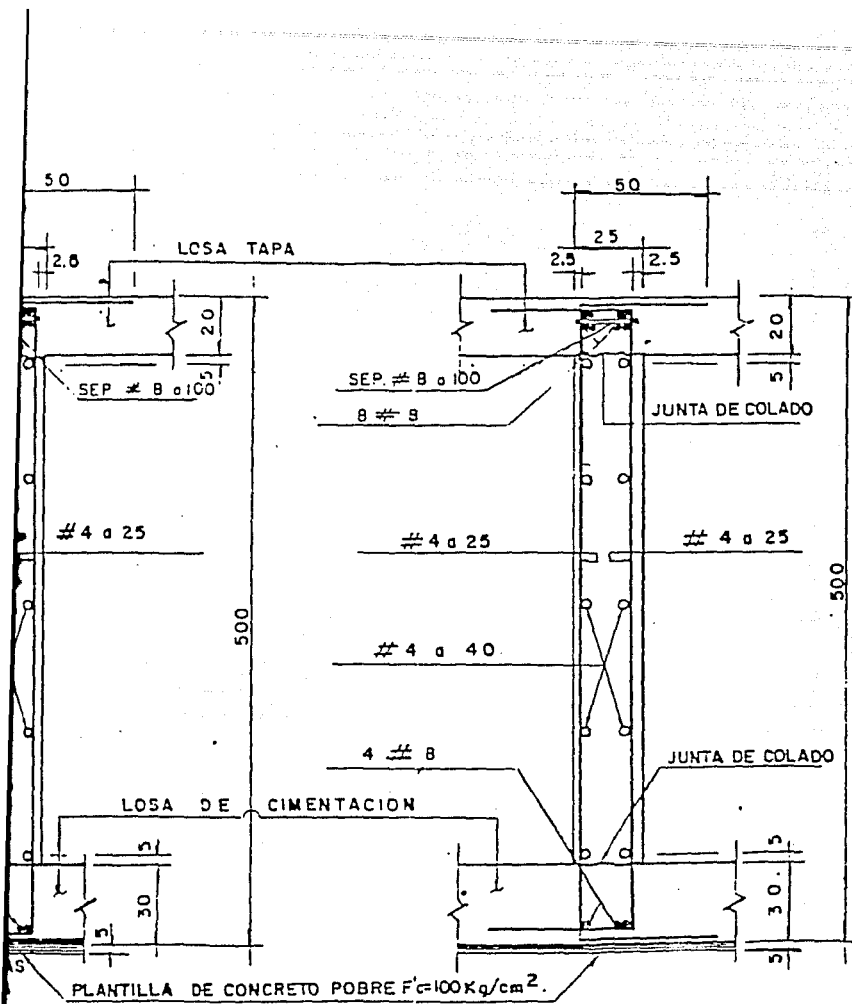


MUROS M9 y M11

S E C C I O N

FIG. III.11 PLANTAS DE APOYO 4 Y 5, LOCALIZACION Y SECCION





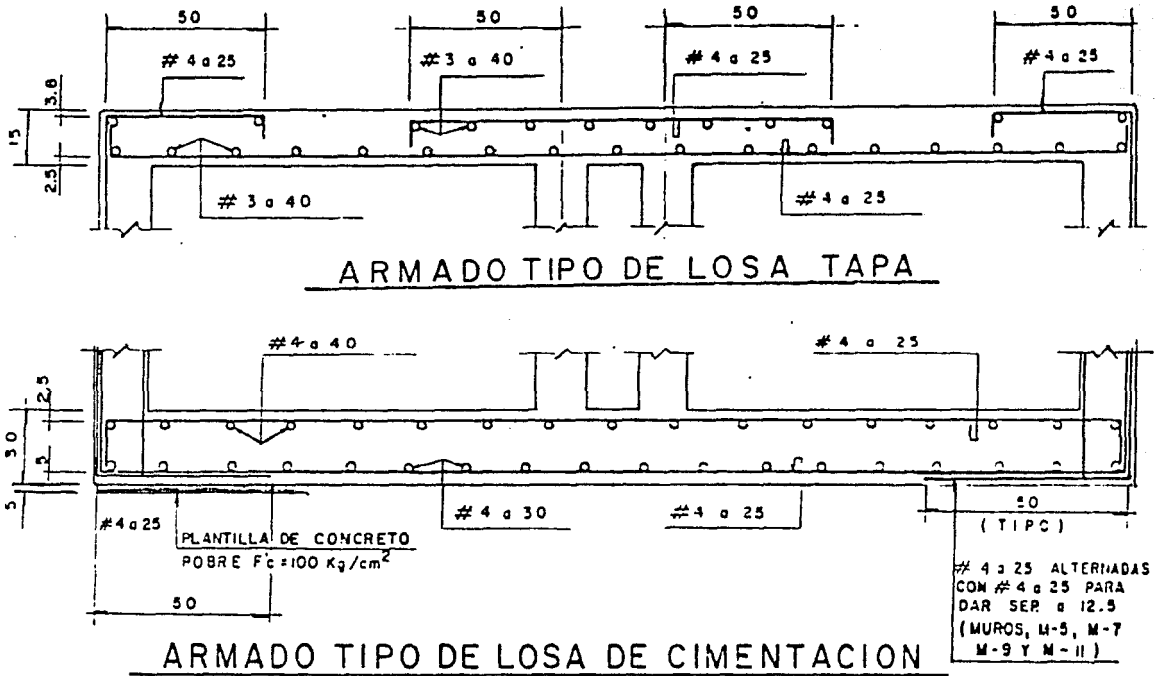
M9 y M11

MUROS M10 y M12

S E C C I O N E S

4 Y 5, LOCALIZACION Y SECCIONES DE MUROS.

FIG. III.12 ARMADO TIPO DE LOSAS DE CAJONES DE CIMENTACION



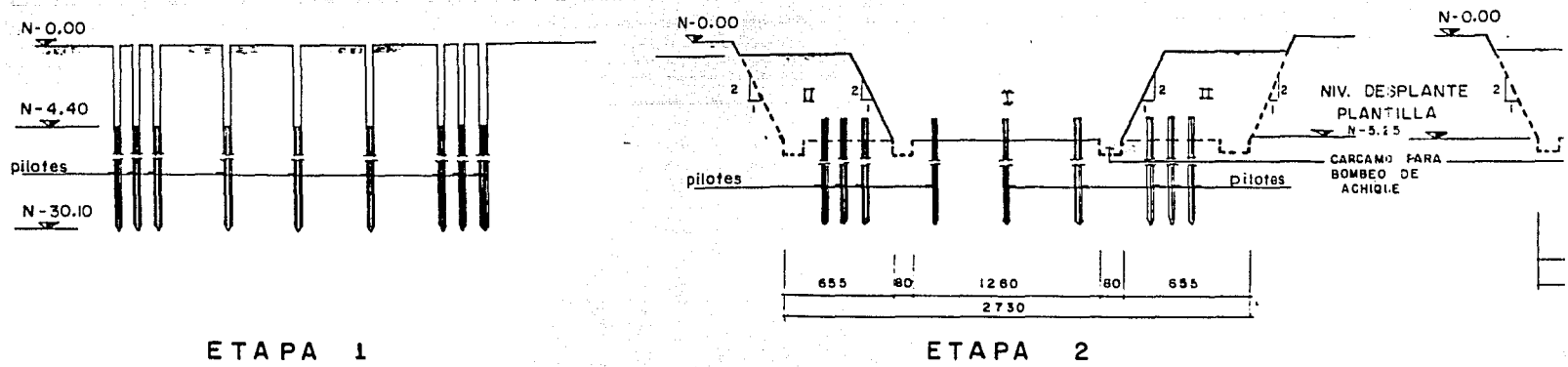
APOYOS	PLANTILLA	LOSA DE FONDO		MURO	DADOS	LOSA TAPA	
	SUPERFICIE M <sup>2</sup>	ESPESOR	SUPERFICIE	TIPO	L x A	ESPESOR	SUPERFICIE
1,2 y 7	89.0	0.30	89.0	M1 y 1A	2.15	0.15	89.0
				M2 y 2A	X		
				M3 y 3A	1.20		
				M4 y 4A			
3 y 6	71.2	0.30	71.2	M5	Y	0.15	89.0
				M6			
				M7	1.20		
				M8	X		
					1.20		

**TABLA III.2 CARACTERISTICAS GEOMETRIZADAS DE LAS ETAPAS 2 A 5.**  
(ver Figuras III.14 y III.15)

Todo el procedimiento se generaliza en todas estas etapas como en el otro tipo de cimentación. Figura III.13. En el proceso de relleno, fué menor el volúmen pero con el mismo procedimiento, dadas las condiciones geométricas de excavación, Figura III.13 bis para cada apoyo.

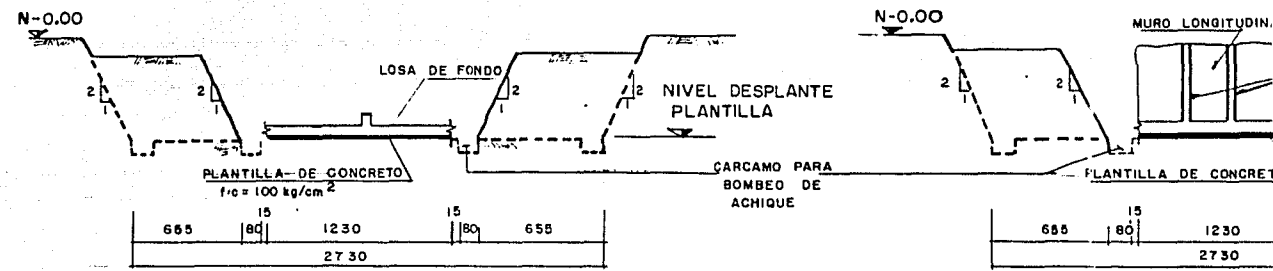
**EN EL CASO DEL AIREPLEN NORTE Y SUR :**

La primera etapa fué una excavación de 19.00 m de ancho con una profundidad variable, dependiendo de la situación Norte o Sur. Enseguida continúa la plantilla de concreto pobre de 5 cm. de espesor. Una vez curada ésta se hace la losa de fondo que en ambos casos tendrá un espesor de 20 cm. Se continúa con la construc-



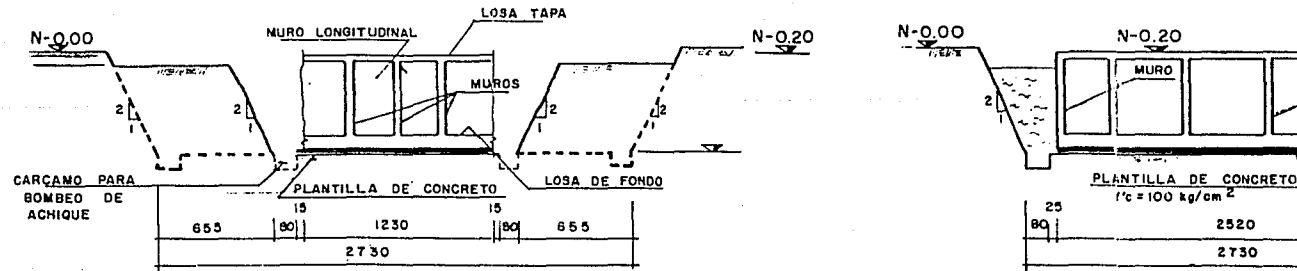
ETAPA 1

ETAPA 2



ETAPA 4

ETAPA 5

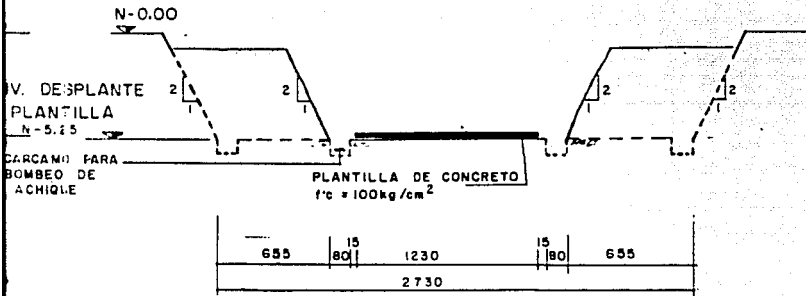


ETAPA 6

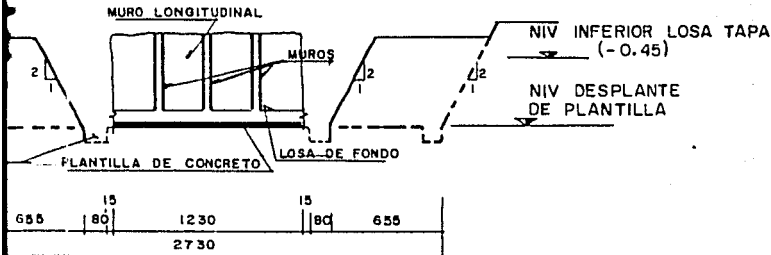
ETAPA 7

FIG. III. 13 PROCESO CONSTRUCTIVO DE APOYOS.

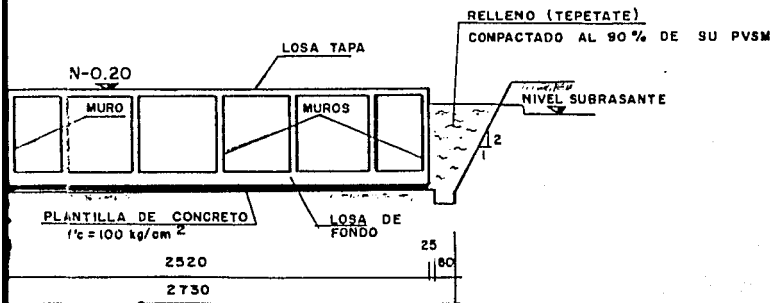
APOYOS	ETAPAS
1, 2, 3, 6, 7	ETAPAS 2 a 7 no tiene p
4, 5	TODAS LAS ETAPAS



### ETAPA 3



### ETAPA 5



### ETAPA 7

ETAPAS	
ETAPAS	2 a 7 no tiene pilotes
ODAS LAS ETAPAS	

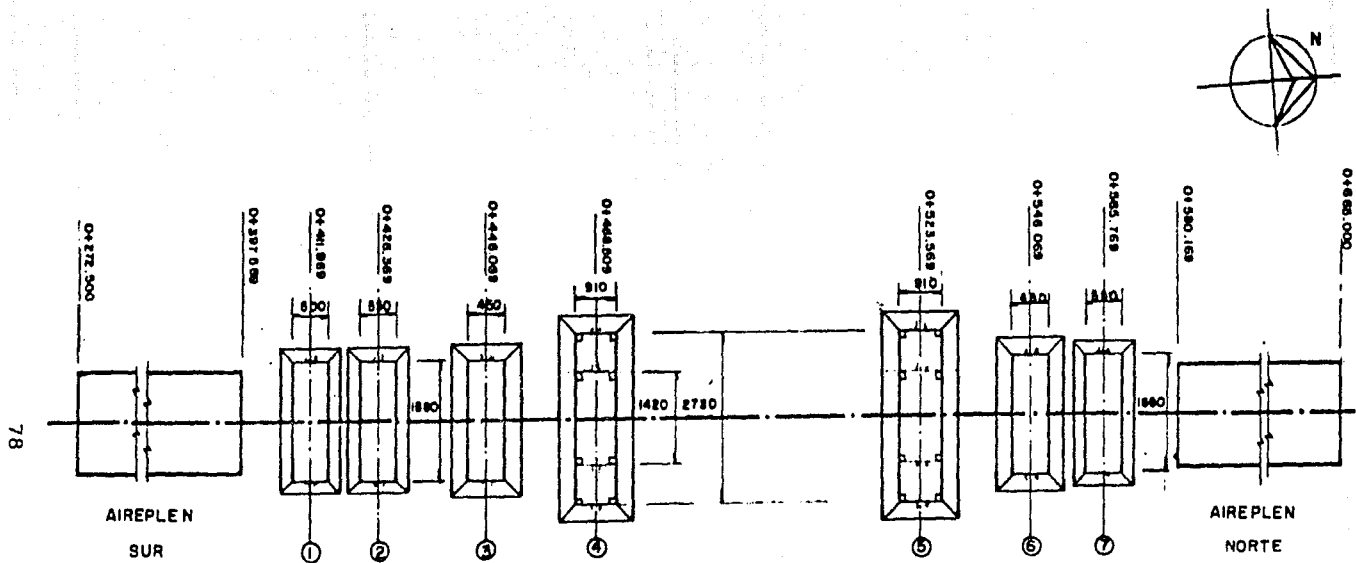
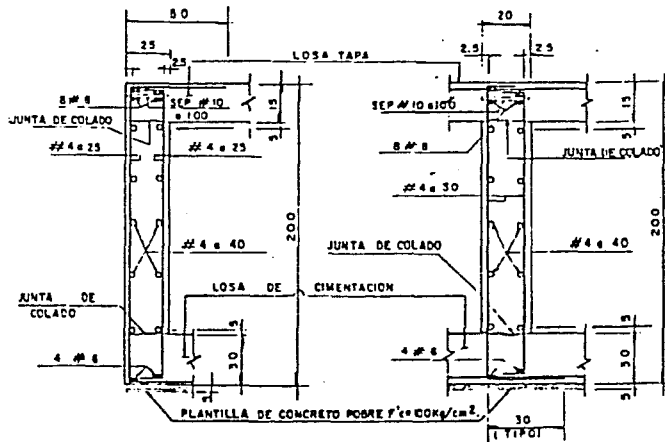
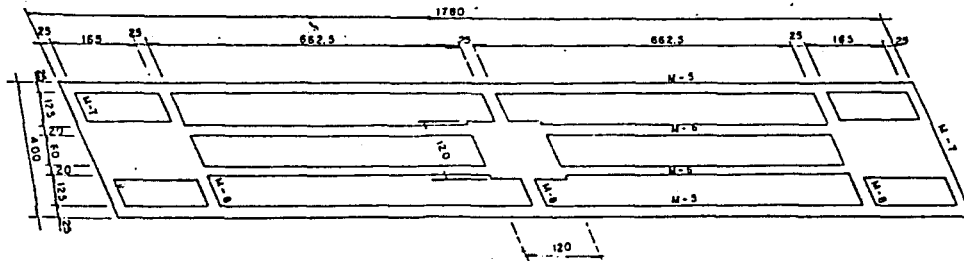


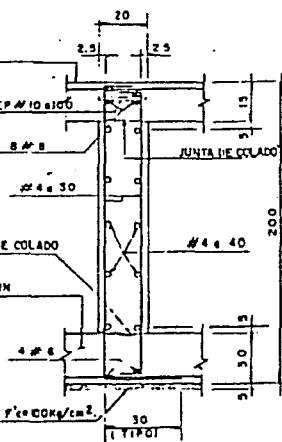
FIG. III.13.bis. PLANTA DE EXCAVACION PARA APOYOS.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

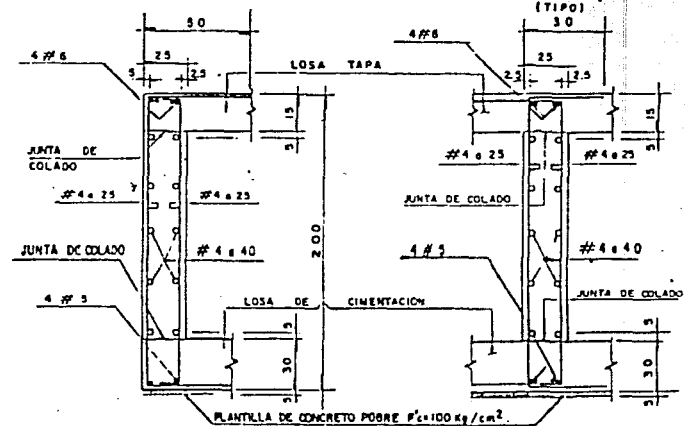
PLANTA DE CIMENTACION  
DE APOYOS 3 Y 6



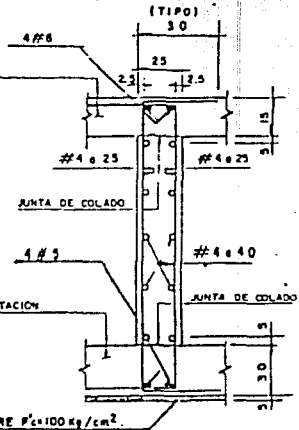
SECCION DE MURO M- 5



SECCION DE MURO M- 6

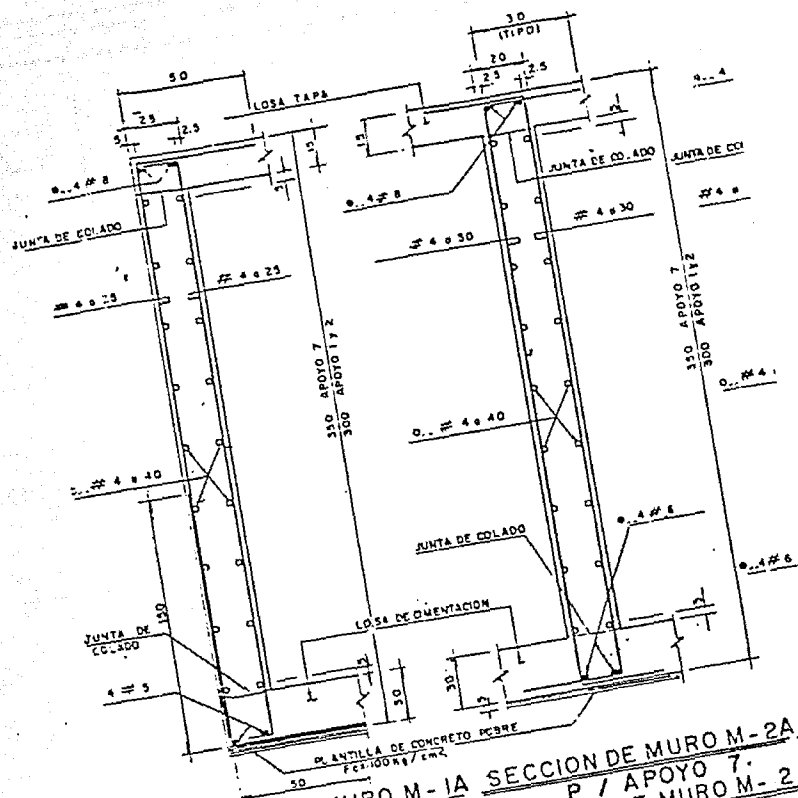
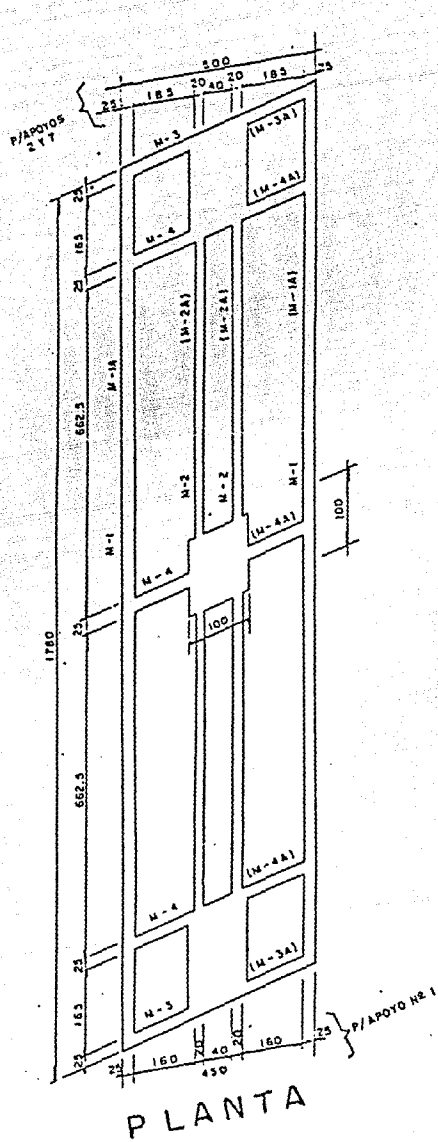


SECCION DE MURO M- 7



SECCION DE MURO M- 8

FIG. III.14. PLANTAS DE APOYOS 3 Y 6 LOCALIZACION Y SECCIONES DE MUROS.



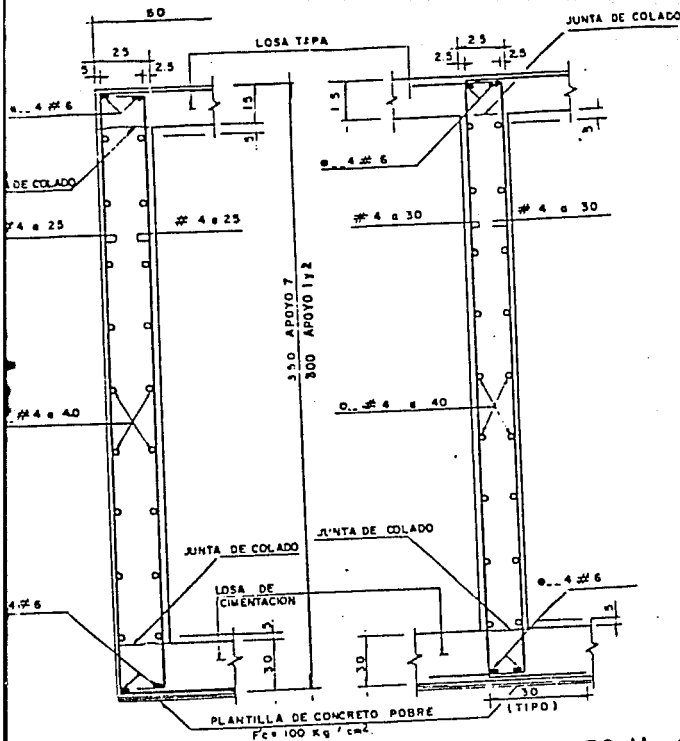
SECCION DE MURO M-1A  
P / APOYO 7

SECCION DE MURO M-2A S  
P / APOYO 7.

SECCION DE MURO M-2 S  
P / APOYO 1 y 2

FIG. III.15 PLANTAS DE APOYOS 1,2 Y 7, LOCALIZACION Y SECCIONES





SECCION DE MURO M - 3A P/APOYO 7

SECCION DE MURO M - 3 P/APOYO 1y2

SECCION DE MURO M - 4A P/APOYO 7

SECCION DE MURO M - 4 P/APOYO 1y2

IONES DE MUROS.

ción de muros laterales y central así como las trabes según sean requeridas. En todo este proceso hubo avances de 30 m hasta concluir con la losa tapa y el relleno lateral. Figura III.16.

Uno de los elementos más importantes de la estructura aireplén es el muro tapón que es el cierre de la estructura para dar apoyo al elemento de estructura de acero, apoyado de la forma que ilustra la Figura III.17.

Los dos aireplenes, Norte y Sur, tendrán las mismas características constructivas, sólo variarán las dimensiones y la dirección de los elementos que se ilustran en las siguientes Figuras, III.18, III.19 y III.20.

### **III.2 PROCESO CONSTRUCTIVO DE SUPERESTRUCTURA.**

Para lograr una mejor descripción de esta parte, se ha subdividido en dos secciones, dando así una relación de los componentes de los puentes haciendo una estructura mixta.

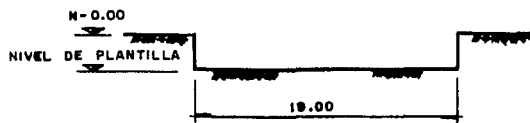
Estos elementos son:

- A. Estructura de Concreto.
- B. Estructura de Acero.

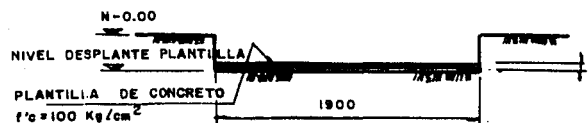
#### **III.2.a PROCESO CONSTRUCTIVO DE ESTRUCTURA DE CONCRETO.**

##### **III.2.a.1 ESPECIFICACIONES CONSTRUCTIVAS PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES.**

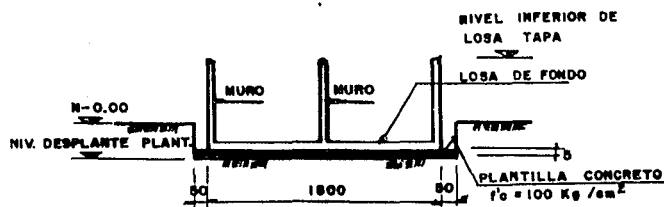
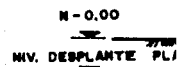
Las siguientes especificaciones constructivas, se refieren a los elementos de concreto reforzado tanto de superestructura como de cimentación; (excluye plantillas, muros milán y elementos precolados). Y el cumplimiento de éstas será condición necesaria pa



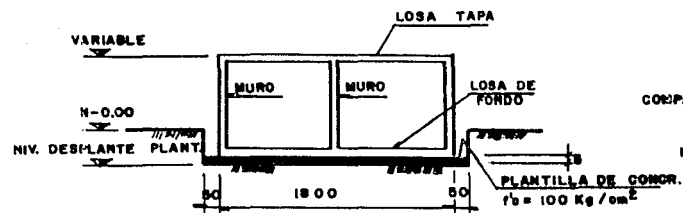
ETAPA 1



ETAPA 2

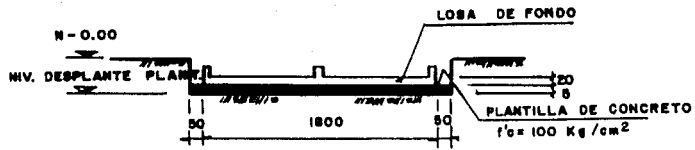


ETAPA 4

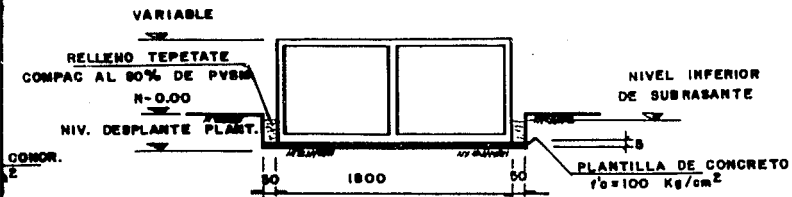


ETAPA 5

FIG. III-16 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA AIREPLENES NORTE Y SUR.



ETAPA 3



ETAPA 6

E Y SUR.

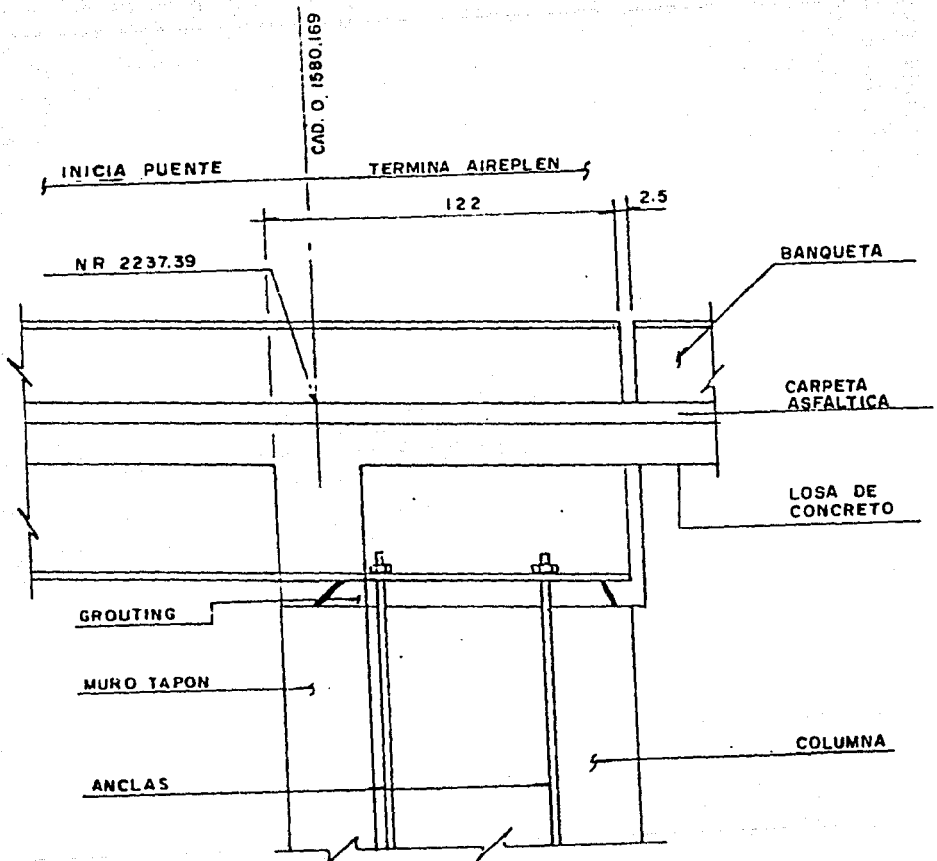


FIG. III.17 ANCLAJE DE ESTRUCTURA METALICA CON EL AIREPLE SOBRE MURO TAPON.

