

105



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

PLANEACIÓN, ESTUDIO GEOTÉCNICO E IMPACTO
AMBIENTAL DEL PUENTE VEHICULAR
EJE 3 ORIENTE - VIADUCTO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A:
JULIO CÉSAR VELÁZQUEZ ENCISO

DIRECTOR: DR. RAFAEL MORALES Y MONROY



MÉXICO

2000

280275



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
ING/DCTG/SEAC/UTIT/125/98

Señor
JULIO CESAR VELAZQUEZ ENCISO
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor DR. RAFAEL MORALES Y MONROY, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

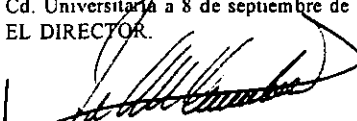
**"PLANEACION, ESTUDIO GEOTECNICO E IMPACTO AMBIENTAL DEL PUENTE
VEHICULAR EJE 3 ORIENTE - VIADUCTO"**

- INTRODUCCION
- I. NECESIDADES
- II. INGENIERIA DE TRANSITO Y PLANEACION
- III. ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
- IV. ANALISIS DE LA CIMENTACION
- V. PROCESO CONSTRUCTIVO
- VI. IMPACTO AMBIENTAL
- CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria a 8 de septiembre de 1998.
EL DIRECTOR.


ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLIS
JMCS/GMP*imf

AGRACEDIMIENTOS.

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Por permitirme formar parte de la máxima casa de estudios de este país, y a la Facultad de Ingeniería por todo el conocimiento brindado para llegar a ser un profesionista.

A mi madre y a mi abuela.

Por la educación y el apoyo que me dieron, y por todo el esfuerzo que hicieron para hacer de mí lo que soy. Con todo cariño y respeto, para ellas.

A mi esposa.

Por ser la mejor amiga y compañera sin la cual no hubiera tenido la motivación para llegar a este momento.

A mi mejor amigo.

Por todos los consejos que me ha dado y
por todo lo que he aprendido de él.
A mi tío, Agustín Enciso.

A mis tías Josefina, Margarita y Teresa.

Por haber sustituido el cariño de hermanas
que se necesita para crecer dentro de una familia.

Al Dr. Morales y al Ing. Raúl Aguilar.

Por el tiempo, conocimiento y asesoría empleados
para la realización de este trabajo.

" PLANEACION, ESTUDIO GEOTECNICO E IMPACTO AMBIENTAL DEL PUENTE VEHICULAR EJE 3 ORIENTE - VIADUCTO"

INDICE

	PAG.
INTRODUCCION.	
I.- NECESIDADES.	1
I.1 Vialidad en la Ciudad de México.	1
I.2 Diagnóstico de la situación.	3
I.3 Estructura vial.	9
II.- INGENIERIA DE TRANSITO Y PLANEACION.	14
II.1 Transporte urbano.	14
II.2 Problemática y solución del proyecto en estudio.	23
II.3 Evaluación económica.	43
III.- ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.	46
III.1 Zonificación geotécnica.	46
III.2 Sondeos y laboratorio.	47
III.3 Distribución de esfuerzos.	52
III.4 Capacidad de carga.	61
III.5 Profundidad de desplante.	62
IV.- ANALISIS DE LA CIMENTACION.	63
IV.1 Análisis bajo condiciones Estáticas y Dinámicas.	63
IV.2 Cimentación y construcción de los Estribos.	75

	PAG.
V.- PROCESO CONSTRUCTIVO.	79
V.1 Preliminares.	79
V.2 Excavación y estabilidad de taludes.	85
V.3 Construcción de la cimentación.	89
V.4 Estructura.	95
V.5 Superestructura.	97
VI.- IMPACTO AMBIENTAL.	105
VI.1 Legislación y Normatividad en materia ambiental en México.	105
VI.2 Estudio de Impacto Ambiental.	107
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES.	117

INTRODUCCION

La Ciudad de México registra una aguda concentración poblacional y económica por lo que su Sistema de Transporte y Vialidad no puede abstraerse de los problemas que le afectan, por ello, el presente trabajo trata una solución puntual ante la problemática del incremento del volumen vehicular en esta Ciudad, así como el generado en los municipios conurbados del Estado de México con la finalidad de satisfacer la demanda de movilidad generada por la población.

Como consecuencia de las necesidades de desplazamiento se han instrumentado una serie de obras puntuales congruentes con los planes y tiempos de implantación propuestos en los programas de transporte y vialidad en el periodo 1995 - 2000, quedando inmersa la construcción del puente vehicular Eje 3 Oriente - Viaducto en dichos programas.

El objetivo central que persigue la construcción y modernización de la infraestructura vial en la Zona metropolitana de la Ciudad de México es lograr un tránsito cada vez más libre y fluido, que solucione los graves problemas de congestionamiento que, tanto la propia dinámica de crecimiento de la Ciudad como la falta de previsión y planeación, han generado en las últimas décadas.

La construcción del puente vehicular Eje 3 Oriente - Viaducto se justifica como una parte importante del "Eje de Integración Vial Norte - Sur, Venta de Carpio - Xochimilco", teniendo como función primordial comunicar al Sur con el Norte (y viceversa) de la Ciudad dando salida hacia los Estados de Hidalgo y Estado de México.

Además de pretender dar un ejemplo claro y conciso de una solución al problema de tránsito vehicular en esta Ciudad, este trabajo también tiene la finalidad de demostrar la utilización de casi todas las áreas de la ingeniería en un mismo proyecto (en este caso Ingeniería de Tránsito, Mecánica de Suelos, Construcción e Ingeniería Ambiental).

El puente vehicular en estudio está construido por dos rampas que se intersectan en el lado Sur, una de las rampas tiene una longitud de 738 m teniendo la superestructura que se localiza en ella una distancia entre ejes de estribos de 584 m; la otra rampa tiene una longitud de 734 m y la distancia a ejes de estribos de su superestructura es de 582 m.

Son un total de 25 claros los que se libraron, teniendo el claro mayor una longitud de 35 m para librar el Viaducto Río de la Piedad, y el claro menor de 8 m localizado entre los ejes de columnas que salvan la Av. Morelos, Glorieta Viaducto Río de la Piedad y el Viaducto.

El ancho de cada cuerpo del puente es de 12 m, siendo el ancho del arroyo de 10.50 m dividido en tres carriles de 3.50 m, sumando un total de seis carriles por los dos cuerpos (tres por cada sentido), cada uno para la circulación de vehículos particulares y de carga. Además cuenta con guarniciones en cada cuerpo en donde se desplanta el dispositivo llamado parapeto, así como las bases para la sustentación del alumbrado sobre el puente.

La altura máxima del puente es de 8.60 m y de gálibo un poco mayor a 7.00 m, quedando una altura libre de 9.70 m con respecto a la vialidad del Viaducto y de 5.90 m con referencia a la Av. Morelos.

La pendiente longitudinal máxima es del 6% y la pendiente transversal del 3%, siendo la velocidad de proyecto 60km/hra.

La cantidad de vehículos pesados que se estimó usarían el puente fue del 5% del total con un peso promedio de 15 toneladas y una potencia promedio igual a 150 H.P.; un 5% lo utilizaría el transporte público como microbuses (lo cual en la actualidad no sucede) y el 90% restante para automóviles particulares y taxis. El nivel de servicio "E", en función del volumen vehicular para el puente es de 3884 vehículos por hora en ambos sentidos, proyectando un incremento anual del 2.9%.

Debido a las condiciones del suelo y a su baja resistencia, se determinó una cimentación mixta a base de pilotes de fricción complementándose con cajones de cimentación en cada uno de los apoyos del puente para evitar asentamientos diferenciales.

A partir de los cajones de cimentación se desplantaron las columnas las cuales sustentan la superestructura. Los claros entre apoyo y apoyo fueron lo más uniforme posible para la simplificación del proceso constructivo del puente y de los prefabricados, para la utilización de la cimbra, andamios y como consecuencia una reducción de costos.

La superestructura está formada por una serie de elementos prefabricados pretensados debido a lo largo de los claros por salvar, estos fueron construidos en planta y transportados a la obra para su colocación. Las traveses empleadas son las denominadas del tipo cajón. El motivo de haber construido la superestructura con estos elementos prefabricados, fue su especial resistencia a la torsión sobre todo en las curvaturas.

Para la colocación de la superestructura se utilizaron grúas hidráulicas y mecánicas con capacidad de izaje mínimo de 140 toneladas, empleándose dos grúas a la vez en cada montaje con la variación en el claro formado por el Viaducto Río de la Piedad en donde se usaron tres grúas: dos de 140 toneladas y una de 300 toneladas de capacidad de izaje.

Colocadas las traveses que salvan cada claro, se procedió a continuar con la construcción de la capa de compresión que es de 7 cm de espesor de concreto y posteriormente el encarpetao a base de concreto asfáltico

Finalmente las traveses se rigidizaron transversalmente mediante la construcción de diafragmas de concreto y diafragmas tubulares.

El uso que se le dio al área bajo el puente fue de estacionamiento público, teniendo una capacidad de 140 cajones, así como de áreas verdes protegidas éstas en su perímetro con malla ciclónica.

Como en toda obra de construcción es necesario presentar un Estudio de Impacto Ambiental, en este proyecto no hubo excepción y se presentó dicho estudio el cual forma la parte final del presente trabajo.

Cabe mencionar y aclarar que existe un trabajo anterior a éste del mismo proyecto. La diferencia radica en que aquí se pretende dar una mayor importancia a la mecánica de suelos y al diseño de la cimentación.

I.- NECESIDADES Y PLANEACION.

I.1 Vialidad en la Ciudad de México.

El incremento demográfico y urbano que la Ciudad de México ha venido registrando en los últimos 35 años provocó grandes cambios en su fisonomía. En ese lapso, de ser un asentamiento humano de 316 km², con 5 millones de habitantes, pasó a convertirse en una verdadera Area Metropolitana que alberga 18 millones de habitantes, distribuidos en una superficie urbanizada de 1500 km², abarcando actualmente las 16 delegaciones del Distrito Federal y 28 Municipios conurbados del Estado de México. El Distrito Federal con 720 km², tiene una población de 8.5 millones de habitantes. La última información indica que circulan 2.5 millones de vehículos que generan 762 millones de viajes al año.

El tránsito vehicular presenta como principal problema la contaminación del medio ambiente, por lo que cualquier medida que tenga por objeto solucionar los problemas del flujo vehicular será benéfica para la población.

La Ciudad de México tiene una vialidad primaria de 600 km. de longitud y de 12,000 km. de calles secundarias. Es recomendable que anualmente se amplíe esta red vial mediante la construcción de 10 km. de vialidad nueva y la repavimentación de 2 millones de metros cuadrados por año aproximadamente. Del análisis de los volúmenes de tránsito vehicular que se presentan en la vialidades primarias, se infiere que en las horas de máxima demanda el 80% de la vialidad primaria opera con niveles de servicio inadecuados estos bajos niveles de servicio también se ven afectados por el estacionamiento de vehículos en la vía pública, vueltas a la izquierda, paradas del transporte público, etc.

Los problemas viales en el Distrito Federal son de una gran complejidad, ya que el tránsito se incrementa como resultado del crecimiento de la población.

Las propuestas de mejoramiento de la vialidad existente pueden ser de tipo general o puntual, pero en cualquier caso la solución propuesta puede trasladar el problema vial a un punto cercano, o bien, puede llegar a ser obsoleto en poco tiempo. Sin embargo, tomando en consideración la limitación de los recursos disponibles, cualquier solución que se adopte tendiente a resolver un problema vial, es una obra que rendirá grandes beneficios sociales.

En el cruce de la avenidas con altos volúmenes de tránsito, es frecuente que se presenten problemas por la imposibilidad de dar paso a todos los vehículos en un tiempo razonable. En todos estos casos hay que estudiar desde soluciones económicas, adecuaciones geométricas, hasta soluciones más costosas como puentes vehiculares.

Como en muchos países del mundo, en México el problema del tránsito ha pasado a adquirir importancia nacional. Aunque el Distrito Federal, por su alta concentración de vehículos, sigue ocupando el primer lugar en el total de muertes y heridos por accidentes de tránsito, hay entidades federativas en las que han aumentado los accidentes a un ritmo más acelerado. Es interesante notar que los atropellamientos no han ido creciendo al mismo ritmo que los choques o el total de accidentes, lo que puede ser el resultado de los esfuerzos realizados por la seguridad vial.

Para lograr la planificación vial urbana, existen diferentes programas como el "Programa Integral de Vialidad y Transporte del D.F.". Este programa es un instrumento normativo básico de la planeación, elaborado por la Secretaría de Transporte y Vialidad, diseñado para cumplir con su responsabilidad de orientar el proceso de desarrollo y fijar las políticas y estrategias en materia de transporte y vialidad para el bienestar común, conforme lo marcan las leyes y lo exigen los principios que rigen la vida colectiva. Se orienta a la solución de los problemas del sector en congruencia y con estrecha vinculación a los objetivos del Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, instrumentado por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda.

El programa contiene estrategias y líneas de acción para afrontar y reducir los conflictos, atacar los problemas de raíz y encontrar fórmulas de solución para el sector de transporte y vialidad del área metropolitana en su conjunto.

Otro de los programas que apoya la planificación vial urbana es el llamado "Programa de 100 Ciudades Medias", el cual se integra por un conjunto de líneas de acción como:

- a) La regulación del uso del suelo y administración urbana, que tiene como objeto propiciar en el país el uso ordenado del suelo, mediante la adecuada administración y planeación urbana local.
- b) Suelo urbano y reservas territoriales para ofrecer suelo a la población de escasos recursos que atienda sus necesidades de vivienda y garantice la conservación de áreas naturales en el entorno urbano, en el marco de las premisas establecidas por los planes de desarrollo urbano.
- c) Vialidad y transporte para organizar sistemas viales y de transporte público congruentes con la estructura urbana de las ciudades, que al tiempo que comuniquen eficientemente a la población, reduzcan los niveles de contaminación ambiental y eleven la productividad y el bienestar social. En este caso, se promueve la elaboración de estudios integrales y proyectos ejecutivos de vialidad y transporte urbano, que deriven en acciones de carácter emergente y que respondan a un horizonte de mediano y largo plazos, así como la realización de obras de modernización y de mantenimiento de la infraestructura vial primaria y del transporte urbano colectivo.

- d) Aspectos ambientales para lograr una mejor integración entre los medios urbano y natural, a través del equilibrio ecológico de los procesos urbanos, del cuidado cuantitativo y cualitativo de los recursos hidráulicos y del aprovechamiento racional y mejor manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos.
- e) Renovación urbana de los centros de las ciudades para promover su revitalización, rescatar su fisonomía urbana y fortalecer la convivencia y el sentido de identidad de sus habitantes, sobre la base de las disposiciones de uso y aprovechamiento del suelo establecidas por los planes y programas de desarrollo urbano de los centros de población.

La red vial para el Distrito Federal está formada por dos anillos concéntricos de circulación continua: el Anillo Periférico y el Circuito Interior. Estos circuitos se complementan con una serie de vías radiales y con una retícula de ejes viales, que comprende la red vial primaria. Esta red se encuentra incompleta en algunos puntos, debido a que requiere realizar afectaciones costosas, o bien, se necesitan obras que proporcionen continuidad a la red existente.

Las calles secundarias alimentan a la red primaria antes mencionada, constituyendo así un sistema vial que en teoría se considera funcional. Sin embargo, en la actualidad la vialidad existente es insuficiente en determinadas horas pico para permitir un tránsito fluido, pero para resolverlo se requiere de obras con una gran inversión, los cuales se realizan en los puntos críticos de la Ciudad de México.

I.2 Diagnóstico de la situación.

El problema del tránsito radica básicamente en la enorme disparidad que existe entre el vehículo moderno y los caminos antiguos que tiene que usar. En el término camino se incluye el trazo urbano, que data, en la mayoría de los casos, de cientos de años antes de Cristo.

Sería imposible que un automóvil desarrollado en el Siglo XX y que está en continua evolución para reducir las distancias y los costos de transporte, pueda ser usado eficientemente en caminos y calles trazados para vehículos de motor de hace 40 ó 50 años.

Analizando pormenorizadamente el problema ya mencionado, vemos que intervienen cinco factores contribuyentes y que deben ser tomados en cuenta en cualquier intento de solución al mismo. Estos factores son:

1.- Diferentes tipo 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, d baja velocidad, incluyendo remolques.
- d) Motocicletas, bicicletas, vehículos de mano, etc.

2.- Superposición del tránsito motorizado en caminos inadecuados.

- a) Relativamente pocos cambios en el trazo urbano.
- b) Calles angostas, torcidas y fuertes pendientes.
- c) Banquetas 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 anticuadas.
- b) Intersecciones proyectadas sin base técnica.
- c) Previsión casi nula para estacionamiento.
- d) Localización inapropiada de zonas residenciales en relación con zonas industriales o comerciales.
- e) Falta de obras complementarias del camino.

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 a adaptarse a las necesidades del usuario.
- b) Falta de educación vial del conductor y del peatón.

Todos estos factores crean el problema cuya severidad se puede medir en accidentes y en congestionamientos.

De acuerdo a lo anterior se han elaborado planes y estudios como una solución a los conflictos urbanos que surgen en la Ciudad de México. El Plan de Desarrollo Urbano del Distrito Federal constituye la programación, presupuestación, operación y evaluación del Distrito Federal. Dentro de los objetivos, políticas y estrategias que constituye el marco de dicho plan se encuentra lo siguiente:

■ **Objetivos Generales**

- a) Racionalizar el crecimiento y desarrollo del área urbana del Distrito Federal.
- b) Promover el desarrollo urbano integral y equilibrado del Distrito Federal.
- c) Propiciar las condiciones favorables para la población del Distrito Federal pudiendo así tener acceso a los beneficios del desarrollo en materia de suelo urbano, vivienda, infraestructura, equipamiento y servicios públicos.
- d) Conservar, mejorar y aprovechar el medio ambiente del Distrito Federal para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población.

■ **Políticas Generales**

- 1) Controlar la expansión urbana en el Distrito Federal, particularmente en la parte sur.
- 2) Densificar el área urbana.
- 3) Orientar al crecimiento demográfico a zonas susceptibles de desarrollo.
- 4) Mejorar y aprovechar los espacios abiertos.
- 5) Reforestación de las áreas disponibles del Distrito Federal.
- 6) Establecer y mantener una zona de transición entre el área susceptible de desarrollo urbano y las áreas no urbanas del Distrito Federal.
- 7) Ordenar la estructura urbana del Distrito Federal mediante un sistema de centros urbanos que sirva a un conjunto de unidades socioeconómicas en alto grado (autosuficientes).
- 8) Proporcionar una mayor distribución de uso del suelo urbano a través de la relocalización de establecimientos industriales, administrativos y de abasto.
- 9) Incrementar las acciones de mejoramiento o remuneración urbana acorde con una mejor dosificación de las zonas actualmente consolidadas.
- 10) Revitalizar el Centro Histórico de la Ciudad de México.

■ **Estrategias Generales**

- a) El crecimiento demográfico inestable de la ciudad en los próximos 20 años, un mínimo de 4.7 millones de personas adicionales, deberá captarse dentro de los límites del área urbana, definida por el plan para ese plazo, es decir 658 km².
- b) La estructura deberá hacerse en función de dos componentes genéricos: centros urbanos y red vial.
 - Centros urbanos.- Su principal función será identificar a los habitantes con su área geográfica y ofrecer un espacio para efectuar actividades cívicas, culturales, recreativas, concentrar la inversión y los servicios más generales, así como los más especializados, y alojar el transporte privado para facilitar el uso alterno del transporte colectivo.
 - Red Vial.- Las principales funciones serán favorecer el desarrollo y consolidación de los centros urbanos y facilitar la fluidez de intercomunicación en apoyo a las distintas actividades urbanas.

- c) La formación de corredores urbanos en el área de influencia inmediata a las líneas de transporte colectivo, cuyo desarrollo sea intensivo y de prioridad a la vivienda de alta densidad y al establecimiento de servicios.
- d) Redistribución de usos del suelo y evitar los desplazamientos masivos entre la vivienda, el trabajo y el intercambio en general, para mejorar los niveles de eficiencia y bienestar que la vida urbana debe de ofrecer, siendo para el sector de vialidad y transporte la estrategia específica adoptar un sistema considerando el transporte público.
- e) El plan toma en consideración la ampliación y construcción de líneas del metro en las zonas que apoyarán la estructura futura de la ciudad, además del establecimiento de un sistema de transporte público no contaminante. El plan indica igualmente que se dote el área urbana de un sistema de transporte privado.
- f) El sistema de transporte público seguirá una traza reticular de ejes viales accesibilidad y fortalecerá el desarrollo de los centros urbanos, facilitando el desplazamiento dentro del área urbana con un mínimo de transferencias.
- g) Se persigue la complementariedad entre la traza vial y las líneas del metro en forma alternativa, localizándolas en trazos distintos a los ejes viales, con el objeto adicional de desarrollar corredores urbanos.
- h) Se apoyará la instalación de estacionamientos en las áreas circunvecinas a los centros urbanos, incluso dentro del núcleo metropolitano, así como cerca de terminales de transporte foráneo y estaciones del metro con el objeto de articular el sistema de movimiento y evitar el uso de transporte individual en las zonas de mayor circulación.

Situación Actual:

La aplicación de diferentes estudios de campo a una zona determinada, que mantenga una interrelación, nos permite tener un contexto general del ámbito regional prevaleciente en esta.

Parte de las investigaciones de campo que se aplican, corresponden al conocimiento de la vialidad primaria y secundaria que integran el área de análisis, así como sus características propias de operación, la identificación y clasificación del tipo y calidad de servicio que brindan.

El transporte de pasajeros es otro de los estudios de campo necesarios, al igual que la utilización a que han sido destinados los predios existentes en el área de investigación, el marco de análisis en el caso del puente vehicular eje 3 oriente - Viaducto queda integrado de la siguiente manera:

AL NORTE EJE 2 SUR (AV. DEL TALLER)
 AL SUR CAFETAL, COLICA
 AL ORIENTE AV. ANTONIO PEÑA Y REYES - CHICLE
 AL PONIENTE CUCUPRE, NICOLAS ROMERO, TERRAPLEN DEL RIO FRIO

Un sistema vial urbano, se refiere al conjunto de vías que estructuran el área de una mancha urbana, estas deben lograr una operación eficiente y segura del tránsito de vehículos y personas, además de cumplir adecuadamente con las necesidades de movilidad. La vialidad con sus intersecciones que nos ocupa en este caso, funcionan con las características de operación típicas, que muestran las vías principales de tipo radial y primario, siendo estas de altos volúmenes vehiculares con intersecciones semaforizadas (con sus consecuentes conflictos de operación que inciden prácticamente en los niveles de servicio).