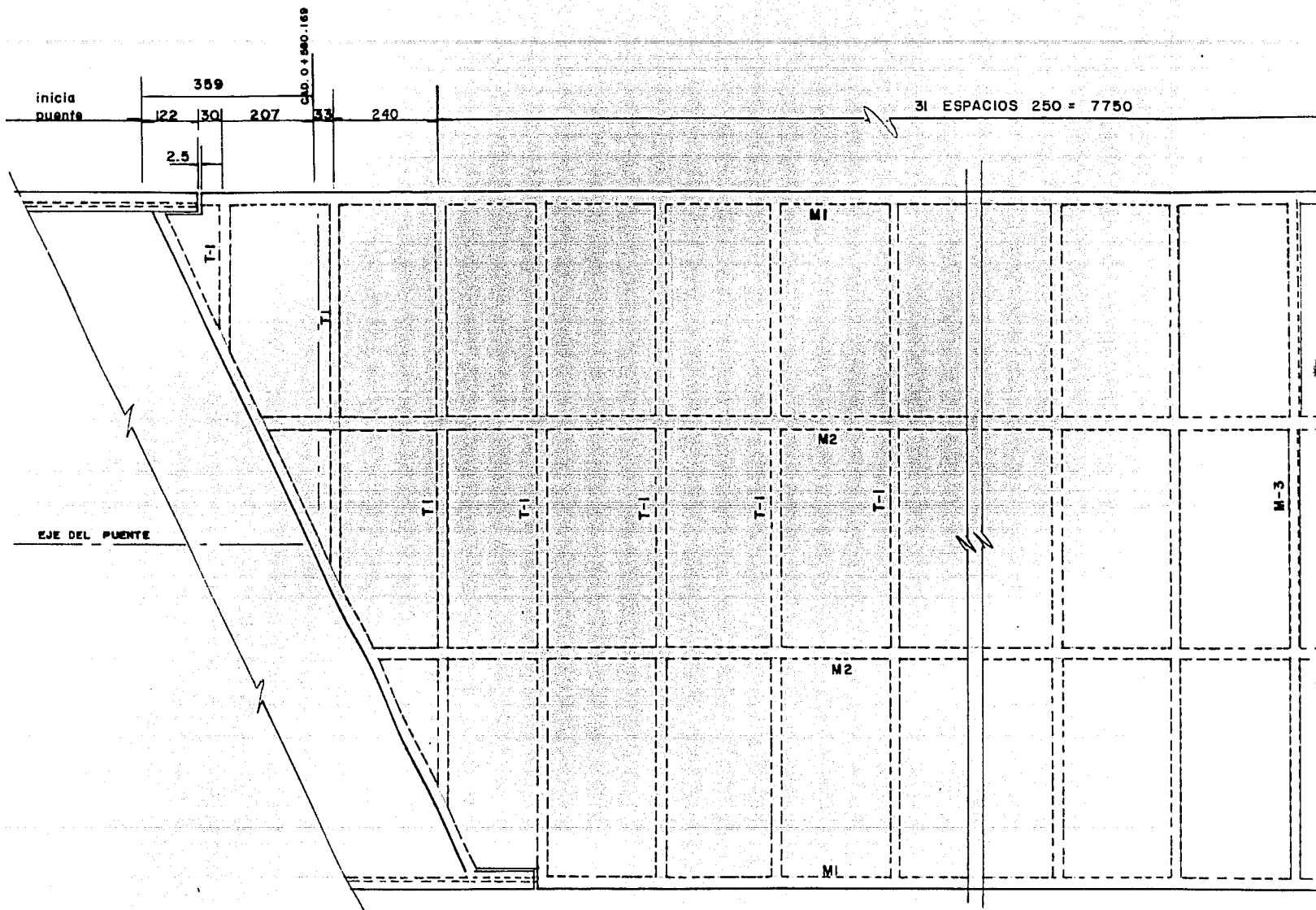
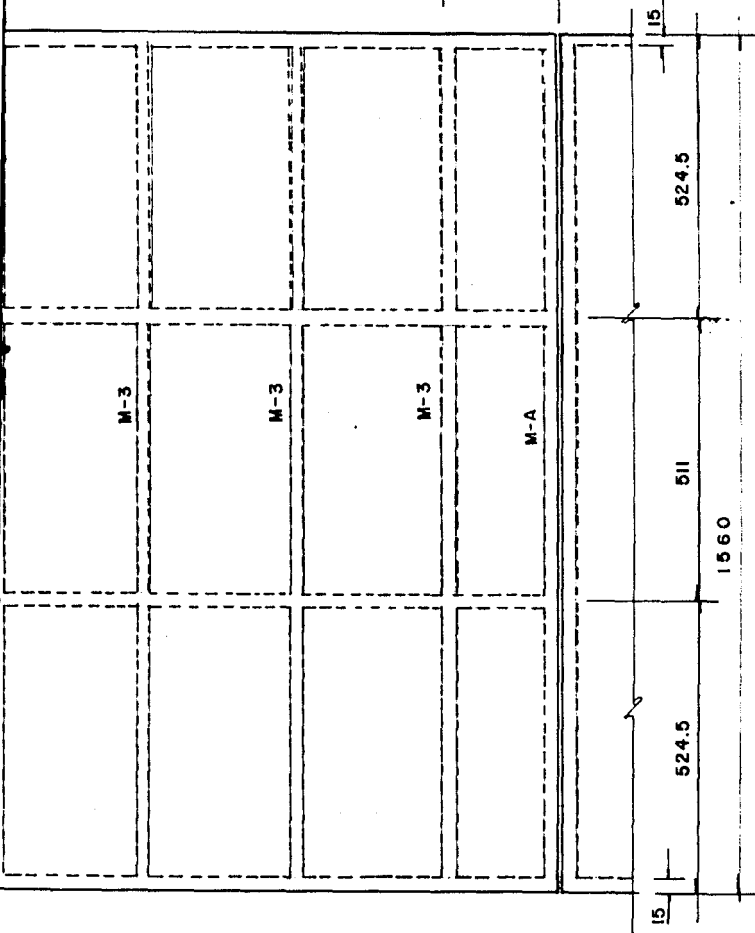


FIG. III.18 PLANTA DE AIREPLENES

220.1

CAD 0.8685.00

TERMINA TERRAPLEN NTE



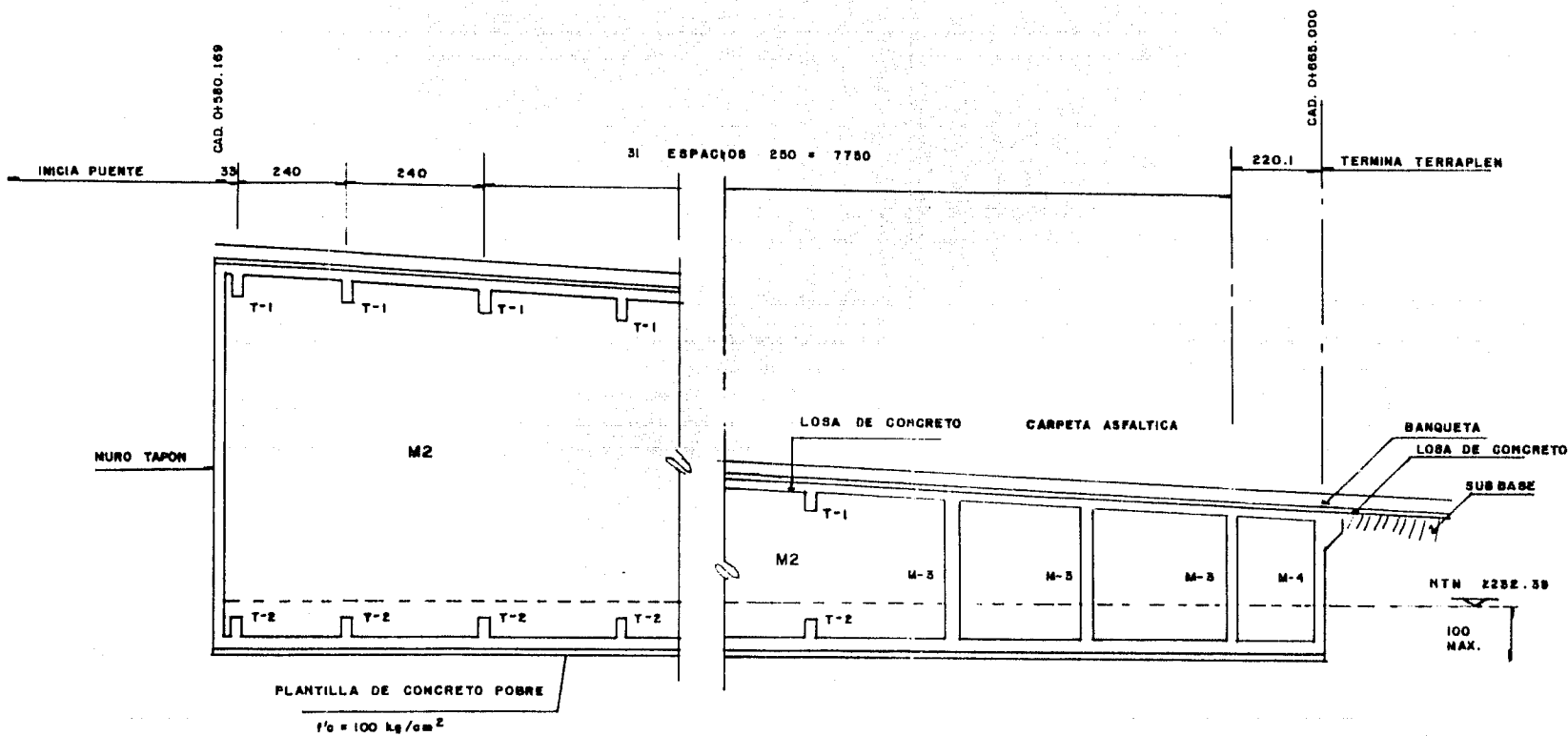


FIG. III. 19 AIREPLEN SUR (Corte longitudinal.)



31 ESPACIOS 250 = 7750

220.1

TERMINA TERRAPLEN

CAD. 01665.000

LOSA DE CONCRETO

CARPETA ASFALTICA

BANQUETA

LOSA DE CONCRETO

SUB BASE

M2

M-3

M-3

M-3

M-4

NTN 2252.39

100  
MAX.

T-1

T-1

T-2

T-2

RE

SUR (Corte longitudinal.)

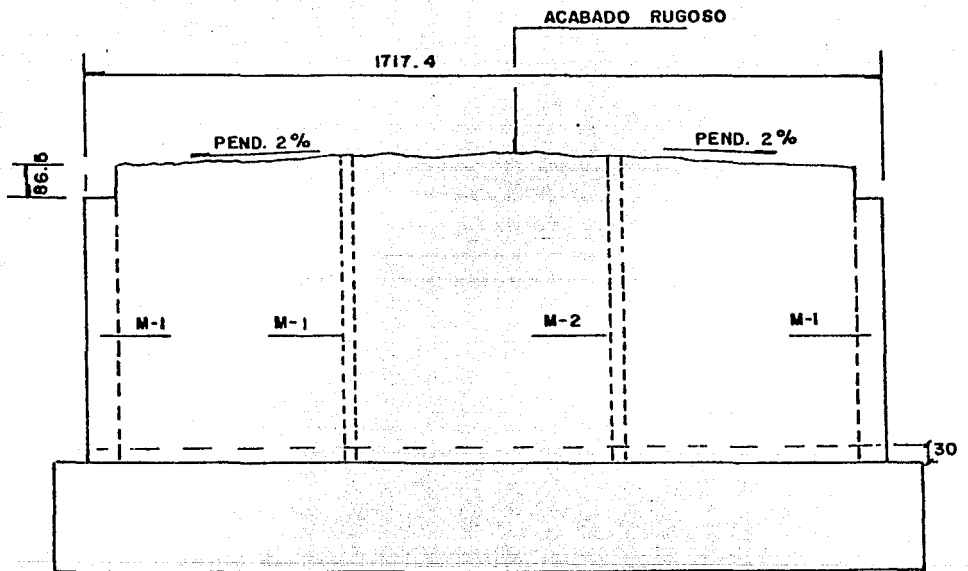


FIG. III.20 ELEVACION DE MURO TAPON NORTE Y SUR.

ra la aceptación de la obra.

Los resultados de toda medición y ensaye que aquí se especifique fueron comunicados a COVITUR en un plazo no mayor de 48 horas contadas a partir del momento en que se llevaron a cabo.

Todos los ejes de la estructura se trazo y verifico empleando tanto en su localización horizontal como en la vertical los -- instrumentos que se requieran para satisfacer las tolerancias que se marquen en estas especificaciones.

No se permitió el colado de ningún elemento estructural si no fueron verificado sus niveles, dirección, localización y orientación, así como su refuerzo.

#### **MATERIALES :**

En cuanto a materiales se siguieron las siguientes especificaciones :

Cemento : Portland tipo I (NOM\_C\_I\_1980).

Agregados: Grava y arena, deberán cumplir con las especificaciones de agregados para concreto (NOM C\_111).

Agua : Limpia, exenta de aceite, limo, materia-orgánica, ácidos, alcalis, sales y cualquier otro tipo de sustancia que deteriore la calidad del concreto (NOM C\_122).

Aditivos: Según clasificación de la norma NOM C-199 se podrían usar: Tipo F (Inclusor de aire), D (Retardante de fraguado) y A (Reductor de agua); según correspondan a las necesidades de estas especificaciones.

**Acero de refuerzo :** Esfuerzo mínimo de fluencia no menor de  $4,200 \text{ Kg/cm}^2$  (Alta resistencia) exceptuando las varillas de  $1/4''$  de diámetro de acero estructural con  $F_y = 2,530 \text{ Kg/cm}^2$ .

Todos estos materiales estarán sometidos a pruebas de verificación de calidad.

**CIMBRA :**

La cimbra de todos los miembros que forman la estructura fué proyectada para cumplir con los siguientes requisitos:

La forma debió cumplir con las dimensiones de los elementos indicados en los planos correspondientes. No se permitieron deformaciones importantes, como flechas en traveses y losas o desplomes en columnas.

**ACERO DE REFUERZO :**

El refuerzo se colocó en posición dentro de las tolerancias, suministrando y colocando todos los dispositivos necesarios para asegurar la correcta posición.

Para los diferentes elementos se tiene:

**Armado de traveses :**

Pueden usarse paquetes hasta de 3 varillas o paquetes, la separación mínima entre superficies de vari

llas será de 2.5 cm. o el diámetro de la varilla mayor.

El recubrimiento de las varillas principales medido a su superficie externa será de 2.5 cm. en trabes de estructura y 5 cm. en trabes de cimentación, o los indicados en los planos estructurales correspondientes. El primer estribo se colocará a 5 cm. del paño de la columna o trabe a que se ligue, a menos que se indique otra cosa en los planos.

En todos los casos, los dobleces o ganchos de las varillas se harán en frío alrededor de un perno con radio no menor de 2.5 diámetros para varillas no mayores de 5/8", de 3 diámetros para varillas mayores, y con equipo especial para mejor resultado. No se permitió ningún doblez de alguna varilla parcialmente embebida en el concreto, a una distancia de la superficie del concreto de 40 veces su diámetro. Las varillas que lleguen a los extremos de las trabes, se anclaron doblándolas a 90 grados con una prolongación de 30 diámetros como mínimo.

Armado de losas de superestructura.

El recubrimiento de las varillas medidos a partir de su superficie externa fué de 2.5 cm. o el indicado en planos.

Todas las varillas llevaron gancho estándar excepto los bastones del lecho superior, cuyos extremos se doblarán a 90 grados para apoyarse en la cimbra.

Armado de columnas y castillos.

El recubrimiento de las varillas longitudinales medido a su superficie externa fué de 4.0 cm. o el indicado en planos.

Las varillas principales se colocaron en las esquinas si la columna es rectangular o cuadrada y el resto se distribuirá como se indique en planos.

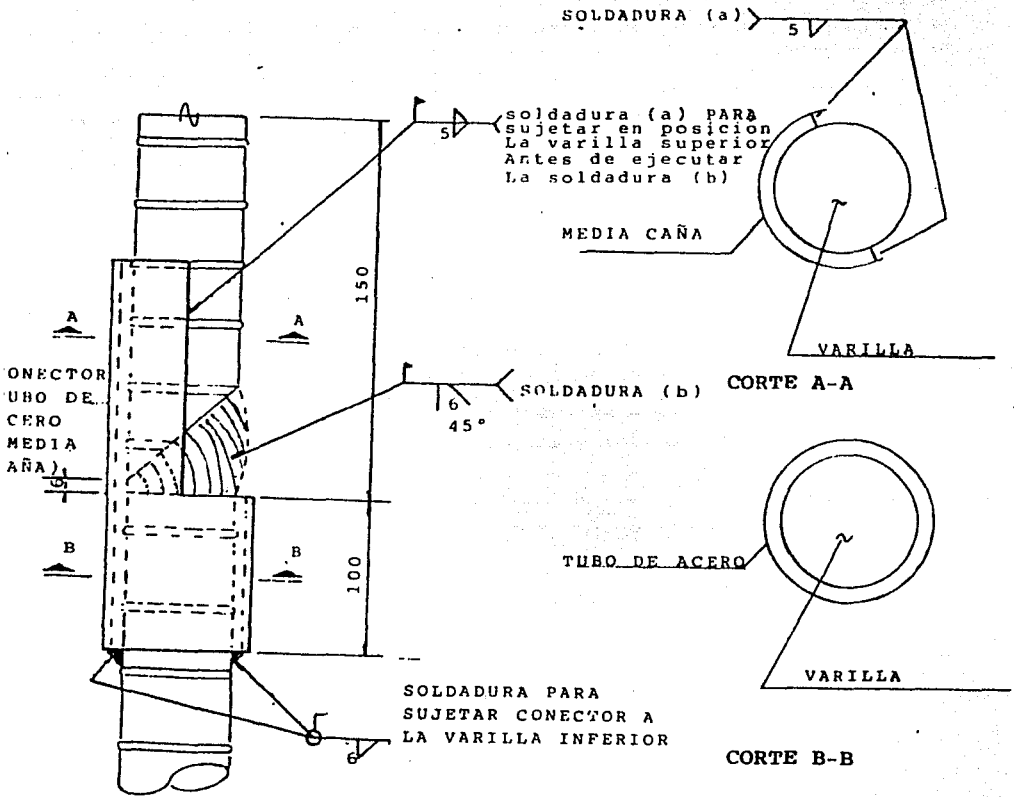
Se colocaron estribos adicionales, a los especificados para columna, en la zona común de columna-trabe, del mismo diámetro con separación de 10 cm.

El refuerzo longitudinal se anclará en la cimentación, prolongándolo hasta el lecho interior de la misma. En algunos casos, deberá doblarse a 90 grados con una longitud extra de 20 diámetros.

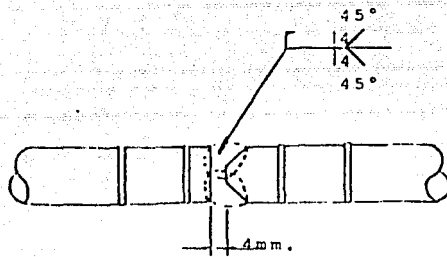
Empalmes de varillas de 1" y menores podrán ser -- traslapados proporcionando una longitud de traslape de 40 diámetros.

Para varillas mayores de 1" de diámetro, se utilizará soldadura de acuerdo a las figuras III.21 y 22. Existirán agujeros en trabes y vigas de concreto -- que exijan la colocación de instalaciones, se harán dejando tubos de lámina o rellenos de madera u otro material adecuado en los elementos, antes del colado, y suministrando el refuerzo adicional que marcan los planos.

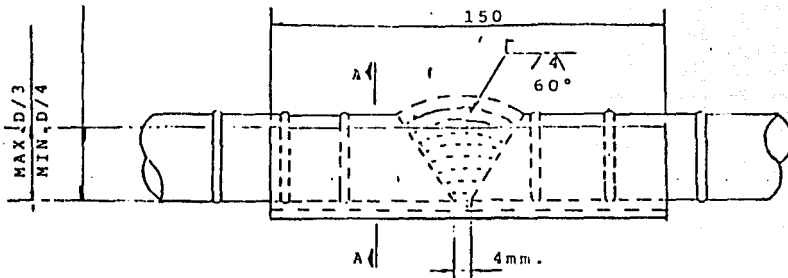
En un mismo elemento estructural no se permitió -- utilizar más de una marca comercial de varillas y -- quedó a decisión de COVITUR permitir o no el uso -- de diferentes marcas.



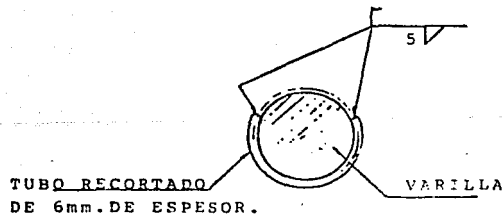
**FIG. III.21 DETALLE PARA SOLDADURA DE VARILLAS MAYORES DEL #8 EN REFUERZO DE COLUMNAS CUANDO ESTA SEA IMPOSIBLE DE EFECTUAR A TODO ALREDEDOR.**



DETALLE PARA SOLDADURA DE VARILLAS MAYORES DEL #8 EN TRABES Y COLUMNAS CUANDO EXISTA ACCESO ALREDEDOR DE ELLAS.



ELEVACION.



CORTE A-A

FIG. III.22 DETALLE PARA SOLDADURA DE VARILLAS MAYORES DEL #8 EN TRABES CUANDO ESTA NO SE PUEDE EFECTUAR ALREDEDOR.



## MEXCLADO :

En ningún caso se permitió el mezclado a mano.

El mezclado mecánico debió hacerse de acuerdo con las proporciones previamente aprobadas, sujetas a las modificaciones que se requieran por los cambios de humedad.

Cuando se usó concretos premezclados, estos deberán seguir las normas correspondientes NOM C-155.

El tiempo de transporte jamás excedió de 45 minutos.

El equipo de transporte fué capaz de proporcionar el abastecimiento del concreto al sitio de colocación sin segregación de los agregados y sin interrupciones que propicien la pérdida de plasticidad entre colados sucesivos.

## COLADO :

Una vez inspeccionadas y aprobadas por COVITUR, la cimbra y armados se procedió a colar. Se dispondrá del número suficiente de andamios debidamente colocados, que permitan la circulación de los operarios sin pisar o alterar la posición de cualquier armado. Se debió depositar la mezcla en el lugar más cercano o de ser posible en su posición final dentro de la estructura, con el fin de evitar al máximo el movimiento del concreto en el área de colado.

No deberá permitirse el movimiento del concreto -- en caída libre mayor a 1.20 mts, cuando se requie-

ra desplazarlo verticalmente para salvar desniveles fuertes, se recurrió al uso de cubetas con descargas de fondo transportadas con malacates, grúas o cualquier sistema de cables, para descensos verticales reducidos hasta de 2 m. podrán emplearse en sustitución de cubetas, embudos acoplados; siendo este obligado en extremo de descarga de canalones o bandas transportadoras. La distribución del concreto deberá hacerse por capas horizontales no mayores a 30 cm. de espesor, no se debe desplazar en dirección horizontal o en pendiente, la capa colada anteriormente permanecerá aún sin fraguar cuando se deposite la nueva capa.

En el caso de los muros el concreto se deberá introducir por medio de un "tubo de caída" de diámetro no menor de 8 veces el tamaño máximo del agregado depositando a un ritmo uniforme. La separación entre tubos no excederá de 6 m. centro a centro y deben ser colocados a plomo. El extremo del tubo quedará como máximo a 1 m sobre el nivel del concreto colocado en la capa anterior. El tubo se desplazará lentamente de tal manera que se efectúe en etapas de 50 a 100 cm.

En caso de ser necesario el bombeo de concreto se deberá colocar un ducto ahogado 20 ó 30 cm. en la capa de concreto depositada anteriormente, el diámetro de dicha tubería no podrá ser menor que 3 veces el tamaño máximo del agregado.

La operación de la bomba deberá ser de manera que se obtenga un flujo continuo de concreto, la tolva receptora deberá mantenerse parcialmente llena todo momento durante el bombeo y estar equipada -- con una malla que impide el acceso de gravas o -- cuerpos demasiado grandes.

Las juntas de colado quedarán localizadas en general cerca de la mitad de los claros de trabes y lo sas y en columnas en el lecho inferior de las trabes.

#### VIBRADO :

Todo el concreto debió ser compactado por medio - de vibración, la cual podrá ser usando equipo de - inmersión, de cimbra o superficiales (reglas vibra torias según sea el caso).

Los vibradores de inmersión o de cimbra deberán te ner una frecuencia entre 130 y 225 vibraciones por minuto, accionados por medio de gasolina, energía- eléctrica o neumática, con diámetros entre 3 y 9 - cm.

Se deberá insertar con separaciones entre 45 y 75- cm. durante períodos cortos de 5 a 10 segundos sin llegar a segregarse el concreto.

Para los elementos estructurales se tendrá :

En muros y trabes de cimentación, se compactará -- empleando vibradores de inmersión, adicionalmente se colocarán vibradores de cimbra en las zonas ad-

yacentes a las juntas verticales de contracción para compactar los bordes del tramo de muro que se -  
cuela.

Se tendrá cuidado de no usar el vibrador para transportar la mezcla a lo largo o ancho de la cimbra.

#### PROTECCION :

Después de haber sido colocado el concreto requiere ser protegido de los siguientes agentes:

- 1.- Durante 12 hrs., de las lluvias fuertes.
- 2.- Durante 14 horas, del agua corriente, del fuego o calor excesivo, resultante de la soldadura de placas de acero o varillas.
- 3.- Durante todo el tiempo de curado, del tránsito de personas, vehículos o cualquier otra -- causa que rompa la membrana de curado.

#### CURADO :

El concreto de todos los elementos estructurales, -  
debió mantenerse en condición húmeda durante un -  
período no menor de 7 días (cemento normal) o 3 -  
días (cemento de fraguado rápido).

Para evitar pérdida de agua se usará yute, arena -  
húmeda o agua sobre el colado, que se aplicará en -  
cuanto el fraguado del concreto lo permita.

#### DESCIMBRADO :

Toda la cimbra lateral de trabes pudo ser removida

cuando el concreto haya fraguado totalmente, pero -  
nunca antes de 48 hrs.

La cimbra de losas y trabes no se podrá retirar has-  
ta 7 días después del colado y aprobada la resisten-  
cia del concreto.

Ningún elemento estructural podrá recibir carga an-  
tes de 28 días de haberse colado.

#### RESISTENCIA DEL CONCRETO :

El concreto de todos los elementos estructurales co-  
lados en el lugar, debieron tener una resistencia mí-  
nima a la compresión medida por  $f'c$ , según se espe-  
cifico en los planos estructurales.

#### PRUEBAS DE ACEPTACION DEL CONCRETO :

Para cada tipo de concreto, se fabricaron un grupo-  
de cinco cilindros estándar por cada día de colado-  
o por cada  $25 \text{ m}^3$  de concreto o fracción.

Se formaron parejas de cilindros y se probaron la  
primera a 7 días y la otra a 28. En caso de que en  
alguna de las parejas los resultados presenten mu-  
cha diferencia se probará una tercera muestra para-  
verificar los resultados.

Siendo  $f'c$  el índice de resistencia del concreto, -  
se considerará adecuada, cuando el promedio de to-  
dos los grupos de tres resultados de pruebas de re-  
sistencia, sea mayor o igual al  $f'c$  especificado en  
planos. Ningún resultado individual de las pruebas

deberá ser menor de  $35 \text{ Kg/cm}^2$  de f'c.

**TOLERANCIAS :**

**Dimensionales :**

- a) En posición del eje de columnas, 0.8 cm.
- b) En posición de trabes con respecto a columnas, 0.3 cm.
- c) En dimensiones de la sección o peralte de los miembros, más 1.0 cm. menos 0.5 cm.
- d) En colocación del refuerzo en losas y zapatas, 0.5 cm. verticalmente y 3.0 cm. horizontalmente, pero respetando en número las varillas por metro.
- e) En colocación de refuerzo en los demás elementos, 0.5 cm.
- f) En longitudes de bastones, corte de varillas, traslapes y dimensiones de ganchos, menos 1.0-cm.
- g) En localización del dobléz de columpios, 0.5 - cm.
- h) En desplomes de columnas, 0.4 cm.
- i) En niveles de losas, 0.3 cm.
- j) En espesores de firmes, 0.5 cm.
- k) En dimensiones exteriores de tabique o bloque, 0.3 cm.
- l) En espesores de relleno, 1.0 cm.
- m) En área transversal del acero de refuerzo, menos 4%.

**En Resistencia :**

Para el acero, el 90% de las muestras ensayadas de cada partida debe ser capaz de resistir no menos que los esfuerzos especificados y ninguna muestra debe fallar con menos del 90% de dichos esfuerzos. La misma especificación rige en cuanto a los límites de fluencia y elástico aparente, referidos éstos en área nominal de la sección transversal del refuerzo.

**En Peso Volumétrico :**

Ninguna muestra diferida en más de 10% respecto al especificado.

**Incumplimiento de Tolerancias :**

Cualquier elemento estructural o de albañilería -- que no cumpla con las especificaciones relativas, -- será demolido y reconstruido con las precauciones que fije COVITUR y por cuenta del contratista.

Si el concreto dá resistencia que esté escasa 15% y se satisfacen estrictamente las demás tolerancias, se podrá curar la zona en cuestión durante 28 días adicionales y pedir la extracción y ensaye de corazones de concreto. Si las muestras ensayadas a razón de tres por cada 20 m<sup>2</sup> o fracción, pasan la tolerancia de resistencia se aceptará el co lado en cuestión.

Si el defecto consiste en incumplimiento de tolerancias en dimensiones o en colocación del refuerzo, se podrá ejecutar una prueba de carga bajo las condiciones que fije COVITUR, en caso de que los -

elementos en cuestión pasen la prueba satisfactoriamente, serán aceptados.

#### **PARA JUNTAS EN LOSAS Y BANQUETAS :**

Se dejarán preparaciones para juntas de expansión en losas según planos correspondientes.

La junta deberá permitir el desplazamiento límite de  $\pm 3$  cm. y el giro de la losa en  $\pm 6^\circ$ .

La junta podrá ser de algún material que garantice la hermeticidad de la junta (Neopreno, cloropreno, etc.). tipo freyssinet, maurer o similar.

Deberá garantizarse la estanqueidad, impidiendo la filtración de agua hacia el interior de la estructura y deberá mantenerse libre de cualquier material que impida su libre funcionamiento.

#### **III.2.a.2 PROCESO CONSTRUCTIVO PARA LOS APOYOS.**

Para la construcción de los puentes vehiculares atirantados sobre la Calzada Ignacio Zaragoza, se requirió construir apoyos de concreto reforzado, éstos estarán distribuidos longitudinalmente a lo largo del puente, considerando su distribución en dos zonas: una será la zona de puente convencional y la otra zona de puente atirantado.

El número de apoyos para cada puente variará con su dimensión longitudinal y sus características geométricas particulares.

Estas diferencias serán el número de círculos que presenten su estructura y por ende el número de columnas. Ambas dependen directamente del número de carriles a que está destinado cada --



puente. Así se tiene un círculo al centro y dos columnas laterales para puentes de 2 a 3 carriles; dos círculos y tres columnas para puentes de 4 a 6 carriles. En general y a pesar de estas - diferencias, todos los puentes presentan el proceso constructivo similar en los casos de los apoyos destinados a la zona convencional y de otra forma para el caso de los apoyos correspondientes a los mástiles.

La descripción general de los apoyos marco-muro es: columnas guiadas y ancladas por dados en la cimentación; muros en ambos extremos, dejando un hueco entre ambos y un muro periférico en el contorno del hueco circular.

El objetivo de estas características es aligerar el peso del --- apoyo, buscando con ésto un menor esfuerzo por peso propio de la estructura.

El proceso constructivo del primer tipo de apoyo se puede - referir a las siguientes fases: Armado, cimbrado, verificado y - colado en tres etapas.

La diferencia con el segundo tipo de apoyo será solo la construcción de los mástiles.

#### **PROCESO CONSTRUCTIVO PARA LOS APOYOS DE PUENTES, CASO PARTICULAR CANAL DE SAN JUAN.**

La distribución de los apoyos del Puente Canal de San Juan- Figura III.23 se realizó de acuerdo a los requerimientos y circunstancias de vialidad de la Calzada Zaragoza, evitando obstáculos a la circulación vial, obviamente lo anterior condicionó la ubicación de las cimentaciones.

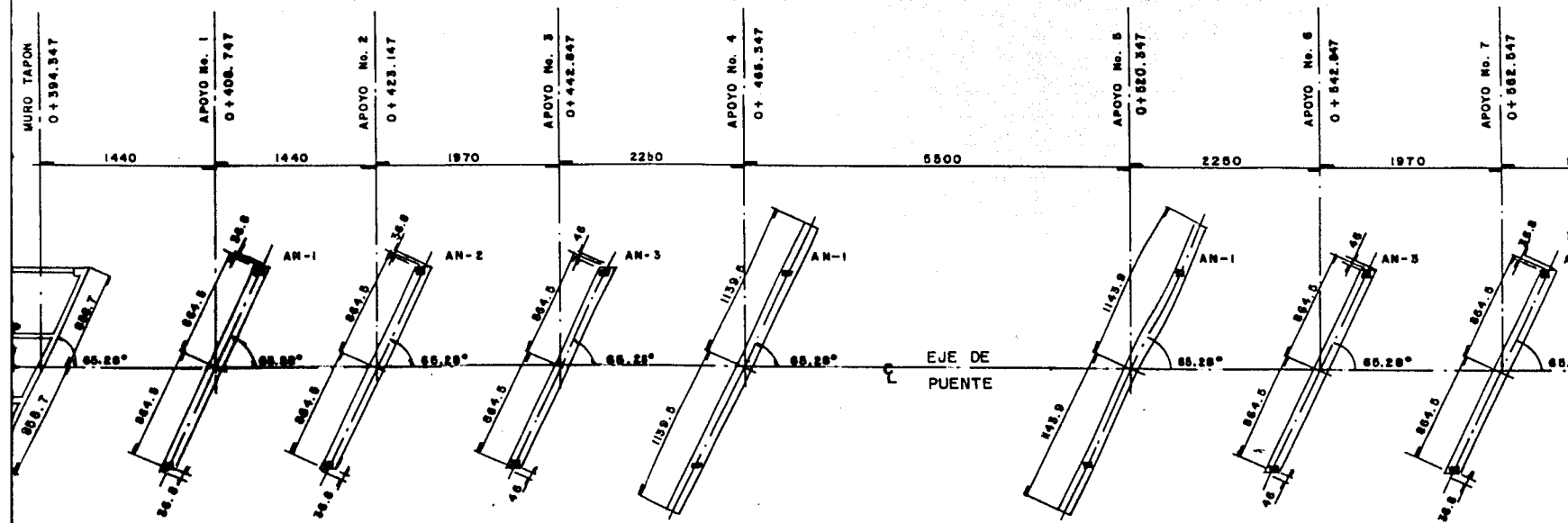
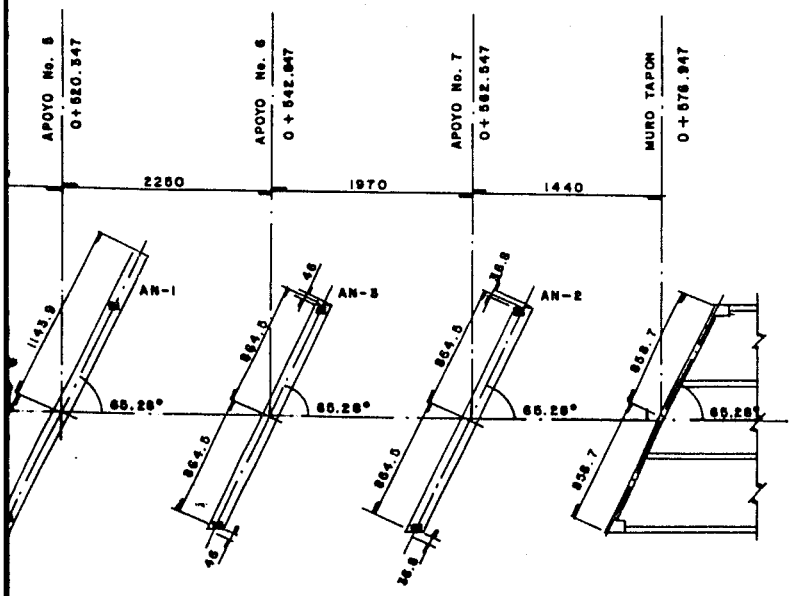


FIG. III. 23. PLANTA DE APOYOS DE PUENTES.

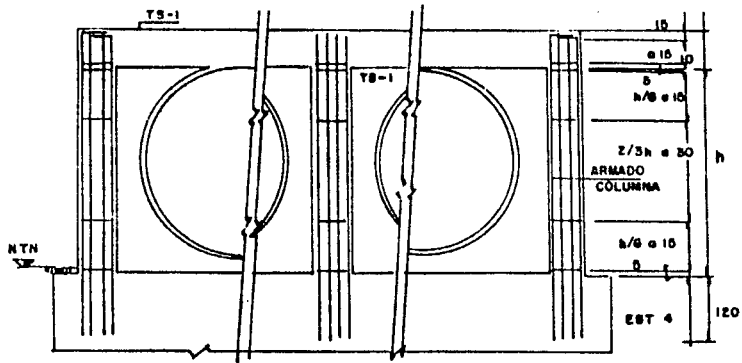


ENTES.

**PROCESO CONSTRUCTIVO :** Una vez que la losa tapa del cajón flotante de la cimentación ha sido curada con la membrana impermeable.