En base con lo antes expuesto el esquema vial de la zona en estudio presenta las siguientes características de operación y niveles de servicio:

NOMBRE DE LA VIA	SENTIDO DE CIRCULACION	Nº DE CARRILES	VOLUMEN (V x H)	NIVEL DE SERVICIO	TIPO DE VIA
EJE 3 OTE. FCO. DEL PASO Y TRONCOSO	NORTE - SUR SUR - NORTE	3 POR SENTIDO 2 EN LA LATERAL A VIADUCTO	A - 2781 B - 2573	E D	PRIMARIA
EJE 3 SUR AV. MORELOS	OTE - PTE.	5 CARRILES, UNO EN CONTRAFLUJO	4126	E	PRIMARIA
EJE 2 SUR AV. DEL TALLER - VIADUCTO	PTE. - OTE.	4 CARRILES, UNO EN CONTRAFLUJO	3040	D	PRIMARIA
	PTE. - OTE.	2 CARRILES SOLO LATERALES	A - 1342 B - 969	E E	RADIAL

Como se puede observar en la tabla anterior las vialidades en análisis se encuentran operando durante la hora de mayor demanda (H.M.D.) a un nivel de servicio D y E anterior o igual a su capacidad, generándose por lo tanto en sus intersecciones congestionamientos, ocasionando grandes filas vehiculares con sus respectivas demoras, que se traducen en pérdidas de tiempo para cruzar o liberar la intersección circulando de un sentido a otro de la zona.

En función a lo anteriormente expuesto es comprensible si se considera que la zona es de alta movilidad y las vías principales absorben los volúmenes vehiculares de enlace entre las zonas centro y oriente de la ciudad, así como los municipios conurbados (Nezahualcoyotl y Ecatepec). Los volúmenes principales y sus respectivos destinos dentro de la Ciudad de México son el centro y la zona de San Lázaro donde se efectúa el mayor porcentaje de intercambio modal (viajes - persona) tanto al sistema colectivo, como al transporte federal (TAPO) en un 85% del volumen de usuarios que arriba a la zona. Otro punto de evaluación al volumen vehicular, es que, a través de la vialidad principal se comunica hacia la zona norte del área conurbada (Nezahualcoyotl - Ecatepec) a través de la única vía de integración la Av. Central.

Las otras vías de enlace analizadas cubren los sentidos Ote. - Pte. Y Pte. - Ote. Estas vías son: Av. Fray Servando Teresa de Mier y los ejes 2 y 3 Sur, así como la radial Viaducto Río de la Piedad, cuya trayectoria de circulación liga la zona oriente con el centro, Norte y Sur del área Metropolitana, atendiendo diversas áreas de actividad pública, industriales, educativas, comerciales, de transporte y recreativas, por lo tanto son arterias de considerable y constante flujo vehicular.

La movilidad de personas en el servicio de transporte público, hacia los centro de generación y atracción de viajes, se desarrollan a través de las rutas de largo recorrido e intercambio al sistema masivo, coincidente con la vía principal misma que utiliza el puente vehicular en proyecto (Francisco del Paso y Troncoso). Por su posición geográfica así como la importancia que representa dentro de la estructura vial, esta arteria de enlace es de uso obligatorio no solo por el vehículo particular, sino por las rutas de transporte colectivo de superficie que principalmente comunica a las estaciones del sistema colectivo Moctezuma, Mixuca, Coyuya, Iztacalco, Apatlaco, Aculco y Escuadrón 201, permitiendo con esto el intercambio modal al usuario.

Por su alta participación en la composición del volumen vehicular, a través de la red vial de la zona, existe una buena cobertura en cuanto las líneas de deseo, principalmente aquellas rutas que se dirigen o parten de las estaciones del sistema de transporte colectivo coincidentes al eje 3 oriente, iniciando en Moctezuma y San Lázaro al norte y Constitución de 1917 al sur, considerando como punto final Xochimilco, cuyos corredores cubren principalmente las colonias establecidas en torno a la Av. Francisco del Paso y Troncoso (eje 3 oriente) dentro de las delegaciones Venustiano Carranza, Iztacalco, Iztapalapa, Coyoacán, Tlalpan y Xochimilco.

La presencia de altos volúmenes en el corredor de análisis y vías primarias transversales durante la hora de mayor afluencia, permiten observar las intersecciones de la vialidad que conforman la trama del marco de análisis, así se tiene que los entronques con mayor volumen fueron:

- 1º Francisco del Paso y Troncoso - Calz. Ignacio Zaragoza - Emilio Carranza - Sidar y Rovinosa.
- 2º Francisco del Paso y Troncoso - Cecilio Robelo.
- 3º Francisco del Paso y Troncoso - Fray Servando Teresa de Mier.
- 4º Francisco del Paso y Troncoso - Av. Morelos (eje 3 sur).
- 5º Francisco del Paso y Troncoso - Viaducto Río de la Piedad (laterales).

I.3 Estructura Vial.

Para lograr una adecuada estructura vial, se requiere contar con una red vial jerarquizada de la siguiente manera:

- Vías primarias que crucen la Ciudad de extremo a extremo, a las cuales se les dará prioridad en cuanto a su circulación.
- Vías secundarias que conectan las diferentes áreas urbanas entre sí, como Calz. Taxqueña, Ermita Iztapalapa, Av. Tezontle, Av. Apatlaco, Calz. De la Virgen y Fray Servando Teresa de Mier entre otras.
- Vías locales que sirvan para tener acceso a las propiedades.
- Vías y zonas peatonales.

Por consiguiente, el esquema vial de la Ciudad de acuerdo con el Plan Rector es el siguiente:

- Dos vías anulares, Anillo Periférico y el Circuito Interior cuya función es distribuir grandes volúmenes de tráfico a las diferentes partes del sistema vial.
- Viaductos. Se trata del viaducto Miguel Alemán y el Viaducto Tlalpan, los cuales son vías de acceso controlado cuya función es comunicar demandas de viajes muy altas a puntos específicos de la Ciudad.
- Vías Radiales. En esta categoría se encuentra la Calz. Ignacio Zaragoza. El Eje Central, Calz. de Tlalpan y Río San Joaquín que tienen como origen - destino la zona central de la Ciudad de México.
- Ejes viales, retícula a lo largo y ancho de la Ciudad. Se trata de vías de circulación continua con derecho de vía, que cruzan la urbe de extremo a extremo, con sección similar en toda su longitud, sentido único de circulación para disminuir los puntos de conflicto, semáforos sincronizados y carriles exclusivos para uso de transporte público.
- Puertas de acceso. Se trata de las carreteras federales y autopistas que enlacen los estados periféricos con la Ciudad de México, siendo las siguientes: Autopista México - Toluca, Autopista México - Cuernavaca, Autopista México - Pachuca, Autopista México - Puebla y Autopista México - Querétaro; así como sus respectivas carreteras federales de enlace.

Estas puertas absorben y distribuyen los grandes volúmenes vehiculares de los accesos carreteros a la Ciudad de México, dentro de este esquema está inmerso el Eje de integración Norte - Sur. El puente vehicular Eje 3 ote. - Viaducto está inmerso dentro de este Eje de integración y por consecuencia dentro del Plan Rector de Vialidad y del Plan de Desarrollo Urbano del Distrito Federal.

Para satisfacer la demanda de grandes volúmenes de tránsito de vehículos conectados a las principales penetraciones de carreteras de los estados perimetrales de la Ciudad de México, están en ejecución las obras que forman parte del "Eje de Integración Vial Norte - Sur, Venta de Carpió - Xochimilco"; teniendo como función primordial comunicar al sur con el norte de la Ciudad, dando salida hacia los estados de Hidalgo y Edo. De México. El trazo de construcción de este Eje está delineado a través de las líneas primarias: Av. Central, Av. 608, Av. Oceanía, Liga de Carretas, Fco. Del Paso y Troncoso, Periférico Sur y Av. Prolongación División del Norte cubriendo una longitud de 54 km. Con la puesta en operación de la línea B del sistema de transporte metropolitano en su tramo Av. Ignacio Zaragoza a Blvd. De los Aztecas se logrará un desarrollo vial y de transporte en la zona.

Las vialidades con sus intersecciones que están dentro del área de influencia del puente Eje 3 Oriente - Viaducto, funcionan con las características de vías principales de tipo eje vial en el caso del Eje 3 Oriente, y el Viaducto Río de la Piedad, habiendo en estas altos volúmenes vehiculares y por ende intersecciones semaforizadas que inciden en los niveles de servicio y conflictos de operación.

Usos del suelo

En función al desarrollo urbano, para los destinos de uso de suelo y equipamiento, se ha considerado el marco de incidencia descrito anteriormente, que considera un radio aproximado de 500 metros para cada uno de los dos entronques principales los cuales dan origen al puente vehicular Eje 3 Oriente - Viaducto.

El área de incidencia o de análisis observa los siguientes caracteres en el uso del suelo.

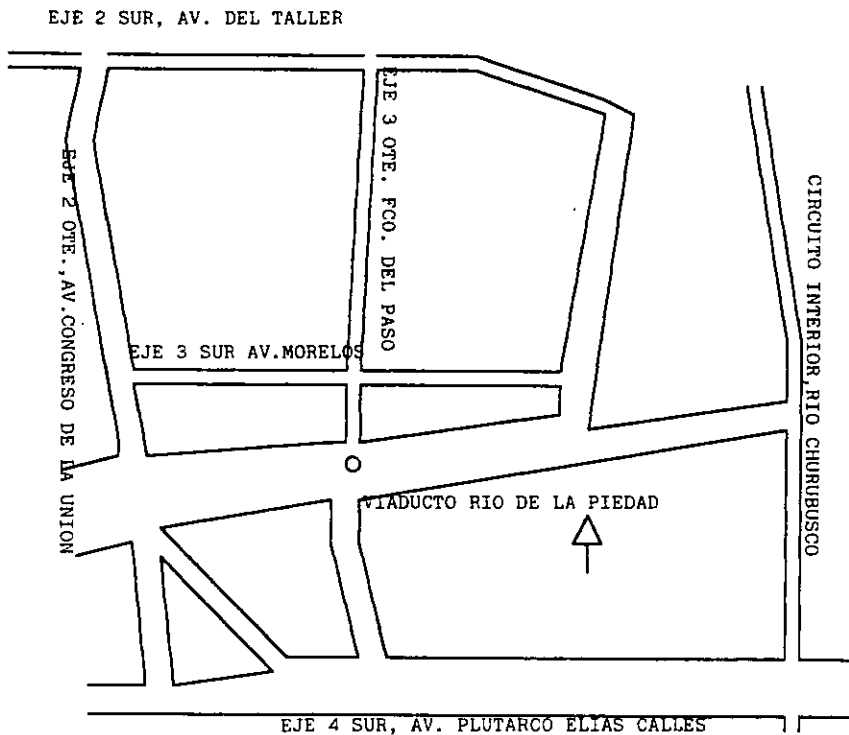
Acorde a su localización, mantiene una relación fundamental en la concepción del corredor vial y urbano de integración (norte - sur y sur - norte) Venta de Carpió - Xochimilco, en función a su estructura, al ser elevada por contar con área en el ancho de la sección de la vialidad del Eje 3 Oriente Francisco del Paso y Troncoso, así como a las restricciones en cuanto al uso de suelo existente en la zona y las instalaciones de equipamiento, ductos de Pemex de 8" a 12" y por parte de la D.G.C.O.H. con el Interceptor Oriente, en su tramo de la lumbrera 4 a la lumbrera 5.

Por lo anteriormente expuesto, la zona de análisis muestra diferentes características de urbanización y calidad en la misma, donde se aprecian áreas habitacionales, equipamiento, comunicación, servicios, salud, educación, comercio, uso mixto (habitación y pequeño comercio), apoyado con una red vial de tipo primario primordialmente, y en menor proporción, la de tipo secundario con características domiciliarias.

La zona de análisis para la recopilación de información se divide en dos, coincidentes con los tronques conformados por el Eje 3 Oriente Francisco del Paso y Troncoso, con el Eje 3 Sur Av. Morelos y el Viaducto Río de la Piedad (cuerpos laterales). Estas dos zonas de acopio se encuentran entrelazadas, esto se debe al radio de cobertura quedando así conformadas la Zona Norte y la Zona Sur.

Zona Norte: Límites.- Eje 2 Sur Av. Del Taller al norte, Viaducto al sur, Fernando Iglesias Calderón al oriente, Cucupre y Nicolás Romero al poniente.

Zona Sur: Límites.- Viaducto al norte, Cólica y Cafetales al sur, Chicle al oriente y Terraplén de Río Frío al poniente.



Las características que muestran ambas zonas en densidad e intensidad y tipo de usos de suelo se describe a continuación.

Zona Norte: Con una área de aproximadamente 95.00 ha.

TIPO	USO	H _a	%	POB. HAB/H _a
H4	Habitación hasta 400 habitantes/ha.	39.43	42.00	244.00
H8	Habitación hasta 800 habitantes/ha.	14.84	16.00	488.00
H4S	habitación mixto/ servicios con una densidad hasta 400 habitantes/ha.	3.22	3.00	
ED1	Equipamiento de recreación y deportes.	7.20	8.00	
AV	Áreas verdes y espacios abiertos. Vialidad primaria intensidad 3.5	3.05	3.00	
		27.27	28.00	
TOTALES		95.00	100.00	307.00 prom.

Parte fundamental del beneficio de una obra es el beneficio que genera en la población, principalmente el impacto sobre el uso actual y el propuesto.

En la zona se puede observar que el uso con mayor participación es habitacional, con un porcentaje de 61% que equivale a 57.49 Ha. Esta variable de uso comprende los tipos H4, H8 y H4S.

En segundo orden la variable vialidad con 28% igual a 27.27 Ha. Aquí se puede apreciar lo importante que es la zona en cuanto a infraestructura vial y lo necesario de una obra puntual complementaria.

La zona norte muestra una área mayor dentro del análisis con respecto a la sur, es decir, la primera considera 95 Ha., igual al 60% de 158.34 del total del marco de estudio. Esto se debe a la localización de las intersecciones con rotación al Viaducto que en el estudio de uso del suelo contempla el límite entre ambas zonas.

El marco de análisis observa, en función a la traza urbana, una influencia regional de idénticas proporciones, en función a su localización dentro de la mancha urbana. En cuanto a la población se refiere se considera una densidad bruta de 307 Hab./Ha., esto implica que se tendrá una población atendida a nivel puntual en la zona norte de 17,649 habitantes.

La zona se encuentra prácticamente consolidada, faltando prácticamente los remates de intensidad de uso considerados en los planes parciales de desarrollo urbano. Actualmente existen diferencias o falta de mantenimiento en los servicios de infraestructura, principalmente en drenaje y pavimento, sin embargo estas obras están siendo atendidas.

Zona Sur: Con una área de cobertura aproximada de 63.33 Ha.

TIPO	USO	Ha.	%	POB./HAB/HA.
H4	Habitacional hasta 400hab/ha.	34.98	56.00	309.00
H4 I/S	Habitacional / industrial mezclada y servicios hasta 400hab/ha.	4.32	7.00	287.00
E.S. 1.5	Equipamiento de servicios, salud y administración.	5.07	8.00	
AV	Áreas verdes y espacios abiertos (camellones únicamente) Vialidad primaria	2.20	3.00	
		16.76	26.00	
TOTALES		63.33	100.00	307.00 prom.

El uso con mayor participación es el habitacional con un global de 39.30 Ha., igual al 56% del área. En este uso se agrupan los tipos H4 y H4 I/S. Se observa también que la segunda variable vuelve a ser la red vial con un 26% que significa un promedio de 16.76 Ha., donde como conclusión lo importante es que es dentro de la zona de análisis.

Mirando de forma integral a la zona, actualmente se observa una urbanización aproximada del 100% con una densidad bruta de 307 Hab./Ha., siendo igual a la zona norte, lo que demuestra el equilibrio existente entre la densidad de población y la urbanización. Actualmente se atiende a una población de 12049 habitantes a nivel puntual, es decir, se debe considerar la población flotante en función y proporción a los diferentes tipos y zonas de equipamiento.

A través del puente vehicular Eje 3 Oriente - Viaducto, al integrar ambas zonas, se tendrá una población total de 29698 habitantes en el ámbito de influencia inmediata, adici6ndosele los viajes de tránsito regional por disminuci6n de tiempo de recorrido y demora.

Cabe mencionar que dentro del uso de equipamiento se encuentra la clínica regional del IMSS No.20 y las instalaciones de la D.G.C.O.H., a estos se les considera como generadores y atractores de viajes de suma importancia dentro de la movilidad urbana.

Actualmente la zona sur se muestra prácticamente consolidada, presentando carencias de mantenimiento en algunos servicios de infraestructura, principalmente en pavimentaci6n (bacheo), drenaje y alcantarillado.

II.- INGENIERIA DE TRANSITO Y PLANEACIÓN

II.1 Transporte Urbano.

El sistema de transporte urbano, principalmente en las Ciudades grandes y medias del país, ha resentido aún más el crecimiento urbano, ya que en el periodo 1940 - 1990 manifestó un crecimiento de la población estimada en promedio del 2.86 % anual.

Lo anterior ha provocado que gran número de ciudades medias del país presenten problemas en cuanto al transporte urbano de personas, bienes y servicios los cuales presentan las siguientes características en forma general:

- 1) El principal conflicto de infraestructura en el centro de las ciudades lo contribuye su traza antigua (calles angostas) cuya concepción en su mayoría es de la época colonial.
- 2) A falta de una adecuada planeación, su crecimiento ha sido una contribución desordenada de la estructura antigua.
- 3) Insuficiente número de vialidades primarias que permitan un tránsito rápido y fluido.
- 4) Inadecuada operación de flujo vehicular a lo largo de la red vial.
- 5) Falta de señalización y sincronización de semáforos.
- 6) Uso de grandes espacios de la vía pública como estacionamientos, que reducen el área de circulación.
- 7) Baja cobertura de pavimentación, que dificulta la penetración del transporte público.
- 8) Proliferación de modalidades de transporte público de baja capacidad y uso excesivo de automóviles han presionado fuertemente la infraestructura vial existente.
- 9) Falta de mantenimiento de la red vial, que reduce las velocidades de circulación y aumenta los tiempos de recorrido.
- 10) Convergencia de rutas de transporte público en el centro de las ciudades, desarrollando la conexión entre áreas periféricas que obligan a innecesarios transbordos a los usuarios y congestionamientos de esta zona.

11) Impacto sobre el medio ambiente por la contaminación provocada en el aire y la generación de ruido por los vehículos automotores.

En un camino, definiendo éste como la faja de terreno acondicionada para el tránsito de vehículos (incluyendo las calles de la Ciudad), lo importante desde el punto de vista funcional y desde el punto de vista de la ingeniería de tránsito, es considerar el volumen y el tipo de vehículos, así como la velocidad de proyecto.

Como parte muy importante de un camino se tienen las intersecciones, que se presentan en los cruces con otros caminos, con ferrocarriles o con poblaciones. Se destacan dos tipos generales: Intersecciones a Nivel e Intersecciones a Desnivel.

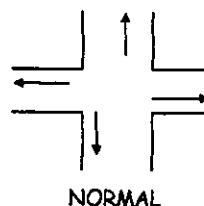
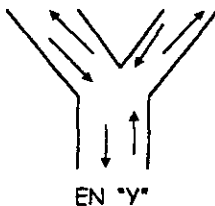
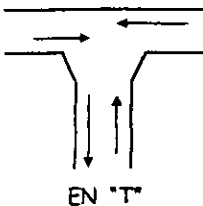
En las Intersecciones a Nivel se distinguen las siguientes:

a) INTERSECCIONES SIMPLES.- Aquellas en donde la importancia del tránsito no amerita ningún trabajo especial más que el de nivelar el terreno, redondear las esquinas y facilitar la visibilidad, para permitir que los vehículos pasen de un lado a otro.

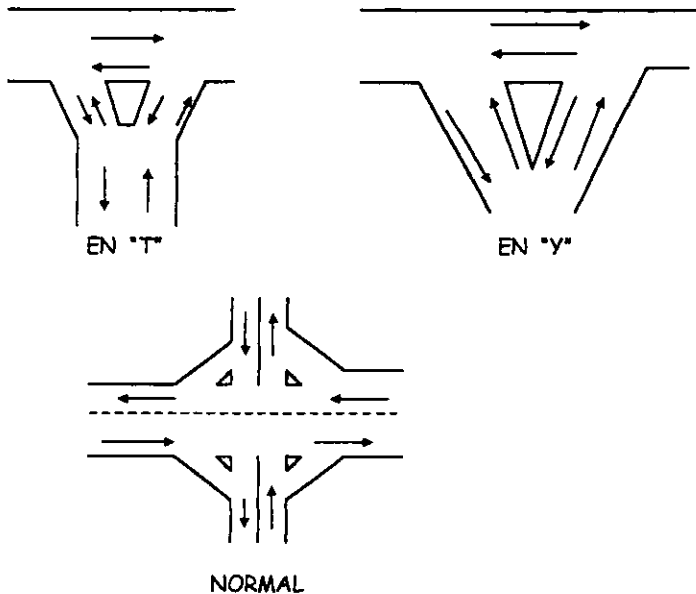
b) INTERSECCIONES CANALIZADAS.- Permitirán, como su nombre lo indica, canalizar el tránsito de manera que al usuario no se le presenten varias decisiones a un tiempo. Debidamente dotadas de las señales convenientes, las intersecciones canalizadas pueden funcionar en condiciones óptimas y sin que al usuario se le presenten situaciones imprevistas.

c) INTERSECCIONES A DESNIVEL.- Se utilizan para separar las corrientes de tránsito. Cuando el índice de accidentes en esa intersección ha probado que los volúmenes son demasiado altos para que coexistan al mismo nivel. La intersección más completa de este tipo será llamada "trébol de cuatro hojas". En la intersección más moderna, la de tres distintos niveles, las vueltas a la izquierda se efectúan directas y no mediante el círculo completo a la derecha, que amerita que se separen las corrientes de tránsito.

INTERSECCIONES SIMPLES



INTRSECCIONES CANALIZADAS



En cuanto a los señalamientos se reconocen tres tipos básicos, que son los siguientes:

- Preventivas
- Restrictivas
- Informativas

Las señales preventivas son aquellas destinadas precisamente a prevenir un accidente. Su finalidad es dar al usuario un aviso anticipado de la existencia de un peligro potencial y cumplir con la Regla de Oro del Tránsito que dice: "Que no deben existir cambios bruscos". La forma aceptada es la de un cuadrado. Sus colores deben ser: fondo amarillo, con símbolo y ribete negro.

Las señales restrictivas son aquellas que tienen como finalidad expresar en el camino alguna fase del Reglamento de Tránsito, para su cumplimiento por parte del usuario. En general, tienden a restringir algún movimiento del mismo, recordándole la existencia y alguna prohibición o limitación reglamentada. Su forma será rectangular y deberá ser colocada con la dimensión mayor en forma vertical. Sus colores deberán ser: fondo blanco, círculo rojo, símbolos, letras y ribete, negros.

Las señales informativas tienen como finalidad propiciar alguna información al usuario, ya sea de tipo turístico, direccional, etc. Su forma será rectangular y deberán ser colocadas en sentido horizontal, sus colores deberán ser: fondo blanco, con letras y ribete negro. Las señales informativas no tienen limitación en el tamaño, el cual se ajustará a las necesidades, pero sí se recomienda que no tenga más de tres renglones de leyenda.

Otro de los problemas más comunes son los camellones divisorios. Para alojar el tránsito perpendicular o las maniobras de vuelta izquierda, en "U", etc., se necesita un ancho mínimo de seis metros. Las guarniciones verticales construidas en los camellones han probado ser indeseables, es preferible proporcionar una inclinación de uno por uno.

Planificación vial urbana.

Entendemos por volumen de tránsito cierta cantidad de vehículos de motor que transita por un camino, en determinado tiempo. Las unidades más comúnmente usadas en los volúmenes de tránsito, son "vehículos por día" o "vehículos por hora". La capacidad de un camino admite un volumen máximo de trabajo para ser considerado eficiente y es interesante para nosotros conocer los volúmenes de tránsito, porque son una medida de la capacidad de nuestros caminos.

La deficiencia del tránsito se mide en dos factores: los accidentes y los congestionamientos. En breves palabras, congestionamiento es movimiento defectuoso, es saturación, es pérdida de velocidad; en otras palabras es un movimiento deficiente.

Para conocer el grado de congestionamiento de un camino, se investiga el tiempo de recorrido y tiempo de retardo. Además, se analiza la velocidad promedio de crucero.

Se dice que el tiempo total de recorrido es el tiempo que transcurre desde el momento de iniciar la marcha hasta detener el vehículo. El tiempo de retardo es, entonces, aquel tiempo invertido durante el recorrido y en el cual el vehículo no está en movimiento.

Los métodos técnicos para medir la velocidad y el retardo y, por consecuencia, el congestionamiento de un camino, son básicamente tres:

El primero es el "Método de Observaciones a Cierta Altura". Desde un edificio o en algún punto alto, se miden los tiempos de recorrido de los vehículos en la corriente de tránsito sobre una trayectoria cuya longitud se ha medido previamente, con un cronómetro se toma el tiempo que tarda cada vehículo en recorrer la longitud total. Con otro cronómetro se miden los tiempos de retardo cada vez que hace alto, para cualquiera que sea la causa.

El segundo método es llamado "Flotando en el Tránsito". En este método el observador forma parte de la corriente de tránsito; mete su vehículo en la ruta que previamente ha fijado con un punto inicial y con un punto final, procurando siempre mantener los movimientos normales (personalmente midiendo sus tiempos totales y de retardo).

El tercer método es el de "Mediciones Dentro de la Corriente". En este método el observador también forma parte de la corriente de tránsito pero no se mide a sí mismo, sino que hace el recorrido varias veces y cada vez escoge al vehículo o los vehículos más cercanos a él y va observando sus tiempos totales de retardo.

Con estos datos se puede conocer comparativamente cuales son las calles de la Ciudad que están en condiciones más críticas. También se puede comparar las calles de una Ciudad con otra conociendo alguna calle que trabaja en condiciones ideales y estableciendo la comparación con otras que se han medido, para saber en qué grado de congestiónamiento se encuentra.

Análisis de Capacidad Vial.

Es un estudio de la capacidad de calles y caminos, el propósito que generalmente se sigue es el de determinar la calidad de servicio que presta cierto tramo o componente de una arteria. Por lo general no se hacen estudios de capacidad para determinar la cantidad máxima de vehículos que puede alojar cierta parte de un camino, más bien se trata de determinar el nivel de servicio al que funciona cierto tramo, o bien el volumen admisible dentro de un cierto nivel de servicio.

En función del nivel de servicio estará el número de vehículos por unidad de tiempo que puede admitir el camino y se le conoce como "Volumen de Servicio". Este volumen va aumentando a medida que el nivel de servicio va siendo de menor calidad, hasta llegar al nivel "E". Más allá de este nivel se registran condiciones más desfavorables, por ejemplo con nivel "F", pero no aumenta el volumen de servicio, sino que disminuye.

Los niveles de servicio son:

Nivel de servicio "A". Condiciones de flujo libre con bajas volúmenes y altas velocidades.

Nivel de servicio "B". Condiciones de flujo estable en las que las velocidades empiezan a ser algo restringidas por las condiciones del tránsito.

Nivel de servicio "C". Corresponde todavía a un flujo estable, pero las velocidades y las maniobras resultan más controladas por los mayores volúmenes.

Nivel de servicio "D". Se acerca al flujo inestable con velocidades de operaciones tolerables, pero que pueden ser considerablemente afectadas por las condiciones de tránsito.

Nivel de servicio "E". Representa una operación a menor velocidad que en el nivel de servicio "D".

Nivel de servicio "F". Se refiere a un flujo que opera forzado a bajas velocidades, donde los volúmenes son menores que los correspondientes a la capacidad.

El análisis que comúnmente se realiza sirve para determinar el efecto de los factores externos e internos en la capacidad ideal de cierto tramo de camino, y el volumen de servicio que corresponde a un nivel de servicio dado. Los estudios de capacidad sirven para aislar y medir esos factores.

La capacidad de un camino es tan variable como pueden serlo las variables físicas del mismo o las condiciones del tránsito. Por esa razón los análisis de capacidad se realizan aislando diversas partes de un camino, como un tramo recto, un tramo con curvas, un tramo con pendientes, el acceso a una intersección, un tramo de entrecruzamiento, una rampa de enlace, etc.

Transporte Público.

En los estudios técnicos relacionados con el tránsito, se debe considerar el transporte público o lo que también se denomina transporte de masas. Se refiere a los vehículos de servicio público que transportan pasajeros.

Buena parte de la población en cualquier país debe hacer uso del transporte de servicio público. Aún en el país donde exista la mayor cantidad de automóviles, el país que tenga el mayor nivel de vida y la mayor relación de vehículos por habitante, el volumen de pasajeros transportados en estos servicios públicos constituye un factor de primera magnitud. De ahí la importancia que representa una correcta operación y un control adecuado, por parte de las autoridades.

En el servicio de transporte urbano los principales sistemas son:

- Tren urbano (tranvía unitario o combinación de unidades).
- Trolebús o electrobús.
- Autobús.
- Transporte colectivo.

Las principales capitales del mundo cuentan con todos los sistemas antes mencionados. El sistema de trenes urbanos puede ser subterráneo, de superficie, elevado, o una combinación de estos.

En el transporte público el aspecto seguridad es primordial. La primera base para operar un servicio de transporte público, ya sea de pasajeros o carga, es que llene los requisitos de seguridad para garantía de la vida humana y de la propiedad.

En segundo lugar, interesa el aspecto de la eficiencia del transporte. En cuanto a la eficiencia de la operación del transporte interesa principalmente que exista un servicio continuado y suficiente. Para que exista un servicio continuado, es necesario que una autoridad competente conceda permisos de rutas a empresas responsables que garanticen un servicio permanente, un servicio en toda época del año y que no esté supeditado a las condiciones de los vehículos. Se necesita además, que el servicio sea suficiente, es decir, que para que un servicio satisfaga las necesidades de una ruta, debe de tener el número adecuado de unidades para satisfacer la demanda de movimiento de esa ruta.

Finalmente el servicio debe de ser cómodo. Este aspecto tiene mayor trascendencia del que generalmente se le concede. Las empresas de transporte han visto que la comodidad proporcionada al usuario paga con creces la inversión; han visto que el dinero que la empresa invierte en la comodidad de sus unidades provoca que aumente el volumen de pasajeros; provoca la preferencia de esa línea sobre otras y provoca también que aumente el hábito de viaje de los usuarios.

Existen tres sistemas básicos de organización administrativa: el de empresa privada; el de propiedad pública y el de propiedad múltiple. El primero es operado por una empresa privada, bajo el patrón industrial; el segundo es administrado por el Gobierno, es este caso puede ser el Estado, el Municipio o un organismo descentralizado. El tercero opera a través de uniones, cooperativas, sindicatos, formados por miles de concesionarios.

Son muchos estudios técnicos que pueden y deben llevarse a cabo para obtener la mayor eficiencia del transporte público. A continuación se citarán los más importantes.

Recuento de pasajeros en puntos de máxima demanda.

Se trata de investigar los volúmenes de pasajeros en los puntos de máxima demanda y en otros lugares especiales a lo largo de una ruta. Este estudio es básico en la operación de un sistema de transporte de pasajeros y posiblemente el estudio más importante que se puede efectuar.

Este tipo de estudios permite determinar variaciones horarias, diarias o de temporada y en consecuencia, cuándo y cuántas unidades deben agregarse o restarse en el horario de una ruta. Permite verificar si se trabaja en condiciones óptimas o si las quejas son justificadas.

Una vez determinados los puntos importantes del recorrido se deben contar los pasajeros de cada unidad al detenerse. Con algo de experiencia se puede hacer el recuento desde fuera del vehículo. Se anotará también la hora de llegada y salida del vehículo. En general bastará el recuento de un día.

Recuento de ascenso y descenso del pasaje.

Permite determinar la ocupación del vehículo en cualquier punto y el movimiento de ascenso y descenso de pasajeros en cada parada. Este estudio debe hacerse frecuentemente para conocer los cambios de demanda y la variación diaria, semanal, cíclica o a través de los años. Sus principales aplicaciones son las siguientes:

1) Ayuda a localizar los puntos de carga máxima: Sirve para determinar si una ruta puede reducirse en longitud de recorrido y en la localización de los puntos de retorno. Permite determinar cuáles paradas pueden eliminarse o cambiarse de lugar programándose un número promedio de paradas por kilómetro de recorrido en función de la demanda. Finalmente, determina la longitud de recorrido y el tiempo apropiado para recorrerla.

2) En el recuento directo, además de anotar el número de pasajeros que sube y baja, debe de anotarse la hora de llegada y de salida de cada parada. La práctica aconseja que se hagan recuentos en varios viajes dentro de la hora de máxima demanda y varias horas intermedias, para obtener un muestreo representativo.

Tiempo de recorrido.

Tiene la finalidad de determinar el tiempo total de recorrido, llevando un análisis de los tipos, causas y magnitud de los retardos que ocurren en la ruta.

Este estudio es un requisito indispensable para la buena operación de una ruta. Los tiempos de recorrido dependen de tres factores:

- a) Condiciones de tránsito,
- b) eficiencia de operación y
- c) equipo.

Permite establecer los tiempos de recorrido para hora de máxima demanda y tiempos de recorrido para horas de baja demanda para determinar horarios de "corrida". Sirve el estudio, desde luego, para comprobar cuándo los horarios no se cumplen, para encontrar los puntos de máximo retardo en la ruta; para ver el resultado de modernizar el equipo, para verificar el comportamiento de distintos conductores, etc.

Generalmente se hace la medición a lo largo de la ruta. Hay varias maneras de hacer la medición:

- 1.- Los observadores viajan en el vehículo midiendo los tiempos de recorrido y de retardos.
- 2.- Los observadores viajan en un automóvil siguiendo al autobús y efectúan las mediciones.

Accidentes.

Siguiendo los pasos lógicos en el estudio de este problema se ha encontrado conveniente determinar tres importantes datos:

- a) Causa aparente de los accidentes.
- b) Falla operacional.
- c) Magnitud del problema.

Se hará necesario encontrar o determinar ciertas relaciones que permitan conocer el cuadro completo en el aspecto de accidentes. Es necesario relacionar los accidentes con las causas aparentes y reales, los tipos de accidentes, la frecuencia, la ubicación, etc.

Del uso de los datos recopilados, o se a la estadística, destacan los datos que ya se enunciaron y que serán auxiliares indiscutibles en la labor preventiva.

Analizando debidamente las causas aparentes, muy frecuentemente se pueden determinar las causas reales. Estas permiten saber si la falla de operación del tránsito dependió del camino, del vehículo, o del usuario.

Al determinar la causa real, fácil será fijar las medidas necesarias para contrarrestarlas, eliminando o disminuyendo el resultado negativo.

Al relacionar los saldos de muertos y heridos proporcionalmente con la población, con los vehículos, o con el kilometraje "generado", se dispondrá de cifras o índices que permitirán hacer comparaciones; éstas darán la escala para juzgar la magnitud del problema. Esta comparación puede hacerse entre ciudades, entidades políticas, tramos de caminos, países, o bien de un sistema de caminos a través del tiempo.

Para estas relaciones puede obtenerse tanto el índice de accidentes como el índice de siniestralidad. Para el primero se considerarán todos los accidentes, para el segundo se tomará en cuenta el número de muertos.

Principalmente interesa llevar la estadística de accidentes por la ubicación de los mismos y por las personas físicas y morales que intervienen en los accidentes. Interesa irlos acumulando de acuerdo con la ubicación para que en cualquier momento se puedan analizar los accidentes de cierto lugar.

No se necesita amontonar accidentes de diferentes lugares en un mismo archivo, al contrario se deben separar por ubicación y por las personas que intervienen en el accidente, principalmente el conductor o bien la empresa de transporte a la que pertenece el vehículo. Esto será sumamente útil para el control de dichos conductores y de dicha empresa.

Aparte de esto, la variación de la frecuencia de accidentes, a través del año, permite conocer las épocas en las que se debe enfatizar la labor, principalmente educativa y de vigilancia. Hay épocas perfectamente definidas en las cuales suben las estadísticas de accidentes, como ocurre en las vacaciones de semana santa, en las vacaciones de fin de año y en otras festividades en las que el público hace mayor uso del camino.

Si la distribución de agentes de tránsito, siempre escasa, se hiciese de acuerdo con la proporción de accidentes o sus saldos, seguramente se lograría un mejor aprovechamiento del personal.

II.2 Problemática y Solución a la Vialidad en Estudio.

Se deben seguir cuatro pasos sucesivos que permitirán el planteamiento de la problemática, de tal manera que la solución sea lógica y práctica. Dichos pasos son:

- 1) Recopilación de los datos
- 2) Análisis de los datos
- 3) Proposición concreta y detallada
- 4) Estudio de los resultados obtenidos

Alternativas.

Dada la importancia de la inversión requerida para la solución y por el obstáculo a librar, las opciones de cuya factibilidad de cruce por analizar fueron:

■ Alternativa con paso a desnivel deprimido.

Indicadores:

- a) Se requeriría un gálibo, altura libre de circulación de 4.50 m en el túnel.
- b) Se requeriría un túnel con una longitud de 600.00 m y un ancho de 22.00 m.
- c) Sería necesario construir pasos peatonales separados de la circulación vial (elevados).
- d) Sería necesario readaptar instalaciones de drenaje profundo, agua potable, Compañía de luz y fuerza, de Teléfonos de México y de Pemex.
- e) Sería necesario dotar de un sistema de iluminación, ventilación y un equipo de bombeo.
- f) Librar la estación Mixiuhca del sistema de transporte colectivo metro (línea 9) que cruza perpendicularmente al trazo transversal.
- g) Librar el cajón del Viaducto.
- h) Reubicación del cárcamo de bombeo de aguas pluviales que da servicio al Viaducto.

■ Alternativa con paso a desnivel elevado.

Indicadores:

- a) Las modificaciones a la estructura existente (agua potable, compañía de luz y fuerza y de teléfonos de México), serían casi nulas.
- b) Se requeriría un gálibo mínimo (altura libre de circulación de 8.00m).
- c) Se requeriría un puente de 765.00 m de longitud en dos secciones de 12.00 m para dejar una área libre por las instalaciones de Pemex.
- d) Sería necesario la reubicación de los puentes peatonales.
- e) Es necesario reubicar el cárcamo existente.

De la evaluación en base a costos y tiempos de construcción se eligió la alternativa con paso a desnivel elevado, ya que las afectaciones a esta alternativa ofrecen una reducción de costos y tiempos de construcción ya que no es necesario modificar las importantes instalaciones.

Objetivos.

Dadas las características del parque vehicular que había que salvar, fue necesario establecer una serie de objetivos que debieran ser conseguidos por la solución elegida, siendo estos:

- 1) Crear un puente necesario para el sistema de traslado de personas y bienes.
- 2) Comunicar el origen - destino, no sólo por el vehículo particular, sino por las rutas de transporte colectivo que principalmente comunica a las estaciones del sistema colectivo Moctezuma, Mixiuhca, Coyuya, Iztacalco, Apatlaco, Aculco y Escuadrón 201 con la mayor cantidad de viajes - personas en forma más directa con miras a reducir tiempos y longitud de recorrido.

- 3) Estructurar y crear un entorno urbano de áreas habitacionales recreativas, fabriles, comerciales y culturales de la población de la zona norte.
- 4) Ampliar el acceso de la población a oportunidades de desarrollo.
- 5) Ofrecer opciones viales para descongestionar el tránsito en los entronques del Eje 3 ote. Francisco del Paso y Troncoso, Eje 3 sur Morelos y el Viaducto Río de la Piedad.
- 6) Dar continuidad al Eje de integración vial Norte - Sur Venta de Carpio - Xochimilco.
- 7) Satisfacer líneas de deseo de movimiento en alcances viales entre el Edo. de México y el Distrito Federal.
- 8) Satisfacer las normas y especificaciones de proyecto geométrico establecidas por este tipo de vialidad.
- 9) Disminuir al máximo los costos y tiempos de construcción.

Con la finalidad de conocer el nivel operativo de las vialidades responsables de la movilización vehicular y peatonal a través de estas y en la zona de influencia, es fundamental llevar a cabo una serie de investigaciones en el sitio ayudando a elegir soluciones que coadyuven a mejorar no sólo la estructura vial, sino también los índices de circulación vehicular, así como los aspectos de servicio de transporte y sobre todo agilizar y brindar seguridad. La información obtenida en campo que sirvió como base de datos para el conocimiento de la situación actual y para las alternativas de proyecto procedieron los siguientes estudios:

- 1.- AFOROS VEHICULARES.
- 2.- AFOROS DIRECCIONALES.
- 3.- AFOROS PEATONALES.
- 4.- MOVILIDAD.
- 5.- INVENTARIO DE SEÑALIZACIÓN.
- 6.- ACCIDENTES DE TRANSITO.

Cada uno de estos estudios se aplicó con sus características propias de funcionalidad, utilizando para ello los recursos materiales y humanos necesarios que llevarían a la obtención de datos veraces y confiables, de los cuales se partiría para determinar un análisis de operación acertado.

Aforos Vehiculares.

Estos estudios de campo se aplican a las vías primarias que se plantea agilizar mediante una obra puntual, primordialmente en las intersecciones o crucesos donde inciden, con el objeto de conocer el número de vehículos que circulan a través de ellas en un determinado periodo de tiempo.

Para la intersección principal que conforman las arterias Av. Francisco del Paso y Troncoso Eje 3 Oriente, Av. Morelos Eje 3 Sur, así como las correspondientes a los crucesos de Francisco del Paso con las avenidas Zaragoza, Emilio Carranza, Sidar y Robirosa, Cecilio Róbelo, Fray Serbando Teresa de Mier y Viaducto Río de la Piedad (laterales) se llevaron a cabo los aforos de presencia vehicular durante 16 horas continuas con cortes de 15 minutos por cada hora.

Observándose la variación vehicular de cada una de las vías de acceso a las intersecciones, se identificaron los periodos de mayor volumen vehicular u horas de máxima demanda, correspondiendo en este estudio y a la zona en general al periodo comprendido entre las 7:30 y 8:30 horas. Con la detección de la "hora de máxima demanda", se conoce de manera más específica el comportamiento vehicular y su composición, la cual se clasifica de acuerdo a la utilización otorgada a cada vehículo, es decir, en vehículos particulares, vehículos de transporte público y vehículos de carga.

Dicha información forma parte de un bloque de elementos básicos que, combinados entre sí, ayuda a establecer un diagnóstico de los niveles de servicio en los que se encuentran operando las vías de circulación de la zona. La variación de volúmenes vehiculares captada durante los aforos de cada una de las intersecciones que se encontraron en la zona, se muestran a continuación.

FRANCISCO DE PASO Y TRONCOSO - CALZ. IGNACIO ZARAGOZA - EMILIO CARRANZA - SIDAR Y RIVIROSA.

Automóvil particular	4694.00	76.00
Transporte público	1047.00	17.00
Vehículos de carga	454.00	7.00
Total	6195.00	100.00

FRANCISCO DEL PASO Y TRONCOSO - CECILIO ROBELO.

		%
Automóvil particular	3701.00	84.00
Transporte público	340.00	8.00
Vehículos de carga	340.00	8.00
Total	4381.00	100.00

FRANCISCO DEL PASO Y TRONCOSO - FRAY SERVANDO TERESA DE MIER.

		%
Automóvil particular	8106.00	86.00
Transporte público	732.00	8.00
Vehículos de carga	553.00	6.00
Total	9391.00	100.00

FRANCISCO DEL PASO Y TRONCOSO - AV. MORELOS (EJE 3 SUR).