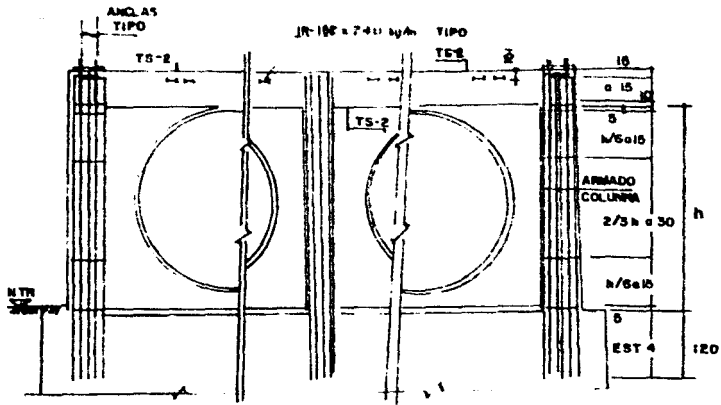
Pasando las 24 horas posteriores a su colado marca la posibilidad de continuar la construcción del apoyo.

**Primera etapa :** Para estos apoyos su construcción se inicia con el habilitado y armado del acero que conformará los muros del apoyo y tomarán como dimensiones de longitud y espesor la distribución de las columnas del marco-apoyo y el espesor de éstas columnas que son tres: dos en los extremos que para el caso de los apoyos 4 y 5 son base y continuación para los mástiles y una intermedia (Figs. III.24 y III.25) y que fueron colocadas y habilitadas desde el cajón de cimentación proveniente desde la losa de fondo de dicho cajón (Fig. III.12 ). Se realizó un armado de varilla proporcional a dos muros independientes dejando al centro un espacio vacío, este primer armado se realizó en forma corrida hasta donde se haya la mitad de los círculos. Círculos cuya razón está justificada en dos aspectos, el primero y más importante es un aligeramiento del apoyo, que al igual que el espacio vacío entre muros conduce a una menor transmisión de carga hacia la cimentación y el segundo que es el aspecto meramente estáti

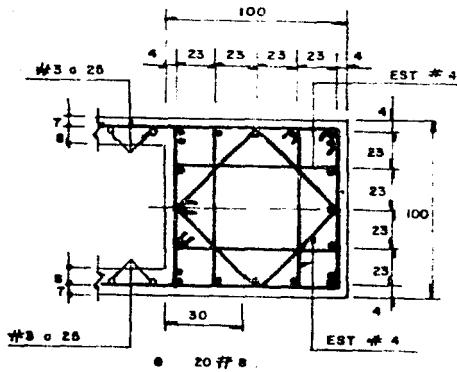


ARMADO DE APOYOS No 1, 2 Y 7

FIG. III.24 ARMADO DE APOYOS Nº 1, 2 Y 7.



ARMADO DE APOYOS No 3 Y 6



CORTE TRANSVERSAL DEL ARMADO DE  
LOS APOYOS

FIG. III.25 ARMADO DE APOYOS No 3 y 6.

co.

Toda vez que se ha concluido el armado se procede a la construcción de la cimbra. Como primera etapa del cimbrado y colado llegará a la mitad de la altura de los círculos (Fig. - - III.26).

Colado : una vez verificado el armado así como su verticalidad y dimensionamiento de cimbras, se procede al colado utilizando concreto prefabricado de planta, transportado en revolvedoras, ya que es mucho más práctico el realizar el colado sin incurrir en irregularidades de calidad, por supuesto ineludible es el realizar las pruebas respectivas de resistencia así como el proceso de vibrado, cabe mencionar que los colados deben hacerse con el equipo y aditamentos especiales, para evitar segregación y además cumplir con la condición de acabado aparente.

Se puede descimbrar el elemento a las 24 hrs. y aplicar una membrana de curado, siendo posible continuar con los armados del elemento y así iniciar la segunda etapa o fase, siempre y cuando el cimbrado de los círculos lo permita ya que el trabajo sobre éstos se torna en una verdadera obra artesanal.

**Segunda etapa :** Concluidos los armados cuya altura pasó sobre la terminación del círculo, se verificó que -

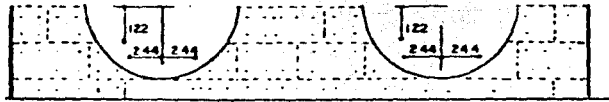


FIG. III.26 ETAPA 1 DE CONSTRUCCION PARA LOS APOYOS.

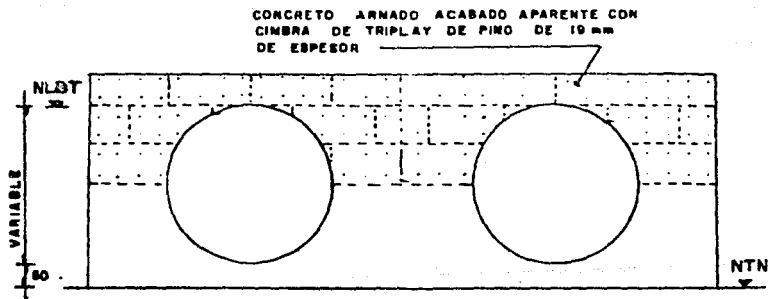
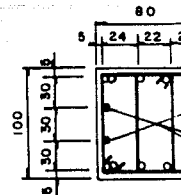
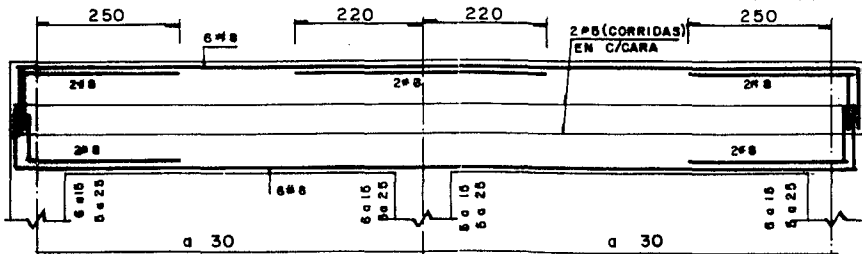


FIG. III.27 ETAPA 2 DE LA CONSTRUCCION DE LOS APOYOS.



**TRABE TS-1**  
SECCION 100 x 80

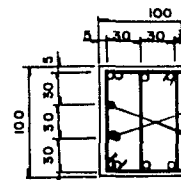
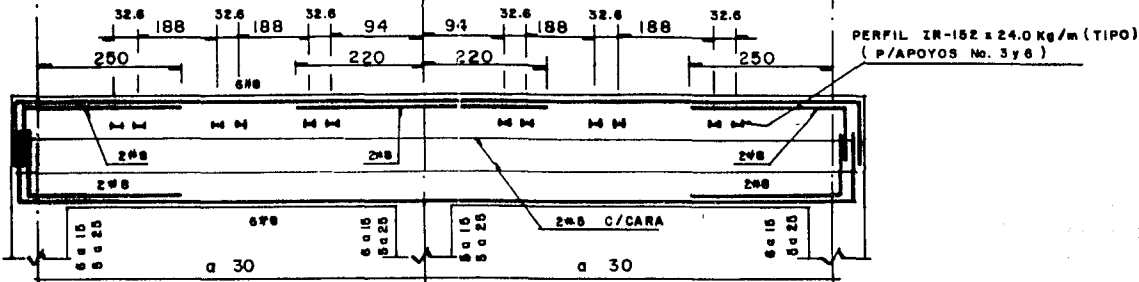
EST. # 4  
EN 2 SERIES



SECCION

**TRABE TS-2**  
SECCION 100 x 100

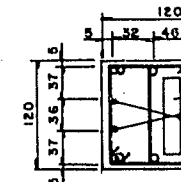
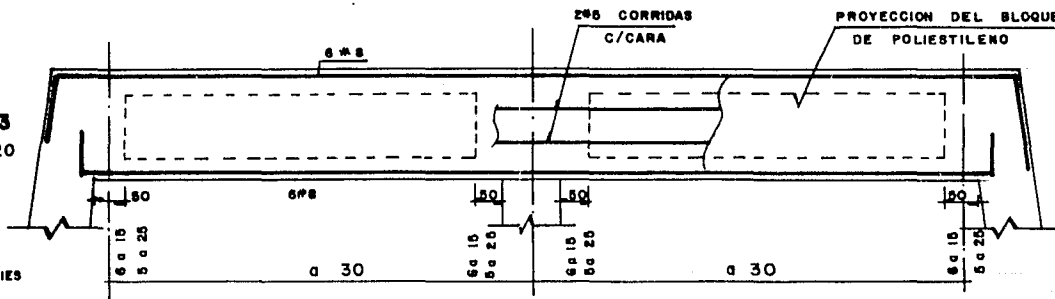
EST # 4  
EN 2 SERIES



SECCION

**TRABE TS-3**  
SECCION 120 x 120

EST # 4  
EN 2 SERIES



SECCION

**TRABE TS-4**  
SECCION 120 x 100

EST # 4  
EN 2 SERIES

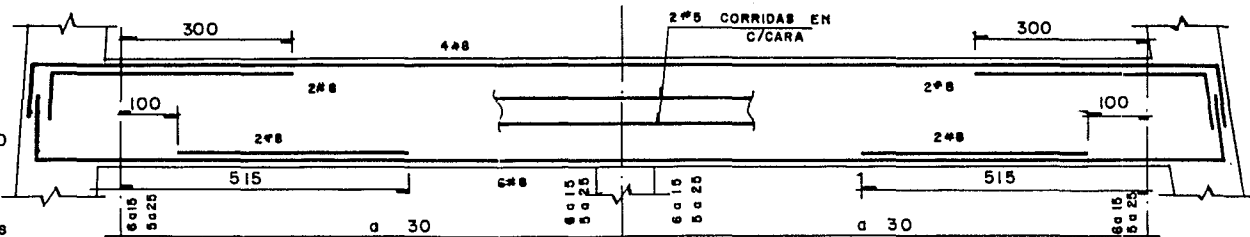
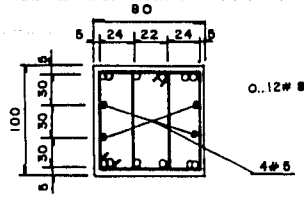
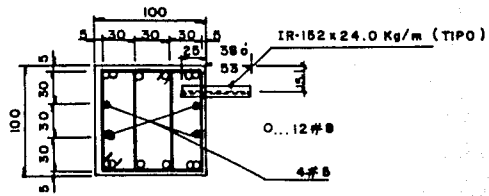


FIG. III. 28 ARMADO DE TRABES DE CONCRETO.

PERFIL IR-152 x 24.0 Kg/m (TIPO)  
(P/APOYOS No. 3 y 6)

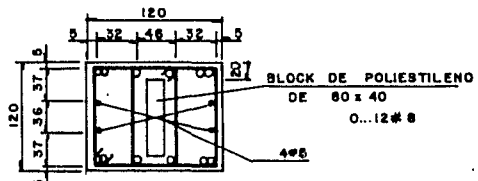


SECCION TS - 1

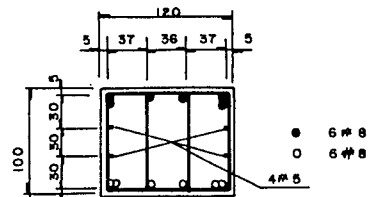
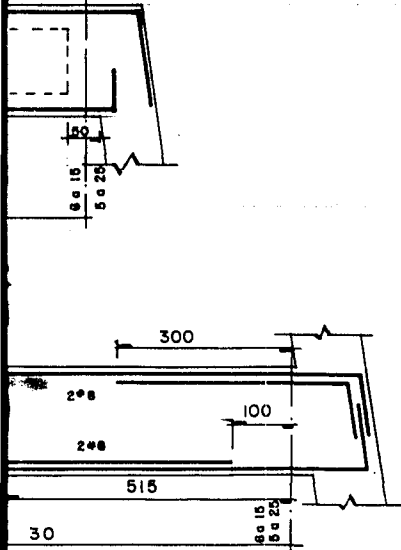


SECCION TS - 2

SECCION DEL BLOQUE  
POLIESTILENO



SECCION TS - 3



SECCION TS - 4

## PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOS "MASTILES"

Como se mencionó anteriormente estos mástiles o columnas, -- inician su desplante desde la losa de fondo de la cimentación, - pero es precisamente en el remate del apoyo donde el mástil se - observa como elemento y con la sollicitación de inclinación de -- proyecto misma que inicia propiamente desde la losa tapa de la - cimentación (Figura III.29)., estos mástiles son elementos de -- concreto reforzado que constituye una de las partes más importan tes de la superestructura, ya que en ellos se montarán los siste mas de conexión (anclajes pasivos o coronas) para los tirantes o cables que sostendrán a la armadura metálica.

**Proceso constructivo :** Partiendo del hecho de que en los - apoyos 4 y 5, quedaron las prepara ciones del armado de las columnas,- éstas se habilitan de tal suerte - que exista continuidad en el ángulo de inclinación sollicitado de proyec to (Figura III.30), procediendo al traslape de las varillas (soldadura para el caso de varillas mayores -- del número 8 de diámetro), debido a la longitud de las varillas será ne cesario implementar unos "tirantes" de alambre recocido "Torsales", dia gonales que hagan una sujeción de - la punta del armado hacia el piso,- tratando de conservar las condicio nes de inclinación, realizado lo

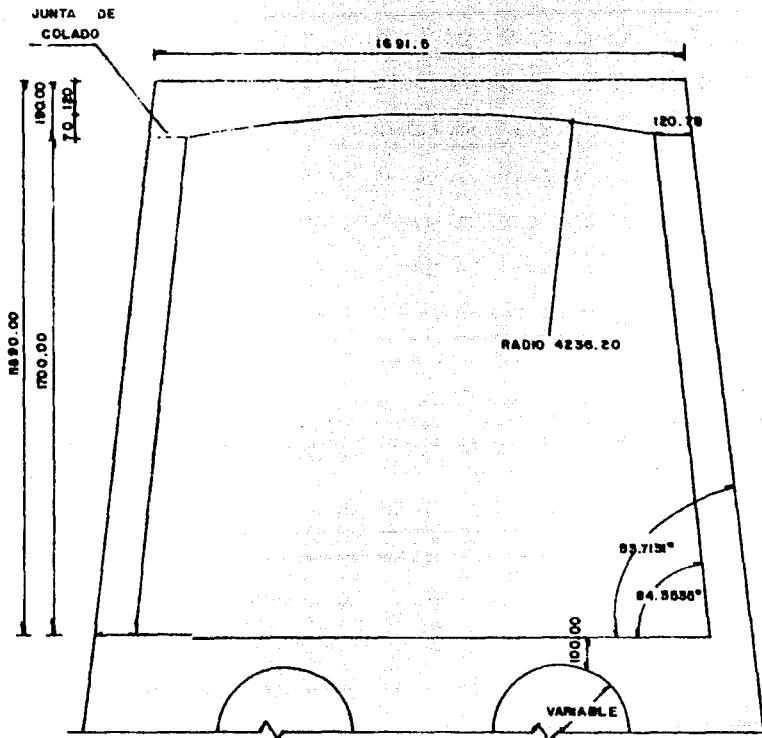


FIG. III.29 VISTA QUE MUESTRA LA INCLINACION DE LOS MASTILES.

terior es posible iniciar el cimbrado mismo que deberá conservar las condiciones iniciales, y no ser excesivamente grande en su altura, a fin de evitar segregación (tramos aproximadamente de 2 a 2.5 m), en su colado, la rapidéz de la construcción estará directamente vinculada con el sistema de cimbrado a utilizarse.

Cuando el proceso de colado de los mástiles llega a la altura predeterminada de proyecto, se realiza antes de este último colado la preparación de anclajes que servirán para alojar los sistemas de conexión (coronas), la instalación de estos anclajes se torna en un trabajo detallado y difícil ya que de eso dependerá que la "corona" quede correctamente alineada con los otros sistemas de conexión y éstos sobre la estructura metálica (Fig. III.31)

#### **INSTALACION DE "CORONAS" (SISTEMAS DE CONEXION).**

Se trata de un elemento metálico a base de placas de acero con sistema de soldadura de alta resistencia, en cuyo interior contendrá los soportes pasivos, cuya función es "conectar" los

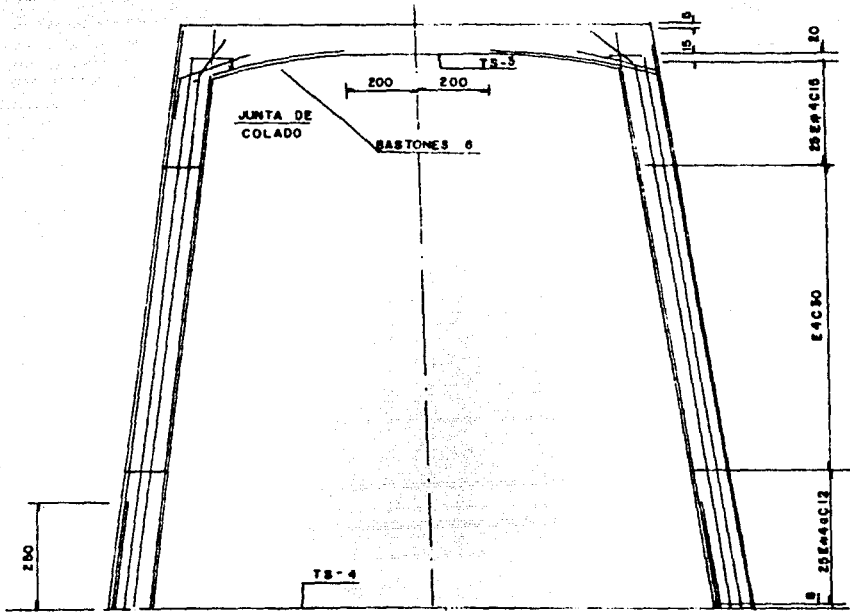


FIG. III.30 INCLINACION EN ARMADO DE LOS MASTILES.

EL ARMADO DE LA TS-3 DEBERA ANCLARSE COMO SE MUESTRA DESPUES DE COLOCAR Y NIVELAR EL SISTEMA DE ANCLAJE DE LOS CABLES

SISTEMA DE ANCLAJE DE CABLE VER PL 90-E - CIZARRA B-02-002-P

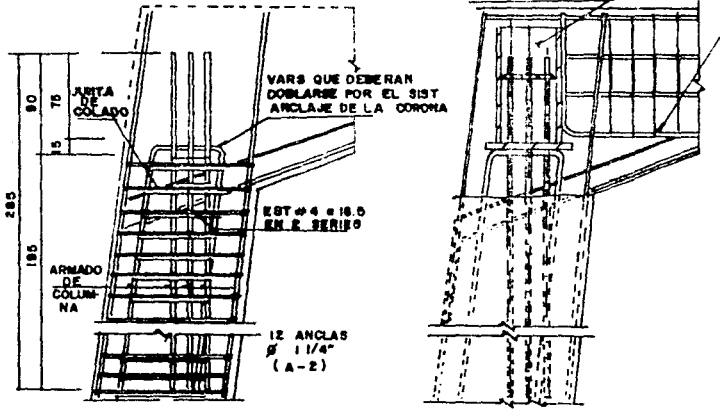


FIG. III. 31 ARMADO PARA EL SISTEMA DE ANCLAJE DE APOYOS PASIVOS.

cables a este sistema.

El peso de esta conexión es de aproximadamente 5 ton. por lo cual se hace necesario montarlos con una grúa que tenga una extensión adecuada para alcanzar la punta del mástil, realizado lo anterior y previa verificación de las condiciones de alineamiento, se fija el sistema al mástil.

Concluído el paso anterior se procede ahora con la trabe de mástiles que no solo rigidiza a éstos sino que también participa en la fijación de las "coronas".

**Proceso constructivo :** Concluído el trabajo de fijación de coronas, y utilizando el sistema de andamiaje que se instaló desde el inicio de la construcción de mástiles, se procede a instalar un entarimado que permitirá la instalación del armado de la trabe cuya característica es tener una distribución proporcional a dos elementos dejando al centro un espacio que en lo futuro será ocupado por poliuretano (Fig. III.32) permitiendo con ello un aligeramiento en peso y una apreciación de volumen en la trabe que no corresponde con el primero, se cimbran los laterales del elemento, procediéndose al colado mismo que no fué fácil realizar debido a la altura tan

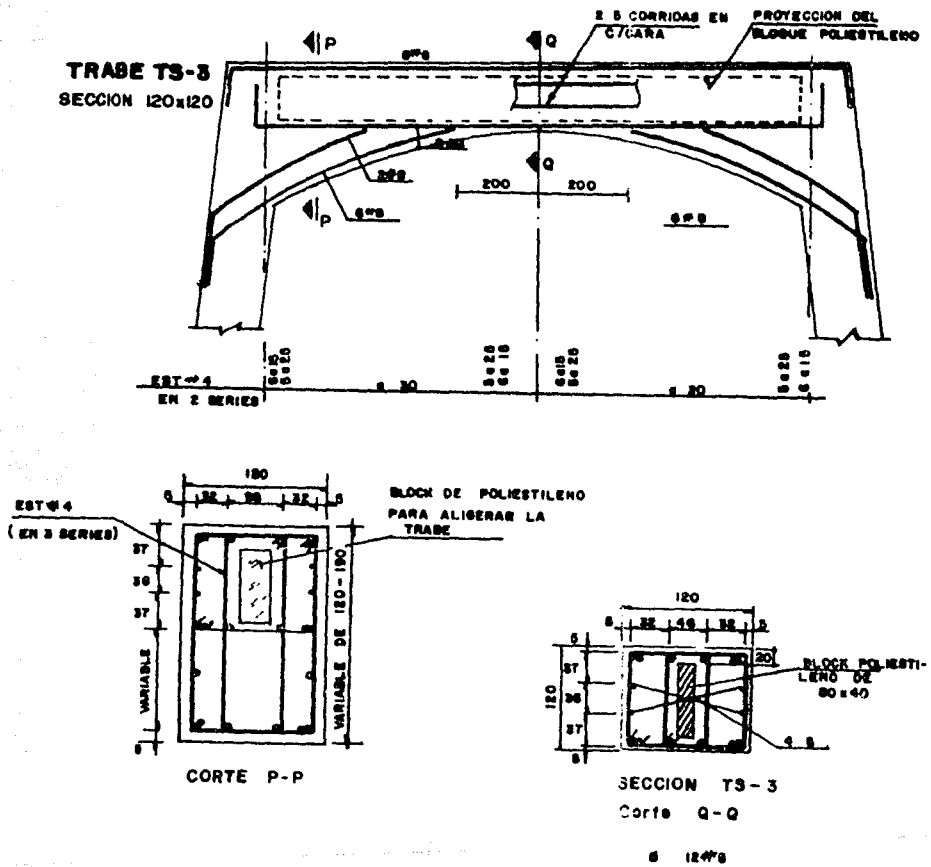


FIG. III.32 ARMADO PARA LA TRABE DE MASTILES.



considerable y las condiciones de espacio para la manejabilidad y vibrado. Cabe mencionar el uso de equipo especial para lograr el trabajo con éxito. (Fig. III.33).

### III.2.a.3 LOSA DE CONCRETO EN ZONA DE PUENTE.

Consiste en una losa de concreto armado de 15 cm. de espesor, soportada por las traveses secundarias TS1 y TS2, las cuales tienen una separación máxima de 2.60 mts.

La losa tiene una pendiente del 1.8% transversal al eje de la Avenida, esta inclinación se le debe dar siguiendo la pendiente que tienen las traveses secundarias en el patín superior.

El concreto usado será con una resistencia a la compresión  $f'_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ .

El acero tendrá un límite de fluencia  $f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ , se usaron varillas con un diámetro de 5/8" para las varillas que trabajan a flexión y varillas de 1/2" para el armado de temperatura.

#### a. Proceso constructivo.

La construcción de la losa se inició cuando se terminó el montaje de las traveses metálicas.

#### b. Cimbra.

La separación de los apoyos nos permite tener la cimbra apoyada en los patines de las traveses secundarias, como se muestra en la Figura III.34.

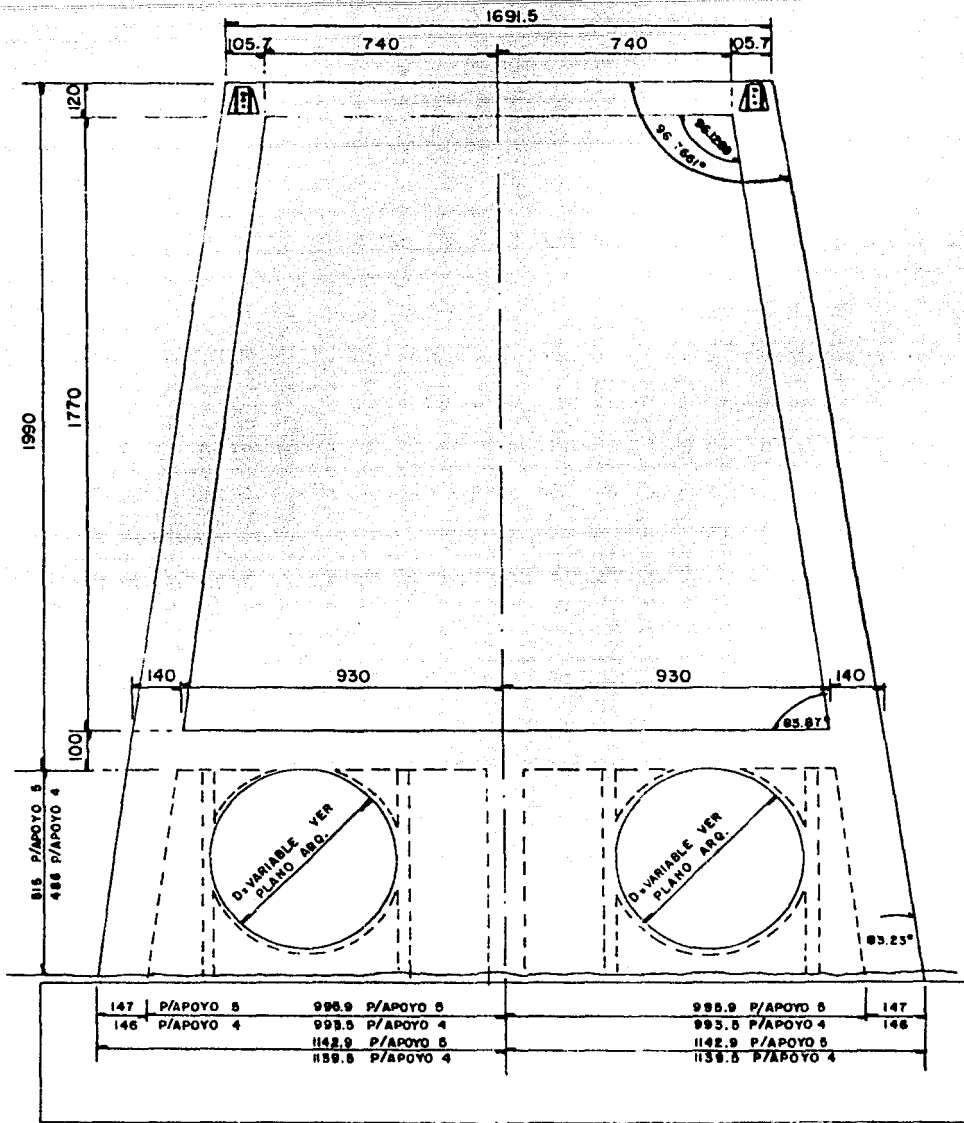
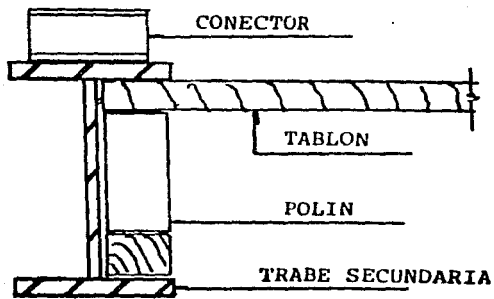


FIG. III.33 VISTA DEL APOYO - MASTILES CONCLUIDOS.



**FIG. III.34 CIMBRA DE LA LOSA DE CONCRETO**

Esta solución nos permite no obstruir el paso de ve hículos de la Calzada Zaragoza.

**c. Armado del acero de refuerzo.**

Cuandó la supervisión revisó la posición de la es-- tructura metálica y la cimbra, que coincidía con el nivel de proyecto se procedió a armar el acero de - refuerzo, cuidando:

- la separación de las varillas
- traslapes
- anclajes

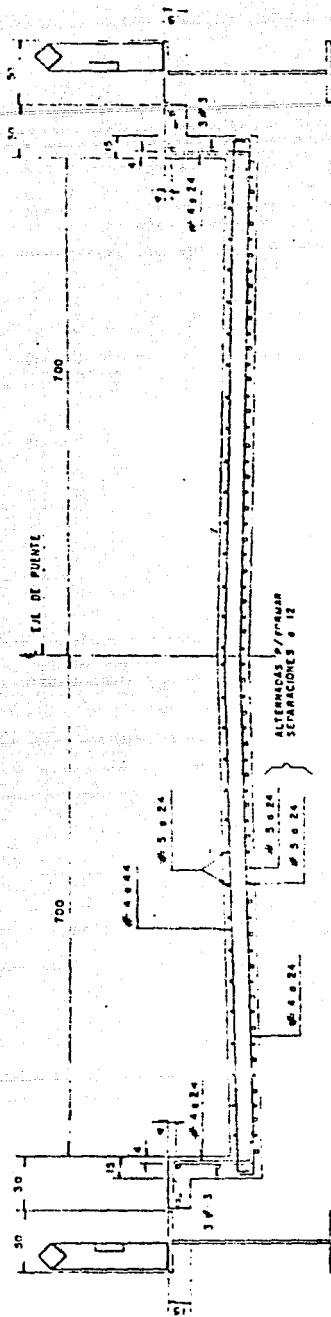
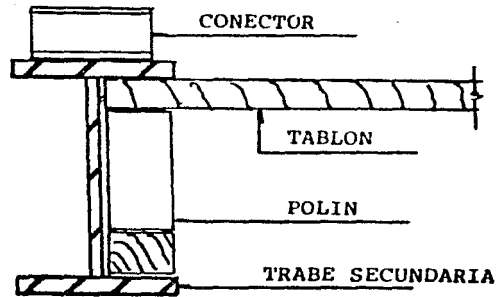


FIG. III.35 SECCION TRANSVERSAL DE LA LOSA DE PUENTE.



**FIG. III.34 CIMBRA DE LA LOSA DE CONCRETO**

Esta solución nos permite no obstruir el paso de ve hículos de la Calzada Zaragoza.

**c. Armado del acero de refuerzo.**

Cuando la supervisión revisó la posición de la estructura metálica y la cimbra, que coincidía con el nivel de proyecto se procedió a armar el acero de refuerzo, cuidando:

- la separación de las varillas
- traslapes
- anclajes

recubrimientos

Siendo la posición final la mostrada en las Figuras III.35 y III.36.

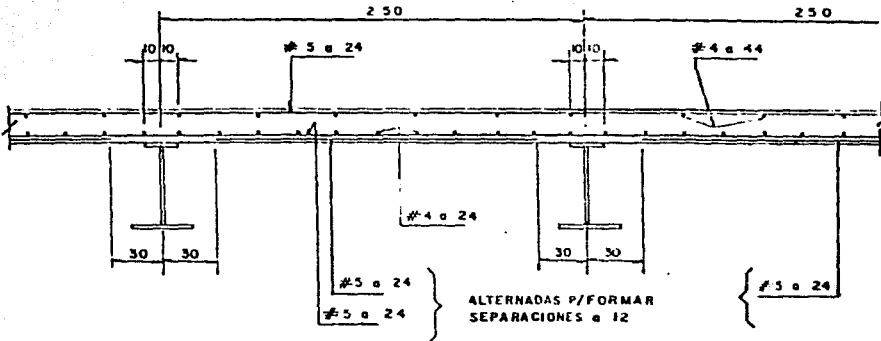
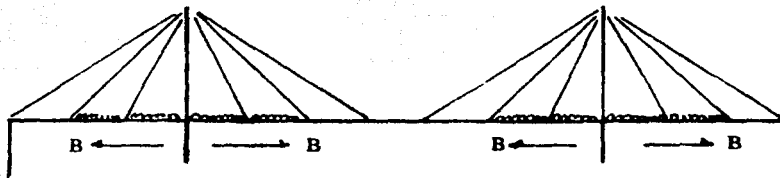


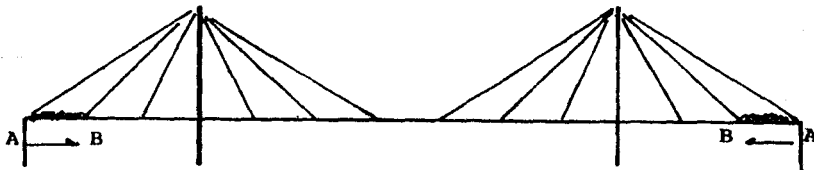
FIG. III.36 ARMADO TIPO DE LOSA DE PUENTE (SENTIDO LONGITUDINAL)

d. Colado.

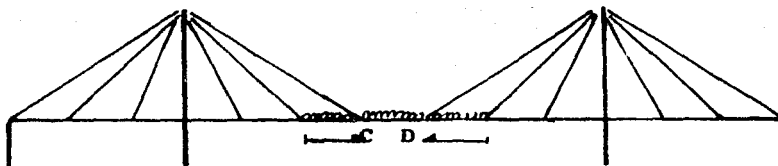
Una vez aprobado el armado de la losa, se procede a colar la losa, usando concreto premezclado como en toda la construcción de los puentes. Se usaron bombas para elevar el concreto al nivel de la losa. Para cumplir con el programa de tensado de los tirantes, el colado de la losa se hizo por etapas, -- las cuales se muestran en la Figura III.37



ETAPA 1



ETAPA 2



ETAPA 3

FIG. III.37 ETAPAS DE COLADO DE LA LOSA

#### e. Juntas de la losa de la calzada.

Como la estructura del puente puede presentar hundimientos diferenciales entre los apoyos se especificaron juntas de dilatación que permitan a las losas movimientos horizontales y verticales sin tener daños en la estructura incluso en la carpeta de rodamiento.

Las juntas en la losa coinciden con las articulaciones de las trabes principales de la estructura del puente.

La junta usada es fabricada en México y se denomina junta hermética para tráfico pesado -Mex T.50-.

#### Descripción de la junta.

La junta Mex T.50, está constituida por dos piezas de soporte en acero que se fijan por una y otra parte de la junta de dilatación del puente o sea, con fijaciones pasivas o pernos, en reservaciones acondicionadas de cada lado de la superestructura sobre la losa superior.

-Las piezas de soporte tienen una doble función:

Refuerzan el ángulo de la junta para resistir el tráfico pesado.

-Anclar sólidamente un perfil de neopreno continuo que viene a cerrar la parte central de la junta, para lograr la hermeticidad al agua que constituye el peligro principal para la buena conservación y evitar la corrosión de los apoyos.

El perfil de neopreno va a permitir todos los movimientos de la estructura sin estorbar ni engendrar esfuerzos parásitos, permitiendo movimientos longitudinales hasta 50 mm.



## Proceso constructivo.

- 1.- Cuando se cuela la losa de rodamiento, se dejo un-  
rectángulo de 20 x 16 cm. (reservación), ver Figu-  
ra III.38.