		%
Automóvil particular	5984.00	76.00
Transporte público	1330.00	17.00
Vehículos de carga	548.00	7.00
Total	7826.00	100.00

FRANCISCO DEL PASO Y TRONCOSO - VIADUCTO RIO DE LA PIEDAD (LATERALES).

		%
Automóvil particular	8064.00	85.00
Transporte público	468.00	5.00
Vehículos de carga	948.00	10.00
Total	9480.00	100.00

Aforos Direccionales.

Determinada la hora de máxima demanda en la que se presentaron los volúmenes de tránsito más altos, se realizó el recuento de vehículos identificándolos de acuerdo a la trayectoria de circulación y a la clasificación por tipo de vehículo respectiva.

El registro de los volúmenes se hizo de acuerdo a sus características de ocupación y de uso correspondiente, quedando integrada dicha clasificación de la siguiente manera:

- "A" .- Los automóviles de uso público y particular, las camionetas en sus diferentes tipos como Guayin y Pick Up; así como las motocicletas.
- "B" .- Los autobuses utilizados para el transporte de pasajeros de tipo foráneo.
- "C" .- Los vehículos destinados al transporte de carga.
- "D" .- Corresponde a los vehículos de transporte colectivo de ruta fija, llámense combi o microbús.

Aforos Peatonales.

En la zona de estudio, los movimiento peatonales efectuados fueron registrados a través de aforos directos utilizando formatos especiales. El acopio de información se realizó durante los rangos de mayor movilidad vehicular, la razón de tomar la hora de máxima demanda para realizar los conteos de peatones se debe a que es una indicación clara que la zona se encuentra con su mayor movilidad, por tanto, se tendrá la relación más conflictiva entre peatones y vehículos.

Con el objeto de justificar la ubicación y determinar las dimensiones adecuadas para los posibles puentes peatonales, de tal manera que estos sean económicos, seguros y eficientes, se realizaron aforos a todo lo largo del área de influencia del puente a construir. Primeramente se eligieron puntos de cruce a lo largo de las vías en análisis; esto obedece a que no es posible aforar sobre un sólo punto, ya que los peatones cruzan en cualquier lugar de las vías en estudio, pues no existen obstáculos, además de que los puentes que existían no se localizaban en los puntos que se requerían, así como por la distancia que existía entre ellos. El aforo se realizó para una duración total de 2 horas y se eligió para el diseño la hora de máxima demanda, siendo esta la que va de las 7:30 a 8:30 de la mañana.

La intersección que presentó mayor movimiento peatonal fue la que corresponde al Eje 3 Oriente Fco. del Paso y Troncoso y Eje 3 Sur Av. Morelos, cuyos volúmenes son de 1543 peatones por hora para el sentido Ote - Pte y Pte - Ote.

Dichos movimientos se realizaron con la finalidad de trasladarse principalmente hacia la zona centro de la Cd. De México a través del intercambio modal del sistema masivo metro, hacia el de superficie autobús, trolebús, microbús o taxi de itinerario libre. En menor cantidad se registran viajes hacia los municipios de Nezahualcoyotl o Ecatepec.

Otro flujo peatonal importante se presentó en el cruce del Eje 3 Oriente - Viaducto Río de la Piedad (laterales) en el sentido Ote- Pte y Pte.- Ote. (1143 - peatones), con el mismo fin de llevar a cabo un intercambio de servicio modal.

Se propusieron incidentalmente las dimensiones mínimas recomendadas por el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, se revisó el estado actual y pronóstico tratando que en condiciones normales no se excediera un nivel de servicio "C" con el objeto de evitar situaciones de conflicto, como puede verse en la tabla II.1, donde se describen los diferentes niveles de servicio peatonal, según el reglamento Norteamericano AASHTO. Para las proyecciones se utilizó una tasa de crecimiento lineal del 3% anual, con la cual se obtuvieron niveles de servicio "C", en el caso de pasarelas en puentes vehiculares sin estación de metro se obtuvieron niveles de servicio "B".

Para el caso de las pasarelas en puentes vehiculares sobre estación , no rigió para el diseño el aforo peatonal, sino la capacidad máxima de usuarios en la estación que en caso de emergencia deberán evacuarse la cantidad de 3,000 usuarios en un tiempo máximo de 3 minutos. Las dimensiones propuestas se revisaron para esta condición sin considerar la posibilidad de que los usuarios salieron por el acceso que da a las bahías sobre el puente vehicular. Los resultados arrojaron que para un nivel de servicio F es posible evacuar un total de 2,980 usuarios en un tiempo máximo de 3 minutos. Por lo dicho inicialmente en este párrafo, se consideró como definitivo el prediseño. Cabe aclarar que aquí no se utilizaron tasas de crecimiento por corresponder a la demanda de usuarios a la capacidad máxima de la estación.

TABLA II.1 (NIVELES DE SERVICIO)

Niveles de Servicio	Espacio Mínimo m ² /pestón	Vel. Promedio post. M/Minuto	Descripción
A	12.00	80	Movimiento completamente independiente a la de otros usuarios, se elige libremente el espacio para caminar y los conflictos entre peatones son inexistentes.
B	3.72	76	Los peatones disponen de un área libre para caminar respecto a otros peatones, sin embargo, los peatones comienzan a responder a la presencia de otros peatones, rebasar a otros peatones es muy fácil y al hacerlo no se generan problemas.
C	2.23	73	El espacio proporcionado es suficiente para caminar normalmente y rebasar a otros peatones en la misma dirección, la posibilidad de que existan conflictos en un regreso es poca.
D	1.40	69	La libertad para elegir una velocidad esta restringida por otros peatones, existe alta posibilidad de conflictos al practicar retornos.
E	0.56	46	Casi todos los peatones siguen una marcha uniforme, el movimiento de rebase es posible solamente zigzagueando, los retornos son sumamente difíciles.
F	-0.56	46	Los movimientos en la marcha son restringidos, no es posible regresar, los peatones circulan codo con codo.

DATOS

vede. Velocidad promedio de peatón = 73 m/min.
 VoPeH Aforo actual 1 sentido =
 712 Peat/hra.
 (Aforo máximo registrado)
 L.P. Longitud aproximada del puente = 57 m
 $\frac{1}{2}$ L.P. Semáforo de puente =
 2.23 m²/peatón
 VIUt. Vida útil = 22 Años

Area proporcionada por el puente:

$$ArPu = 1,80 \times 57 = 102.6 \text{ m}^2$$

Tiempo que tarda el peatón en cruzar el puente suponiendo Vel. Prom. = 73 m/min.

$$tipe/pu = 57/73 = 0.708809 \text{ minutos}$$

Número de peatones por minutos (ver predicciones de población al final)

$$NoPeMi = 981/60 = 16.35 \text{ peatones/minuto.}$$

Número de peatones sobre el puente con circulación continua considerándolo con lleno.

$$NoPePuLLe = 16.35 \times .708809 = 11.59 \text{ Peat.}$$

Area suministrada por el puente para un peatón en la condición anterior.

$$ArPePuLLe = 102.6 \text{ m}^2 / 11.59 \text{ Peat.} = 8.85 \text{ m}^2/\text{Peat.}$$

Correspondencia a un nivel de servicio "B" según normas .

El puente tendrá un nivel de servicio C para el año:

102.6m²

NPNC.----- = 28 Peatones

$$3.72\text{m}^2/\text{Peat.}$$

Ulimite de "B" y "C".

$$VP/m = 28 \text{ peat} / 0.708809 \text{ min.} = 40 \text{ Peat/min.}$$

$$VP = 40 \times 60 = 2400 \text{ peatones/hora}$$

Volumen peatonal aproximado rebasada la capacidad para el año 2037 donde habrá aproximadamente 2463 peatones.

Datos: Predicción de población a futuro

longitud de puente: 57 m

Año	Población
1995	712
1996	733
2001	850
2006	985
2016	1324
2026	1779
2042	2463

Reduciendo la sección transversal a la mitad se tiene lo siguiente:

AP = 90m²

Tpe = 1.37 min.

NPeM = 16.35 Peat/m

NPePuLLe = 22.4 Peat.

APePuLLe = 90 22.4 = 4.0 m². Limite de "C"

Aún dentro del nivel "B", pero faltando para pasar al nivel "C".

NPNC = 90m²/3.72 = 24 Peatones

VP/min. = 24/1.37 = 17.5 Peatones / minuto.

VP/h = 17.5x60 = 1050 Peatones/hra.

LOG. 1050/512 = 24.3 Años

Volumen peatonal rebasado en el año 2018, aproximadamente teniendo un horizonte de proyecto o vida útil de 24 años.

Movilidad.

Tiempo de Recorrido.

Para determinar las bondades de la implantación del puente vehicular, se efectuó un análisis en función a los tiempos de recorrido actuales y la puesta en operación del puente Eje 3 Ote.- Viaducto

Se tomaron las siguientes consideraciones para el desarrollo del análisis:

- Longitud del puente vehicular 765.00m con dirección Norte Sur - Sur Norte.
- Velocidad promedio sobre el puente 60Km/hr.
- Inicio y final del recorrido.

Para tomar los datos del tiempo de recorrido actual se utilizó el método del vehículo flotante, los puntos de control se determinaron en función a un recorrido muestra, y corresponden a entronques semaforizados equidistantes entre si.

Los recorridos de realizaron para el sentido del puente: Sentido 1 (Norte - Sur) de Av. Fray Servando Teresa de Mier utilizando la Av. Francisco. del paso y Troncoso, hasta Av. Plutarco Elias Calles Eje 4 Sur; y para el sentido 2 (Sur - Norte) será el recorrido inverso al descrito en el sentido 1, es decir inicia en la Av. Plutarco Elias Calles y termina en Av. Fray Servando Teresa de Mier.

Con respecto a los movimientos (Ote - Pte y Pte - Ote) dentro del esquema vial del puente vehicular en el planteamiento , estos se efectuarán a nivel, sin embargo se desarrollaron tiempos de recorridos para ambos.

Para el sentido 3 (Ote - Pte) el inicio será la lateral de viaducto a la altura del Eje 3 Ote. Villa de Aragón y termina en AV. H. Congreso de la Unión Eje 2 Ote., se utiliza para el desarrollo del recorrido la Av. Morelos Eje 3 Sur así como la lateral de Viaducto, esta ultima en ambos sentidos. Para el sentido 4 (Pte - Ote) el recorrido inicia en eje 2 Ote H. Congreso de la Unión y termina en la lateral de Viaducto Río de la Piedad, utilizando el Eje 2 Sur.

Descripción del recorrido.

Movimientos del Puente Vehicular:

a) De Norte a Sur (Sentido 1).

Punto de inicio en Av. Fray Servando Teresa de Mier y Av. Francisco del Paso y Troncoso, continúa por esta última 700m. hasta el entronque con el Eje 2 Sur Av. Del Taller; continúa de frente al liberar el entronque por Eje 3 Ote. 550 m hasta la intersección con la Av. Morelos, de frente con dirección Sur hasta Viaducto lateral al Norte 200m y por último con la misma dirección 750m al entronque con la Av. Plutarco Elias Calles donde terminará el recorrido, el cual tendrá una longitud de 2,200m aproximadamente.

b) De Sur a Norte. (sentido 2).

Prácticamente es el inverso al recorrido 1, inicia en Av. Plutarco Elias Calles Eje 4 Sur y Av. Francisco del Paso y Troncoso Eje 3 Ote, continúa de frente hacia el Norte por esta última y termina en la intersección del Eje 3 Francisco del Paso y Troncoso con AV. Fray Servando Teresa de Mier. Cabe mencionar que este recorrido tendrá los mismos puntos de control que el Sentido 1.

c) De Oriente a Poniente (Sentido 3).

Existen dos variables analizadas para tomar los tiempos y demoras, es decir las impedancias de movilidad; la primera es la vía Av. Morelos Eje 3 Sur y la segunda la Lateral de Norte del Viaducto Río de la Piedad.

Para la primera opción el recorrido inicia en la intersección de la lateral del Viaducto con el Eje 3 Sur Av. Morelos, continúa de frente con dirección Poniente 900m hasta el entronque con Av. Francisco del Paso y Troncoso Eje 3 Ote., continúa a través de Av. Morelos con la misma dirección 850m hasta cruzar la intersección con la Av. H. Congreso de la Unión Eje 1 Ote. donde se termina el recorrido, la distancia de recorrido es de 1,750m.

Para la Segunda Opción el recorrido inicia en la intersección de la lateral del Viaducto con el Eje 3 Sur Av. Morelos, continúa de frente por el cuerpo lateral del Viaducto con dirección Poniente 700m hasta el entronque con Av. Francisco del Paso y Troncoso Eje 3 Oriente, continúa a través de la lateral con la misma dirección 420m hasta cruzar la intersección con la Av. H. Congreso de la Unión Eje 1 Oriente donde se termina el recorrido, la distancia de recorrido es de 1120m.

d) De Poniente a Oriente (Sentido 4).

El inicio para el recorrido fue la intersección de la lateral Sur de Viaducto y H. Congreso de la Unión Eje 2 Oriente, con dirección hacia el poniente continúa por el cuerpo lateral del Viaducto 750m. En el entronque continúa en la misma dirección a través de la lateral 900m hasta el cruce con el Eje 3 Sur donde finaliza el recorrido, el cual muestra una longitud total de 1650m.

Los 3 recorridos para los 4 sentidos analizados se realizaron durante el rango de mayor movilidad (de 7:00 a 9:30 hrs.) haciendo coincidir los movimientos del puente con la hora máxima. (7:30 - 8:30 hrs.).

Inventario de señalización.

Parte esencial en una vía de circulación vehicular o peatonal, así como en los cruceos o intersecciones viales, es la presencia de señales de tránsito que en combinación con los dispositivos de control (semáforos), orientan y regulan la circulación vehicular y peatonal, buscando ante todo reducir los frecuentes y molestos conflictos y accidentes de tránsito.

El señalamiento utilizado puede ser del tipo horizontal o vertical, presentando a su vez una amplia diversidad de señales, cuya aplicación depende del punto o de la trayectoria de circulación de los flujos vehiculares.

Señalamiento Vertical.

Está definido como el conjunto de tableros fijados a postes o estructuras con símbolos o leyendas que son instaladas en la vía pública: señales que tienen como fin prevenir a los conductores de vehículos y peatones sobre la existencia de peligros, restricciones o prohibiciones que limiten sus movimientos sobre las vías urbanas, proporcionándole también la información necesaria para facilitar sus desplazamientos.

Las señales verticales se clasifican por su función en:

- Señales preventivas
- Señales restrictivas.
- Señales informativas

El señalamiento horizontal.

Se define como el conjunto de rayas, marcas, símbolos y letras que se realizan con pintura sobre la superficie de rodamiento o sobre las guarniciones de una vía pública. Su función principal es la de indicar a los conductores de algunos riesgos que pueden presentar en una arteria vial o en un cruce, así como la de regular o canalizar adecuadamente el tránsito vehicular y peatonal.

Entre las principales señales horizontales que se encuentran marcadas en el pavimento son:

- Rayas para paso de peatones
- Rayas de alto.
- Rayas separadoras de carriles.
- Rayas separadoras de sentido de circulación.
- Marcas para cruce de ferrocarril
- Marcas de estacionamiento
- Marcas para ascenso y descenso de usuarios.

Analizando puntualmente cada una de las intersecciones estudiadas así como de la vialidad que las enlaza se observó lo siguiente:

1) Av. Francisco del Paso y Troncoso Eje 3 Oriente - Av. Morelos Eje 3 Sur.

Intersección de mucha importancia para la circulación vehicular. Cuenta con señales del tipo informativo, indicando principalmente destinos y vialidades de circulación. Estas placas se encuentran contenidas en las unidades de soporte múltiple; destacan entre estas, las banderas alusivas a la Delegación Política Venustiano Carranza y Ciudad de México.

En cuanto al señalamiento horizontal, se notó la ausencia del correspondiente a los pasos peatonales en los cuatro accesos, así como de las rayas separadoras de carriles, flechas de sentido y marcas de ascenso y descenso de usuarios.

El estado físico del señalamiento vertical en este punto es bueno a excepción de un candelabro que se encuentra en mal estado.

2) Av. Francisco del Paso y Troncoso Eje 3 Oriente - Viaducto Río de la Piedad.

En este cruce se observan banderas y candeleros informativos de sitios y vialidades próximas o aledañas, así como las placas descriptivas de las rutas de autotransporte urbano de pasajeros que prestan servicio por estas vías de circulación y de puntos exclusivos de ascenso y descenso para los taxis colectivos de ruta fija.

Carecen casi en su totalidad de señalamiento horizontal, que incluye principalmente de pasos peatonales, rayas separadoras de carriles, líneas de alto y de circulación solo para autobuses, sin embargo cuenta con los cajones correspondientes a los autobuses urbanos para que realicen sus funciones propias de ascenso y descenso.

El estado del señalamiento en general es malo, por lo que es necesario remodelar y/o actualizar este punto.

Accidentes de tránsito.

El uso del automóvil, si bien ha venido a facilitar la vida del hombre e influir notablemente en sus actividades sociales y económicas, también ha llegado a constituir una importante fuente de accidentes, originando miles de muertes cada año. Las estadísticas de accidentes constituyen una parte valiosa para el conocimiento de las condiciones de operación de las calles, avenidas y cruces. Esta información es fundamental para precisar fallas operacionales que pueden mejorar los proyectos geométricos y los dispositivos del tránsito.

Esto en consecuencia ha despertado una gran inquietud en los especialistas de planeación vial, motivando con ello numerosos estudios para determinar los factores de seguridad que intervienen en la operación de las vías de circulación, por lo tanto, si se define el término accidente como un suceso eventual e inesperado en que involuntariamente resultan dañadas personas o cosas, se puede entonces determinar que los accidentes viales son el resultado de la falla de uno o varios de los siguientes elementos:

- Conductor.
- Peatón.
- Vehículo.
- Vía.

Atribuyéndose al factor humano (conductor o peatón) del 60% al 80% y al factor material (vehículo y Vía) del 20 % al 40%.

Dentro de las fallas más comunes que se atribuyen al factor humano se encuentran las siguientes acciones: velocidad en exceso, invasión de carril, así como la falta de educación vial para conducir, entre otras más.

Dada la concentración de accidentes en las intersecciones o a lo largo de la trayectoria de una vía, la atención de un proyecto a realizar debe marcarse en términos de lograr un equilibrio del tránsito en cuanto a volumen, velocidad de operación características aceleración y desaceleración , además de la ubicación del señalamiento indicado, esto para poder brindar ante todo la seguridad deseada, tanto a peatones como automovilistas.

Los indicadores de siniestralidad entre 1986 y 1990 señalan un promedio anual para la zona de análisis de 160 siniestros por accidentes de tránsito, de ellos casi el 78% fueron vehiculares y la diferencia de 22% peatonales.

Las causas que generaron los accidentes fueron: colisión 88%, atropellamiento 7% y otras causas con menor porcentaje.

La población más afectada por grupo de edades, en el rango de atropellamiento corresponde a la variable de 20 a 29 años, con un 32%, le siguen de 30 a 39 años con 21%, la de 10 a 19 años con el 19 %; el 28% restante se dividen en cuatro de los siete rangos restantes, por lo consiguiente resulta afectada fundamentalmente la población económicamente activa.

Diagnóstico.

La zona urbana de la ciudad de México conforma un área urbana de 1200 km², con una densidad media de población de 164 hab./ha. En los municipios conurbados, las concentraciones principales aparecen en Ecatepec, Nezahualcoyotl, Tlalnepantla y Naucalpan.

Pronóstico.

Una de las fases más importantes y de mayor trascendencia dentro de los estudios de análisis, pero al mismo tiempo de las más difíciles de precisar es cómo operar la zona, incluyendo las características de sus componentes urbanos con lo que podrá contar en el futuro, pronóstico que será más incierto conforme se alejan los horizontes de proyecto de la fecha actual. El marco de planeación a futuro deberá abrir posibilidades sobre lo que podría acontecer si continúa el proceso de crecimiento, pero también sobre lo que podría suceder en el caso de adoptar acciones normativas.

Las tendencias de crecimiento vehicular en la zona de análisis indican que esta podría pasar de 6,020 vehículos en la hora de máxima demanda en 1995 (ambos sentidos) a 11,121 circulando en el 2016, ocasionando problemas graves de saturación a la red vial de la zona. Los incrementos consideran los factores de crecimiento urbano y vehicular en la zona de estudio.

Volúmenes Asignados.

Parte fundamental de lo que sucedería en cada uno de los escenarios de pronóstico son los volúmenes vehiculares asignados para el caso del puente Francisco del Paso y Troncoso Eje 3 Oriente - Viaducto. La asignación vehicular al puente para su fecha inicial de acuerdo a los volúmenes vehiculares aforados fue:

Sentido Norte - Sur	Aforo 1995 = 2936 VEH.	Asignado = 1744 VEH.
Sentido Sur - Norte	Aforo 1995 = 3084 VEH.	Asignado = 1882 VEH.

La tendencia del crecimiento vehicular en la zona es del 2.8% anual, la cual se verá afectada por los volúmenes generados e incluidos para la construcción de escenarios de proyectos.

Volúmenes Generados.

Son los vehículos generados por el crecimiento urbano y poblacional establecido por los planes de desarrollo del 3.0% para esta zona. Esta tasa será utilizada durante los escenarios 1996 a 2016. Este último horizonte se propone para cumplir las tendencias de urbanización y población (únicamente en la zona).

El cálculo de la tasa de crecimiento anual del 3.5% se obtiene de los faltantes de urbanización y el crecimiento tendencial de la población, entre el tiempo propuesto para cumplir con el desarrollo integral de la zona.

El crecimiento anual por volúmenes generados es sólo un componente de la tasa que se aplicará, es decir, el incremento anual global está compuesto por tres variables consideradas para la tasa de incremento anual que se aplicará en los escenarios de proyecto (1996 - 2016).

Volúmenes Inducidos.

Se refiere al incremento vehicular por la atracción de continuidad y conexión con otras vialidades a nivel regional, es decir, la comunicación de forma directa entre zonas de atracción, la cual se deriva del ahorro del tiempo empleado entre el recorrido actual y el que se desarrolla con la puesta en operación del puente.

Sección Transversal del Puente.