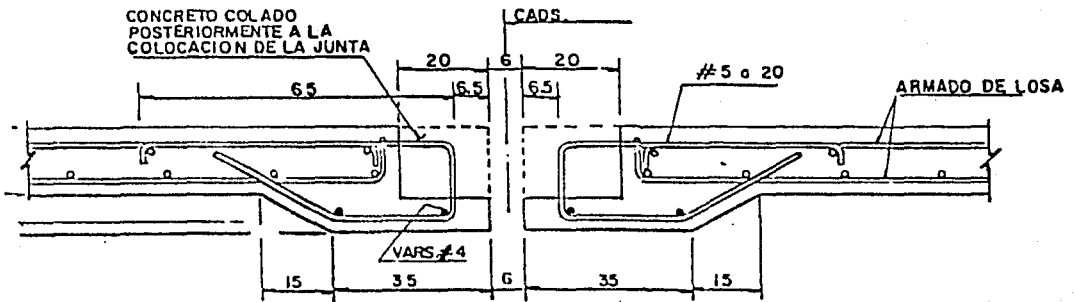


FIG. III.38 DETALLE TIPO DE PREPARACION PARA JUNTA EN LOSA.

- 2.- Se rellena la reservación con grava suelta. Figu-  
ra III.39.a.
- 3.- Se construye la carpeta asfáltica. Figura III.39.b.

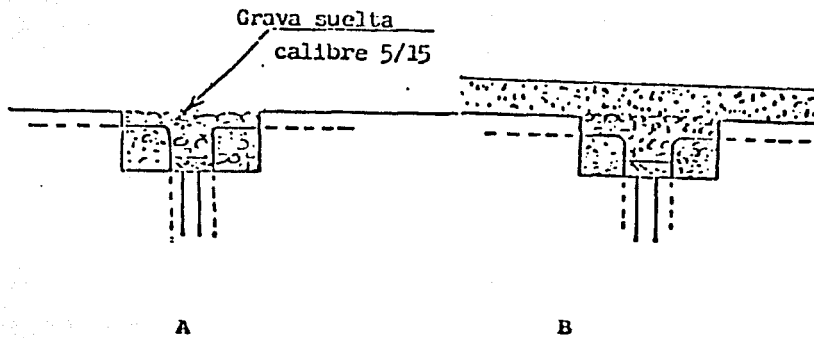
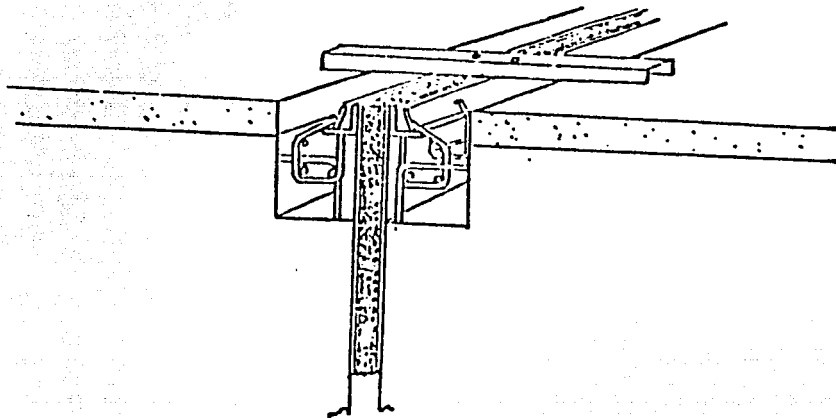


FIG. III.39 PREPARACION DE LA JUNTA.

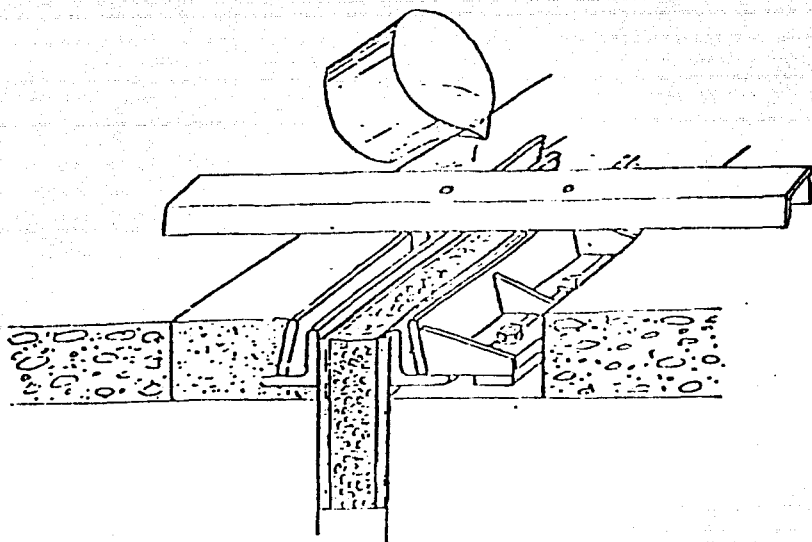
- 4.- Se corta la carpeta con un disco de diamante.
- 5.- Se retira el material de la carpeta y la grava suelta que se mencionó en el punto 2.
- 6.- A continuación es colocado el sistema de apoyo metálico que consiste en un ensamble de placas y ángulos. Ver figura III.40.

La separación entre las losas (6 cm.) se colocó -- poliestireno que sirvió como cimbra.



**FIG. III.40 COLOCACION DE SOPORTES METALICOS.**

- 7.- Se fija el ensamble a la losa por medio de tanques de expansión.
- 8.- A continuación se cuela hasta el nivel de la carpeta, usando un mortero de alta resistencia ( $f'c = 400 \text{ Kg/m}^3$ ) y baja plasticidad. Figura III.41.
- 9.- Se retira el poliestireno que sirvió de cimbra, -- cuando el concreto ha alcanzado el 80% de su resistencia.
- 10.- Se coloca el perfil del neopreno, como se muestra en la Figura III.42.



**FIG. III.41 COLADO HASTA EL NIVEL DE LA CARPETA.**

**f. Vibrado.**

Se usaron vibradores de inmersión para compactar el concreto en los bordes y reglas vibratorias para dejar una superficie rugosa.

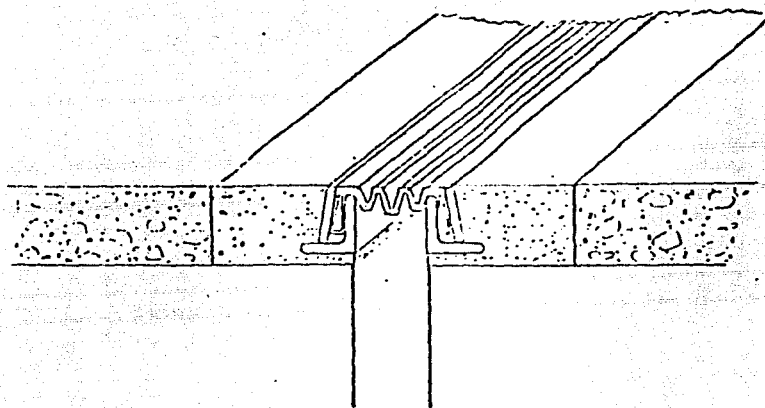
**g.- Curado.**

Se realizó con una membrana impermeable.

**III.2.b PROCESO CONSTRUCTIVO DE ESTRUCTURA METALICA.**

**III.2.b.1 ESPECIFICACIONES CONSTRUCTIVAS PARA FABRICACION Y MONTAJE DE ESTRUCTURA METALICA.**

Para el cumplimiento de estas especificaciones se deberán tener en orden los planos estructurales, arquitectónicos y de instala



**FIG. III.42 COLOCACION DEL PERFIL DE NEUPRENO.**

laciones así como lo necesario en documentación técnica.

Los resultados de mediciones y ensayos que se soliciten en estas especificaciones deberán ser comunicadas y verificadas para y por COVITUR.

#### **MATERIALES :**

Todo material empleado en la obra es del tipo DGN--B254-1973 (ASTM A36), que tiene las características siguientes:

- A.- Resistencia a la tensión, en Kg/cm<sup>2</sup> 4060 a - 5600.
- B.- Límite de fluencia mínimo, en Kg/cm<sup>2</sup> 2520.
- C.- Alargamiento mínimo en 200 mm. de longitud ca  
librada, % 20
- D.- Alargamiento mínimo en 50 mm. de longitud.  
Calibrada Placas y Barras 23  
Perfiles 21
- E.- Cuando se use soldadura manual con electrodo-  
recubierto, los electrodos serán de la Serie-  
E60XX ó E70XX (AWS A5.1 ó A5.5). Y si se em  
plea soldadura automática con electrodo su-  
mergido se utilizarán combinaciones de elec-  
trodo y fundente F6X-FXXX ó F7X-EXXX (AWS - -  
A5.17 ó A5.23).

#### **FABRICACION :**

Todo el material que vaya a utilizar debe estar rec  
to, excepto en casos indicados en planos, cuando --

sea necesario el enderezado se hará en frío, usando medios mecánicos. Cuando se requiera la aplicación de calor no deberá sobrepasar 650 grados centígrados y deberá ser supervisado por COVITUR.

Los cortes pueden hacerse con cizalla, sierra o soplete, de preferencia guiados mecánicamente. Los cortes con soplete deberán tener acabado liso de rebabas, con tolerancias de muescas o depresiones ocasionales de no más de 5 mm. de profundidad. Los cortes en ángulo, en esquinas entrantes, deben hacerse con el mayor radio posible, nunca menos de 15 mm.

#### **CONSTRUCCION ATORNILLADA, BARRENOS :**

El diámetro de los agujeros para tornillos debe ser 1.6 mm. mayor que el diámetro nominal de éstos. Los agujeros pueden punzonarse en material de grueso no mayor que el diámetro nominal de los tornillos más 3 mm., pero debe taladrarse o punzonarse a un diámetro menor y después rimarse cuando el material es más grueso.

El dado para los agujeros subpunzonados debe ser, como mínimo, 1.6 mm. menor que el diámetro nominal del tornillo.

No se permitirá el uso del soplete para hacer agujeros.

#### **CONSTRUCCIONES SOLDADAS :**

Las superficies y bordes que vayan a soldarse serán

lisos, uniformes y libres de muescas, grietas y otras discontinuidades que afecten desfavorablemente la calidad o resistencia de la soldadura.

Las partes que se van a unir por medio de soldadura de filete deben colocarse en un contacto tan íntimo como sea posible. Los miembros que van a soldarse se mantendrán en posición hasta completar la colocación de la soldadura, teniendo en cuenta las deformaciones y contracciones ocasionadas por la misma.

Los extremos de las partes que van a unirse por medio de soldaduras a tope de penetración deben alinearse cuidadosamente. La excentricidad permitida no excederá del 10% del grueso de la pieza unida más delgada, ni de 3 mm. La pendiente máxima para corregir defectos de alineamiento de alguna de las piezas será de 12 mm. en 300 mm. Las excentricidades se miden entre los ejes de las partes.

En placas de grueso no mayor de 6.3 mm. puede lograrse penetración completa sin preparar los bordes, es decir, con los cantos a escuadra, depositando la soldadura manualmente por ambos lados, en posición plana, dejando entre las dos partes una holgura no menor que la mitad del grueso de la placa más delgada. En todos los demás casos deben biselarse los extremos de las placas entre las que se va a colocar la soldadura para permitir el exceso del electrodo, y utilizarse placa de respaldo o, de no ser así, debe quitarse con un cincel o con otro medio adecuado la capa inicial de la raíz de la soldadura, hasta des-



cubrir metal sano y antes de colocarse la soldadura por el segundo lado, para lograr fusión completa en toda la sección transversal.

Cuando se use placa de respaldo de material igual al metal base, debe quedar fundida con la primera capa de metal de aportación. No es necesario quitar las placas de respaldo.

Cuando se especifique que se quiten, la remoción puede hacerse con soplete, después de completar la soldadura, tomando las precauciones necesarias para no dañar el metal, ni el de aportación, dejando la superficie de la soldadura a ras o ligeramente convexa de manera que se conserve el tamaño completo de la garganta.

Los extremos de las soldaduras de penetración completa deben terminarse de manera que asegure su sanidad. Cuando sea posible, se hará utilizando placas de extensión.

Cuando el metal base esté a una temperatura inferior a cero grados centígrados debe precalentarse a 20 grados centígrados como mínimo durante todo el proceso.

Las capas intermedias de soldaduras de varios pasos pueden golpearse ligeramente con un martillo mecánico, usando una herramienta de punta redonda, esta preparación se efectuará cuando la soldadura se haya enfriado a una temperatura a la que se sienta ligeramente caliente al tocarla con la mano. No se martillará el cordón de raíz ni los de superficie,-

ni tampoco el metal base a los lados de la soldadura. Debe tenerse cuidado para evitar traslape de la soldadura o agrietamiento de ésta o del metal base.

El martilleo tiene por objeto controlar los esfuerzos de contracción en soldaduras gruesas.

#### **TOLERANCIAS DE FABRICACION :**

En miembros que trabajarán en compresión en la estructura no se permiten desviaciones, con respecto a la línea recta que une sus extremos, mayores de un milésimo de la distancia entre puntos que estarán soportados lateralmente en la estructura terminada. Las piezas terminadas en taller deben estar libres de torceduras, dobleces y juntas abiertas.

La discrepancia máxima, con respecto a la longitud teórica, que se permite en miembros que tengan sus dos extremos cepillados para trabajar por contacto directo, es un milímetro. En piezas no cepilladas de longitud no mayor de diez metros se permite una discrepancia de 1.5 mm. que aumentará a 3 mm.; cuando la longitud de la pieza es mayor que la que se acaba de indicar.

#### **CONEXIONES ATORNILLADAS :**

Tornillos : se usarán tornillos y tuercas de alta resistencia que cumplan con las especificaciones

A-490. Se usarán llaves calibradas para suministrar la tensión especificada para cada tornillo, según su diámetro (Tabla III.3). Estas llaves deben calibrarse por lo menos una vez por cada día de trabajo. Se deberá instruir al personal para obtener cuadrillas con mejores resultados.

Diámetro del tornillo (Pulgs)	Tensión mínima del tornillo (Tons)
1/2	6.80
5/8	10.90
3/4	15.90
7/8	22.25
1	29.10
1 1/8	36.30
1 1/4	46.30
1 3/8	55.00
1 1/2	67.10

**TABLA III.3 TENSION DE LOS TORNILLOS**

Todas las piezas deben salir de la planta debidamente identificadas, con marcas que correspondan a las indicadas en los planos de montaje.

**PINTURA :**

Después de inspeccionadas y aprobadas, y antes de -

salir del taller, todas las piezas que deban pintarse se limpiarán eliminando el óxido, escoria de soldadura y en general toda materia extraña.

Las piezas de acero que queden ahogadas en concreto no deben pintarse. Todo el material restante recibirá en el taller una mano de pintura anticorrosiva, aplicada cuidadosa y uniformemente sobre superficies secas y limpias, por medio de brocha, pistola de aire, rodillo o inmersión, de acuerdo con las especificaciones de pintura.

Esta sección comprende suministro de material, mano de obra, transporte, acarreo y equipo necesario para la preparación y aplicación de la pintura de esmalte que se indica en los planos, así como todos los trabajos requeridos para su correcta realización.

Se usará pintura anticorrosiva aplicada por medio de brocha, pistola de aire o rodillo, la cual debe ofrecer un aspecto uniforme. Deberá cumplir las siguientes normas: tiempo de secado duro de veinticuatro horas como máximo, viscosidad de 50 a 400 seg. de la prueba copa Ford 4, peso específico de 0.900 mínimo; máximo de agua libre de 0.5%. La pintura una vez seca, deberá tener excelente adherencia, flexibilidad, resistencia al intemperismo, resistencia a los agentes corrosivos, a los cambios bruscos de temperatura y a la abrasión.

No se autorizará ni aceptará ninguna modificación a la delimitación ni el tono de los colores que se

indican en los planos de proyecto.

#### MONTAJE :

El montaje debe efectuarse con equipo apropiado, que ofrezca la mayor seguridad posible, durante la carga, transporte y descarga del material, y durante el montaje, se aportarán las precauciones necesarias para no producir deformaciones ni esfuerzos excesivos. Si a pesar de ello algunas de las piezas se maltratan y deforman, deben ser enderezadas o repuestas, según sea el caso, antes de montarlas, permitiéndose las mismas tolerancias que en trabajos de taller.

Antes de iniciar la colocación de la estructura se revisará la posición de las anclas, que habrán sido colocadas previamente.

Durante el montaje, los diversos elementos que constituyen la estructura deben sostenerse individualmente o ligarse entre sí por medio de tornillos, pernos o soldaduras provisionales que proporcionen la resistencia requerida, bajo la acción de cargas muertas y esfuerzos de montaje, viento o sismo.

No se colocarán remaches, pernos ni soldaduras permanentes hasta que la parte de la estructura que quede rigidizada por ellos esté alineada y plomeada.

Una vez realizadas, las uniones soldadas deben --

inspeccionarse ocularmente y se repararán todas las que presenten defectos aparentes de importancia. Toda soldadura agrietada debe rechazarse. Cuando haya dudas, y en juntas importantes de penetración completa, la revisión se completará por medio de radiografías y/o ensayos no destructivos de otros tipos.

En cada caso se hará un número de pruebas no destructivas de soldadura de taller suficiente para acabar los diferentes tipos que haya en la estructura y poderse formar una idea general de su calidad. En soldaduras de campo se aumentará el número de pruebas, y éstas se efectuarán en todas las soldaduras de penetración en material de más de dos centímetros de grueso y en un porcentaje elevado de las soldaduras efectuadas sobre cabeza.

### III.2.b.2 ESTRUCTURA METALICA.

La estructura metálica de los puentes está dividida en dos zonas, una zona llamada convencional porque la estructura metálica descansa directamente sobre los apoyos de concreto y otra zona llamada atirantada, porque la estructura metálica está soportada en tirantes de acero.

La estructura metálica está constituida por vigas tipo "I", un par de ellas son las que forman las trabes principales a todo lo largo del puente, también existen unas vigas tipo "I" colocadas transversalmente sobre las trabes principales, llamadas trabes secundarias o piezas de puente, además de algunas piezas es-



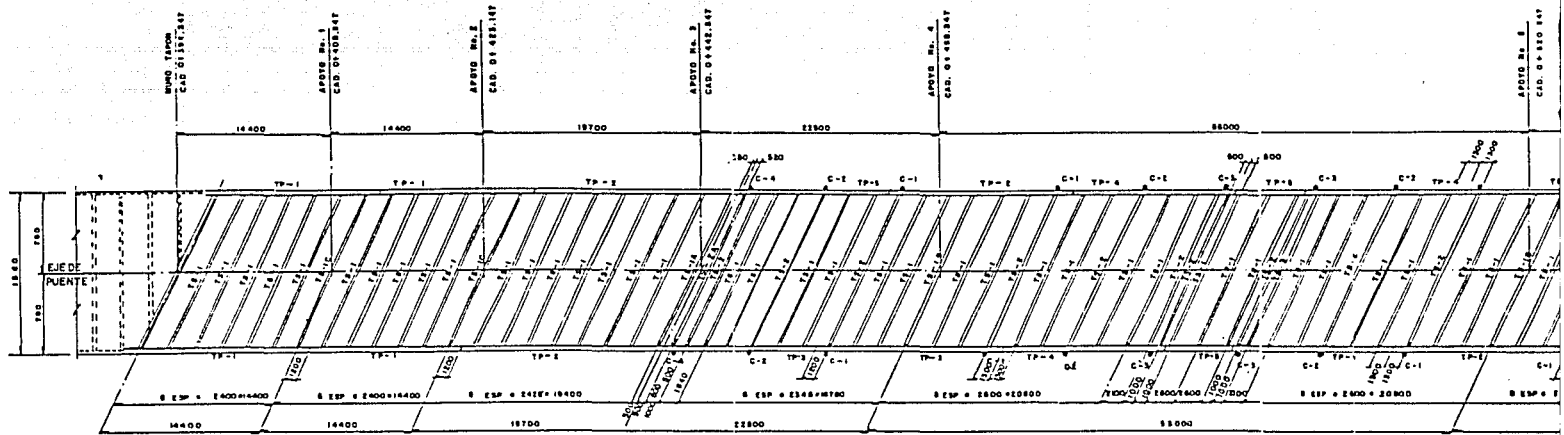
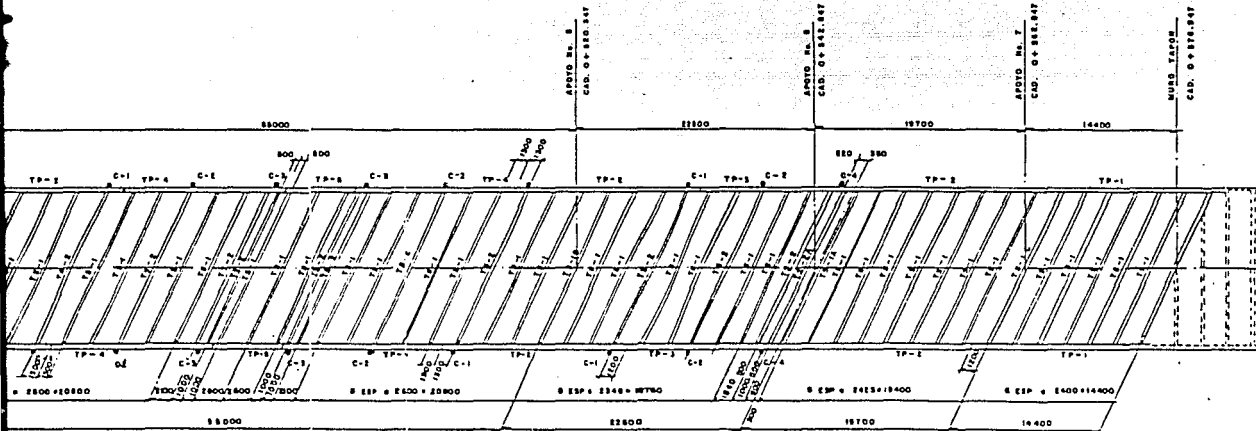


FIG. III.43 PLANTA DEL PUENTE, TRABES DE ACERO PRINCIPALES Y SECUNDARIAS.





UNDARIAS.

peciales para el atirantamiento como son las coronas que van colocadas sobre los mástiles. A continuación se presenta la planta de puente en particular del de Canal de San Juan. Fig. - - III.43.

La estructura metálica está conformada con viguetas tipo -- "I" tanto para las traves principales como para las piezas de -- puente, además de contar con piezas especiales como son las ca-- jas que van soldadas a las traves principales y sirven para co-- nectar los cables, conformando los anclajes activos, otra de las piezas especiales son las llamadas coronas que van colocadas en la parte superior de los mástiles formando los anclajes pasivos, sin dejar de mencionar que en la parte central del puente tiene una pieza de cierre doblemente articulada.

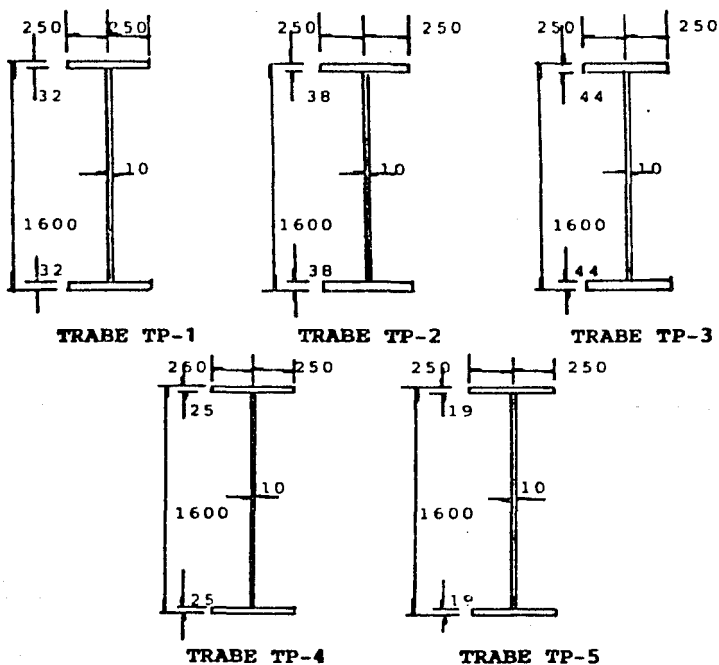
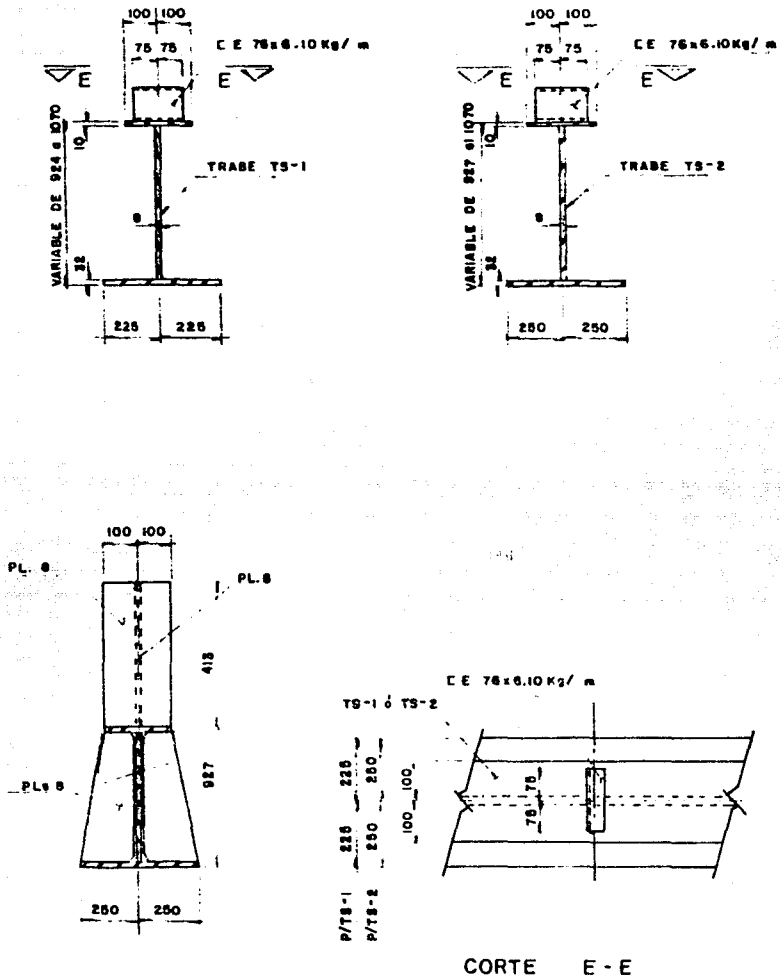


FIG. III.44 PERFILES DE LAS TRAVES PRINCIPALES.



**FIG. III.45 SECCIONES DE TRABES SECUNDARIAS.**

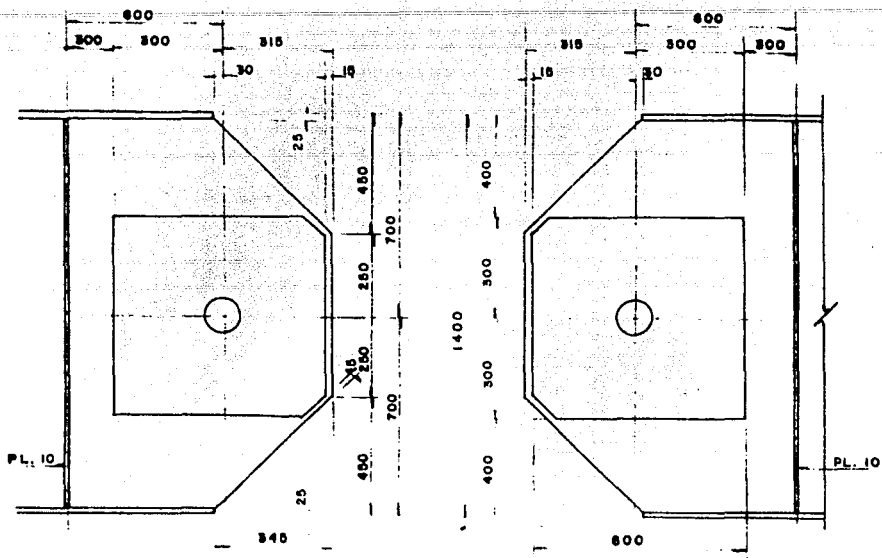


FIG. III.46 ARTICULACIONES QUE DIVIDEN LA ZONA CONVENCIONAL DE LA ZONA ATIRANTADA.

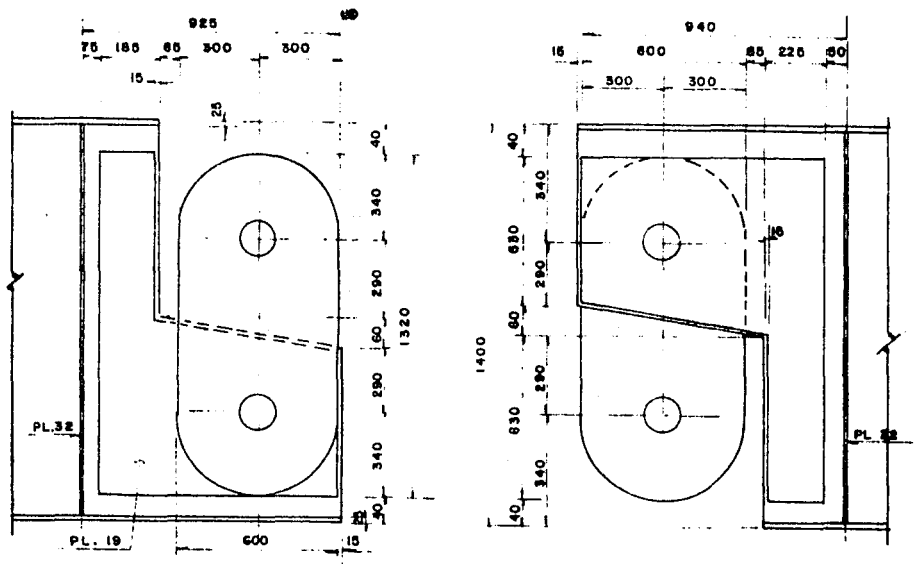


FIG. III.47 ARTICULACIONES MOVILES DE LA PIEZA DE CIERRE.

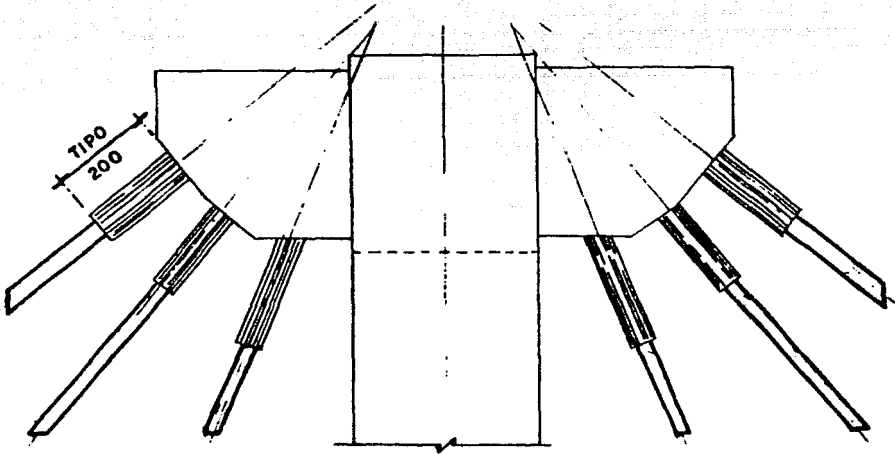


FIG. III.48 ALZADO DE LA CORONA.

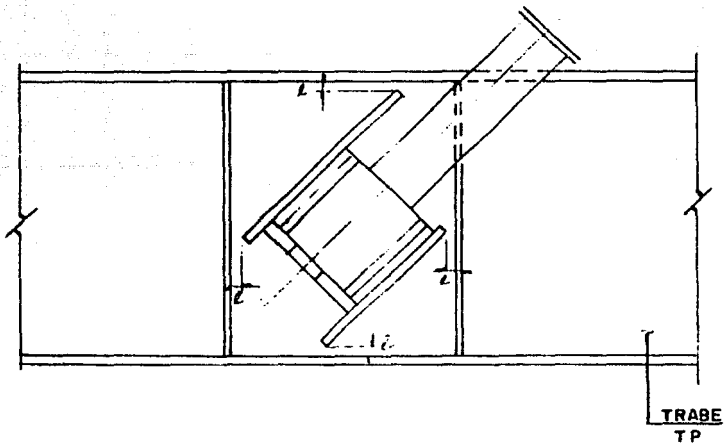


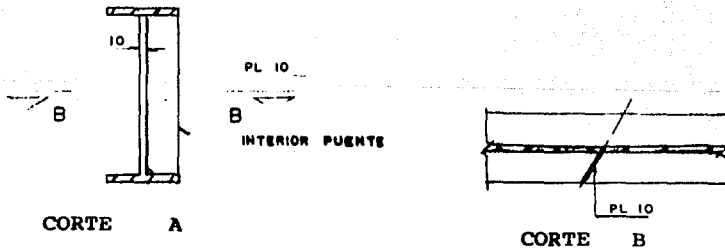
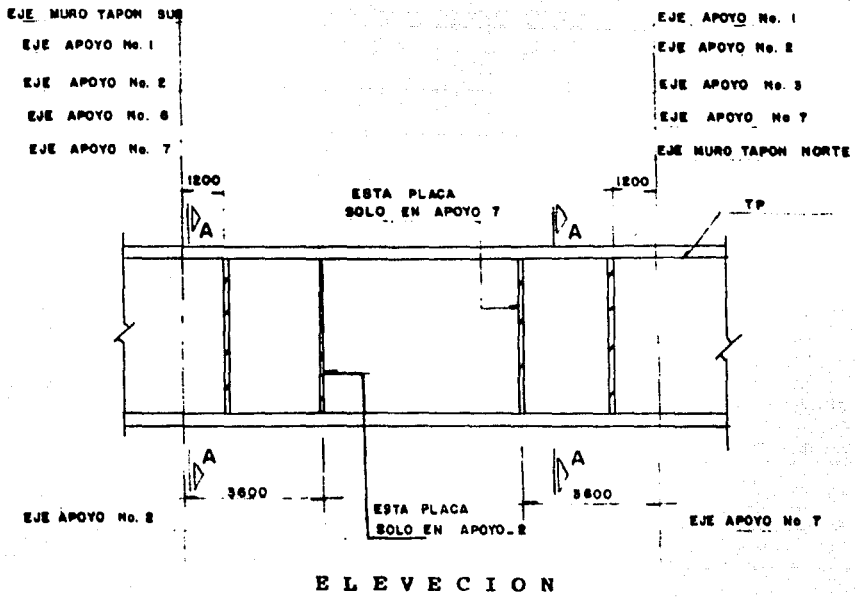
FIG. III.49 CONEXION DE CAJA DE CABLES A TRABE PRINCIPAL.

Para proceder a la fabricación de los elementos de la estructura metálica, el constructor tuvo que elaborar los planos de taller que a su vez fueron revisados y aprobados por el proyectista.

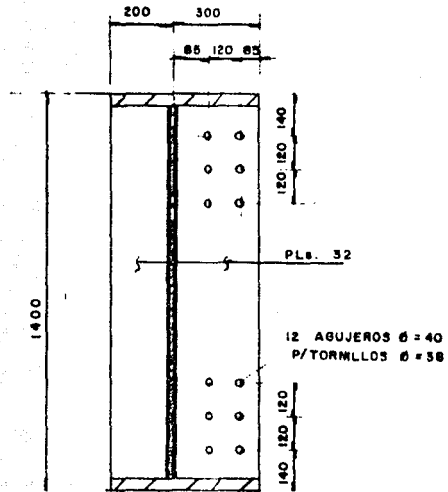
Una vez aprobados los planos de taller y con las normas correspondientes se procedió a la fabricación, el proyectista argumentó que en el taller toda unión fuera hecha con soldadura y las uniones en campo fueran con placas atornilladas.

La fabricación de las vigas fué hecha con placas de acero estructural de diferentes espesores. Para el caso particular del puente Canal de San Juan a requerimiento del proyectista se fabricaron vigas "I" con placas de diferentes espesores para conformar las traveses principales y se habilitaron de la siguiente forma, una viga tipo TP-1 con placa de 10 mm de espesor para el alma y placa de 32 mm de espesor en los patines, se habilitó una viga TP-2 con placa de 10 mm de espesor para el alma y placa de 38 mm de espesor para los patines, para la viga tipo TP-4 se habilitó con placa de 10 mm de espesor para el alma y con placa de 25 mm de espesor para los patines y para la viga tipo TP-5 se habilitó con placa de 10 mm de espesor para el alma y con placa de 19 mm de espesor para los patines, estas vigas principales también llevan en los costados entre los patines unas placas que sirven para atiezarlas y evitarle posibles torsiones al momento de atirantar la estructura y a su vez también sirven como conexiones a las traveses secundarias por medio de tornillos de alta resistencia.

La fabricación de las traveses secundarias o piezas de puente se llevó a cabo de la siguiente manera, para las traveses marcadas como TS-1, TS-1A, TS-1B y TS-1C que son exactamente igua-



**FIG. III.50 COLOCACION DE CARTELAS EN TRABE PRINCIPAL.**



**FIG. III.51 CORTE DE TRABE PRINCIPAL EN PREPARACION DE UNION CON TRABE SECUNDARIA.**



les en sus dimensiones, y se habilitaron con placa de 8 mm de espesor y con placa de 32 mm de espesor para el patín inferior, para las traveses marcadas como TS-2 y TS-2A que son exactamente iguales en sus dimensiones y que fueron habilitadas con placa de 8 mm de espesor para el alma y con placa de 10 mm de espesor para el patín superior y con placa de 32 mm de espesor para el patín inferior, como podemos observar los dos tipos de vigas son iguales, solo que la diferencia existe en el ancho de sus patines inferiores como vemos en el caso particular de Canal de San Juan, es necesario mencionar que las traveses secundarias tienen unas conexiones especiales en los patines, en el patín superior tienen unos conectores para anclar el armado de la losa de rodamiento de concreto y las vigas secundarias que coinciden con los apoyos de concreto tienen en su patín inferior unos conectores que sirven para transmitir la fuerza sísmica también llamados topes antisísmicos, además de tener preparaciones para unirlos por medio de tornillos de alta resistencia a las vigas principales.

Como vimos en el plano planta de puente, las traveses principales son de una longitud mayor a la capacidad del transporte -- con que contamos en esta ciudad, por lo tanto hubo la necesidad de transportarlas en secciones del taller a pie de la obra, en lo que corresponde a las traveses secundarias el problema del transporte fué menor ya que se logró transportarlas en toda su longitud, en el caso particular de Canal de San Juan por cuestión de tiempo gran parte de la estructura metálica fué fabricada en la obra, en los referente a las conexiones especiales se fabricaron en el taller, una vez realizadas las plantillas correspondientes en la obra como fué el caso de las cajas y las coronas que sirven para el atirantamiento del puente y una vez fa-



bricadas estas piezas fueron transportadas a la obra.

Toda la estructura metálica salió de taller con una mano de pintura primaria anticorrosiva para protegerla en lo que fué colocada, para finalmente darle un acabado en la obra. Ya con la estructura metálica en la obra y con los apoyos de concreto con la suficiente resistencia para soportar la estructura metálica, se procedió a checar niveles, anclajes y alineamientos para iniciar el montaje, éste se llevó a cabo de los muros tapón del aireplén al centro del puente.

En el caso particular de Canal de San Juan, el montaje se inició del muro tapón al apoyo No. 1 con una viga tipo TP-1, del apoyo No. 1 al apoyo No. 2 se continuó con una viga tipo TP-1, del apoyo No. 2 al apoyo No. 3 con una viga tipo TP-2, del apoyo No. 3 al apoyo No. 4 continuaron con una viga tipo TP-3, siendo la parte central del puente del apoyo No. 4 y No. 5 además de ser el claro mayor del puente fué necesario cubrirlo con varios tipos de vigas, iniciando con una viga tipo TP-2 del apoyo No. 4, para continuar con una TP-4, después con una viga tipo TP-5 y finalmente para cerrar el claro en el apoyo No. 5 se hizo con una viga tipo TP-4, sin olvidar que el centro fué lo último en cerrar con la pieza doblemente articulada.

Ahora partiendo por el otro extremo del muro tapón al apoyo No. 7 se realizó con una viga tipo TP-1, del apoyo No. 7 al apoyo No. 6 con una viga tipo TP-2 y finalmente del apoyo No. 6 al apoyo No. 5, se realizó con una viga tipo TP-3 y una viga TP-2.

Para realizar el montaje de la parte central fué necesario ir apuntalando en los lugares donde se fueron colocando las cajas para colocar los cables para su atirantamiento, la unión de las traveses principales fué atornillando con placas el alma y

como una excepción, soldando los patines.

Entre los apoyos de concreto y la estructura metálica fué colocada una placa de neopreno, además de una cuña metálica para dar la pendiente que debe tener de proyecto.

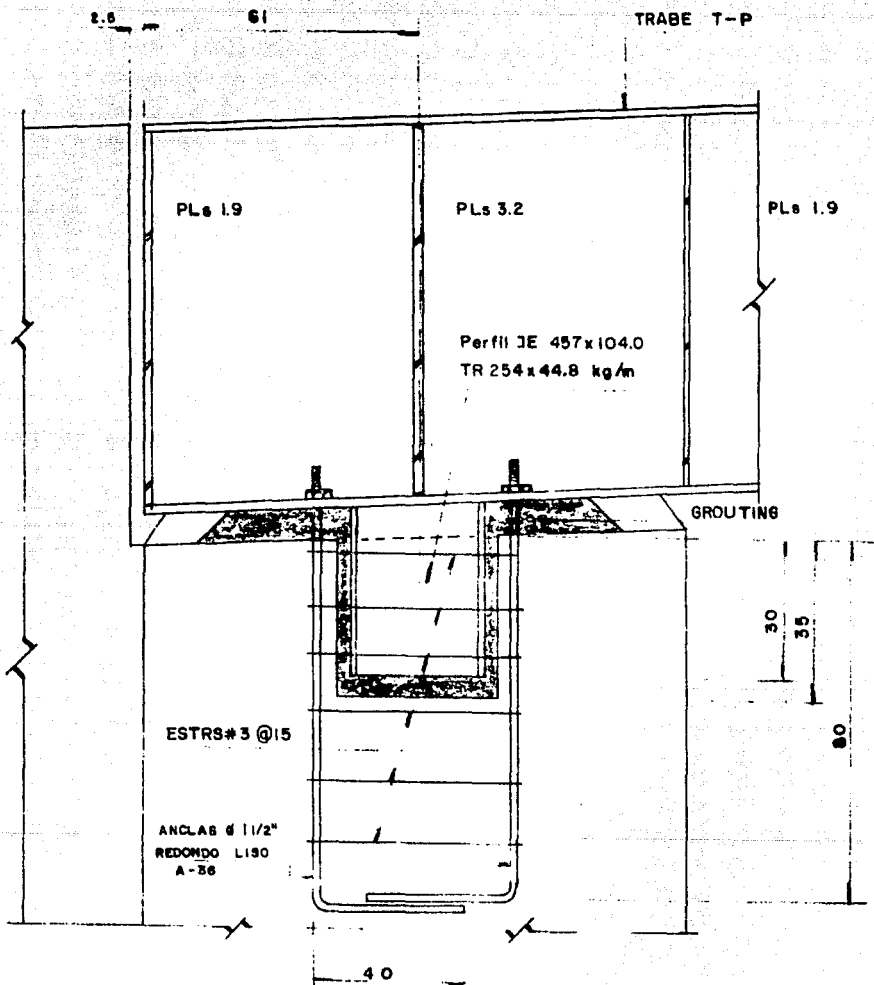


FIG. III.53 ANCLAJE DEL MURO TAPON A LA ESTRUCTURA METALICA.

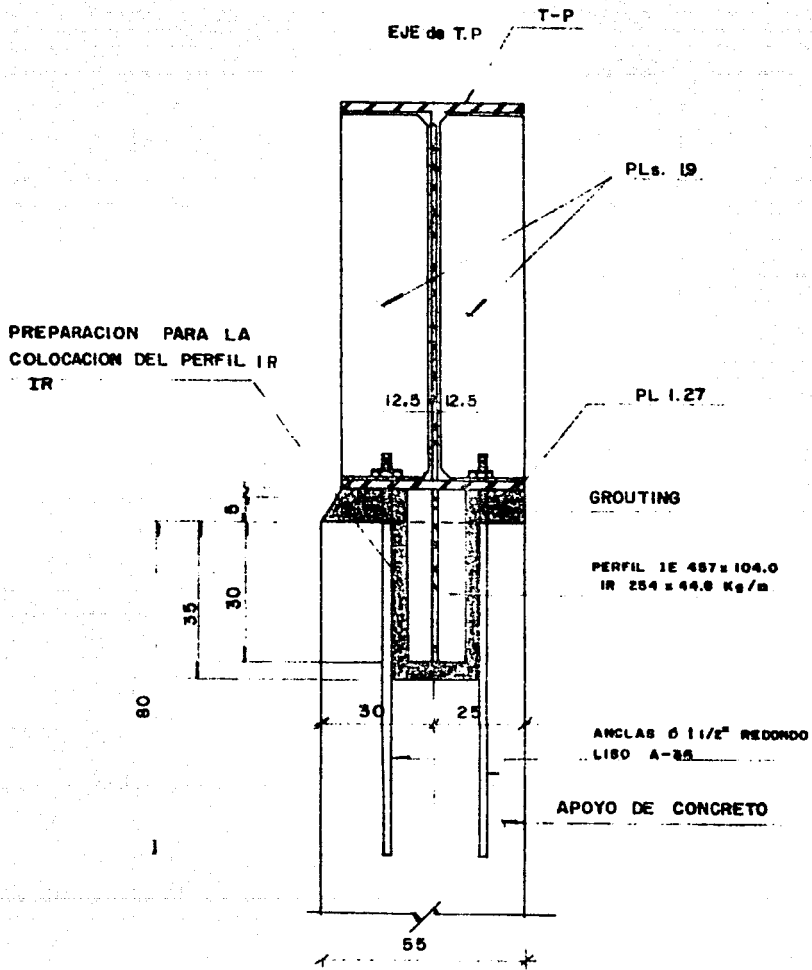


FIG. III.54 ANCLAJE DEL MURO TAPON A LA ESTRUCTURA METALICA.



### III.3 TENSADO DE CABLES.

El proceso constructivo de la zona atirantada de los puentes vehiculares sobre la calzada Ignacio Zaragoza, va ligado al procedimiento de colocación y tensado de los cables y se describe a continuación refiriéndose en general a los puentes aunque las condiciones diferirán de puente a puente según las circunstancias viales y sus propiedades geométricas.

#### PRIMERA ETAPA DE TENSADO.

Estructura metálica y losa soportada en puntales. -  
(Fig. III.57).

Una vez construídos los apoyos de concreto se inicia el montaje de la estructura metálica del puente (trabes principales primero y después trabes secundarias) sobre los apoyos de concreto incluyendo por supuesto a los que alojan a los mástiles, y sobre puntales, de tal forma que la estructura montada presente el perfil de proyecto.

La distribución de los puntales debe hacerse de forma que no se presenten deformaciones mayores a las admisibles en las trabes principales soportando la carga de la estructura metálica y la losa, esta posición deberá interferir lo menos posible en el tránsito bajo el puente y tendrá que ser igual para los lados oriente y poniente de la estructura. Los puntales deben apoyarse en forma adecuada sobre el terreno y cuidar su contacto con las trabes principales. Una vez colocados los puntales, se instala-



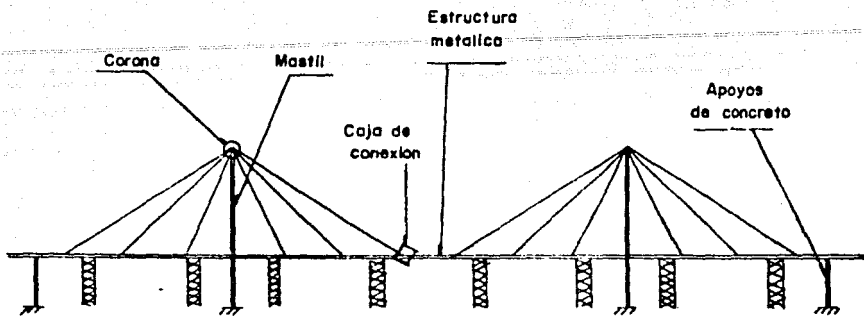


FIG. III.57 ESQUEMA INDICATIVO DE PUNTALES PROVISIONALES Y ELEMENTOS DE CONEXION.

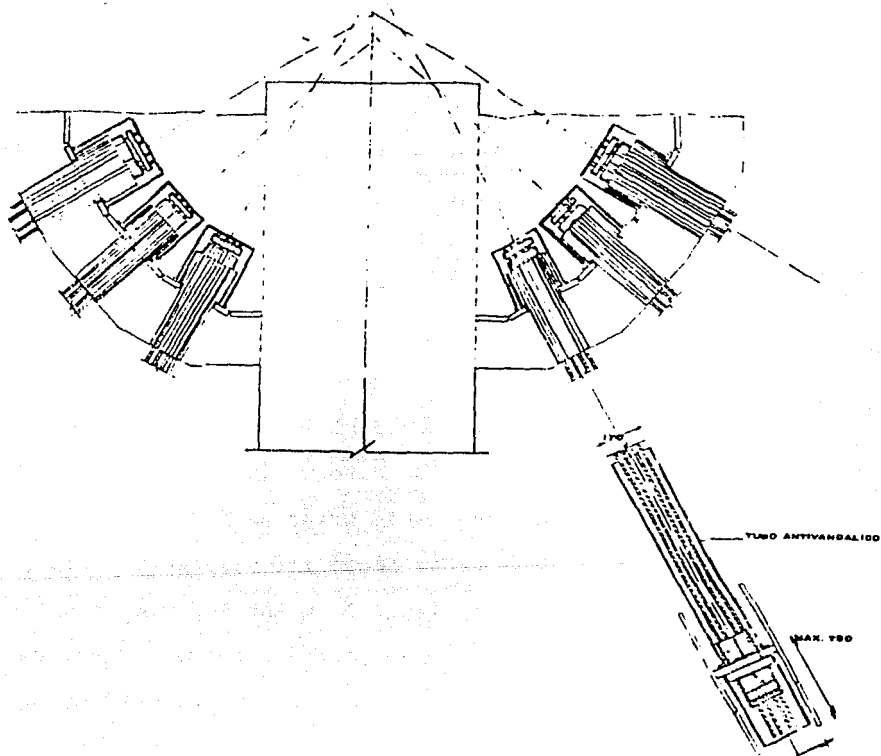


FIG. III.58 ESQUEMA REPRESENTATIVO DE LOS ANCLAJES.

### III.3 TENSADO DE CABLES.

El proceso constructivo de la zona atirantada de los puentes vehiculares sobre la calzada Ignacio Zaragoza, va ligado al procedimiento de colocación y tensado de los cables y se describe a continuación refiriéndose en general a los puentes aunque las condiciones diferirán de puente a puente según las circunstancias viales y sus propiedades geométricas.

#### PRIMERA ETAPA DE TENSADO.

Estructura metálica y losa soportada en puntales. - (Fig. III.57).

Una vez construídos los apoyos de concreto se inicia el montaje de la estructura metálica del puente (trabes principales primero y después trabes secundarias) sobre los apoyos de concreto incluyendo por supuesto a los que alojan a los mástiles, y sobre puntales, de tal forma que la estructura montada presente el perfil de proyecto.

La distribución de los puntales debe hacerse de forma que no se presenten deformaciones mayores a las admisibles en las trabes principales soportando la carga de la estructura metálica y la losa, esta posición deberá interferir lo menos posible en el tránsito bajo el puente y tendrá que ser igual para los lados oriente y poniente de la estructura. Los puntales deben apoyarse en forma adecuada sobre el terreno y cuidar su contacto con las trabes principales. Una vez colocados los puntales, se instala-

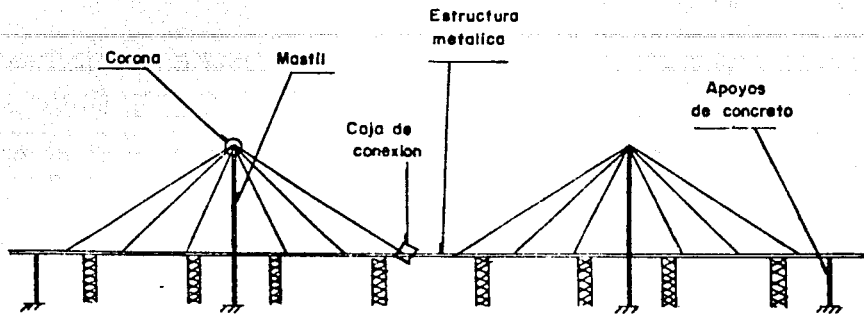


FIG. III.57 ESQUEMA INDICATIVO DE PUNTALES PROVISIONALES Y ELEMENTOS DE CONEXION.

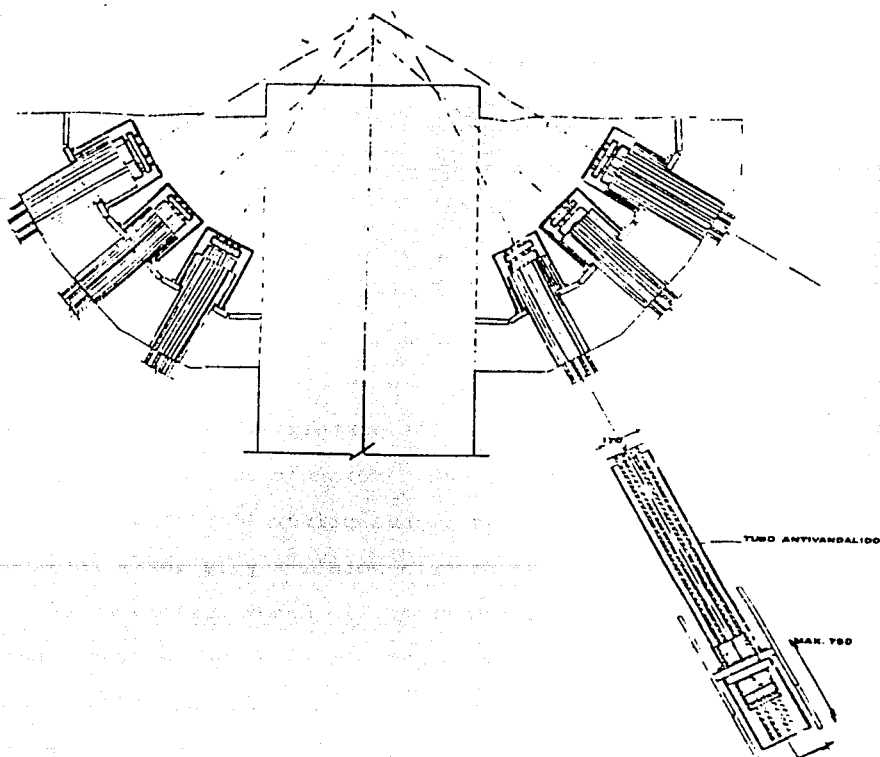


FIG. III.58 ESQUEMA REPRESENTATIVO DE LOS ANCLAJES.

la cimbra, se habilita el acero del armado y se cue-  
la la losa sobre la estructura metálica, dejándose-  
intencionalmente sin colar la parte central de la -  
zona atirantada, ya que se realizará una vez que se  
hayan colocado y tensado los cables.

Simultáneamente se fabrican y montan los sistemas -  
metálicos que conectará a los cables con la estruc-  
tura, estos sistemas están constituidos por un sis-  
tema de placas en los que se fijará el anclaje de -  
los cables.

A la pieza de conexión entre los cables y la trabe-  
principal se le denomina "caja de conexión", a la -  
pieza para la conexión entre los cables y el extre-  
mo superior de la columna o "mástil" se le denomina  
"corona". ( Figura III.58) ya que se han colocado-  
las cargas mencionadas se realizarán como rutinas -  
diarias mediciones de la estructura y del "mástil"-  
a fin de controlar las alteraciones que se pudieran  
presentar con respecto al perfil de proyecto.(Fig.-  
III.57).

#### **PARA EL CASO PARTICULAR CANAL DE SAN JUAN.**

##### **a) Trabajos preliminares.**

##### **a.1) Verificación de la geometría**

Para la colocación de los sistemas de conexión -  
y de los cables se tiene que realizar una verifi-  
cación de geometría para comprobar que la posi-  
ción y orientación de dichos sistemas no origina

rá desviación de los tirantes o que éstos tengan que trabajar con un ángulo diferente del previsto originalmente. Cabe mencionar que los cables deben colocarse de tal forma que sean perpendiculares a su anclaje para no provocar esfuerzos imprevistos durante el funcionamiento del cable y su anclaje.

Una vez verificada la geometría se colocan y orientan las piezas de conexión pudiéndose entonces iniciar la colocación de los tirantes.

#### a.2) Colocación de cables - inserción de torones.

Para la colocación de los cables se pueden tomar 2 alternativas :

I.- Se colocan todos los torones de todos los cables, sin importar por cual cable se empiece.- Lo anterior es posible realizarlo cuando las piezas de conexión en las trabes y en los "mástiles" están ya colocadas, haciendo ésto se ahorra tiempo durante los tensados.

Durante esta etapa los torones de los cables se colocan y tensan con una fuerza pequeña (manualmente) de forma que se puede apreciar la catenaria (curva por peso propio) en cada torón. Fig.- III.59.

Después de colocados se procede al tensado de los cables siguiendo el proceso de tensado que se indique.

## PROCEDIMIENTO DE INSERCIÓN DE TORONES.

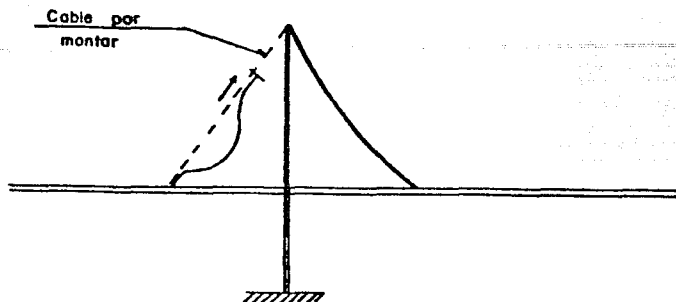


FIG. III.59 ESQUEMA INDICATIVO DE INSERCIÓN DE TORONES.

### INSERCIÓN DE TORONES.

1.- Se coloca en la parte superior de la columna (corona) el anclaje pasivo y se fija al sistema.

Se coloca en la trabe principal (caja de conexión) el anclaje activo y se fija al sistema.

2.- Se coloca un cable para montar los torones, este es un alambre o torón normal que sirve para guiar durante su izaje a los torones hacia los anclajes.

3.- Cada torón se amarra y se va jalando hacia arriba, donde un técnico recibe e inserta el torón en el anclaje fijándolo por medio de la cuña.

4.- Se inserta el extremo inferior en el anclaje activo y se acuña.

5.- Se realiza la misma operación para cada torón hasta completar al cable.

Durante el manejo e inserción de los torones se debe tener cuidado de no dañar la protección externa de cada torón, lo cual se logra manipulando los cables sobre superficies no abrasivas e impidiendo que se arrastren sobre el concreto u otra superficie rugosa o dañina.

#### PROCESO DE TENSADO.

Se ha dividido en dos etapas este proceso.

#### ETAPA NO. 1.- SUSTITUCION DE PUNTALES POR CABLES

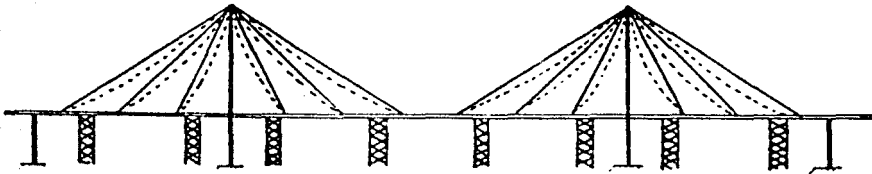


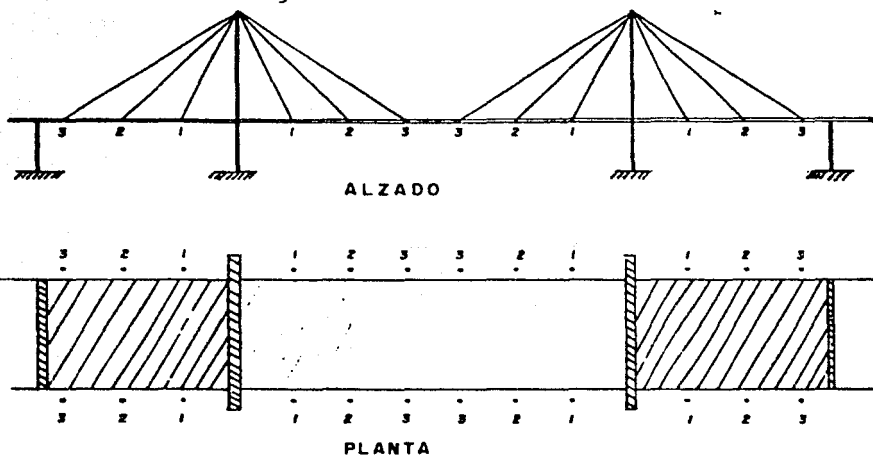
FIG. III.60 ESQUEMA INDICATIVO QUE MUESTRA LOS TORONES INSTALADOS SIN TENSION.

La primera etapa tiene como finalidad sustituir los puntales por cables de tal forma que al finalizar esta etapa el puente se encuentre suspendido por los tirantes y presente el perfil proyectado. Fig. III.60

Las fuerzas que se aplican a los cables provocan que la estructura metálica (trabes principales) se separen unos cuantos milímetros del apuntalamiento, de forma que al ir tensando los cables - en el sentido que se indica en la figura es posible el retiro de los puntales (apoyos provisionales) que fueron sustituidos por los cables.

Como medida preventiva conveniente es que no se retiren totalmente los puntales durante esta etapa, pero deben bajarse un poco para impedir que durante los siguientes tensados posteriores o aplicaciones de cargas posteriores se vuelva a apoyar la estructura metálica.

Antes de realizar los tensados se habrá terminado la construcción de los claros laterales adyacentes a la zona atirantada para impedir la posibilidad de levantamiento en el punto donde se fija el cable externo al apoyo de concreto.



**FIG. III.61 VISTA LONGITUDINAL Y PLANTA DE PUENTE QUE INDICA LA POSICION SERIADA DE LOS CABLES PARA PROCEDER-ORDENADAMENTE A SU TENSADO.**

**SECUENCIA DE TENSADO.**

En relación con la vista longitudinal y la plan ta de la Fig. III.61.

a) Se tensan en forma simultánea los cables má cercanos al mástil tanto del lado oriente como-



del poniente, es importante que el tensado de los dos cables sea realizado simultáneamente en la medida de lo posible para evitar cualquier -desequilibrio en el mástil.

Conforme se vayan tensando estos cables (operación que se hace torón por torón) se aprecia -- que los puntales adyacentes o dichos cables se comienzan a despegar de la estructura metálica. Al finalizar el tensado de estos cables conviene aflojar los puntales o bajarlos unos cuantos centímetros para evitar que se vuelva a apoyar la estructura en ellos.

Posteriormente se tensan los cables intermedios que denominaremos como No. 2, en forma similar a lo descrito en el inciso anterior.

Finalmente se tensan los cables más alejados -- del mástil que denominaremos No. 3 en forma - - idéntica a los anteriores.

Al finalizar esta etapa la estructura se encuentra suspendida totalmente en los cables (sistema de sustentación definitiva) sustituyendo a los puntales (apoyos provisionales) y presento -- aproximadamente el perfil de proyecto.

Se deberán registrar los desplazamientos que sufra el mástil y el tablero con respecto a la posición inicial, realizando diariamente nivela--ciones y mediciones topográficas con objeto de--controlar que al final del proceso constructivo se tenga aproximadamente la geometría deseada.

El procedimiento de tensado durante la primera-  
etapa obliga a que éste se realice torón por to-  
rón, por lo que al terminar de tensar cada cable,  
es conveniente asegurarse de que todos los toro-  
nes de un mismo cable se encuentran tensados a  
una fuerza similar, y que la fuerza total del -  
conjunto (cable) corresponde a la deseada.

Después de la primera etapa de tensado se cue-  
lan guarniciones, banquetas y la losa de la par-  
te central con su banqueta para inmediatamente  
proceder a la segunda etapa de tensado. Fig. --  
III.62.a.

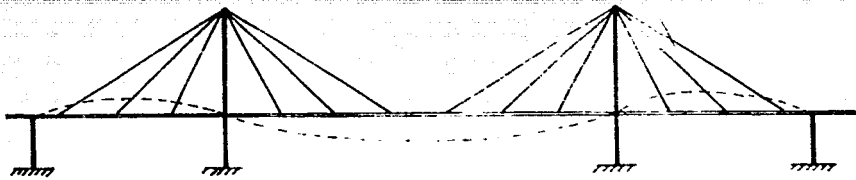
#### **SEGUNDA ETAPA DE TENSADO.**

La segunda etapa de tensado tiene como finalidad -  
provocar una contraflecha que equilibre la deforma-  
ción producto de las cargas restantes aplicadas - -  
(banquetas, parapeto, losa central de rodamiento y-  
carpeta).

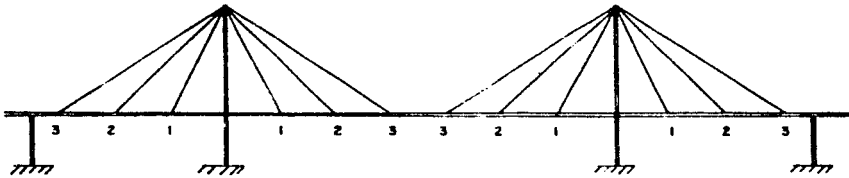
Secuencia de la segunda etapa de tensado.

La secuencia de tensado para la segunda etapa es --  
idéntica a la de la primera etapa.

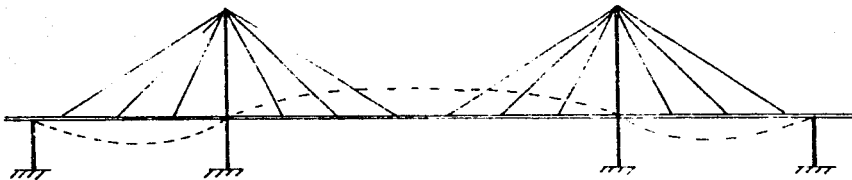
- I) Primero se tensan simultáneamente los cables --  
marcados con el No. 1 tanto del lado oriente co-  
mo del lado poniente.
- II) Después se tensan los marcados con el No. 2.
- III) Finalmente se tensan los cables indicados con -  
el No. 3.



**FIG. III.62.a POSICION "DEFORMADA" DE LA ESTRUCTURA AL ACTUAR LAS CARGAS MUERTAS. (INICIALES).**



**FIG. III.62.b POSICION CONTROLADA CON PRIMERA ETAPA DE TENSADO.**



**FIG. II.62.c POSICION DEFORMADA CON SEGUNDA ETAPA DE TENSADO EN ESPERA DE LAS CARGAS MUERTAS FINALES QUE REGULARIZAN LA DEFORMACION HASTA LA POSICION DE PROYECTO.**

Al indicar los tensados simultáneos se refiere a -  
que se tensa el torón del lado sur por ejemplo e in-  
mediatamente se tensa el del lado norte de tal suer-  
te que el desequilibrio de fuerzas para el mástil -  
siempre es pequeño.

Al finalizar la segunda etapa de tensado la estruc-  
tura presenta un perfil deformado que obtendrá su -  
posición de proyecto en el momento de terminarse de  
colocar las cargas restantes (carpeta y parapeto).-  
Fig. III.62.b.

Finalmente se coloca el parapeto y la carpeta , el-  
puente recupera la contraflecha para alcanzar apro-  
ximadamente el perfil de proyecto. Fig. III.62.c.

Una vez definido el procedimiento en general del -  
atirantado, enfocaremos la descripción a detalle de  
los elementos que componen el sistema de atirantado  
con sus especificaciones particulares.

**Los elementos de ensamble para anclaje activo son los siguientes:**

- 1' Bloque de anclaje
- 2' Orificios cilíndricos
- 3' Tubo roscado
- 4' Tuerca
- 5' Tornillos de fijación
- 6' Brida con tubo
- 7' Tornillos tipo Allen
- 8' Cuñas
- 9' Tubos de insertado

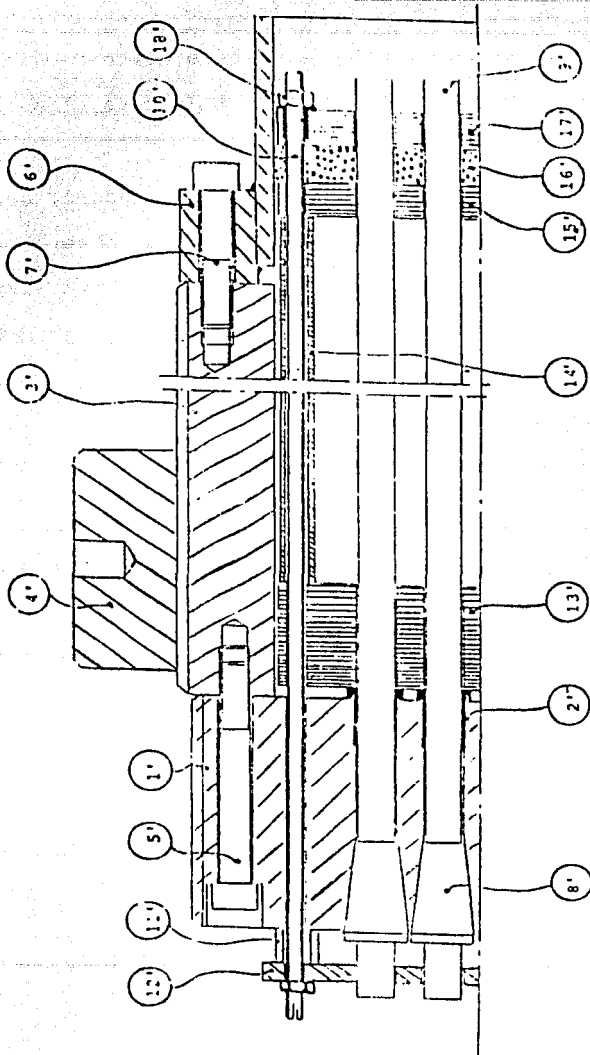


FIG. III.63 ANCLAJE ACTIVO

- 10' Barras roscadas de fijación prensa estopa
- 11' Placa de retenida
- 12' Sistema de retenida de cuñas
- 13' Rejilla de anclaje
- 14' Separadores entre rejilla y prensa estopa
- 15' Placa sin insertos
- 16' Empaque de hule
- 17' Placa con insertos
- 18' Contratuerca

Los cuales se ilustran en la Fig. III.63.