La dimensión de arroyo para la estructura del puente EJE 3 ORIENTE - VIADUCTO RIO DE LA PIEDAD, estuvo determinada por el volumen de servicio y capacidad que permitiese mantener un buen nivel de operación, en función de los volúmenes de vehículos obtenidos en el escenario más lejano de proyecto.

Fue así que la sección propuesta para el puente sobre el corredor Francisco del Paso y Troncoso es de 22.50 m con tres carriles de circulación por sentido.

Para el cálculo de la capacidad y nivel de servicio, se utilizó el manual de proyecto geométrico y de carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

La capacidad de vía se obtuvo de la relación: volumen de servicio - nivel de servicio para los puentes vehiculares en el Distrito Federal y área conurbada.

DATOS:

Velocidad de proyecto	60 km/hr
No. de carriles	3 por sentido
Ancho de carril	3.50 m
VHMD 19945 (asignado)	1744 VPH N-S + 1882 VPH S-N = 3626 VPH
Acotamientos	0.50 m
Pendiente	6 %
Vehículos pesados	5 %
Peso promedio vehículos pesados	15 ton.
Potencia promedio de vehículos pesados	150 H.P.
Predicional lineal	$VF = Va (1 + r)$

PROYECCION PARQUE VEHICULAR

SENTIDO 1 (NORTE - SUR)

No.	Año	A	B	C	D	H.M.D. TOTAL
0	1995	1533	0	121	90	1744
1	1996	1588	0	126	91	1805
2	1997	1644	0	131	93	1868
3	1998	1702	0	135	97	1934
4	1999	1761	0	140	100	2001
5	2000	1822	0	145	104	2071
6	2001	1874	0	149	106	2129
7	2002	1926.23	0	153.23	109.45	2188.91
8	2003	1980	0	157.50	112.50	2250
9	2004	2035.44	0	161.91	115.65	2313
10	2005	2092.64	0	166.44	118.90	2377.98
11	2006	2151.60	0	171.15	122.25	2445
12	2007	2211.44	0	175.91	125.65	2513
13	2008	2273.04	0	180.81	129.15	2583
14	2009	2337.28	0	185.92	132.80	2656
15	2010	2403.28	0	191.17	136.55	2731
16	2011	2468.40	0	196.35	140.25	2805
17	2012	2535.28	0	201.67	144.05	2881
18	2013	2603.92	0	207.13	147.95	2959
19	2014	2674.32	0	212.73	151.95	3039
20	2015	2746.48	0	218.47	156.05	3121

Notas:

El costo de operación por tipo de vehículo, está en función de la distancia de recorrido y el tiempo empleado en hacerlo.

La composición del volumen asignado:

A.- Automóviles particulares, taxis.

B.- Autobuses, camiones.

C.- Transporte público (combi y microbuses del Estado y D.F.).

D.- Carga.

PROYECCION PARQUE VEHICULAR

SENTIDO 2 (SUR - NORTE)

No.	Año	A	B	C	D	H.M.D. TOTAL
0	1995	1679	0	103	100	1882
1	1996	1753.20	0	97.40	97.40	1948
2	1997	1814.40	0	100.80	100.80	2016
3	1998	1877.40	0	104.30	104.30	2086
4	1999	1944	0	108	108	2160
5	2000	2012.40	0	111.80	111.80	2236
6	2001	2069.10	0	114.95	114.95	2229
7	2002	2126.70	0	118.15	118.15	2363
8	2003	2186.10	0	121.45	121.45	2429
9	2004	2247.30	0	124.85	124.85	2497
10	2005	2310.30	0	128.35	128.35	2567
11	2006	2374.20	0	131.90	131.90	2638
12	2007	2440.80	0	135.60	135.60	2712
13	2008	2509.20	0	139.40	139.40	2788
14	2009	2578.50	0	143.25	143.25	2865
15	2010	2650.50	0	147.25	147.25	2945
16	2011	2721.60	0	151.20	151.20	3024
17	2012	2794.50	0	155.25	155.25	3105
18	2013	2870.10	0	159.45	159.45	3189
19	2014	2947.50	0	163.75	163.75	3275
20	2015	3026.70	0	168.15	168.15	3363

Notas:

El costo de operación por tipo de vehículo, está en función de la distancia de recorrido y el tiempo empleado en hacerlo.

Su diferencia lo constituye el beneficio por disminución de tiempo perdido por demoras (congestionamiento y semáforos).

Inversión.

El presupuesto de inversión para el proyecto del puente vehicular sobre la Av. Francisco del Paso y Troncoso, cruzando el Eje 3 Sur y el Viaducto Río de la Piedad fue de \$9,600,830.04 U.S.A.*

PRESUPUESTO	PONDERACIONES %	IMPORTE \$
PRELIMINARES	2.54	243,617.50
CONFINAMIENTO	0.76	72,891.91
CIMENTACION	34.25	3,284,999.82
PREFABRICADOS	14.16	1,358,119.63
ESTRUCTURA	6.61	633,980.99
PARAPETOS	2.71	259,922.61
PAVIMENTOS	4.39	421,055.45
VIALIDAD	2.76	264,718.23
OBRAS HIDRAULICAS	13.90	1,333,182.41
ALUMBRADO	0.63	60,424.80
SEÑALACION VERTICAL	0.52	49,874.45
SEÑALACION HORIZONTAL	0.21	20,141.60
SEGURIDAD	7.75	743,321.13
JARDINERIA	0.82	78,648.17
VARIOS	8.09	775,931.34
TOTAL	100.00	9,600,830.04

*PRECIO PROMEDIO DEL DOLAR EN DICIEMBRE DE 1995 = \$6.60 (FUENTE: BANCO NACIONAL).

En seguida se presentan los cuadros que muestran los cálculos de los costos de operación para cada año del horizonte económico, para cada sentido y para la condición sin proyecto y con proyecto.

El resultado de la evaluación económica nos muestra que el proyecto es viable, soportando el análisis de sensibilidad acorde a las observaciones presentadas por el banco mundial. Cabe mencionar que el banco mundial, consideró como los parámetros más inciertos a los costos de inversión y los beneficios generados.

El análisis de sensibilidad contempla:

- a) Incremento de un 25% en los costos
- b) Reducción de un 25% en los beneficios
- c) La combinación de ambos, es decir, incrementar un 25% los costos y reducir un 25% los beneficios.

EVALUACION ECONOMICA
ANALISIS BENEFICIO - COSTO, TIR, Y VALOR PRESENTE NETO.
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS.
PUENTE VEHICULAR VIADUCTO, EJE 3 SUR, Y FRANCISCO DEL PASO Y TRONCOSO.

AÑO	TASA DE DESCUENTO				0.0%				BENEFICIO TOTAL	VALOR PRESENTE	BENEFICIO NETO		
	COSTOS				COSTO TOTAL	VALOR PRESENTE	BENEFICIOS						
	PROYECTO	SUPERVISION	CONSTRUCCION	OPERACION			REDUCCION TPO PASAJEROS	AHORRO DE COMBUSTIBLE				DESCASTE VEHICULOS	DESCASTE INFRAESTRUCTURA
1993	835,809.90	680,316.59	22,208,400.00	4,441,680.00	27,998,206.49	27,998,206.49	5,501,920.00	163,008.00	1,222,590.00	5,887.00	6,892,748.00	6,892,748.00	(21,073,456.49)
1996	0.00	0.00	0.00	4,463,668.40	4,463,668.40	4,463,668.40	5,894,124.42	168,714.80	1,263,590.00	5,856.18	7,134,058.30	7,134,058.30	2,670,389.90
1997	0.00	0.00	0.00	4,486,207.84	4,486,207.84	4,486,207.84	6,882,878.80	174,003.73	1,309,327.00	6,062.93	7,343,070.11	7,343,070.11	2,856,862.27
1998	0.00	0.00	0.00	4,508,838.88	4,508,838.88	4,508,838.88	8,099,823.11	180,735.50	1,355,518.25	6,275.54	7,642,350.39	7,642,350.39	3,133,711.51
1999	0.00	0.00	0.00	4,531,182.08	4,531,182.08	4,531,182.08	9,312,817.30	187,049.40	1,402,670.53	6,494.77	7,908,332.00	7,908,332.00	3,378,149.90
2000	0.00	0.00	0.00	4,553,837.99	4,553,837.99	4,553,837.99	10,524,207.55	193,808.15	1,452,046.12	6,722.44	8,166,582.20	8,166,582.20	3,632,744.20
2001	0.00	0.00	0.00	4,576,607.18	4,576,607.18	4,576,607.18	11,717,581.55	198,019.75	1,492,788.12	6,911.10	8,416,340.53	8,416,340.53	3,879,733.35
2002	0.00	0.00	0.00	4,599,490.21	4,599,490.21	4,599,490.21	12,880,086.81	204,625.13	1,534,688.45	7,105.04	8,652,518.82	8,652,518.82	4,053,026.41
2003	0.00	0.00	0.00	4,622,487.06	4,622,487.06	4,622,487.06	14,009,702.44	210,331.82	1,571,489.43	7,303.18	8,883,828.98	8,883,828.98	4,271,338.55
2004	0.00	0.00	0.00	4,645,600.10	4,645,600.10	4,645,600.10	15,097,453.61	216,220.65	1,621,658.40	7,507.67	9,142,838.73	9,142,838.73	4,497,234.63
2005	0.00	0.00	0.00	4,668,828.10	4,668,828.10	4,668,828.10	16,152,352.13	222,281.82	1,667,189.36	7,716.47	9,399,551.88	9,399,551.88	4,730,723.78
2006	0.00	0.00	0.00	4,692,172.24	4,692,172.24	4,692,172.24	17,172,372.82	228,514.75	1,713,800.65	7,924.54	9,662,682.00	9,662,682.00	4,970,510.82
2007	0.00	0.00	0.00	4,715,633.10	4,715,633.10	4,715,633.10	18,157,518.18	234,889.37	1,761,070.28	8,155.88	9,932,231.00	9,932,231.00	5,216,598.50
2008	0.00	0.00	0.00	4,739,211.27	4,739,211.27	4,739,211.27	19,108,908.35	241,446.11	1,810,845.85	8,383.55	10,208,481.00	10,208,481.00	5,470,270.50
2009	0.00	0.00	0.00	4,762,907.33	4,762,907.33	4,762,907.33	20,029,702.44	248,219.35	1,861,615.11	8,618.59	10,495,717.02	10,495,717.02	5,732,409.69
2010	0.00	0.00	0.00	4,786,721.88	4,786,721.88	4,786,721.88	20,912,901.05	255,197.07	1,913,878.01	8,861.01	10,790,937.14	10,790,937.14	6,004,215.28
2011	0.00	0.00	0.00	4,810,655.47	4,810,655.47	4,810,655.47	21,764,660.85	262,087.72	1,965,657.92	9,100.27	11,082,306.98	11,082,306.98	6,271,051.09
2012	0.00	0.00	0.00	4,834,708.75	4,834,708.75	4,834,708.75	22,589,190.51	269,190.51	2,016,703.82	9,345.85	11,381,377.38	11,381,377.38	6,546,068.63
2013	0.00	0.00	0.00	4,858,882.29	4,858,882.29	4,858,882.29	23,389,645.18	276,445.78	2,073,343.37	9,599.81	11,688,433.18	11,688,433.18	6,830,550.89
2014	0.00	0.00	0.00	4,883,178.70	4,883,178.70	4,883,178.70	24,169,170.12	283,913.18	2,129,348.92	9,858.10	12,005,190.32	12,005,190.32	7,122,013.62
2015	0.00	0.00	0.00	4,907,592.59	4,907,592.59	4,907,592.59	24,934,242.01	291,562.73	2,180,720.45	10,123.71	12,326,848.89	12,326,848.89	7,421,098.30
TOTALES	835,809.90	680,316.59	22,208,400.00	88,090,110.04	121,014,636.54	121,014,636.54	158,018,515.80	4,711,659.73	35,337,447.80	183,598.30	189,231,222.78	189,231,222.78	77,616,586.24
VALOR PRESENTE	835,809.90	680,316.59	22,208,400.00	88,090,110.04	121,014,636.54	121,014,636.54	158,018,515.80	4,711,659.73	35,337,447.80	183,598.30	189,231,222.78	189,231,222.78	77,616,586.24

RELACION BENEFICIO/COSTO	1.84
TASA INTERNA DE RETORNO	17.40%

PLANIFICACION ESTUDIO GERENCIAL E IMPACTO AMBIENTAL DEL PUENTE VEHICULAR EJE 3 SUR VIADUCTO

III.- ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

III.1 Zonificación Geotécnica.

De acuerdo a la zonificación geotécnica establecida en el Reglamento de Construcción para el Distrito Federal, el proyecto en estudio ocupa un área que se localiza en la ZONA III (LAGO) como se muestra en la figura III.1.

En términos generales el subsuelo de esta zona se caracteriza por la siguiente estratigrafía:

- **Costra superficial.-** Alcanza un espesor promedio 5.50 m y está constituida por capas estratigráficas de limo arenoso y arena poco limosa con un bajo contenido de arcilla y materia orgánica, que presenta un contenido de agua menor al 100% y un peso volumétrico igual a 1.44 Ton/m³. Este estrato presenta consolidación por desecación.
- **Formación arcillosa superior.-** Se localiza entre los 5.50m y los 45.00m de profundidad. Está integrado por arcilla de alta compresibilidad con intercalaciones de materia orgánica y fósiles, con lentes de arena poco limosa aproximadamente a los 22.00m, con un espesor casi de 0.50m. A partir de los 35.00m, esta formación arcillosa presenta un cierto grado de preconsolidación.
- **Primera capa dura.-** Se encuentra aproximadamente a los 45.00m de profundidad con un espesor promedio de 3.00m. Está constituida por depósitos interestratificados de limo arenoso con porcentajes variables de arcilla y arcilla limosa poco arenosa. Las características de resistencia aportadas por la prueba de penetración estándar dan una resistencia que va de los 15 a 50 golpes, con lo que se observa la variabilidad de materiales que pueden existir en este estrato.
- **Formación arcillosa inferior.-** Se observa a partir de los 48.00m y hasta una profundidad de 51.00m. Se encuentra constituida por una arcilla preconsolidada, intercalada por lentes de arena limosa y limo poco arenoso.

Posteriormente se mencionará con exactitud las características específicas de la estratificación de los sondeos que se realizaron en la zona de estudio.

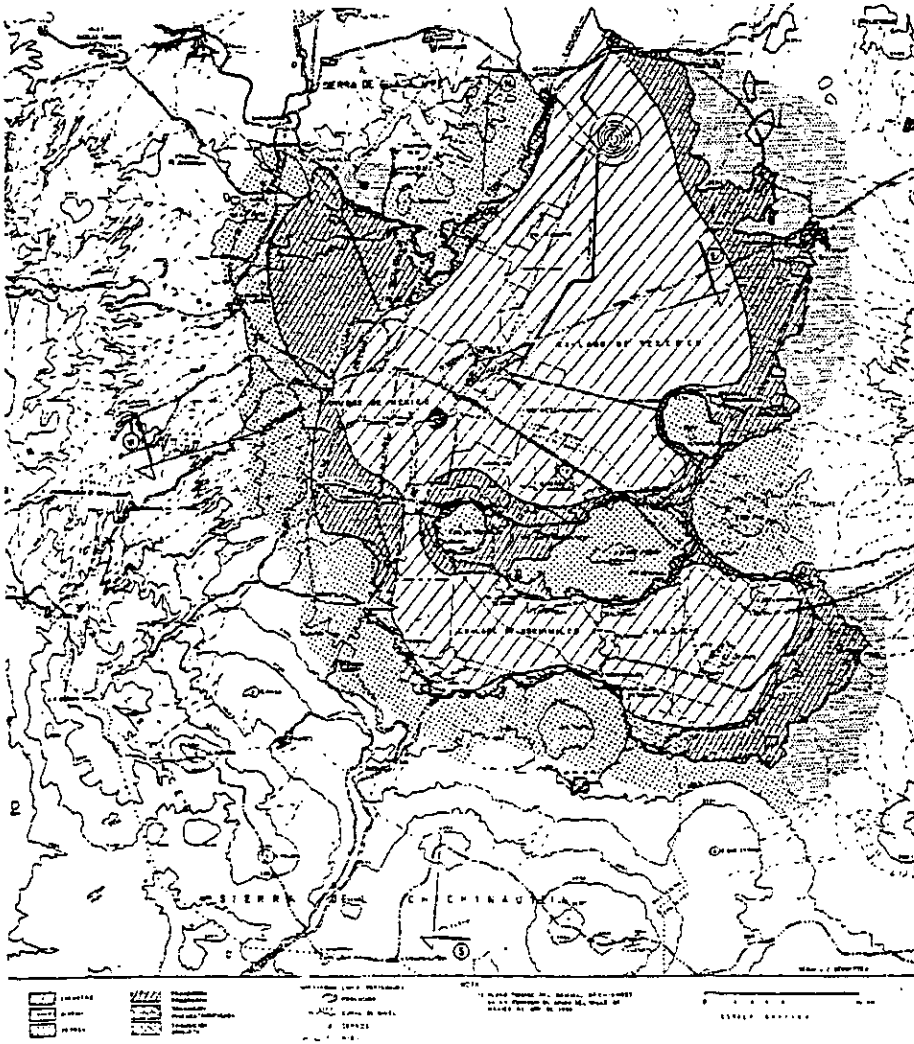


FIGURA III.1 ZONIFICACION GEOTECNICA RCDF

Sismicidad.

De acuerdo a la clasificación de las estructuras, los puentes pertenecen a las estructuras del grupo "B" que de acuerdo al Reglamento de Construcción para el Distrito Federal (RCDF) le pertenece un coeficiente sísmico c de 0.40, el cual se obtiene del artículo 206 del mismo reglamento.

Las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo (NTCS), indican que el periodo natural de vibración del suelo (T) en el sitio estudiado es de 3 a 4 segundos. Además, a la zona III (lago) le corresponden los valores de $T_a=0.60$, $T_b=3.90$ y $r=1.00$; siendo T_a y T_b los periodos característicos para los espectros de diseño y r un exponente en las expresiones para el cálculo de las ordenadas de los espectros de diseño (figura III.2).

Las ordenadas del espectro de aceleraciones para diseño sísmico " a ", expresada como una función de la aceleración de la gravedad, está dada por las siguientes expresiones:

$$a = (1 + 3t/T_a) c / 4 \quad , \quad \text{si } T \text{ es mayor que } T_a$$

$$a = c \quad , \quad \text{si } T \text{ esta entre } T_a \text{ y } T_b$$

$$a = q^*c \quad , \quad \text{si } T \text{ es mayor que } T_b$$

$$q = (T_b / T)^r$$

III.2 Sondeos y Laboratorio.

El proyecto en estudio, como ya se mencionó anteriormente, se encuentra localizado en la zona geotécnica III del Distrito Federal y, de acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias del R.C.D.F. para el Diseño y Construcción de Cimentaciones, se considera a una estructura como construcción pesada, extensa o con excavaciones profundas a aquellas estructuras que tienen al menos una de las siguientes características:

Peso unitario promedio de la estructura:	$w > 5 \text{ t/m}^3$
Perímetro de la construcción:	$P > 80 \text{ m}$ en las zonas I y II, ó $P > 120 \text{ m}$ en la zona III
Profundidad de desplante:	$D_f > 2.5 \text{ m}$,

De acuerdo a lo anterior, las investigaciones mínimas del subsuelo por realizar para el cumplimiento del artículo 220 del reglamento antes mencionado son las siguientes:

- 1) Inspección superficial detallada después de limpieza y despalme del predio para detección de rellenos sueltos y grietas.
- 2) Sondeos para determinar la estratigrafía, propiedades índice y mecánicas de los materiales, y definir la profundidad de despalme. Los sondeos permitirán obtener un perfil estratigráfico continuo con la clasificación de los materiales encontrados y su contenido de agua. Además se obtendrán muestras inalteradas de los estratos que puedan afectar el comportamiento de la cimentación. Los sondeos deberán realizarse en número suficiente para verificar que el subsuelo del predio sea uniforme o definir sus variaciones dentro del área estudiada.
- 3) En caso de cimentaciones profundas, investigación de la tendencia de los movimientos del subsuelo debidos a consolidación regional y determinación de las condiciones de presión del agua en el subsuelo, incluyendo detección de mantos acuíferos colgados.

Para el diseño del puente vehicular Eje 3 Oriente - Viaducto, se realizaron los trabajos de exploración del subsuelo, así como los de laboratorio con la finalidad de determinar la estratigrafía del subsuelo en el sitio, y las características de resistencia y deformación de los materiales que lo conforman; y con ello poder determinar la cimentación más conveniente.

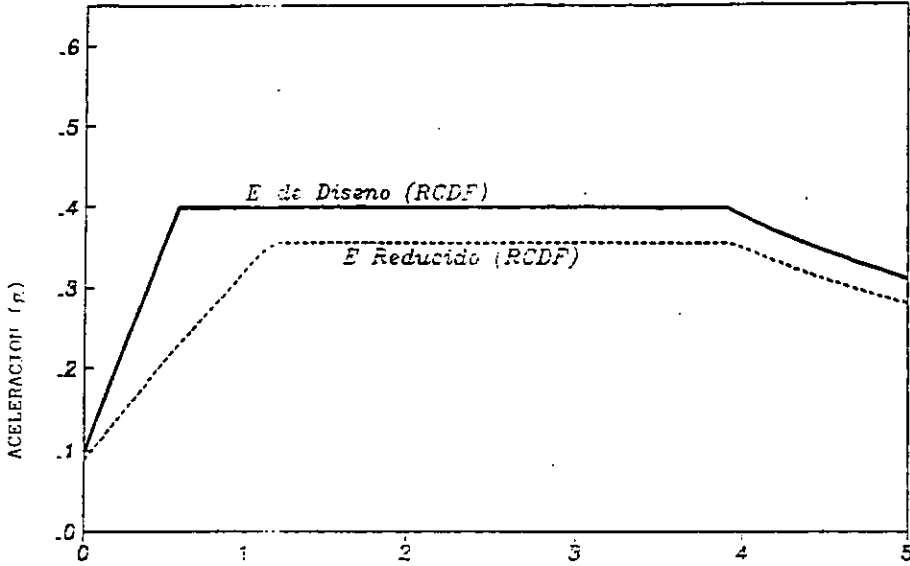
Los trabajos de exploración consistieron en tres sondeos exploratorios mediante el uso de cono eléctrico, dos sondeos selectivos de los cuales se obtuvieron un total de 18 muestras de tipo inalteradas y la instalación de una estación piezométrica para determinar las condiciones hidráulicas del subsuelo. La ubicación de los sondeos y estación piezométrica se muestran en la figura III.3.

Cono Eléctrico.

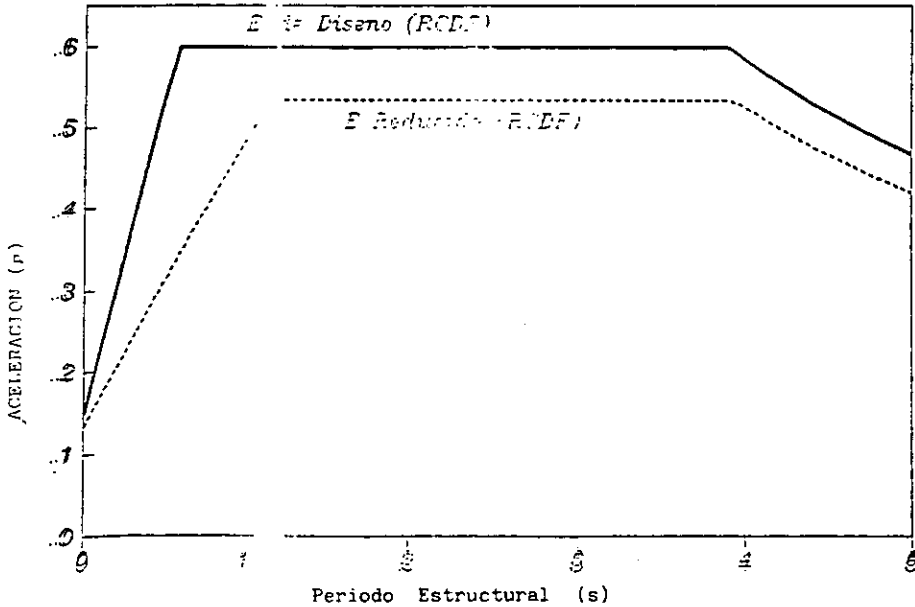
Como ya se mencionó, se realizaron tres sondeos de este tipo para determinar la variación de la resistencia con la profundidad en los sitios determinados (Eje 3 Oriente y Empalme, Eje 3 Oriente y Platón Sánchez y Eje 3 Ote. y Calle Unión) como se muestra en las figuras III.4, III.5 y III.6. La profundidad promedio de estos sondeos fue de 55.00m.

En los estratos donde la resistencia fue superior a la del cono, se procedió a realizar la prueba de penetración estándar que es, entre todos los métodos exploratorios preliminares, el que rinde mejores resultados en la práctica y proporciona la información más útil en torno al subsuelo. Esta prueba se realizó adicionalmente para conocer la consistencia o la compacidad de los materiales encontrados a la profundidad explorada (figuras III.4, III.5 y III.6).

Estructuras Grupo B



Estructuras Grupo A



ESPECTROS DE SITIO Y DE DISEÑO

FIGURA III.2

PLANEACION, ESTUDIO GEOTECNICO E IMPACTO AMBIENTAL DEL PUENTE VEHICULAR EJE 3 OTE-VIADUCTO

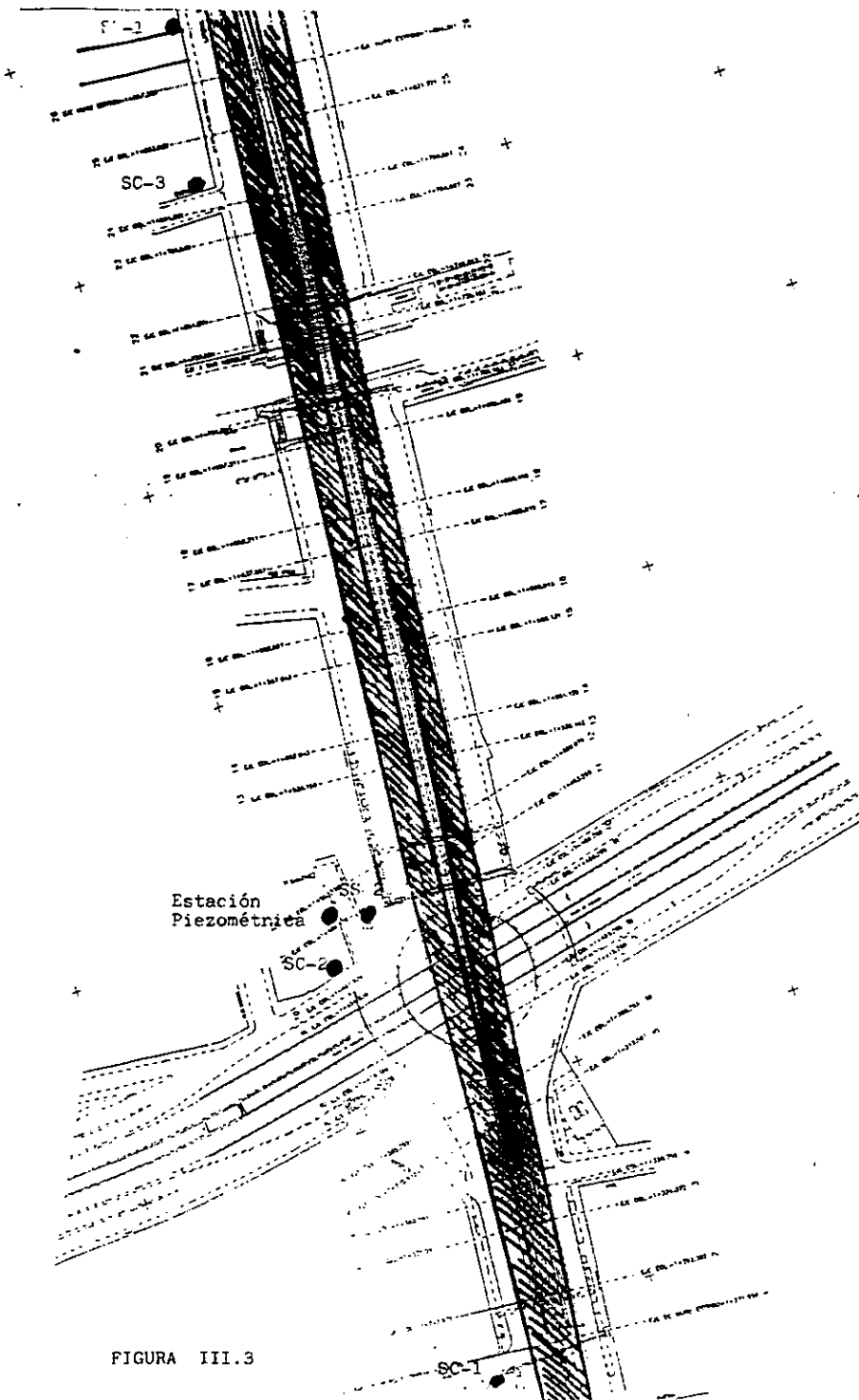


FIGURA III.3

RIOBOO S.A. DE C.V

PTE. VENTANAS CANTON VENTANAS

INDICACION LLA ENTRE Y CALLE UNTON

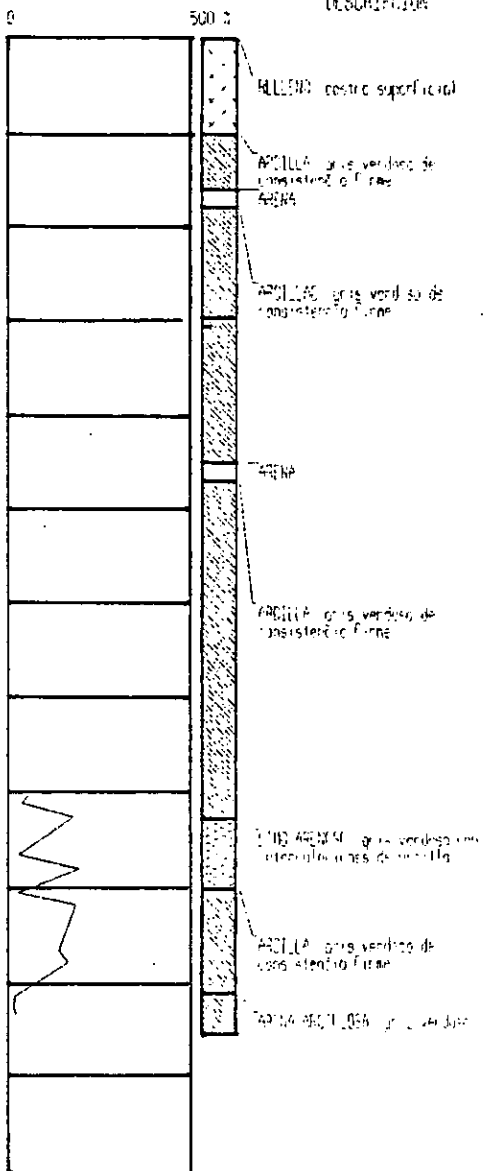
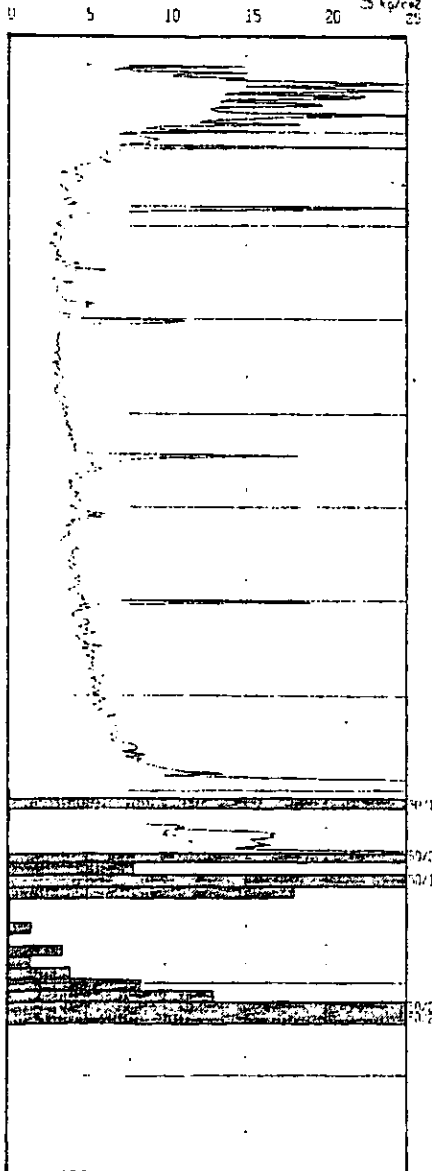
SONDEO SE-1

Nº DE SOND. 17-100790-025
FECHA

PENETRACION ESTANDAR

CANTIDAD DE ALFARDO
PORCENTAJA DE FIRMOS.....
* LL - 1 P

DESCRIPCION



RIUBOO S.A. DE C.V.

PROYECTO VENTISQUAL CUC 3000 - VENTISQUAL

UBICACION: UJE, D.F. Y PLATAN SANCHOZ

SONEBO GE-2 y SS-1

194

24

FECHA:

15 DICIEMBRE/85

PENETRACION ESTANDAR

CONTENIDO DE HUMEDAD
PORCENTAJE DE TERROS
• LL • SP

DESCRIPCION

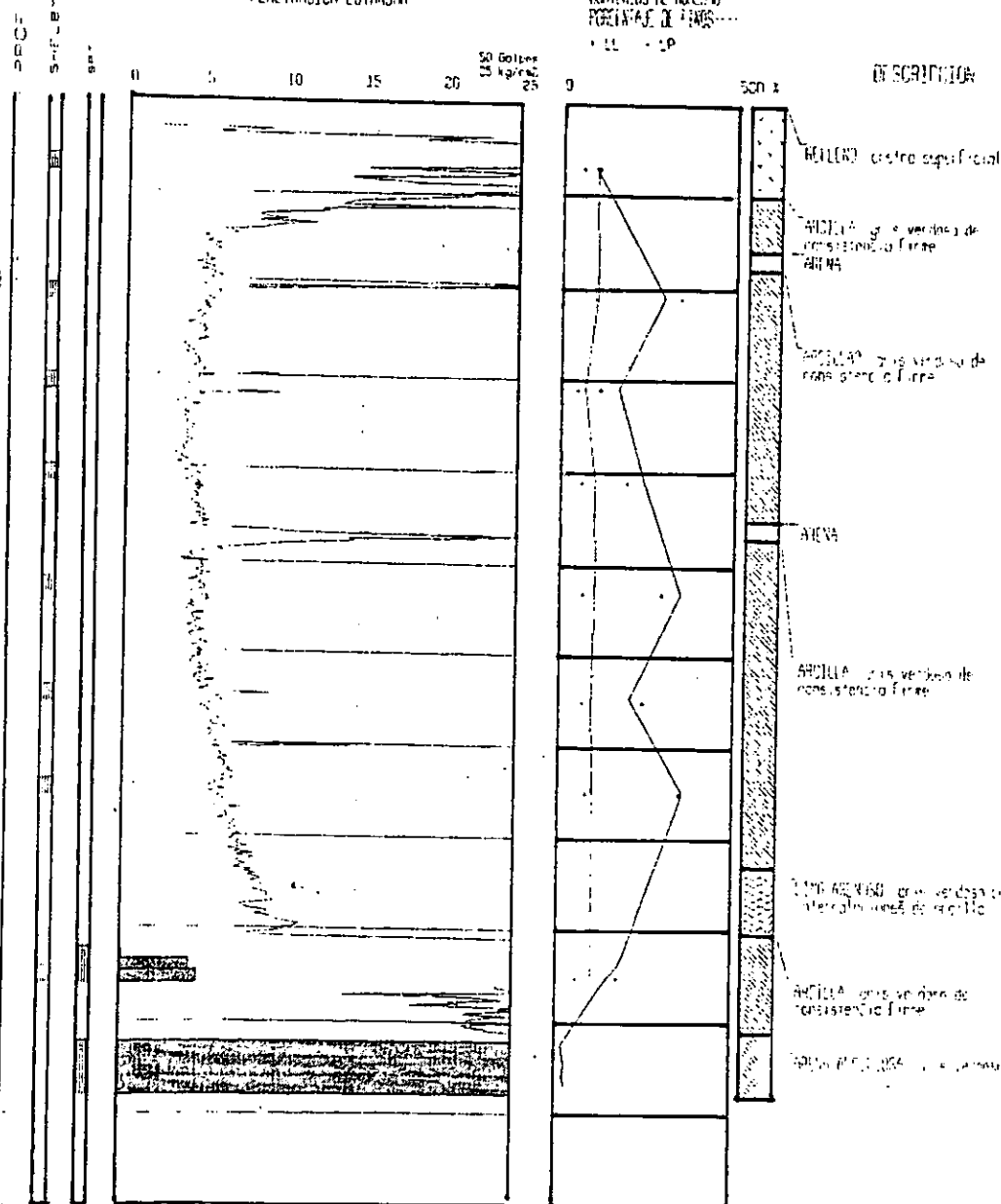


FIGURA III.5

KIUBUU S.M. DE C.V.

P V EJE 3 OTE Y VIADUCTO

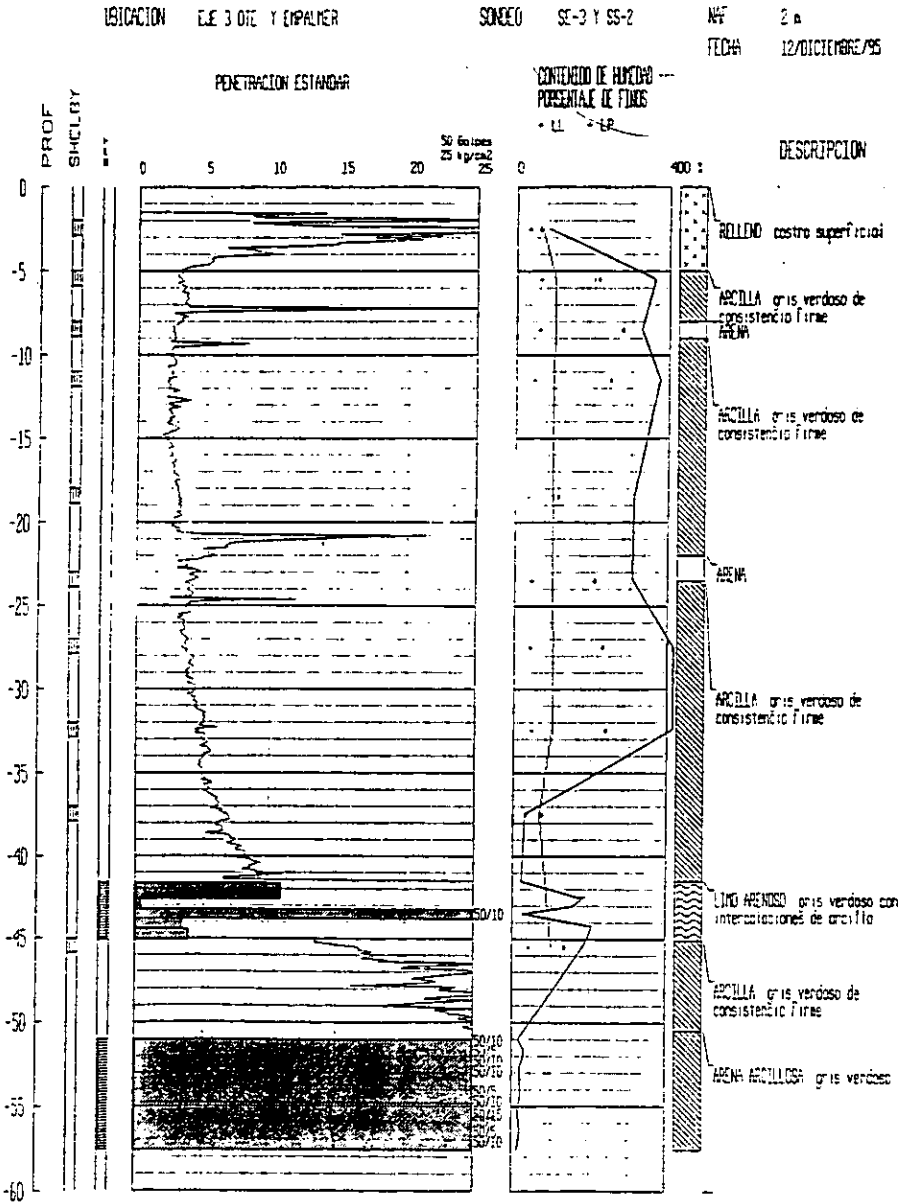


FIGURA III.6

A continuación se presenta la estratigrafía general que se obtuvo con la exploración de cono eléctrico y de la penetración estándar:

ESTRATO (espesor)	DESCRIPCION
De 0.00 a 5.00 m	Relleno, costra superficial
De 5.00 a 8.00 m	Arcilla gris verdosa de consistencia firme
De 8.00 a 9.00 m	Arena
De 9.00 a 22.00 m	Arcilla gris verdosa de consistencia firme
De 22.00 a 23.50 m	Arena
De 23.50 a 41.50 m	Arcilla gris verdosa de consistencia firme
De 41.50 a 45.00 m	Limo arenoso gris verdoso con intercalaciones de arcilla
De 45.00 a 50.50 m	Arcilla gris verdosa de consistencia firme
De 50.50 a 57.50 m	Arena arcillosa gris verdosa

Sondeos Selectivos.

En los dos sondeos selectivos que se realizaron, se tomaron un total de 18 muestras de tipo inalterado. Este tipo de muestras se tomaron con mucha precaución, labrando la muestra en una oquedad que se practica al efecto en la pared de la perforación. Las muestras se protegieron contra la pérdida de humedad envolviéndola en una o más capas de manta debidamente impermeabilizada con brea y parafina.

En cada una de las muestras se efectuaron diferentes ensayos y pruebas de laboratorio, se generaron gráficas con las pruebas de compresión simple, compresión triaxial no consolidada no drenada, con las cuales se obtuvieron, para cada muestra, los valores de capacidad de carga del suelo (q_u) y el módulo de expansión del suelo (Me) (figuras III.7 a III.10).

También se realizaron ensayos para obtener el peso volumétrico (γ_m) de cada muestra, su contenido natural de agua ($w\%$); se obtuvieron curvas de compresibilidad para conocer la relación de vacíos (e) de las muestras (figuras III.11, III.12 y III.13), se obtuvo el grado de saturación (G_w) del suelo en estudio y la densidad de sólidos (S_s).

Con las pruebas de compresión triaxial se encontraron los esfuerzos normal (Γ) y cortante (δ) para formar círculos de Mohr, con los cuales se obtuvo el ángulo de fricción y la cohesión del suelo (figuras III.7 a III.10).

A continuación se presentan todos y cada uno de los valores obtenidos como resultado de los ensayos y pruebas que se elaboraron en laboratorio, las cuales ayudaron a determinar el tipo de cimentación más factible.