**Los elementos de ensamble para anclaje pasivo son los siguientes:**

1. Bloque de anclaje
2. Casquillo de plástico
3. Brida con tubo
4. Tornillos con punta Allen
5. Cuñas de montaje
6. Rejilla de anclaje
7. Barras roscadas
8. Separadores de placa de retenida de cuñas
9. Sistema de retenida de cuñas
10. Separadores entre rejillas y prensa estopa
11. Placa sin insertos
12. Empaque de hule
13. Placa con insertos
14. Contratuerca

Los cuales se ilustran en la Fig. III.64.

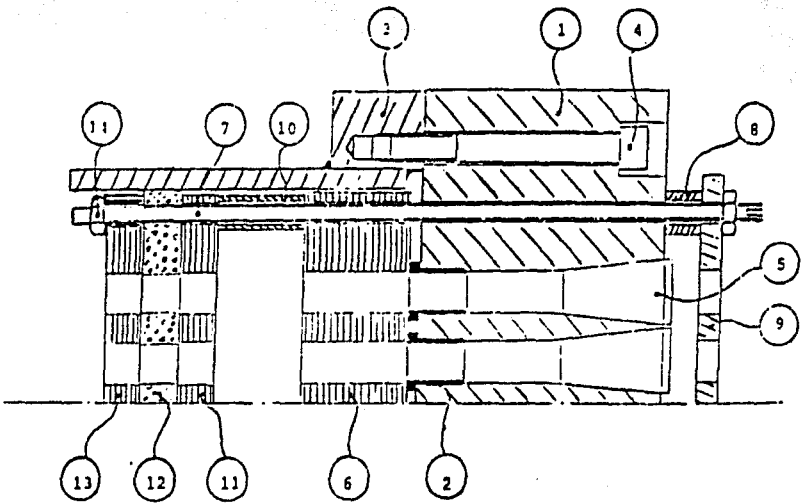


FIG. III.64 ANCLAJE PASIVO.

#### A.- FABRICACION DE ANCLAJES.

Estos están clasificados en anclajes activos y anclajes pasivos.

Los anclajes activos constan de 5 partes principales y los pasivos, de 4 de ellas más las partes complementarias.

Los elementos comunes son los siguientes:

- 1.- Cuñas: con capacidad dinámica de 2'000,000 de ciclos con un rango de oscilación de 20 Kg/mm<sup>2</sup> - (importación)
- 2.- Placa de anclaje : De acero calidad 1045 fabricado en México. La maquinación de conos-taladros y acabados superficiales se realizan en taller.
- 3.- Bloque de regulación y transferencia: de acero de fundición 4140 tratado (importado).  
La maquinación de rosca (en anclajes activos), - escalón (anclajes pasivos), forma cónica interior, taladros y acabados superficiales se hacen en taller.  
Una vez fabricado se protege para evitar la entrada de suciedad.
- 4.- Tuerca de regulación (anclajes activos): de acero calidad 1045. La maquinación de rosca, taladros y acabados superficiales se realizan en taller.



- 5.- Resina epóxica (importación), para los rellenos de protección.

Anclajes pasivos además de los comunes incluyen complementos : placa antidespegue, tapón de cierre, bridas y capucha con su relleno.

**B.- REQUISICION DE CABLES.**

Los cables adquiridos son de importación y cumplen las solicitudes de acuerdo a las especificaciones de cables.

Estos estarán formados por un haz de torones paralelos entre sí, y cuya separación dependerá del sistema de anclaje utilizado y los accesorios que la conforman.

**Características de los cables.** Para fabricar los cables se podrán utilizar torones (7 hilos grado 270 K Construcción x - 6/1 c/u) especificación ASTM-A-416 con diámetro nominal de 1/2" ó 0.6" (12.7 ó 15.3 mm).

Se podrán utilizar torones de otro tipo siempre que cumplan con las condiciones mecánicas que se mencionan a continuación :

CARACTERISTICAS MECANICAS.				
Diámetro nominal del torón		Resistencia a la ruptura mínima Kg/F	Carga para un alargamiento mínimo al 1% Kg/F	% de alargamiento mínimo a la ruptura en una longitud De 61 cm
mm	pulg			
12.7	1/2	18,730	15,920	3.5
15.3	0.6	26,580	22,590	3.5

CARACTERISTICAS DE AREA Y PESO.			
Diámetro nominal		Area nominal de	Peso aproximado
en mm	en pulgadas	acero aproximada en mm	Gr/M o Kg/mm
12.7	1/2"	103	780
15.3	0.6"	140	1102

Los cables deberán garantizar su resistencia a la fatiga ante un mínimo de 2'000,000 de ciclos de carga con un rango de esfuerzos de 30 Kg/mm<sup>2</sup> ó 295 MPa.

**Protección del cable.** Para la protección individual de cada torón que forma al cable por medio galvanizado, se debe adicionar una capa de brea epóxica o cera y envolviendo a ésta una camisa de polietileno de alta densidad que garantiza así la durabilidad de su vida útil.

#### C.- SISTEMA DE AMORTIGUAMIENTO.

Teniendo en cuenta los valores extremadamente bajos de la acción del viento, el sistema de amortiguamiento será el siguiente:

**Para extremos inferiores.**

En el extremo del tubo existente que forma parte de la caja de conexión se colocará un elastómero de poliuretano con dureza Shore 60 que contiene los pasos para los torones y tiene forma exterior cónica para que sea introducido a presión. El tubo antivandálico que se coloca posteriormente hará la-

función, por medio de su brida, de impedir el movimiento ascendente del elastómero.

La distancia del centro del elastómero a la salida de los anclajes de los cables más largos será de 34.5 cm.

Para extremos superiores.

En la parte inferior de las coronas se colocará un tubo a media caña unido a la corona por un sistema de brida y placa que permitirá colocar en elastómero similar al de la parte inferior.

#### D.- EQUIPO A UTILIZAR.

Gatos : De tensado unitario, con capacidad de 20 ton. para la instalación actual y de tensado múltiple con capacidad de 400 ton. para los futuros controles de tensión.

Unidades de bombeo : Con presión de hasta 690 bar provistas de sistema de distribución, para accionar los gatos en paralelo, y de manómetro digital con precisión de  $\pm 0.2\%$ .

#### E.- ESPECIFICACIONES PARA TRABAJOS DE INSTALACION.

##### 1.- Habilitado de cable.

Una vez determinada la longitud exacta entre placas de apoyo de cada tirante, se cortan en taller los tramos de torón según el número de torones correspondiente al cable de que se trate.

A esta longitud medida se añaden los tramos correspondientes para cubrir los siguientes elementos:

- Longitud de anclajes que sobresale de la placa
  - Longitud de puntas de tensado y de anclaje pasivo.
- Esta longitud total se encuentra protegida por polietileno, pero para efecto del sistema de anclaje se desprende en cada torón una longitud del polietileno de protección, igual a:
- Longitud de puntas, más
  - Longitud de anclajes, incluso bloque de transferencia.

Se limpia la cera en los tramos desprovistos de polietileno, que luego quedarán protegidos por la resina de los anclajes y por el aceite de protección de puntas.

Se numeran los torones de cada cable, en los extremos del polietileno.

Se mantienen los tramos habilitados en almacén para evitar suciedad sobre el torón descubierto.

## 2.- Colocación de anclajes (sin inyección de resina).

Estos se montan contra las placas de apoyo y se fijan. Para ser centradas con unas bridas que van atornilladas a las placas de apoyo.

## 3.- Inserción de torones.

Para cada cable se tiende primero, manualmente una -- guía que lleva unos aros a cada 5 metros, que se destinarán a guiar a los torones y evitar que formen ca-

tenaria grande.

Se insertan manualmente los torones uno a uno, alimentados desde la parte inferior y tirando desde la parte superior, empezando por el superior, que sirve para sostener el peso de los demás.

Cada torón va amarrado a una guía por medio del extremo del alambre central, que se dobla. Se prefiere este procedimiento al de inserción a máquina, ya que los cables son muy cortos, y cada tramo de torón pesa como máximo 30 Kg.

Conforme los torones van llegando al anclaje superior, se pasan a través del torón de cierre del bloque de transferencia y finalmente, a través del cono de la placa de anclaje que les corresponde "acuñándose" a continuación. Fig. III.65.

En la parte inferior se procede después a insertar los torones en el anclaje activo también de dentro hacia afuera ayudándose con el gato unitario, que aplicará, como máximo, una fuerza de 0.5 ton. por torón.

Terminada esta operación se retira la guía, que sirve para la inserción del siguiente cable, y se coloca plástico en los extremos de los bloques para evitar la entrada de suciedad al interior de estos. (Fig. 4) Se continúa el proceso hasta llegar al número fijado de torones por anclaje. (Tabla III.2).

#### 4.- Tensado.

Conforme a las fases y secuencias que determine el proyecto se aplica la tensión de la siguiente forma:

Fases de montaje anclaje pasivo.

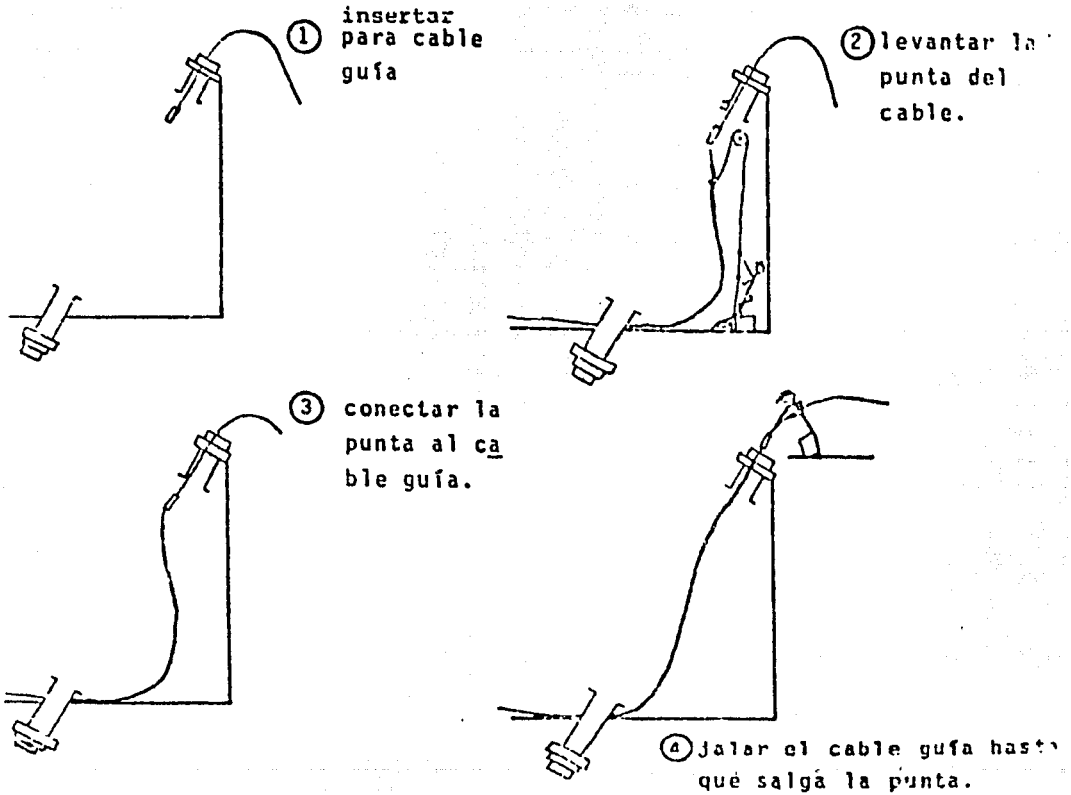
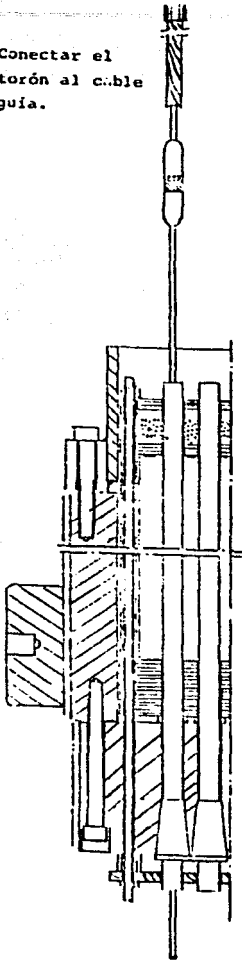


FIG. III.65 FASES DE MONTAJE DEL ANCLAJE PASIVO.

Conectar el  
torón al cable  
guía.



Jalando el cable guía se  
inserta el torón y empuja  
el tubo al mismo tiempo.

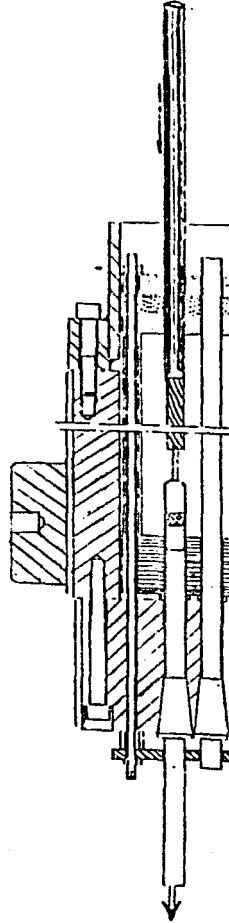
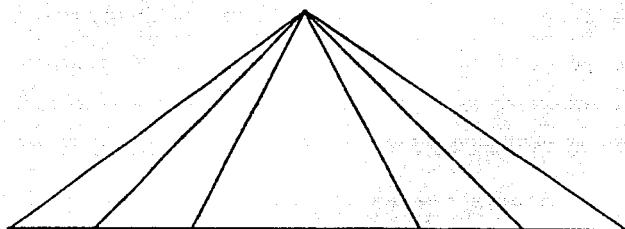


FIG. III.66 CONEXION DE UN TORON



1	2	3	4	5	6	
31	13	13	13	13	27	<b>No. de TORONES</b>
37	19	19	19	19	27	<b>TIPO de ANCLAJE</b>

**TABLA III.2.**

**TABLA QUE INDICA EL NUMERO DE TORONES Y EL TIPO DE ANCLAJE UTILIZADO.**



Si el proyecto señala una fuerza para el tirante de - que se trate, se aplica a cada torón la fuerza corres- pondiente, de modo que después de que se haya produci- do la deformación de la estructura, resulten todos -- los torones con la misma fuerza. Lo anterior se hace por medio de un programa de cálculo que tiene como da- tos base: la fuerza del tirante y la deformación de- la estructura, datos que proporcionará el proyecto. Si el proyecto señala una deformación a alcanzar se - procede a aplicar un tensado que alargue cada torón - en la magnitud aplicada. Este método no es absoluta- mente exacto ya que se debería compensar el efecto de catenaria, pero dada la pequeña longitud de los ca- - bles, probablemente se tenga precisión suficiente. Si no fuera así habría que dar un ajuste posterior. Después de cada fase, como medida de protección con- tra un posible aflojamiento, se coloca la placa de -- bloqueo.

##### 5.- Cierres de bloque de transferencia.

Cuando el tensado esté aprobado, se procede a despren- der la longitud de polietileno que haya invadido cada bloque de transferencia, limpiándose de cera la longi- tud descubierta, se atornilla el tapón de plástico y- se rellenan los microespacios libres entre el polies- tileno de los torones y el tapón de plástico con un - sellador.

Esto proporciona un cierre total del bloque, para re- cibir la resina epóxica. Fig. III.67.

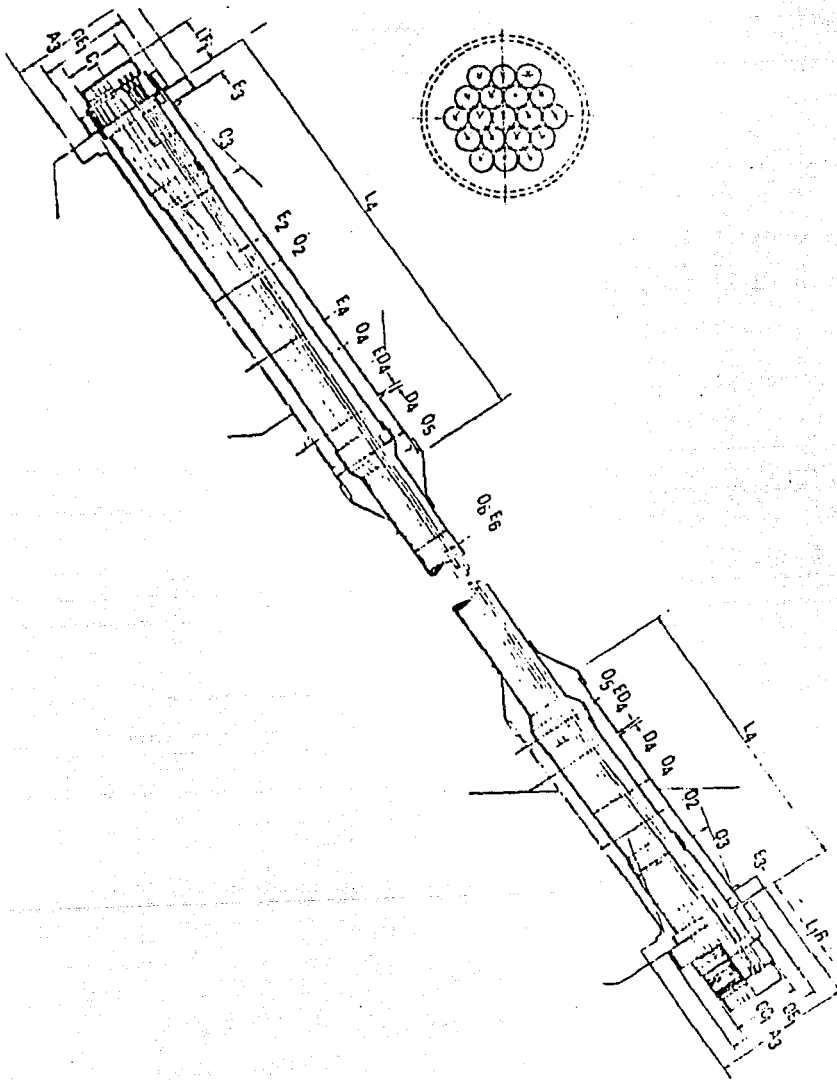


FIG. III.67 BLOQUE DE TRANSFERENCIA DE LA FUERZA DE TENSION.

#### 6.- Inyección de resina.

Esta se realiza por medio de jeringas hidráulicas a través de la placa de anclaje (pasivo) o del tapón de cierre (activo), y necesita un reposo de 24 hrs. para que endurezca.

#### 7.- Protección de la parte exterior de los anclajes.

Se recortan las puntas en la longitud equivalente al alargamiento registrado de los torones (relativa a placas de apoyo) y se instala la capucha con aceite dieléctrico.

Se prefiere este tipo de protección al de una grasa o al de un poliuretano porque se busca una fácil extracción de la protección para los futuros controles de tensión.

#### 8.- Controles de tensión futuros.

Cuando se decida controlar, aumentar o disminuir la tensión en los tirantes, se procederá de la siguiente forma en cada anclaje activo.

1. Vaciado de aceite de las capuchas.
2. Extracción de éstas y de las placas antidespegue.
3. Limpieza de las puntas del torón.
4. Aflojamiento de las bridas.
5. Levantamiento de tensión con el gato múltiple -- hasta el nivel de tensión que debe tener el tirante.

Si antes de alcanzar éste se produce despegue de la tuerca de regulación, esta se va apretando --

por medio de las preparaciones que se tienen para tal efecto.

Si al levantar tensión hasta el nivel esperado no hay despegue de la tuerca, debe interpretarse que el tirante está sobre tensado. En este caso, se retira el gato múltiple, se le da toda la carrera al pistón en vacío (menos 1 cm), y se inserta nuevamente.

Se aplica una ligera tensión hasta despegar la tuerca y se afloja ésta.

Después se va retornando el pistón del gato controlando la fuerza por medio del manómetro de la unidad de bombeo, y las deformaciones tanto del cable como de la estructura, por medio de medida física y topográfica, hasta alcanzar el nivel de fuerza/deformación/geometría deseado, en cuyo momento se vuelve a apretar la tuerca.

6. Ajuste de bridas y capucha, y rellenado de ésta.

#### 9.- Sustitución de tirantes.

En la eventualidad de que fuera necesaria la sustitución, se procede como en el punto E.8, pero completando la operación hasta el aflojamiento total del tirante y procediendo luego a retirar la tuerca de regulación y extraer el anclaje activo a través de la placa de apoyo, hecho lo cual, se corta el tirante y se retira.

CAPITULO IV

OBRAS  
COMPLEMENTARIAS

#### IV.- OBRAS COMPLEMENTARIAS.

Cuando se realiza una obra de cualquier tipo, se generan obras complementarias que servirán, como su nombre lo indica, para complementar la obra central y otras que contribuirán al funcionamiento eficiente durante su vida útil. Para una obra que se realiza en la vía pública se presentan una serie de afectaciones a las obras existentes, como instalaciones y predios que se encuentran sobre el eje de trazo de la obra.

Como en los casos que nos ocupan, puentes vehiculares sobre la Calzada Zaragoza, las intersecciones de estas vialidades importantes implicarán el cruce de todos los servicios que a lo largo de ellas se tienen y que en el momento de decidir estas obras aéreas inducía a modificar la situación que hasta ahora tenían para despejar áreas de trabajo y permitir libertad para construir los elementos desde la cimentación y hasta la superestructura.

A continuación se describirán las obras complementarias del caso particular, Puente Canal de San Juan, las cuales clasificamos de la siguiente manera. (Ver Tabla IV.1).

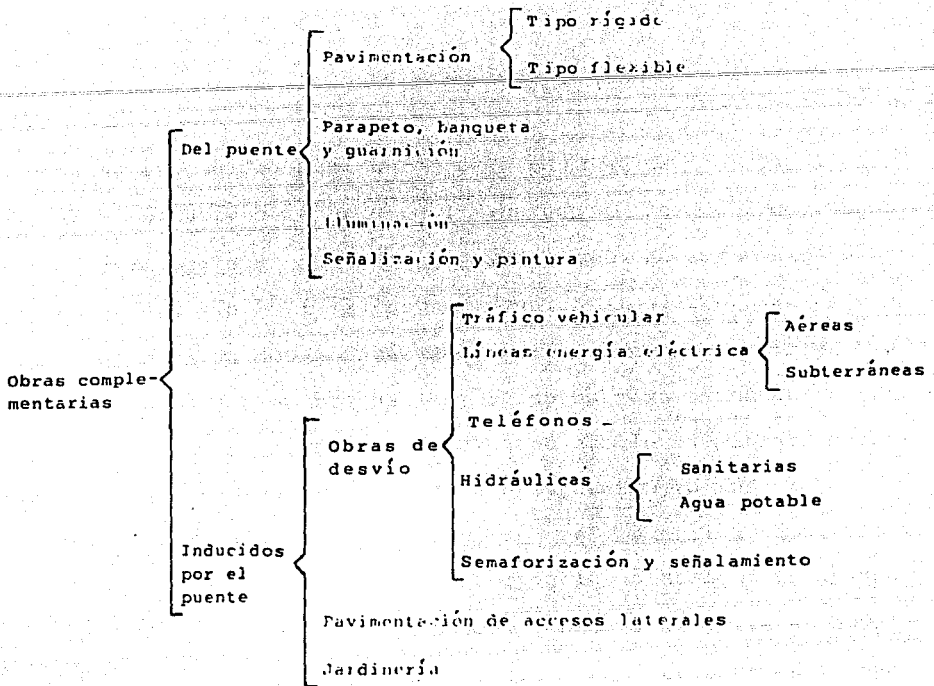
##### IV.1 DEL PUENTE.

##### IV.1.1 PAVIMENTACION.

La construcción de los pavimentos del Puente Canal de San Juan está definida por dos zonas:

Zona A : comprende los subtramos en terraplén al inicio y término de la rampa del mismo puente.

Zona B : definida por el subtramo central del puente, com



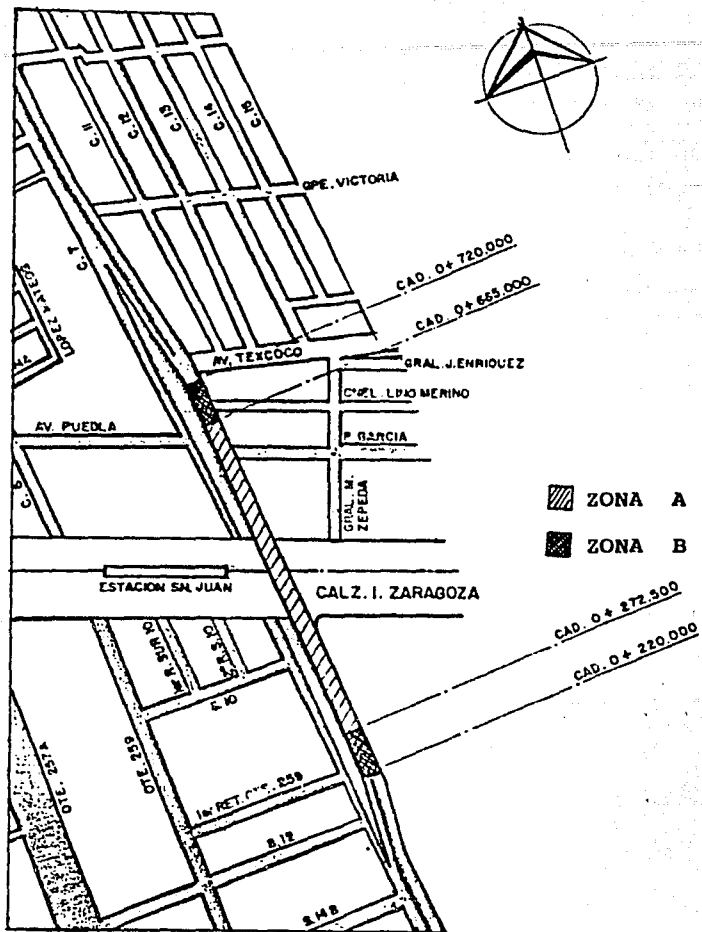
**TABLA IV.1 OBRAS COMPLEMENTARIAS.**

prendido entre los terraplenes, el cual forma -  
propriadamente el puente (zona elevada).

En la zona A el pavimento que se construyó fué de tipo flexible, en la zona B fué de tipo rígido, formado por la losa de -  
concreto de la superestructura del puente la cual fué revestida -  
con una carpeta de concreto asfáltico. Fig. IV.1.

El procedimiento constructivo fué de la siguiente forma:

El terraplén del lado norte se formó en todo el ancho de la  
sección transversal, 15.60 m. Se construyeron sobre áreas utili-  
zadas para usos habitacionales, por lo que se retiraron y demo--  
liaron los restos de las cimentaciones de las edificaciones, -  
guarniciones y banquetas, retirando las instalaciones municipa--  
les existentes, se rellenaron las sobreexcavaciones efectuadas -



ZONA	CAPA	ESPESOR cm.
A	CARPETA ASFALTICA	10
	BASE	25
	SUBRASANTE	40
B	CARPETA ASFALTICA	5

TABLA DE ESPEORES DE PAVIMENTACION

FIG. IV.1. PAVIMENTACION DEL PUENTE.



para dichos trabajos con material limo-arenoso (tepetate) colocado en capas de 20 cm. de espesor compactadas al 90% de su P.V.S.M. (Peso Volumétrico Seco Máximo).

El terraplén del lado sur se construyó sobre la vialidad --- existente en la Av. Canal de San Juan, aprovechando parte del pavimento antiguo, retirando la carpeta asfáltica de dicho pavimento y compactando las capas subyacentes en un espesor de 15 cm -- hasta alcanzar el 95% ó 100% de su P.V.S.M. Antes de haberse -- iniciado estos trabajos se demolió el camellón central, rellenándose las sobreexcavaciones efectuadas para la realización de dichos trabajos con material de relleno.

En ambas ubicaciones para lograr un buen enlace de los nuevos pavimentos con los existentes, se excavó una caja a todo lo ancho de la sección transversal hasta un nivel de 20 cm por debajo del desplante de subrasante de éste último, formando escalones de liga, los cuales tendrán una huella de 0.5 m y un peralte igual al espesor de las capas del pavimento existente, como se muestra en la Fig. IV.2.

Colocación de las capas de pavimentos:

- a) **Subrasante :** Sobre superficie de apoyo se colocó material-areno-limoso con humedad cercana a la óptima en dos capas que se compactarán con un rodillo vibratorio ligero manual o mecánico, hasta alcanzar el 95% de su P.V.S.M.
- b) **Base :** Se tendió en una sola capa hasta que alcanzó una compactación de 100% de su P.V.S.M.
- c) **Riego de Impregnación :** Sobre la capa de base compacta, superficialmente seca y barrida, se aplicó un -

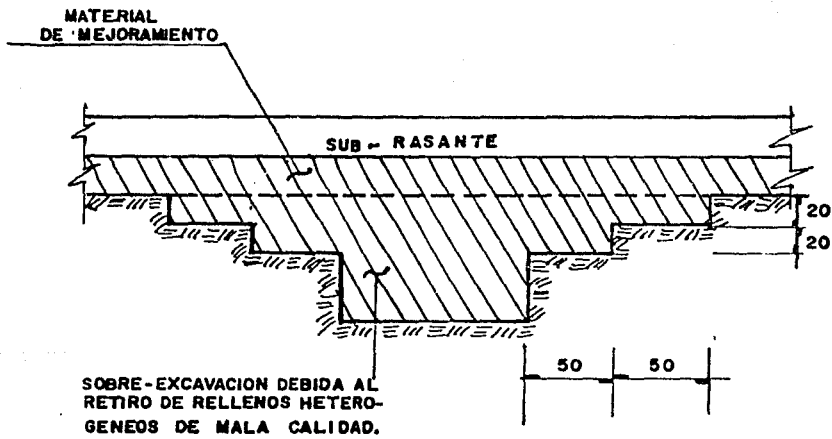
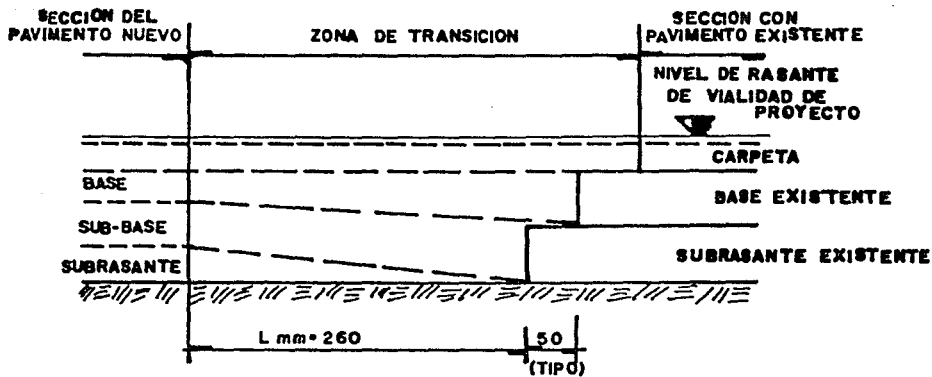


FIG. IV.2. CONSTRUCCION DE ESCALONES DE LIGA.

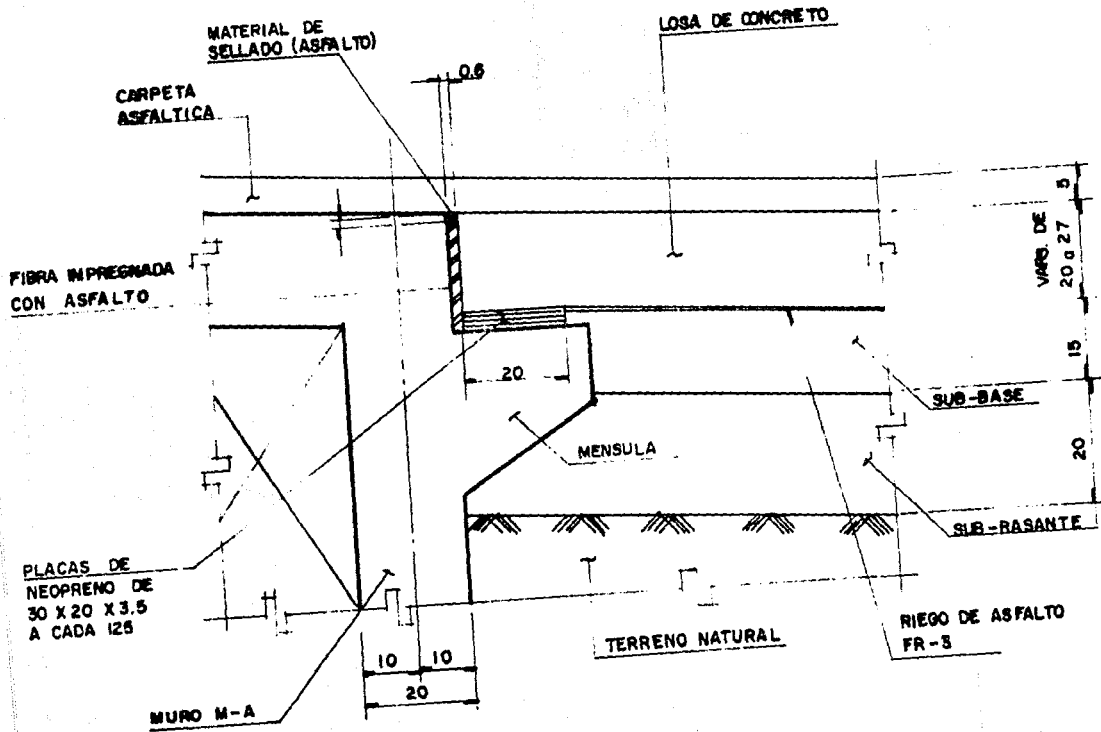


FIG. IV.3 JUNTA AIREPLEEN-TERRAPLEN.

riego de impregnación, usando un producto asfáltico rebajado del tipo FM-1 a razón de -- 1.5 a 1.8 lts/cm<sup>2</sup>, el cual se regó en una o dos aplicaciones. Se aplicó durante las horas de mayor temperatura ambiente logrando una penetración mínima de 4 mm y un aspecto uniforme en la superficie.

- d) **Riego de liga** : Se aplicó previo al tendido de la carpeta y 48 horas después del riego de impregnación, un riego de liga con material tipo FR-3 a razón de 0.8 l/m<sup>2</sup>.
- e) **Carpeta de concreto asfáltico** : La carpeta asfáltica que corona al pavimento fué colocada en una capa que se compactó con rodillo neumático hasta alcanzar el 95% de su peso, determinado por el procedimiento Marshall. Se cuidó durante el transporte, colocación y compactación de la carpeta, la temperatura de llegada, tendido y compactación que no fueran menores de - 120°C, 110°C y 90°C respectivamente. El tendido tuvo que ser después de 2 horas de colocado el riego de liga. El equipo usado en este paso del procedimiento fué el siguiente:
- Tendido, equipo con caja receptora, de propulsión propia, dispositivos para ajustar el espesor y el ancho y sistema de repartición uniforme.