Sondeo Selectivo Uno (SS - 1)

Profundidad (m)	W _n (ton/m ³)	w (%)	e	G _w (%)	SS (%)	Me (cm ² /kg)	qu (ton/m ²)	e _v (ton/m ²)	σ _v (%)	Clasificación
9-3.9	1.45	85	2.10	97.00	2.43	0.01589	8.00	4.90	3	MH
10-10.9	1.14	294	6.35	98.00	2.154	0.06681	3.10	1.10	3	CH
15-15.9	1.28	160	3.70	100.00	2.356	0.09689	3.10	1.60	4	CH
20-20.9	1.20	224	5.10	99.50	2.264	0.04409	4.10	3.20	3	CH
26-26.9	1.15	337	7.70	100.00	2.281	0.02900	5.10	2.40	1	CH
32-32.9	1.22	202	4.60	100.00	2.284	0.02197	5.60	3.00	2	CH
37-37.9	1.14	357	8.00	100.00	2.244	0.01186	12.30	4.10	5	CH
45-45.9	1.29	146	3.30	100.00	2.265	0.00779	18.00	5.80	7	CH

Sondeo Selectivo Dos (SS-2)

Profundidad (m)	W _n (ton/m ³)	w (%)	e	G _w (%)	SS (%)	Me (cm ² /kg)	qu (ton/m ²)	e _v (ton/m ²)	σ _v (%)	Clasificación
2-2.9	1.47	82.00	2.1	97.50	2.503	0.02077	5.30	-2.0	-	MH
5-5.9	1.14	360.00	8.1	100.40	2.262	0.01441	10.10	4.1	8	CH
8-8.9	1.15	335.00	7.5	99.80	2.254	0.04352	2.90	1.4	1	CH
11-11.9	1.14	358.00	8.0	100.00	2.258	0.04352	4.00	1.9	1	CH
18-18.9	1.15	320.00	7.3	99.70	2.272	0.04944	3.50	1.6	2	CH
23-23.9	1.16	272.00	6.5	98.00	2.285	0.02226	4.20	-2.2	-	CH
27-27.9	1.14	347.00	7.7	100.00	2.250	0.02946	4.50	2.2	2	CH
32-32.9	1.13	410.00	9.4	100.00	2.305	0.02226	5.00	2.0	4	CH
37-37.9	1.79	30.00	0.8	93.00	2.470	0.00272	42.80	9.2	26	CH
45-45.9	1.25	183.00	4.0	101.00	2.207	0.00674	20.20	8.4	2	CH

RIOBOO, S.A.

MECANICA DE SUELOS

PROYECTO: EJE 3 OTE Y VIADUCTO

SONDEO O POZO: SS-1

OBSERVACIONES: M-4 INF.

PROFUNDIDAD: 20.0-20.9m

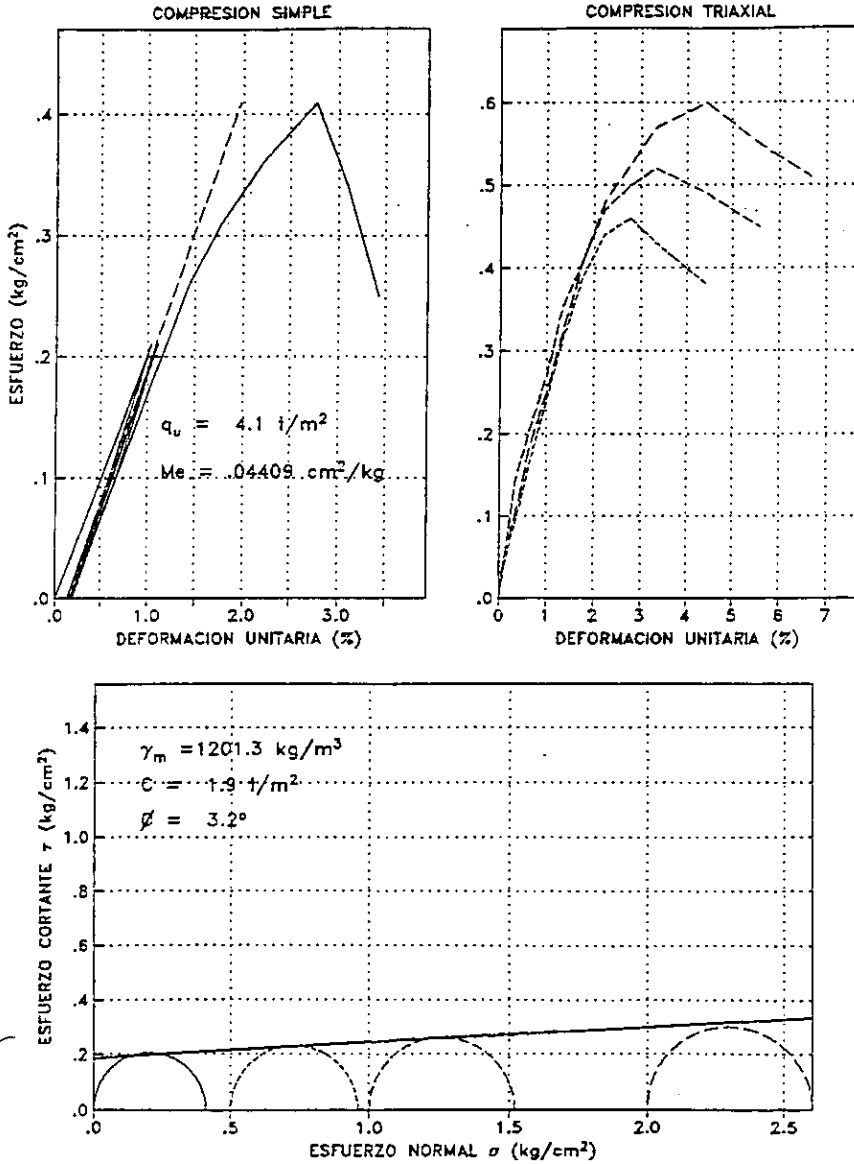


FIGURA III.7

RIOBOO, S.A.

MECANICA DE SUELOS

PROYECTO: EJE 3 OTE Y TRONCOSO

SONDEO O POZO: SS-2

OBSERVACIONES: M-8 INF.

PROFUNDIDAD: 32.0-52.9m

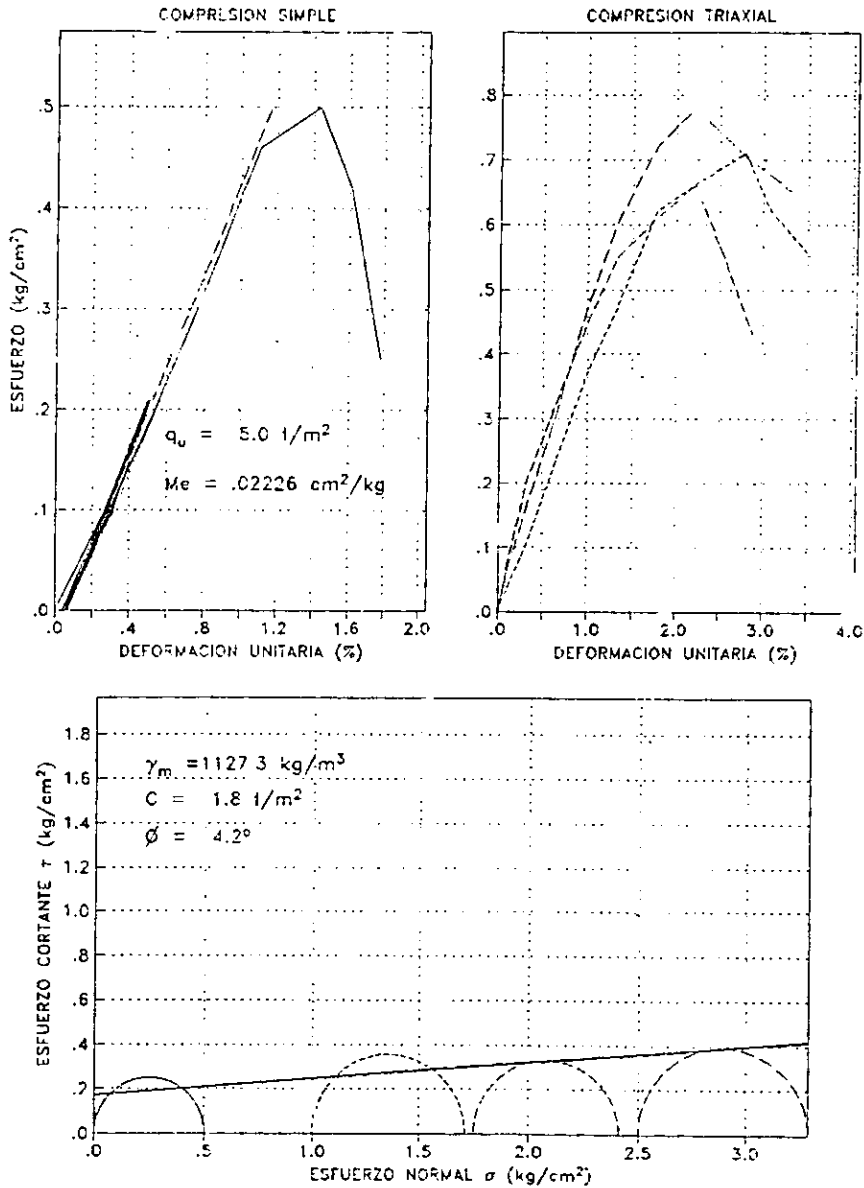


FIGURA III.8

RIOBOO, S.A.

MECANICA DE SUELOS

PROYECTO:

EJE 3 OTE Y TRONCOSO

SONDEO O POZO: SS-2

OBSERVACIONES:

M-9 INF.

PROFUNDIDAD:

37.0-37.9m

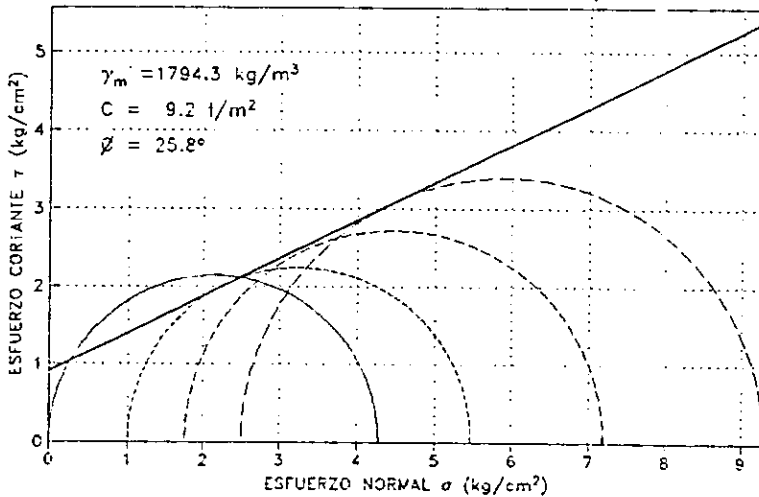
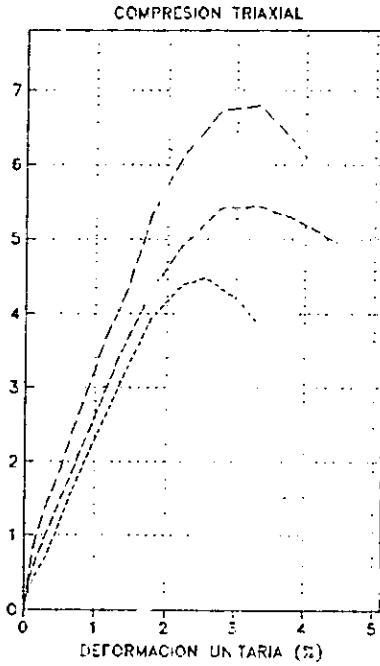
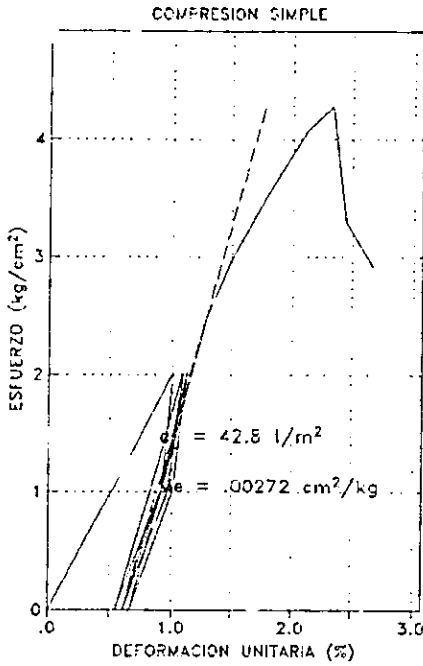


FIGURA III.9

RIOBOO, S.A.

MECANICA DE SUELOS

PROYECTO:

EJE 3 OTE Y TRONCOSO

SONDEO O POZO: SS-2

OBSERVACIONES:

M-10 INF.

PROFUNDIDAD:

45.0-45.9m

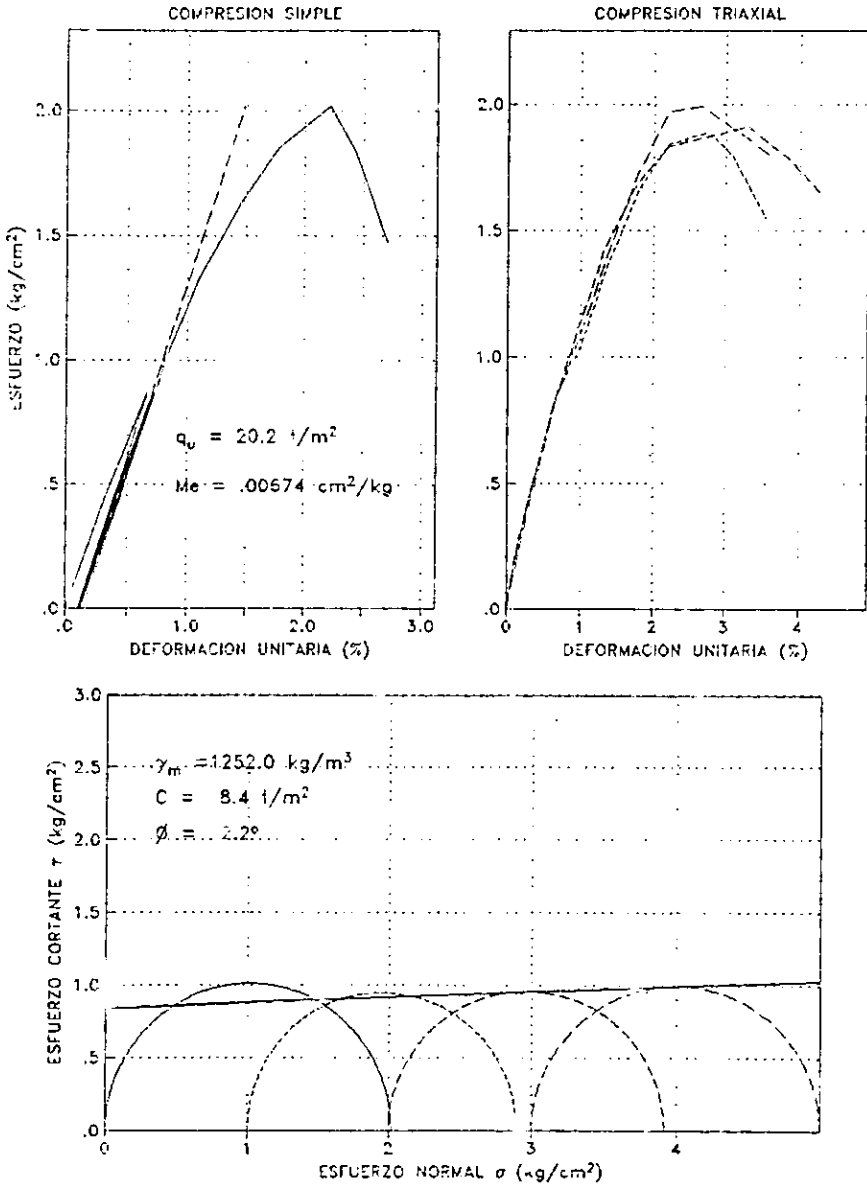


FIGURA III.10

CURVAS DE COMPRESIBILIDAD

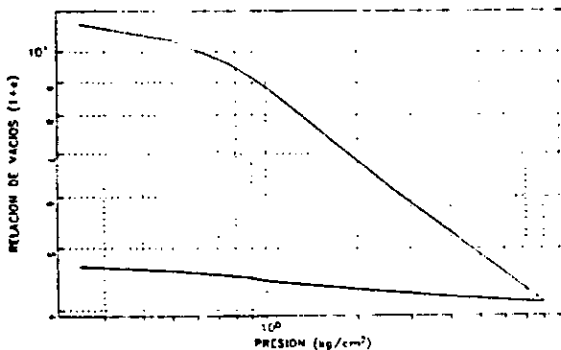
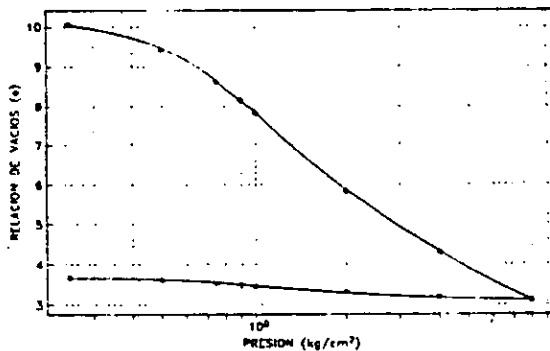


FIGURA III.11

CURVAS DE COMPRESIBILIDAD

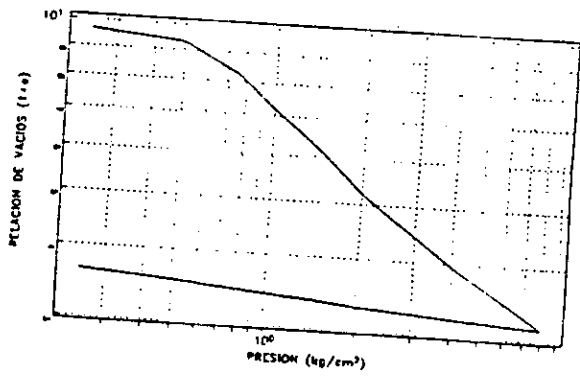
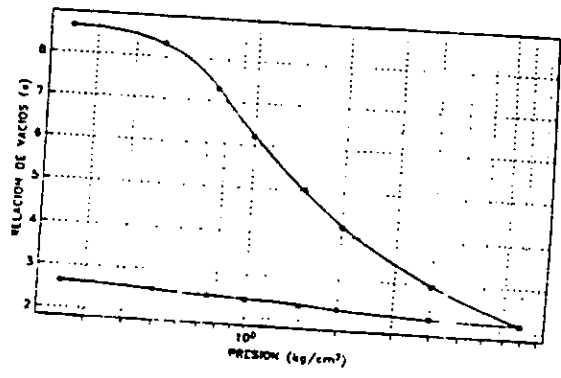


FIGURA III.12

CURVAS DE COMPRESIBILIDAD

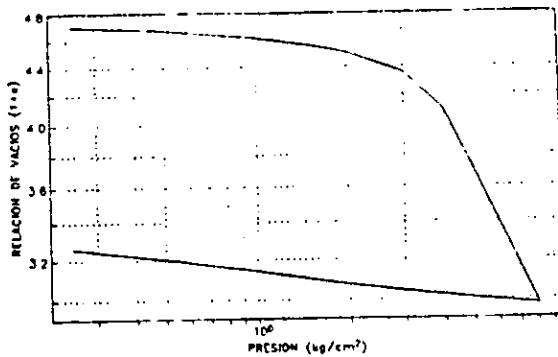
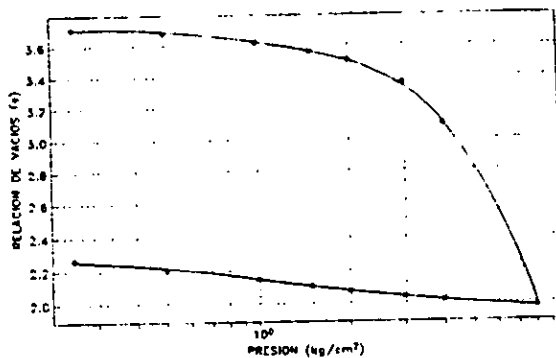


FIGURA III.13

Estación Piezométrica.

La determinación "in situ" de las presiones naturales es un problema de gran trascendencia en los aspectos prácticos de la Mecánica de Suelos, pues este concepto juega un papel fundamental en las actuales teorías, sobre todo en consolidación y en resistencia al esfuerzo cortante de los suelos; la aplicación de tales teorías a los problemas prácticos exige entonces el efectuar mediciones directas que permitan evaluar la presión natural en el caso particular que se trate.

Los piezómetros son aparatos cuya función es medir la presión neutral en el suelo en un punto determinado, a una cierta profundidad.

En este caso en particular, se instaló una estación piezométrica la cual consistió en tres piezómetros de celda abierta a diferentes profundidades (22.00, 43.00 y 57.00 metros) y un tubo de observación a 6.00m de profundidad (fig. III.14). Construida la estación piezométrica se dejó pasar 15 días para proceder a realizar las lecturas para determinar los niveles hidrostáticos del agua en el subsuelo. Los resultados fueron los siguientes:

	PROFUNDIDAD (m)	NIVEL DEL AGUA (m)
Tubo de Observación	6.00	1.50
1	22.00	1.04
2	43.00	7.35
3	57.00	39.30

Con la ayuda de estos resultados se logró elaborar la gráfica de esfuerzos totales y esfuerzos efectivos como se muestra en la fig. III.15.