Planchado, aplanadora tipo tandem.

Compactación, compactadores de llantas neumáticas.

Planchado final, rodillo liso.

f) **Riego de sello :** Una vez terminada y verificada la compactación de la carpeta, se procedió a dar un riego de sello mediante cemento portland-esparcido manualmente. La dosificación de riego de sello fué de 0.75 Kg de cemento - por m<sup>2</sup>.

g) **Junta entre Aireplén y Terraplén :** La estructura de enlace entre el aireplén y terraplén fué una losa de concreto con una junta de borde, apoyada sobre el muro-ménsula del aireplén. La losa de concreto sobre el terraplén está hecha en dos secciones de 4.00 mts., uno de 3.85 mts. y uno de 3.00 mts. transversalmente. Tienen entre éstas una junta transversal de contracción y al final en la losa de sección de 3.00 mts. se tiene una junta transversal de transición donde continúa la base del terraplén. Ver figura IV.3.

#### IV.1.2 PARAPETOS, BANQUETAS O GUARNICIONES.

El sistema de protección de vehículos y peatones esta forma-

do por un elemento de concreto armado, la guarnición de 30 x 30-cms. aligerado en toda su longitud con dos tubos huecos de 20 -- cms. de diámetro. En la zona de terraplén y aireplén está unida al muro y a la losa de concreto como se puede ver en la Fig. - - IV.4. En la zona del puente, es una ampliación de la losa de -- concreto, ver Fig. IV.5.

Los parapetos se hicieron con elementos metálicos laminados y es tán formados por:

Postes cuya sección es ángulo a ángulo de 90 cms. de alto y sepa rados 2.20 mts., deben estar al paño de los muros del aireplén y deben estar en posición vertical. Su conexión a la estructura - es soldando placas ancladas a la estructura por medio de varillas. Existen dos elementos horizontales que se conectarán por medio - de soldadura a los postes, paralelos a la guarnición; un elemen- to va a 30 cms. del piso y el otro se colocó en la parte supe- - rior del poste, ver Fig. IV.6.

#### IV.1.3. ALUMBRADO.

Con la construcción del metro férreo y el mejoramiento de - la vialidad de la Calzada Ignacio Zaragoza se tuvieron que hacer obras de mejoramiento en el alumbrado, de manera importante en - la zona de influencia de las estaciones de acceso al metro, a - los puentes vehiculares que cruzan dicha calzada se les diseñó - un sistema de alumbrado característico para cada uno de ellos. - Así por ejemplo en el caso particular del puente Canal de San - Juan requirió dada su construcción el modificar el alumbrado pú- blico, ya que por ejemplo en la zona de afectación de predios - (lado nor-oriente y sur-oriente) dado que hubo que "recortar" es

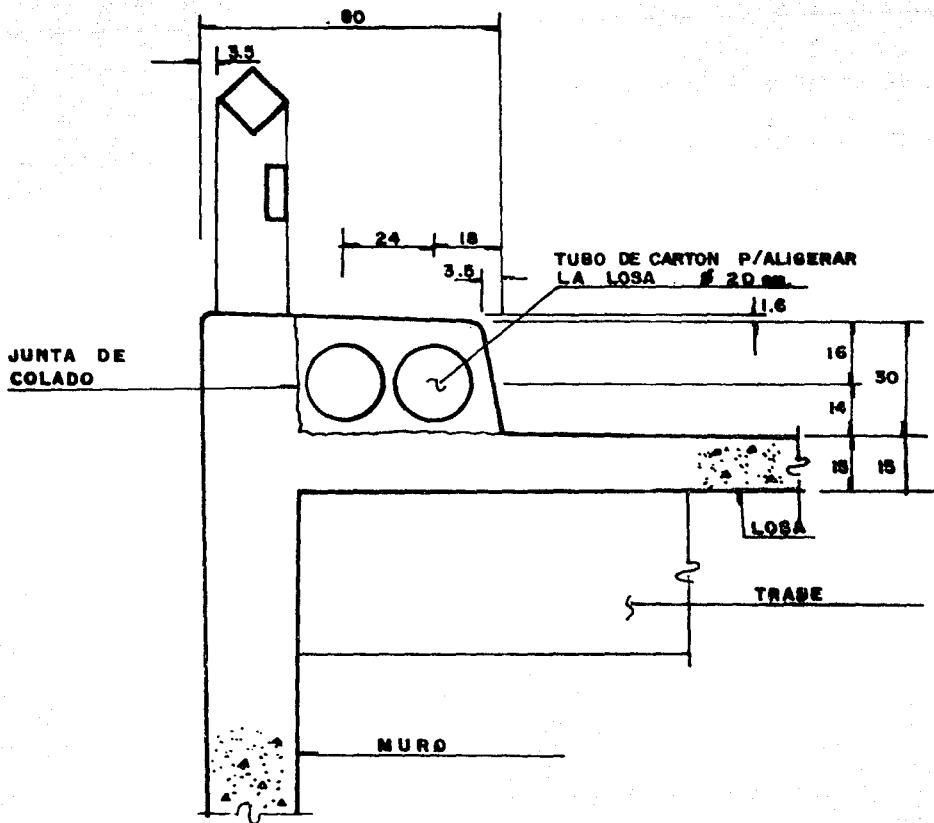


FIG. IV.5 PARAPETO EN ZONA DE PUENTE.

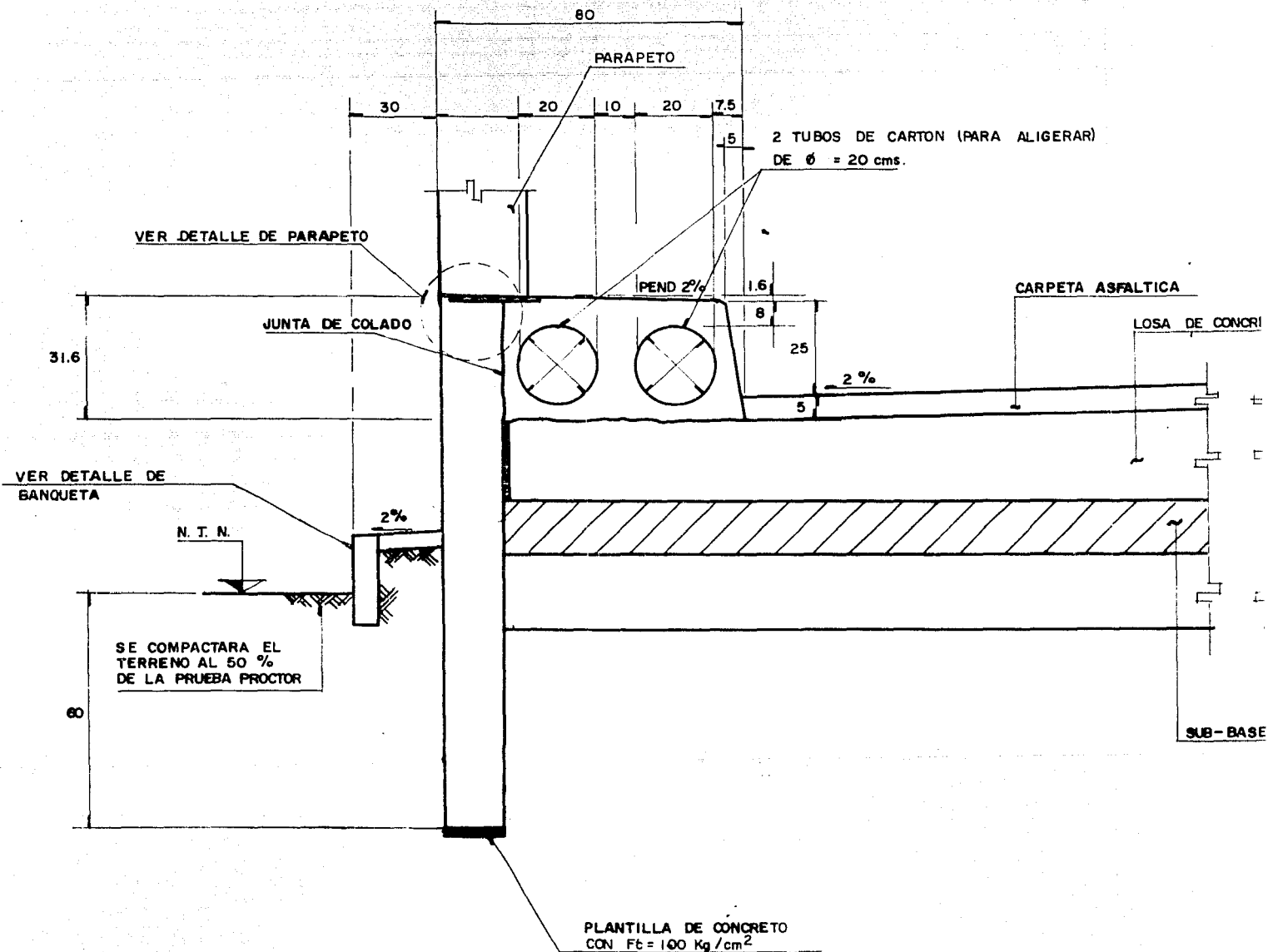
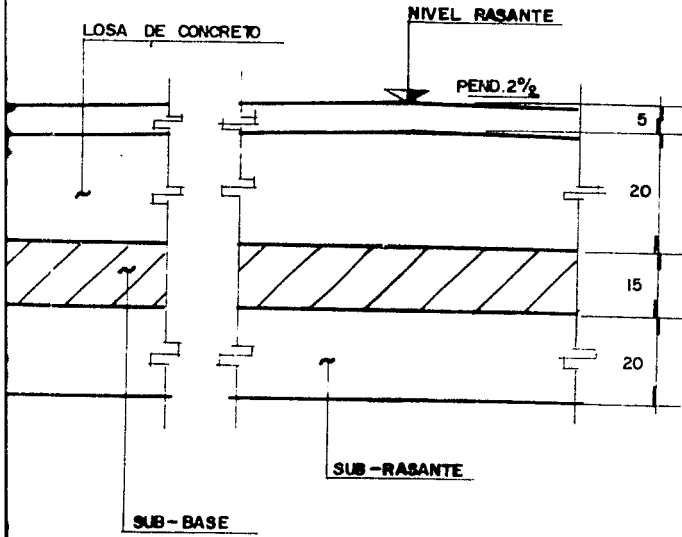


FIG. IV. 4 PARAPETO EN ZONA DE TERRAPLEN.



RAR)

TA ASFALTICA



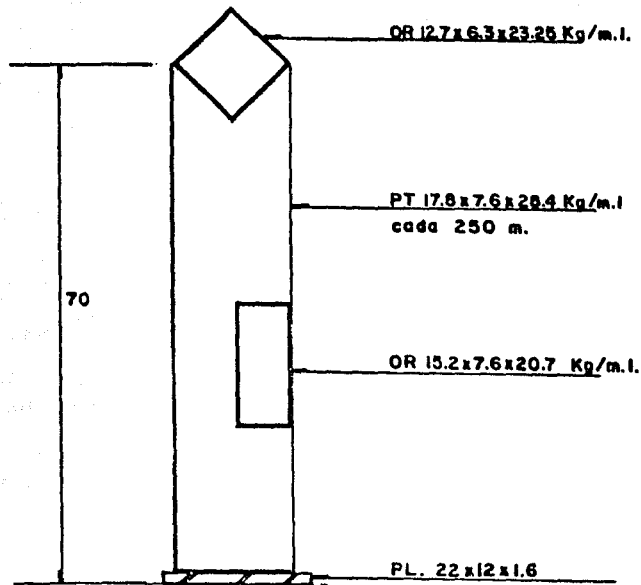


FIG. IV.6. PARAPETO METALICO.

tos predios fué necesario instalar un nuevo alumbrado a lo largo de la zona de influencia del puente, así mismo en el lado poniente del puente se instalaron postes de alumbrado de tal forma que la dirección de proyecciones fuera hacia la vialidad de acceso y salida del puente y también hacia las vialidades aledañas que para este caso fueron calle Siete en el lado norte y la Av. Canal de San Juan en el lado sur, es decir, fué necesario instalar dos hileras de postes que cumplieran con este cometido (Fig. IV.7),-

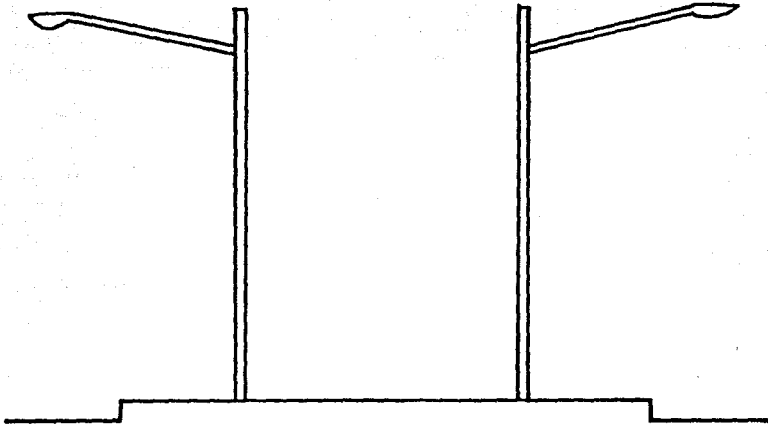


FIG. IV.7. ALUMBRADO PUBLICO SOBRE LA AV. CANAL DE SAN JUAN.

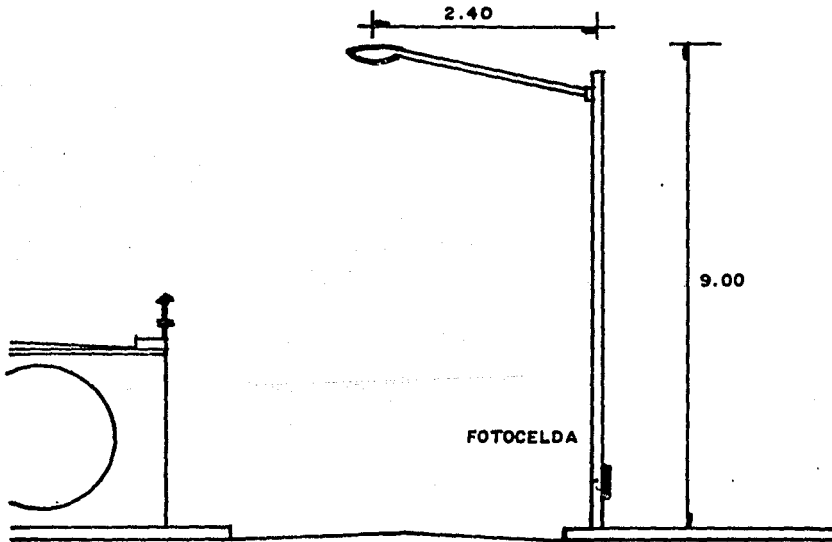


FIG. IV.8. POSTE DE ALUMBRADO PUBLICO.

Estos postes del tipo tronco-cónicos, truncados con una altura de 9.00 m de acero, con base piramidal truncada atornillables, cimentación tipo zapata con preparación de tornillo para la base del poste, brazo de aluminio de 2.40 m de largo y luminaria de vapor de sodio de alta presión de 250 w y de 220 V, y fotocelda de encendido. (Fig. IV.8). La disposición de los postes logra una visibilidad adecuada para las vialidades laterales al puente.

Para la iluminación del puente en su parte superior se utilizaron dos superpostes de acero cédula 40 en secciones desmontables de 10 m cada uno dando un total de 3 secciones (30 m. de altura), estos superpostes fueron instalados uno a cada lado -- del puente en la zona central del mismo (Fig. IV.9). La disposición de las luminarias fué semicircular alrededor de la punta del poste con proyecciones en dirección al puente. Para ambos-postes, se utilizaron siete proyectores modelo "F" de 1000 W, - 220 V, de vapor de sodio de alta presión CAT-FS-1000-D (Fig. -- IV.10).

Para todos los casos fué necesario instalar una red de tuberías de 15 cm. de diámetro, de concreto simple tipo albañal - llevando en su interior cables que darán el suministro eléctrico a cada uno de los postes.

#### IV.1.4 SEÑALIZACION.

Toda vez que se hubo concluído la construcción de los puentes y parte de las obras complementarias, sobre todo en las vialidades complementarias, hubo necesidad de instalar anuncios y señales indicativas del puente y de las vialidades aledañas, estos letreros informativos y de señales se fabricaron en lámina-

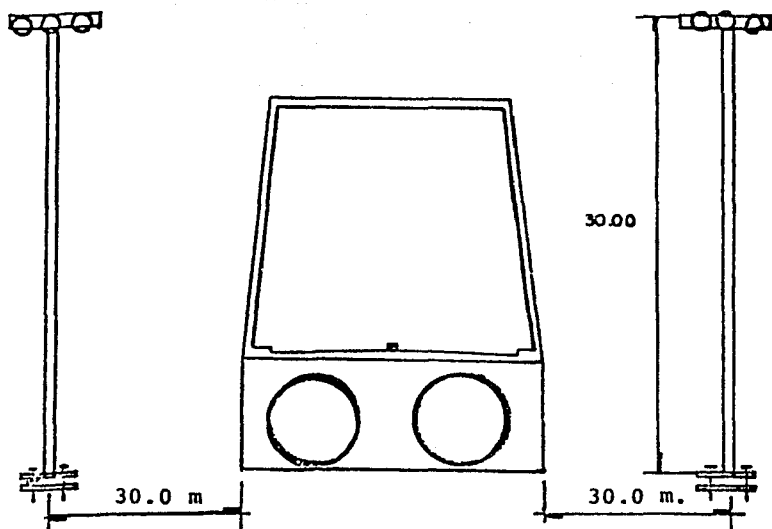


FIG. IV.9. UBICACION DE LOS SUPERPOSTES EN ELEVACION.

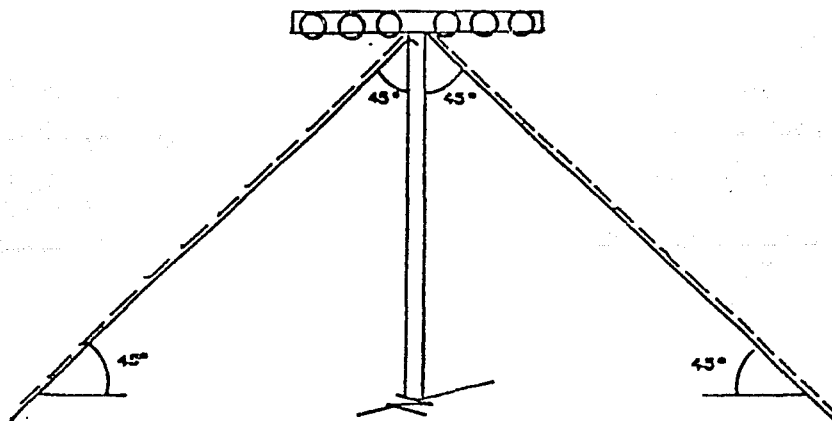


FIG. IV.10 PROYECCION DE LA ILUMINACION DE LOS SUPERPOSTES.

negra calibre 18 con leyendas y señales con materiales reflejantes que permiten su visibilidad aún durante la noche, estas señales tienen por objeto indicar a los automovilistas, así como a los peatones los nombres de las calles, los sentidos de circulación, las desviaciones, la conducción de acceso hacia el puente y hacia las calles aledañas, y conducir hacia las vialidades importantes que en este caso son Zaragoza Norte y Zaragoza Sur, para todas las señales se buscó la ubicación adecuada para su visibilidad por lo que fué necesario el uso de materiales de soporte y fijación que cumplieran con este objetivo.

#### IV.1.5 PINTURA EN LA ESTRUCTURA METALICA.

La pintura tiene por objeto proteger los elementos metálicos contra la corrosión y darle una apariencia específica, para lo cual se aplicó una película de pintura anticorrosiva de características controladas.

La pintura del acabado final se empezó a aplicar cuando se terminó de construir el puente y se han colocado los parapetos. Cabe mencionar que a la estructura se le aplicó una mano de pintura anticorrosiva antes de salir del taller o inmediatamente después de terminar su fabricación en las piezas que se fabricaron a pie de obra.

#### Materiales :

Se usó pintura de esmalte anticorrosivo alquidálico, en los siguientes colores, de acuerdo a los requerimientos del proyecto, amarillo sol, azul y blanco.

La pintura debía ser envasada de fábrica, estar exenta de natas, de productos de oxidación, polvos u otras materias extra

ñas. La pintura debe tener excelente adherencia, flexibilidad, resistencia al intemperismo, a los cambios de temperatura y a la abrasión y el tiempo de secado duro de veinticuatro horas como máximo.

Para el manejo del material, se siguieron las recomendaciones del fabricante.

Las superficies a pintar deben estar libres de aceite, grasa, polvo y cualquier otra sustancia extraña, para lo cual se empleó cepillo de alambre, lijas o abrasivos expulsados por aire. -- Cuando la superficie a pintar presentó hendiduras se utilizó -- pasta resanadora para lograr un aspecto uniforme.

La pintura se aplicó a tres manos por medio de brocha o pistola de aire. Su espesor mínimo fué de 0.125 mm. Estaba previsto proteger la superficie recién pintada con una lona del polvo, agua y daños accidentales durante su tiempo de secado y endurecimiento de la pintura.

#### IV.2 INDUCIDAS POR EL PUENTE.

Como ya se indicó, en la ejecución de toda obra pública resultarán afectadas una serie de obras públicas y privadas así como instalaciones de servicio público, que dado su funcionamiento e importancia es necesario mantener útiles y en servicio. Estas obras son el sistema de vialidad, incluyendo señalización, instalaciones del tipo hidráulico como son agua potable y drenaje y el sistema de alumbrado, que están bajo la administración del Departamento del Distrito Federal. Los servicios como la energía eléctrica y de teléfonos cuya administración no depende del Departamento del D. F.

#### IV.2.1 OBRAS DE DESVIO.

##### IV.2.1.a TRAFICO VEHICULAR.

Se desarrolló un programa para informarle al usuario de la vialidad de Calzada Zaragoza sobre las obras que se iban a desarrollar de tal forma de evitar circular por la zona y aunque no se interrumpió totalmente el flujo vehicular, dicho programa -- consistió en :

Primera etapa :: Se acondicionaron los carriles laterales de la Calzada Zaragoza, para soportar un tráfico intenso. Se habilitaron también vías alternas.

Segunda etapa :: Cierre de los carriles centrales para iniciar la obra, desviando el tráfico a los carriles laterales y vías alternas, ejemplo : el transporte foráneo de pasajeros y de carga se desvió hacia la Vía Tapo.

Tercera etapa : Período de ajuste antes del cierre de los carriles laterales, estableciendo acciones que permitieron manejar el tránsito local, así como dar solución a los accesos y salidas de las áreas donde se ubican edificios importantes o comercios a los que se afectó con el cierre de la vialidad, coordinándose con autoridades y vecinos.

Cuarta etapa : Apertura de los carriles centrales y cierre de los laterales para su reconstrucción.



#### IV.2.1.b LINEAS DE ENERGIA ELECTRICA.

Las obras que se tuvieron que realizar en el sistema eléctrico fueron hechas por la Comisión Federal de Electricidad y para el caso particular de la Avenida Canal de San Juan tenemos:

- 1.- Líneas aéreas. Las obras de desvío se hicieron antes de iniciar la construcción del puente y consistieron en cambiar una línea de alta tensión de 4 hilos que cruzaba la Calzada Ignacio Zaragoza "uniendo" la calle siete con la avenida Canal de San Juan. La longitud de desvío se realizó al inicio del terraplén sur y hasta el final del terraplén norte y consistió en llevar los cables al extremo oriente, donde no se vea afectada por la construcción del segundo puente - que se construirá en un futuro en este cruceo.
- 2.- Líneas Subterráneas. Consistió en desviar una línea de alta tensión que corría a lo largo de la calle Siete y se desvió en la calle Pablo García en la acera sur, justamente bajo el aireplén, por lo que fué necesario reubicar su tendido bajo el terraplén norte y reintegrarla a la línea existente de Pablo García.

#### IV.2.1.c LINEAS DE TELEFONOS.

La reubicación de las líneas telefónicas fué realizada por la empresa de Teléfonos de México, S.A. de C.V. y consistió en reubicar las líneas que se estaban instalando en la acera sur de la Calzada Ignacio Zaragoza, y que al momento de trazar la cimentación del puente, dichas líneas telefónicas chocaban con el apoyo número 3.

En la avenida Canal de San Juan se prevee para un futuro la reubicación de las líneas aéreas cuando se den inicio las obras de la ampliación del Anillo Periférico y se haga más ancha dicha avenida.

#### **IV.2.1.d HIDRAULICAS.**

##### **1. DRENAJE.**

La construcción del puente no originó obras muy significativas de las tuberías de drenaje realizando solo desvíos locales - de tubos de diámetros pequeños, así por ejemplo en el cruce de - Avenida Canal de San Juan con la Calzada Zaragoza, se hizo un -- desvío de una tubería de 38 cm de diámetro la que se alojaba directamente bajo la zona de afectación del puente y se requirió - modificar su trazo de tal forma de conectar su descarga al colector principal (diámetro de 183 cms) que se ubica en el lado poniente de la Avenida Canal de San Juan.

Se le hicieron mejoras al sistema de captación de aguas pluviales en la zona, así por ejemplo se hicieron atarjeas de 30 - cms de diámetro en los lados nor-poniente y sur-poniente del - - puente vehicular, las cuales también dan servicio a las tomas domiciliarias.

##### **2. AGUA POTABLE.**

Se afectó a 3 líneas de agua potable, una de la red primaria (acueducto de 42" de diámetro) así como dos de la red secundaria, de 12" de diámetro cada una. La tubería de 42" de diámetro ubicada en calle Pablo García y la calle Siete por su importancia y dado que la construcción la afectaba directamente, ya que de pre

sentarse un asentamiento del suelo en esa zona podría dañar a la mencionada tubería, se decidió realizar un by-pass o desvío hacia la zona del terraplén, con tubería de acero cédula 40, -- con un diámetro de 36 pulgadas a una profundidad aproximada de 3.00 m, utilizando piezas de acero especiales Lock-Joint consistiendo en silleta de derivación tee especial con salida radial-42 x 36, válvula de compuerta de 36" de diámetro y piezas de -- ajuste "hechizas" fabricadas en "situ" como codos y carretes -- bridados.

La tubería de 12" de diámetro es de asbesto cemento y está ubicada en Av. Texcoco y Calle Siete. Para esta tubería la profundidad a la que se alojaba resultaba insuficiente, ya que su colchón mínimo para permitir los trabajos de movimiento de tierras y paso de vehículos pesados no era suficiente, por lo que se decidió sustituir la tubería existente de asbesto cemento por tubería de acero cédula 40 de 12" de diámetro y con una mayor profundidad al cruzar la calle Siete y unirse a la tubería existente longitudinal a calle Siete. La tubería localizada a lo largo de la Avenida Canal de San Juan, fué afectada por la construcción del puente, ya que se ubicaba casi sobre el eje de trazo, -- por lo que fué necesario realizar un desvío desde el inicio del terraplén, enviando la tubería hacia la acera poniente de la -- Avenida.

Por la reubicación y cancelación de las líneas secundarias que se realizaron y que dejaron de suministrar el líquido a las tomas domiciliarias, se instalaron dos líneas de 4 pulgadas a -- fin de suministrar agua a los domicilios afectados.

#### **IV.2.1.c SEMAFORIZACION Y SEÑALAMIENTO.**

Se hicieron trabajos de mantenimiento en el sistema de semáforos en el área de influencia de las obras de la línea A del Metro-Férreo y de las vías alternas que ayudaron a disminuir en aproximadamente un 50% del volúmen vehicular.

Antes de iniciar la construcción de la línea A del Ferrometro se trató de informar a la población de las alternativas que se plantearon para poder ingresar a la Ciudad, para ello se contrató a los medios masivos de comunicación, como la radio y televisión, así como la distribución de volantes en las vialidades afectadas y la colocación de señales informativas del cierre de la Calzada Zaragoza y las alternativas de comunicación vehicular que se pusieron en funcionamiento.

#### **IV.2.2 PAVIMENTACION DE ACCESOS LATERALES.**

Dado que por el momento no se iban a construir las conexiones viales directas entre la Calzada Ignacio Zaragoza y las avenidas de las cuales son parte los puentes atirantados, las calles transversales y paralelas a la Calzada Zaragoza se rehabilitaron para que sirvan a la comunicación entre la circulación de la Calzada en cuestión y la circulación de las avenidas que la cruzan con los puentes.

En el caso particular de la Avenida Canal de San Juan, el pavimento que se construyó fué del tipo flexible, que consiste en las siguientes capas:

- 1.- Carpeta asfáltica.
- 2.- Base compuesta por tepetate, con un espesor promedio de 20 cm.

3.- Subrasante. Capa de grava cementada con un espesor promedio de 40 cm.

Las calles que se repavimentaron en la zona de influencia del puente Canal de San Juan son las siguientes: Fig. IV.11.

<u>Calle</u>	<u>Capa rehabilitada</u>	<u>Espesor (cm)</u>
<b>Lado Norte :</b>		
Calle 6 (entre Calz. I. Zaragoza y Profra. Ma. Badillo)	Carpeta asfáltica Base Subrasante	6 20 40
Profra. Ma. Badillo (entre Calle 6 y Calle 7)	Carpeta asfáltica Base Subrasante	6 20 a 25 40
Calle 7 (entre Privada Ana Ma. y el inicio del terraplén)	Carpeta asfáltica Base Subrasante	7 20 40
(Vialidad lateral poniente desde Calz. I. Zaragoza hasta la bifurcación del puente)	Carpeta asfáltica Base	4 20
(Vialidad lateral Oriente entre Gpe. Victoria y Privada Ana Ma.)	Carpeta asfáltica Base	6 20
<b>Nota: en las zonas donde anteriormente se tenía uso habitacional se construirá un nuevo pavimento formado por las siguientes capas:</b>		
	Carpeta asfáltica Base Subrasante	7 20 40

<u>Calle</u>	<u>Capa rehabilitada</u>	<u>Espesor (cm)</u>
<b>Lado Sur :</b>		
Oriente 257-A (entre Calzada I. Zaragoza y Sur 16)	Carpeta asfáltica Base Subrasante	9 20 40
Sur 16 y 16 A (entre Oriente 257-A y - Canal de San Juan)	Carpeta asfáltica Base Subrasante	8 20 40
Canal de San Juan (entre Sur 16-A y el inicio del terraplén)	Carpeta asfáltica Base Subrasante	10 25 40
(Desde entronque hasta -- Sur 14-C, sentido N-s)	Carpeta asfáltica Base Subrasante	10 25 40
Sur 14-C (entre Canal de San Juan y Sur 259)	Carpeta asfáltica Base Subrasante	8 20 40
Oriente 259 (Sur 14-C y Calzada I. - Zaragoza)	Carpeta asfáltica Base Subrasante	8 20 40

El procedimiento constructivo para la rehabilitación consistió en retirar las capas existentes del pavimento antiguo, hasta una profundidad variable definida por la suma de los espesores de las capas por colocar.

La superficie excavada se compactó en una profundidad mínima de 15 cm, hasta alcanzar el 90% de su peso volumétrico seco máximo (P.V.S.M.), según prueba AASHTD ESTANDAR.

Para lograr un buen enlace de los nuevos pavimentos con los existentes o con los rehabilitados, se excavó una caja a todo lo ancho de la sección transversal hasta un nivel de 20 cm por debajo del desplante de subrasante de este último, formando escalones

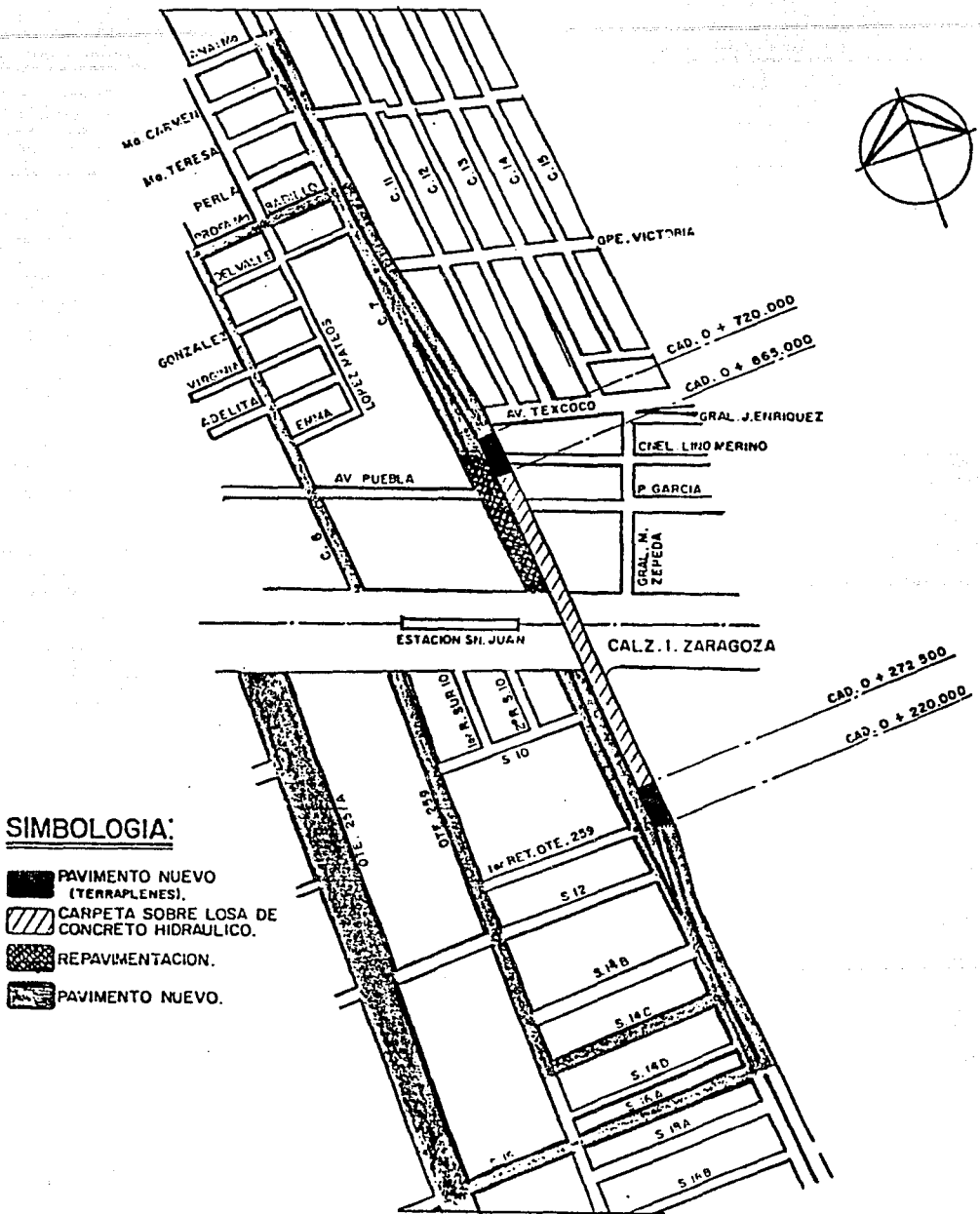


FIG. IV.10. PROYECTO DE PAVIMENTOS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PUENTE CANAL DE SAN JUAN.

de liga, los cuales tienen una huella de 0.5 m y un peralte igual al espesor de las capas del pavimento existente.

Toda la colocación de capas de pavimento hasta donde corresponde para este caso, fué igual que la del terraplén que ya se expuso con anterioridad.

#### **IV.2.3 JARDINERIA.**

Dado que se trató de dar una solución integral a los problemas de vialidad y de reforzar acciones significativas y efectivas como lo establece el Programa Integral contra la contaminación -- atmosférica de la Ciudad de México, se llevó a cabo un programa de reforestación a lo largo de los camellones de la Calzada Ignacio Zaragoza que consistió en colocar 24,750 árboles y 507,000 m<sup>2</sup> de plantas rastreras.



CAPITULO V

COMENTARIOS  
Y  
CONCLUSIONES

## V.- COMENTARIOS Y CONCLUSIONES.

La construcción de estos puentes y como caso particular el puente vehicular Canal de San Juan, son un claro ejemplo de modernidad en lo referente al estilo, por el sistema atirantado, en una zona urbana.

El transmitir la forma en que se construyó el puente es una acción que informa la causa, el como y el cuando de las actividades constructivas que a simple vista de alguien que está alejado de esta ciencia ingenieril resultan indiferentes o hasta impre-- comprensibles, considerando que solo se "mezclan" acero y concreto, resultando un bulto de algo que a veces se considera "bonito", - siendo que es una obra importante de trascendencia para el desarrollo de una Ciudad que creció a un ritmo impresionante, donde la rapidez para transportarse es de importancia vital para cada uno de los ciudadanos.

Con esta obra se complementó no solo el transporte vehicu-- lar sino también el transporte masivo, constituido este último - por el tren metropolitano que da beneficio a una zona de la Ciudad, en la cual se presentan grandes asentamientos humanos y por consiguiente grandes problemas de transporte y vialidad.

El proyecto fué sumamente interesante ya que se salía de -- los contextos de otros puentes urbanos, un proyecto novedoso y - un diseño variable a los tradicionales por la diferencia de longitud en los puentes de grandes claros.

Al llevar el proyecto a la construcción se presentaron algu-- nas deficiencias que debieron ser corregidas llegando a feliz -- término en su arreglo, pero que desgraciadamente no fué concluí-- do en su totalidad en la ejecución real ya que la contemplación-

de accesos y salidas del puente y la vialidad no se ejecutaron, más sin embargo, el estado actual es funcional, cumpliendo con el principal cometido de unir los lados Norte y Sur en que quedó dividida la circulación de la Calzada Zaragoza por la construcción del Metro Férreo Línea A.

El diseño final de los puentes quedó constituido por una longitud total promedio de 480 m, todos cuentan con un claro principal promedio de 55 m, por donde circula superficialmente el metro y de cada lado un arroyo de la calzada, haciendo claros pequeños del orden de 15 a 20 m.

Todos los claros son cubiertos por estructura metálica con tableros de concreto que están sostenidos en su parte inferior por apoyos de concreto armado, el número de apoyos varía de 6 a 10, dependiendo del puente del que se trate. Estos apoyos están cimentados ya sea en cajones o en zapatas según corresponda.

Todos los puentes tienen dos apoyos principales (mástiles) cimentados por cajones parcialmente compensados, desplantados a una profundidad promedio de 5 m sobre pilotes de fricción de sección cuadrada de 0.30 a 0.40 m de lado con longitud promedio de 25 m.

El sostén superior consta de una zona atirantada ubicada entre los apoyos adyacentes a cada mástil. El sistema de anclaje de los tirantes se encuentra en la parte superior del mástil, quedando así fijada y soportada la estructura metálica. El principal factor de calidad de los tirantes es su capacidad a la fatiga.

Las fuerzas que se presentan en cada tirante son variables dependiendo del puente y la localización del tirante dentro del mismo, variando entre 20 y 100 ton. Los desplazamientos acepta-

bles serán de 10 cm por desplazamientos producidos por carga viva y de 18 a 20 cm por asentamientos esperados a largo plazo.

Para saber las deformaciones o hundimientos que se han tenido, ya que éste es el principal riesgo para los puentes por la zona en la que se encuentran, se estableció un sistema de instrumentación.

El objetivo general del Sistema de instrumentación es conocer en forma oportuna los movimientos que se presenten durante la excavación y construcción de los mismos, para que conjuntamente con la medición del hundimiento regional, se estuviera en posibilidad de determinar los movimientos asociados a la obra evaluando al mismo tiempo las condiciones de estabilidad de la excavación y el comportamiento de la cimentación en cada apoyo.

En general los instrumentos que se colocaron en los apoyos dependieron de las características geométricas y de la profundidad de excavación de cada uno de ellos, dando origen a la siguiente clasificación:

- 1) Apoyos tipo "A" : cuya profundidad sea mayor a 3.70 m y el área de excavación mayor a 100 m<sup>2</sup>.
- 2) Apoyos tipo "B" : cuya profundidad de desplante sea menor a 3.70 m.
- 3) Apoyos tipo "C" : Aireplenes.

El programa de instrumentación para los puentes consistió básicamente en la colocación de dispositivos de control de movimientos verticales y horizontales que se presenten durante la excavación y construcción de los apoyos, siendo los siguientes instrumentos :

1) Banco de Nivel Profundo. Instalado para la construcción del metro ligero, el cual se encuentra ubicado en el cerro "Peñón del Marqués".

2) Referencias para el control del nivel de excavación con la finalidad de llevar un control del nivel de excavación, se instalaron bancos de nivel flotante, (Fig. V.1), los cuales alcanzaron una profundidad de 1.50 m respecto al nivel máximo de excavación. En los apoyos con pilotes se instalaron antes del hincado de los pilotes y debieron ubicarse de tal forma que exista una separación mínima de 1.50 m respecto al pilote más cercano.

3) Referencias en zonas de trabajo. Se instalaron referencias superficiales (Fig. V.2) las cuales se colocaron en el perímetro de la excavación a una distancia de 1.00 m a partir del límite de excavación, medido perpendicularmente al eje de la misma. Estas referencias se colocaron en todos los mástiles de los puentes, en los apoyos adyacentes a éstos, y en los aireplenes (Fig. V.3).

4) Referencias en zonas alejadas. Con la finalidad de medir el hundimiento regional se colocaron referencias sobre banquetas, quarniciones y las estructuras colindantes al

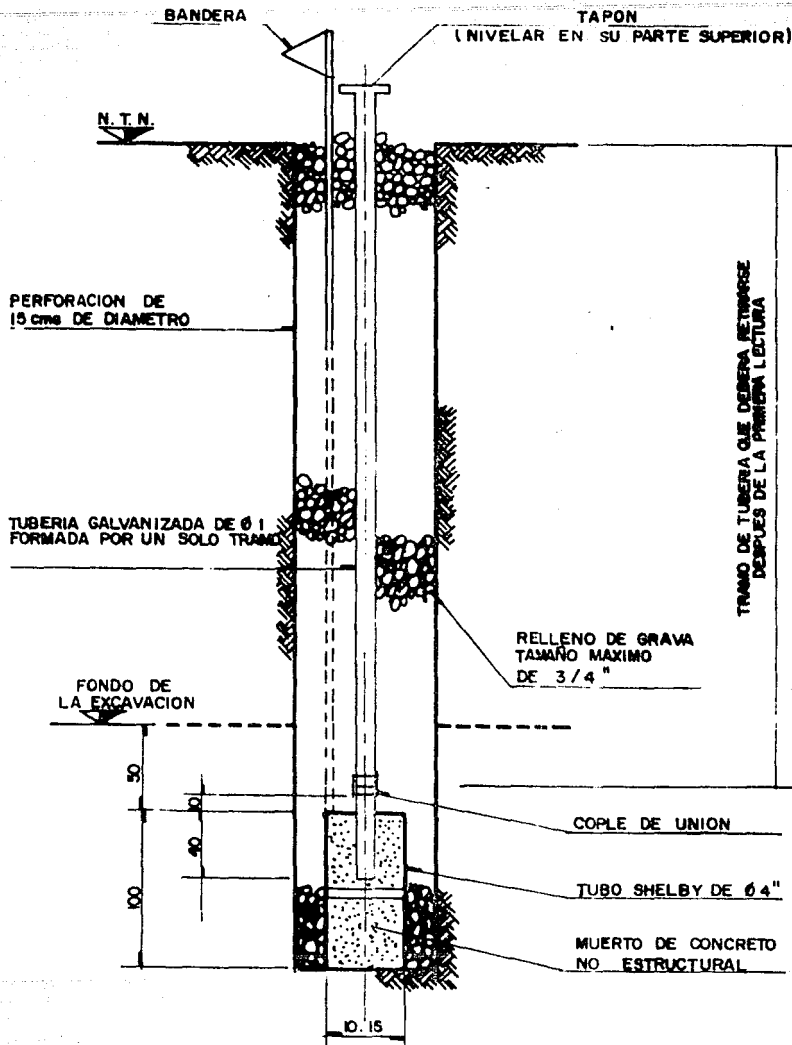


FIG. V.1. BANCO DE NIVEL FLOTANTE.

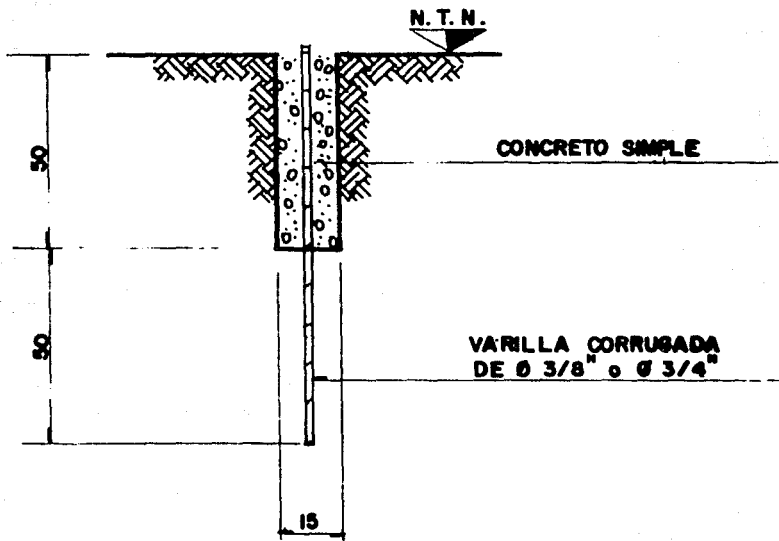


FIG. V.2. REFERENCIA SUPERFICIAL.

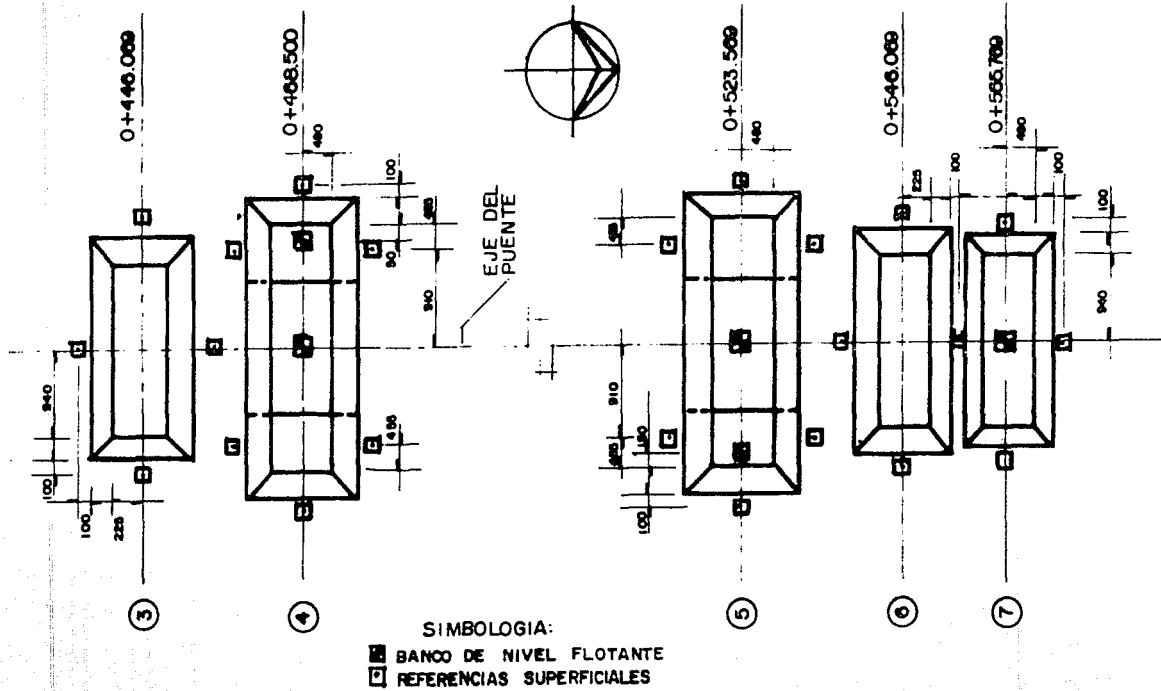


FIG. V.3. LOCALIZACION DE INSTRUMENTOS.  
PUENTE CANAL DE SAN JUAN.



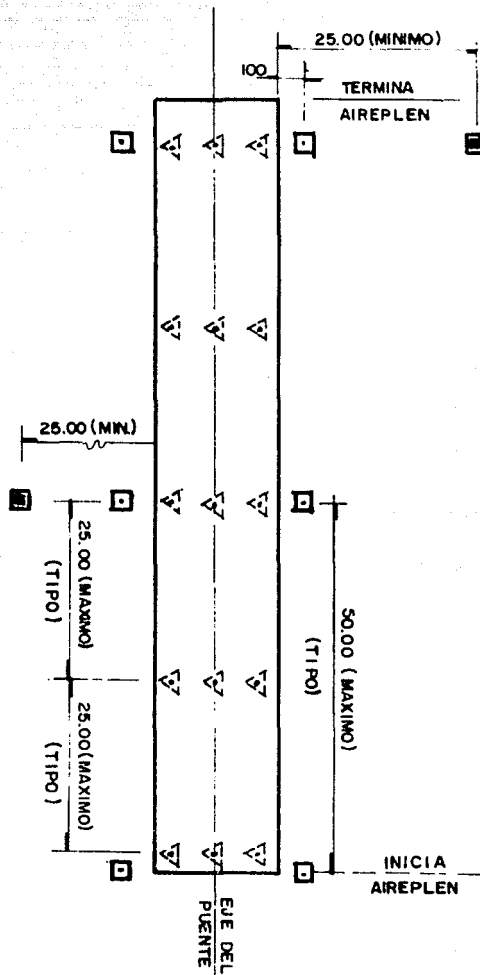
punto de referencia en el puente a una distancia de 20 m a partir de los bordes laterales del puente, las cuales se colocaron en dirección perpendicular al eje de trazo del mismo, estas referencias se colocaron en disposición tresbolillo, fuera de la zona de influencia de cualquier excavación, con una separación entre ellas de 50 m, abarcando toda la longitud del puente - incluyendo aireplenes.

- 5) Referencias sobre la estructura de los apoyos. Se marcaron referencias hechas con pintura, sobre los elementos estructurales que forman los apoyos, conforme se fueron construyendo. Dichas referencias se ubicaron sobre la losa de fondo y la losa tapa; en cimentación de cajón y a los lados de la trabe si es zapata (Figs. V.1 y V.4).

Se colocaron referencias formadas por placas de cobre de 5x10x0.3 cm. (Fig. V.5) sobre el paño exterior de los muros de los apoyos una vez construída, señalando en dichas placas un punto de nivelación.

Se efectuará un control a base de nivelaciones de precisión de las referencias citadas, con la frecuencia que se indica:

- a) Primera etapa : Una vez instalados los instrumentos -

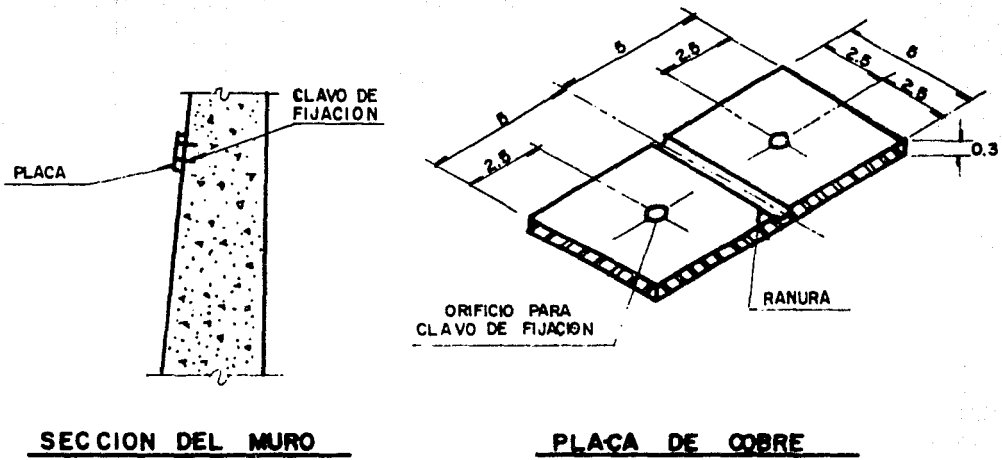


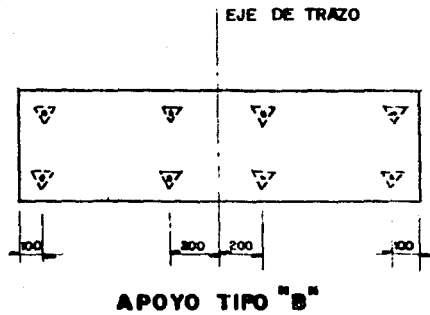
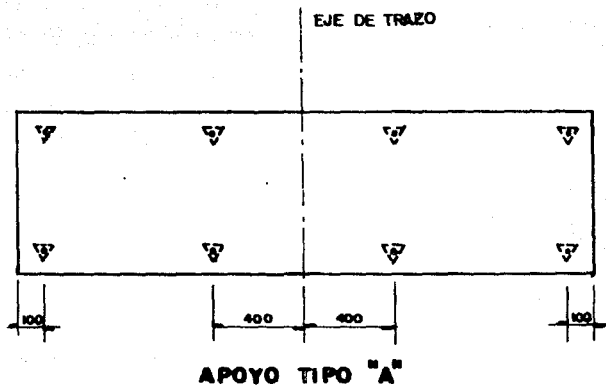
**SIMBOLOGIA**

- REFERENCIA EN ZONA ALEJADA
- REFERENCIA SUPERFICIAL
- ▽ REFERENCIA SOBRE LA ESTRUCTURA

**FIG. V.4. DISTRIBUCION DE REFERENCIAS DE NIVELACION EN AIREPLENES.**

FIG. V.5. COLOCACION DE LAS PLACAS DE NIVELACION EN LA ESTRUCTURA.





SIMBOLOGIA

▽ REFERENCIAS EN ESTRUCTURAS

**FIG. V.6. REFERENCIA SOBRE LA ESTRUCTURA EN LOS APOYOS "A" y "B".**

se correrá una primera nivelación -  
asignándole cotas referidas al banco  
de nivel profundo.

b) Segunda etapa : La primera nivelación fué inmediata--  
mente después de haberse concluído el  
hincado de pilotes. La segunda nive-  
lación antes de iniciar los trabajos-  
de excavación en todos los apoyos y -  
la tercera después de haberse conclui  
do los trabajos de excavación.

Estas nivelaciones debieron incluir a  
todas las referencias que se encontra  
ban dentro de un radio de 20 m.

c) Tercera etapa : Una vez colocadas las referencias so-  
bre la losa de fondo y hasta haber -  
concluído la construcción de los apo-  
yos, las nivelaciones se hicieron se-  
manalmente abarcando a las nuevas re-  
ferencias conforme éstas se fueron co  
locando.

d) Cuarta etapa : A partir del colado de las columnas -  
de la superestructura y hasta el tér-  
mino de la obra civil se corrieron ni  
velaciones, 3 por semana, definiéndo-  
se una subetapa especial que corres-  
pondió al tensado de los cables, du--  
rante la cual se hicieron nivelacio--  
nes diariamente.

e) Quinta etapa : Cada seis meses durante cinco años -  
en todas las referencias colocadas.

Todas las nivelaciones podrán referirse a un banco de nivel variable debiéndose referir las nivelaciones efectuadas mensualmente al banco de nivel profundo.

La construcción de cada puente presentó problemáticas distintas, aunque para el caso particular del Puente Canal de San Juan podemos hacer referencia a algunos detalles que se consideraron importantes.

En la cimentación se presentaron dos problemas apremiantes, el primero el espacio de operación muy limitado debido al tránsito que circula por la Calzada Zaragoza y que se incrementó por la falta de previsión del almacenaje de los pilotes sobre uno de los carriles de la vialidad, además de realizar maniobras de hincado de los pilotes durante horas pico, ocasionando un mayor caos vial.

Así en cuanto a la excavación de la zona Norte del puente, los trabajos variaron de los demás puentes ya que se implementó un sistema de tablaestacas que hacían la función de retención de taludes para lograr los avances previstos.

En el caso de los apoyos la rapidez de la construcción se vio limitada por algunas circunstancias principalmente debido a las interferencias hidráulicas, telefónicas o eléctricas que se ubican en las zonas de construcción.

En los mástiles el proceso de cimbrado-colado para la construcción resultó un tanto incongruente con la necesidad de usar un tipo de cimbra deslizante, lo cual no se cumplió y se usaron métodos tradicionales y deficientes de cimbras de madera en tramos cortos que hacían más difíciles las maniobras.

La mayoría de la estructura metálica fué soldada en campo y no en taller como se tenía previsto en el proyecto, lo cual ocasionó la ocupación de espacios y la generación de trabajos innecesarios, retrasando con mucho el programa de obra.

En la elaboración de las losas para formar los tableros del puente se empleó un método de cimbrado y armado novedosos, ya -- que por la altura de los claros no se podía usar cimbra convencional, se empleó un cimbrado apoyado sobre los patines de la estructura de vigas secundarias y principales, además el armado se auxilió sobre los topes que presentaban las vigas secundarias para así lograr el trabajo uniforme de la estructura. Se presentó un problema importante por una desnivelación de la estructura -- cuando aún se hallaba montada sobre soportes provisionales, por resultar éstos deficientes para soportar las cargas que en ese momento de colado de la losa se presentó. El aspecto más importante y novedoso fué el tensado de los cables que a pesar de ser una técnica nueva, se realizó con gente especializada y con equipos altamente sofisticados logrando con ésto la realización precisa del trabajo.

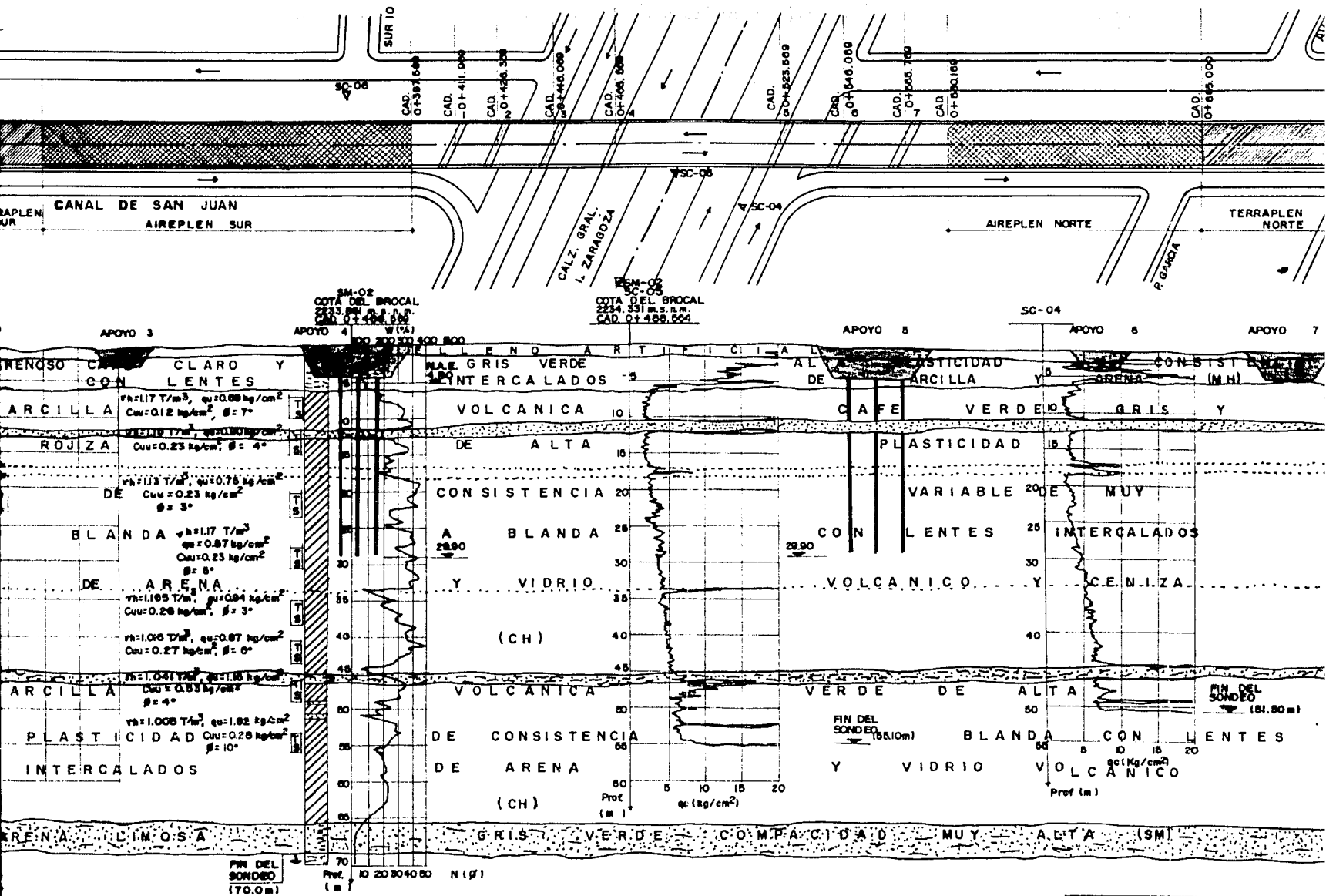
Este puente es un caso especial, ya que siendo de cuatro carriles le debía corresponder un juego de tirantes adicionales al centro, lo cual no fué hecho por formar parte de proyecto a futuro del anillo periférico, ya que en una misma dirección no podía existir una división como la que se menciona y por lo tanto las trabes secundarias resultaron bastante más largas que las demás.

## BIBLIOGRAFIA

1. Ingeniería de Tránsito  
Rafael Cal y Mayor  
Ed. Representaciones y Servicios de Ingeniería.
2. Especificaciones Técnicas del D. D. F.  
Gerencia de Proyectos Covitur.
3. Memorias de cálculo estructural de los Puentes Atirantados.  
Colinas de Buen, S.A. de C.V.
4. Planos y memorias constructivas de los Puentes Atirantados.  
Covitur.
5. Reglamento de Construcciones del Distrito Federal  
Publicado el 3 de julio de 1987 en el Diario Oficial.
6. Características Geológicas y Geotécnicas del Valle de México.  
Covitur, septiembre 1986.
7. Mecánicas de Suelos tomos I y II  
A. Rico y E. Juárez Badillo.  
Ed. Limusa.
8. La Ingeniería de Suelos en las vías Terrestres.  
A. Rico y H. del Castillo  
Ed. Limusa
9. Puentes Ejemplos Internacionales.  
Hanswittfuht.  
Ed. Gustavo Gili, S.A.
10. Ingeniería de Puentes.  
Ed. Tecnipress C.A.
11. Manual de Tensado e Instalación de Cables.  
Freyssinet



12. Conferencia: "Puentes Atirantados de la Ciudad de México".  
Ing. José Luis Sánchez M.  
Palacio de Minería. Octubre, 1991.  
Fac. de Ing. UNAM.
  
13. Publicaciones Varias.  
Línea "A" metro ligero.  
D. D. F.



### SIMBOLOGIA

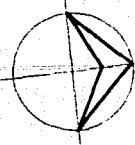
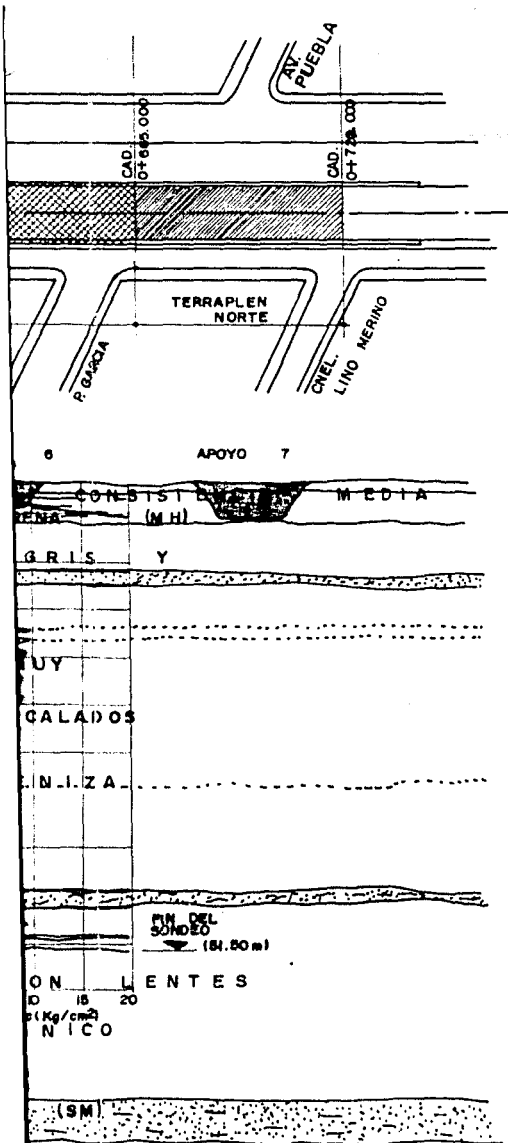
- $w$  — PESO VOLUMETRICO DEL SUELO ( $T/m^3$ )
- $q_u$  — COHESION DEL SUELO ( $kg/cm^2$ ) EN PRUEBA NO CONSOLIDADA NO DRENADA
- $w$  — CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
- $N^\circ$  — NUMERO DE GOLPES (PENETRACION ESTANDAR)
- $q_c$  — RESISTENCIA DE PUNTA DEL CONO ELECTRICO ( $kg/cm^2$ )
- SM — SONDEO MIXTO
- SCV — SONDEO DE CONO
- $\square$  — COTA DEL BROCAL m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar)








- NIVEL DE AGUA FREATICA
- ANGULO DE FRICCION INTERNA DEL SUELO ( $^\circ$ )
- MUESTREO INALTERADO CON TUBO SHELBY
- FRONTERA ENTRE SUBSTRATOS

PUENTE CANAL DE SAN

CORTE ESTRATIGRAFICO  
LOCALIZACION DE SONDEOS

A N E X O

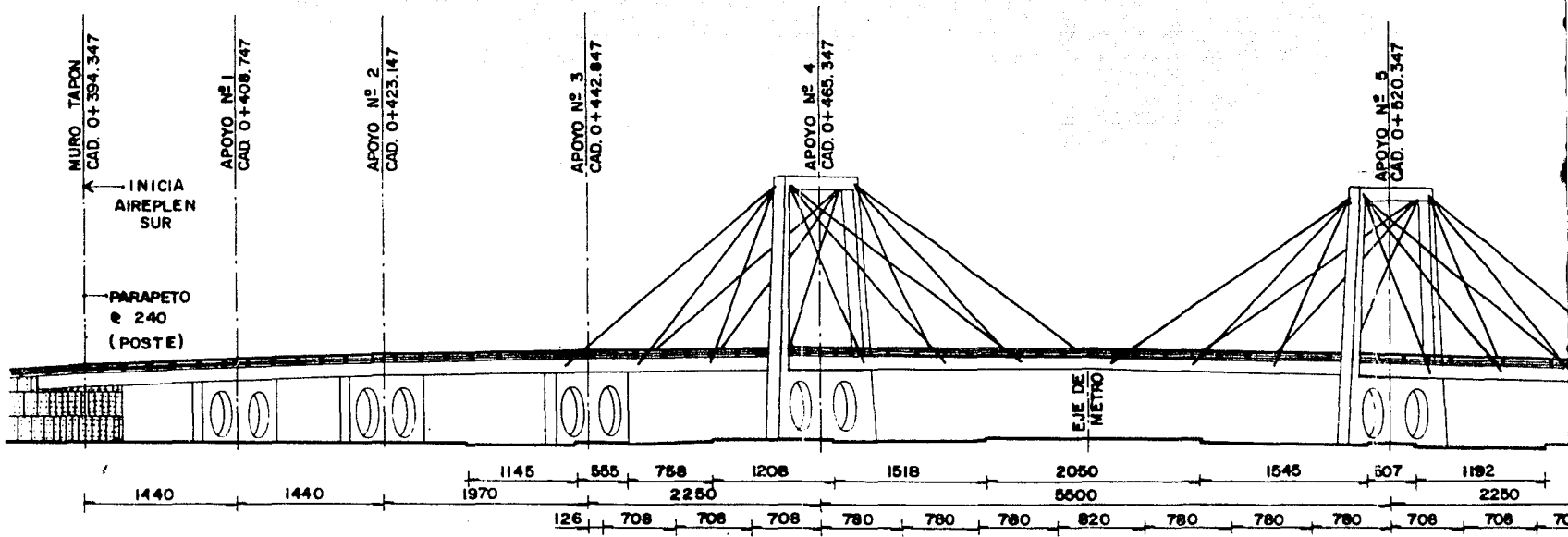


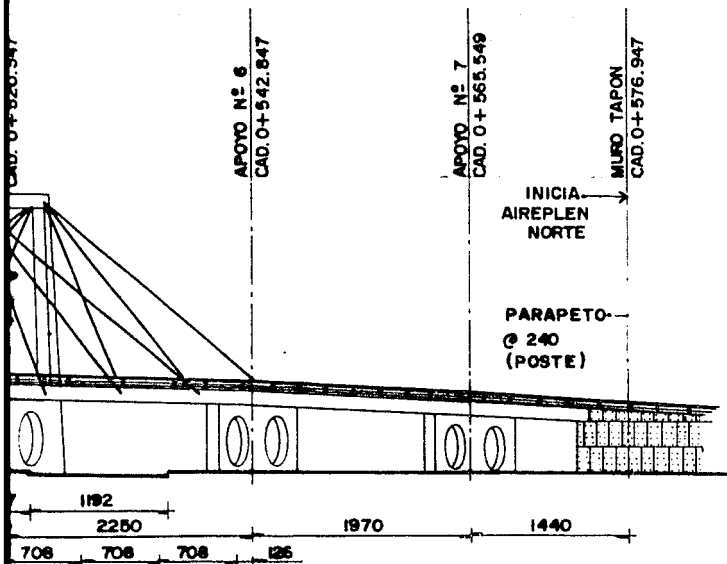
-  RELLENO
-  ARGILLA
-  LIMO
-  ARENA
-  AIREPLEN
-  TERRAPLEN
-  PERFIL DE EXCAVACION PARA ALOJAR CIMENTACION DE APOYOS

TE CANAL DE SAN JUAN

TE ESTRATIGRAFICO Y  
ALIZACION DE SONDEOS

N E X O 1





-COTAS en centímetros

PUENTE CANAL DE SAN JUAN

VISTA ARQUITECTONICA  
LONGITUDINAL

A N E X O 2