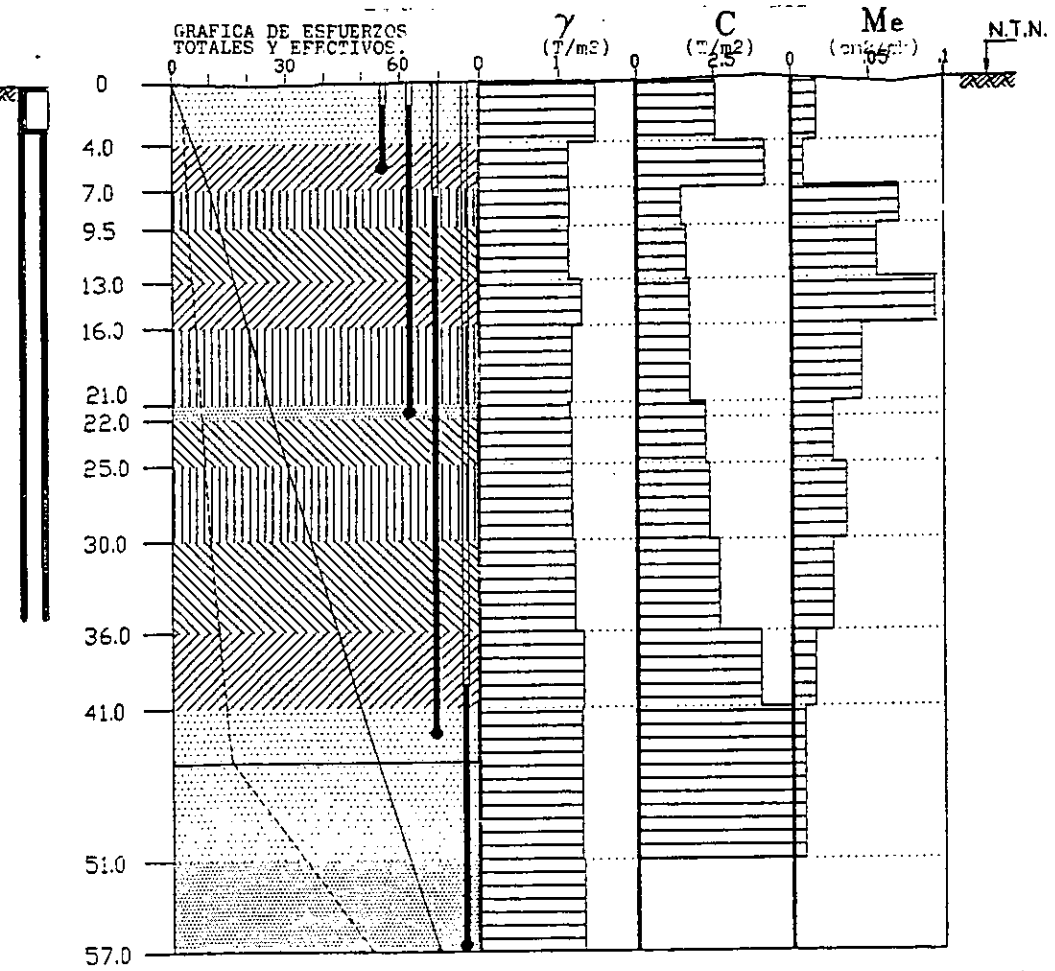
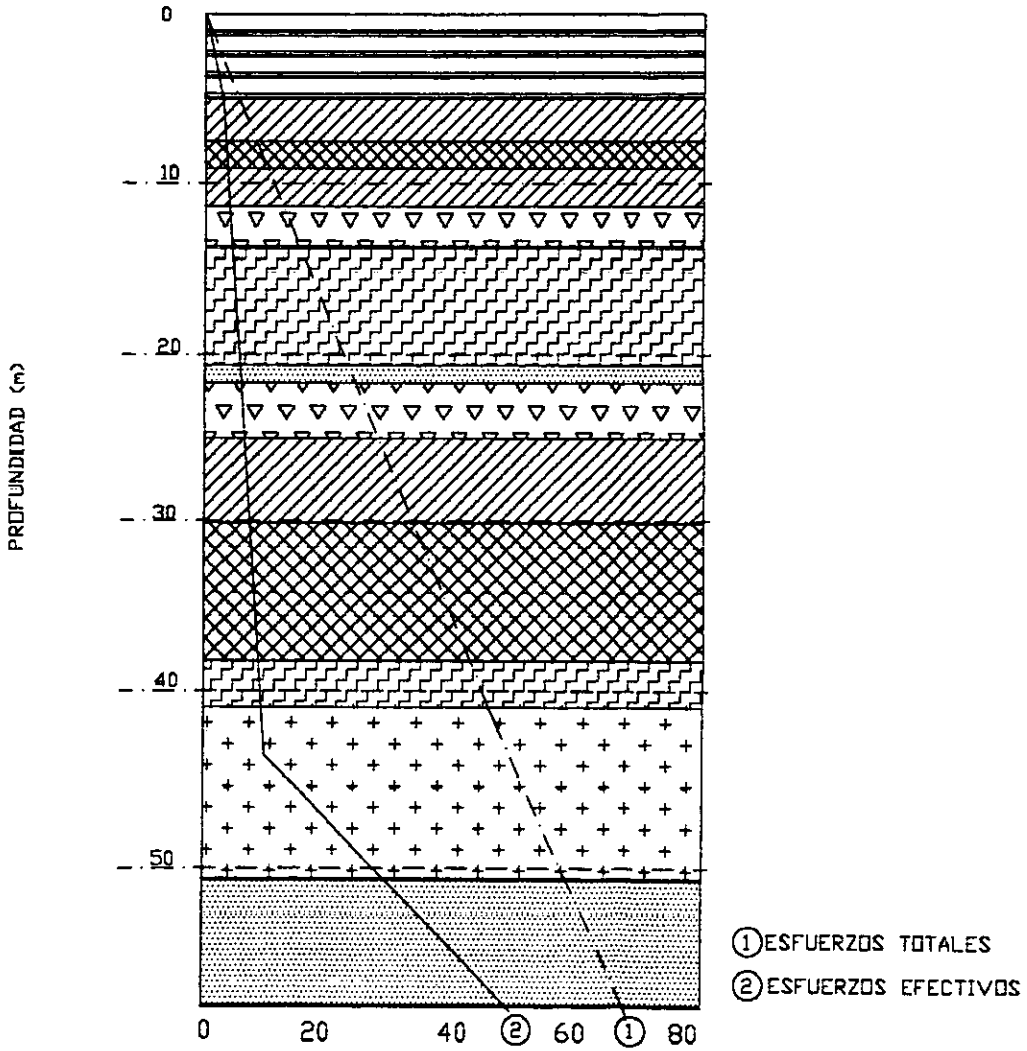


FIGURA III.14

GRAFICA DE ESFUERZOS



ESFUERZO (T/m²)

FIG. III.15

III.3 Distribución de Esfuerzos.

Evaluar la distribución de esfuerzos en la masa de suelo ante un incremento de carga, es una práctica común en el campo de la Geotécnica. Cuando el incremento de carga aplicado en la masa del suelo debe su origen a una estructura que presenta una cimentación de tipo superficial, como lo son zapatas, losas o cajón de cimentación, es razonablemente aceptado que la carga impuesta actúa en la superficie de un semiespacio, considerando que su frontera se ubica a nivel de desplante de la cimentación.

Si la resistencia del suelo al esfuerzo cortante que presentan los estratos superficiales no son capaces de soportar las acciones inducidas por la estructura, o bien, las deformaciones generadas exceden a las admisibles es necesario buscar estratos con mejores propiedades mecánicas a mayor profundidad. Particularmente la Zona Geotécnica de Lago, en el Valle de México, constituida por depósitos arcillosos de varias decenas de metros que presentan baja resistencia al esfuerzo cortante y alta deformabilidad, obliga a utilizar cimentaciones profundas. Adicionalmente, el hundimiento regional que caracteriza a la zona, originado por el fenómeno de consolidación limita, por razones obvias, la utilización de cimentaciones que se apoyen en los estratos firmes que subyacen a los materiales compresibles.

Ante las características que presenta la zona de Lago en el Valle de México, es común recurrir a cimentaciones profundas utilizando pilotes de fricción, por lo que en el proyecto que se estudia en este trabajo, se determinó este tipo de cimentación. El diseño de este tipo de cimentaciones busca, básicamente, transmitir las cargas impuestas en superficie a depósitos más profundos con mejores propiedades, evitar los efectos de fricción negativa y seguir el hundimiento regional.

En el caso del puente vehicular Eje 3 oriente - Viaducto, se utilizaron pilotes de fricción como sistema de cimentación. Para conocer la distribución de esfuerzos en la masa del suelo bajo este tipo de cimentaciones, se utilizó un método para evaluar dicha distribución, el cual parte de la solución de Mindlin para una carga dentro de un semiespacio, conociendo la resistencia en la punta del pilote y la adherencia entre este y el suelo. La evaluación de esfuerzos en cualquier punto dentro de la masa del suelo, se efectúa superponiendo la solución de Boussinesq para una carga puntual. El análisis se realiza para cada uno de los pilotes, considerando la influencia de unos sobre otros.

El método que se utilizó para evaluar la distribución de esfuerzos, se fundamenta en el propuesto por León y Reséndiz, con la ventaja que hace interactuar los pilotes entre sí a partir de un análisis individual, permitiendo su aplicación a cualquier distribución de los mismos y bajo cualquier condición de carga.

El método se aplica cuando el sistema de apoyo para una estructura se compone por una losa o cajón de cimentación, que descansa sobre pilotes de fricción (que es el caso en estudio). Se considera que el depósito donde se encuentra embebida la cimentación es de espesor considerable y está formado por estratos compresibles donde el fenómeno de consolidación puede desarrollarse. Los estratos que constituyen al depósito son homogéneos e isotropos, con comportamiento linealmente elástico. Las interfaces entre estratos, forman planos paralelos a la superficie y base del depósito, debiendo existir continuidad de esfuerzos y desplazamientos a través de ellas.

Por otra parte, se supone que las cargas netas transmitidas a los pilotes por la estructura y subestructura son conocidas, así como las propiedades del suelo para estimar la capacidad de carga en la punta de los pilotes y la adherencia entre el fuste de estos elementos y el suelo.

Bajo estas condiciones, se busca conocer la distribución de esfuerzos verticales en la masa del suelo, pues se considera que son estos los que provocan las mayores deformaciones.

El diseño para este tipo de cimentaciones, se evalúa en términos de la capacidad de carga, considerando que los pilotes son capaces por sí solos de soportar las acciones provocadas por la estructura ante cualquier condición de carga. El nivel de equilibrio estático entre las fuerzas actuantes (peso de la superestructura y subestructura W , fricción negativa FN) y las fuerzas resistentes (reacción bajo la losa $QL+U$, fricción positiva FP , capacidad de carga en la punta del pilote QP) se ubica a cierta profundidad por debajo de la losa o cajón de cimentación (figura III.16).

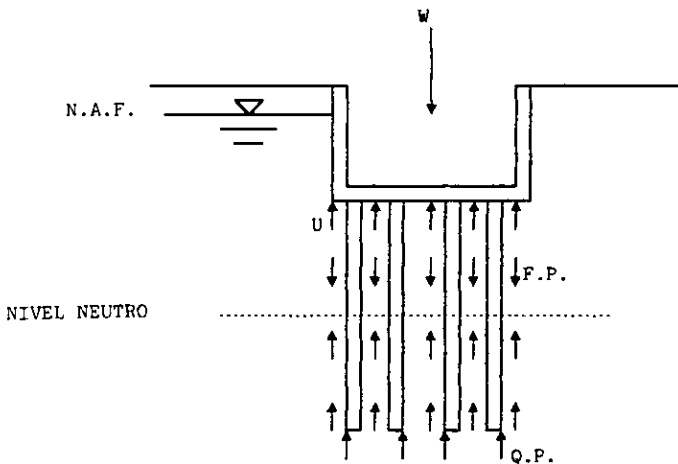


FIGURA III.16

Descripción del Método.

Una vez establecida la carga neta transmitida a los pilotes y ubicada la posición del nivel de equilibrio o Nivel Neutro (figura III.17), a cada pilote del sistema se le aplica el siguiente procedimiento:

- Se divide por segmentos la longitud del pilote ubicada por debajo del nivel neutro y hasta su punta.
- Conociendo la adherencia entre el suelo y fuste del pilote, se determina la contribución de carga o esfuerzo que cada segmento proporciona, así como la contribución por punta, es decir, se transfiere la carga impuesta en superficie a la parte del pilote que contribuye.
- Aplicando las soluciones de Mindlin para una carga puntual o para una superficie con carga uniformemente repartida en el interior de un semiespacio, se determina el esfuerzo vertical transmitido bajo el punto de aplicación. Sin embargo, de acuerdo con la solución de Mindlin, el esfuerzo evaluado será positivo (incremento) por debajo del nivel de aplicación y negativo (decremento) por encima de tal nivel.
- Para evaluar los esfuerzos verticales en otros puntos dentro del suelo, se aplica la solución de Boussinesq para una carga puntual o para una superficie con carga uniformemente repartida, considerando que tal acción, evaluada con la solución de Mindlin produce incrementos de esfuerzos en puntos localizados por debajo del nivel de aplicación y decrementos por encima del mismo, considerando que la acción se aplica en la superficie de un semiespacio en ambas direcciones.

Si se desea conocer la variación de esfuerzos en un punto particular, es necesario superponer el incremento o decremento de esfuerzos que cada pilote genera en tal punto.

Cada uno de los apoyos que integran la cimentación del puente en estudio, se analizó de manera análoga y conforme al método descrito anteriormente para conocer la distribución de esfuerzos en la masa del suelo.

Con objeto de observar la configuración de estos esfuerzos verticales provocados por las acciones que genera la estructura apoyada sobre la cimentación, se utilizó un programa de computadora, que permitió, además de conocer la variación de los esfuerzos con la profundidad en un punto en planta (figura III.17), evaluar curvas de igual esfuerzo (figura III.18) en un perfil estratigráfico mediante la determinación del cambio de esfuerzos en el suelo bajo el método descrito, en puntos definidos por dos coordenadas espaciales: profundidad y posición a lo largo de una línea. Este programa está desarrollado en lenguaje FORTRAN que incluye gráficas y se alimenta con los datos estratigráficos del sitio, características geométricas de la cimentación y condiciones de carga. Dicho programa lleva el nombre de "PILES" y fue desarrollado por la empresa RIOBOO, S.A de C.V.

CURVAS DE DISTRIBUCION DE ESFUERZO

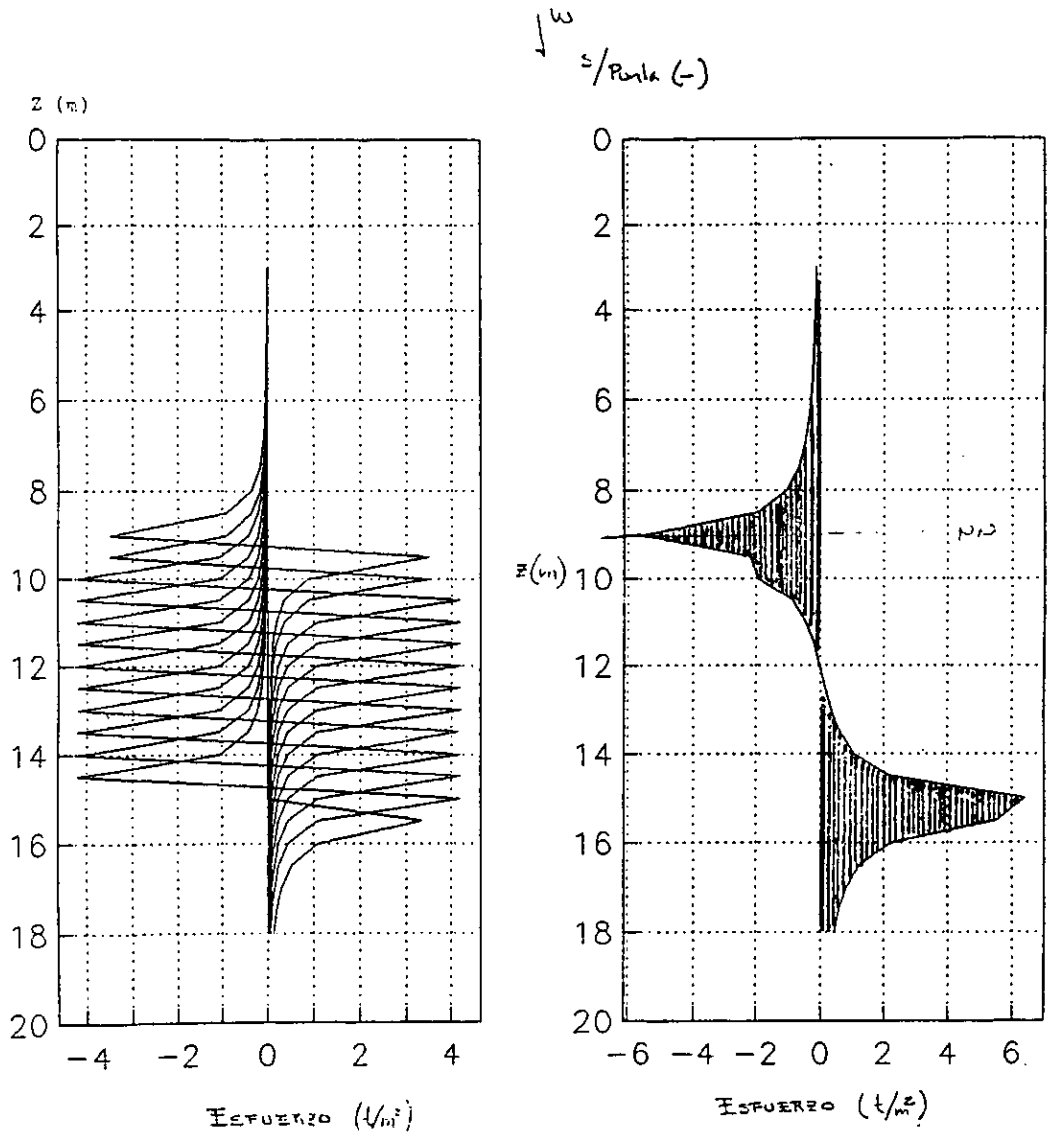


FIGURA III.17

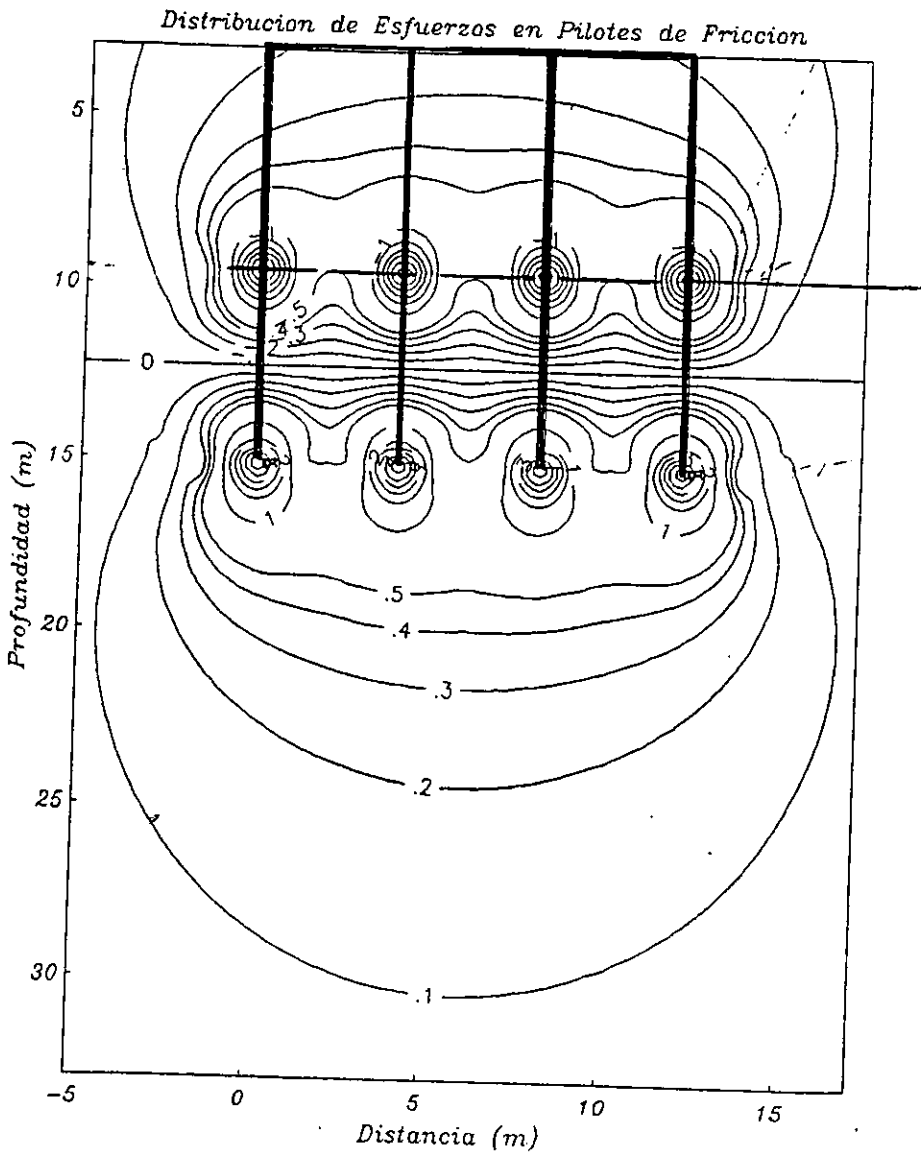


FIGURA III.18

Como se observa en la figura III.17, el Nivel Neutro se localizó aproximadamente a los 9.00 m de profundidad, lo que indica que a partir de este nivel se presentarán los esfuerzos positivos y comenzarán a trabajar los pilotes.

En la figura III.18 se presenta la distribución de esfuerzos en toda una sección y por cada pilote, como se puede observar donde se localiza el Nivel Neutro se presentan los máximos esfuerzos negativos, incrementándose positivamente abajo de este nivel hasta llegar al máximo positivo que coincide con la punta del pilote. A partir de este punto los esfuerzos van en decremento hasta disiparse en toda la masa del suelo.

Para la generación de estas curvas de igual esfuerzo se formó una matriz con los elementos que corresponden a los resultados de cada análisis, ubicados en un espacio bidimensional (perfil estratigráfico).

También se analizó la distribución de esfuerzos (para cada apoyo de manera similar) ante condiciones accidentales (sismo). Para ello, se recurrió a los métodos de análisis individuales, conociendo de antemano las cargas accidentales a que estarían sometidos cada pilote que forma la cimentación, realizando la integración numérica de la solución de Mindlin.

La evaluación de los esfuerzos ante condiciones accidentales obedeció a un cambio de carga en los pilotes, por lo que se dedujo que el método involucra únicamente a aquellas cimentaciones diseñadas con el criterio de capacidad de carga (que posteriormente se presentará).

El análisis de la distribución de esfuerzos ante condiciones accidentales se muestra en la figura III.19 en donde se aprecia un claro desplazamiento del Nivel Neutro dependiendo el sentido de la carga accidental, además de que para cimentaciones con el tipo de diseño en términos de deformaciones, el incremento de esfuerzos ante estas condiciones los absorbe la losa de cimentación, permaneciendo invariable la distribución de esfuerzos generada por los pilotes, pues estos trabajan a la falla.

La carga neta Q que se transmitió a cada pilote bajo estas condiciones, estuvo en función de la suma de todas las cargas verticales que actúan en la cimentación ($\sum V$) y la contribución de los momentos de volteo ($\sum M_x$, $\sum M_y$) que actúan en direcciones perpendiculares a los ejes de simetría de la planta de cimentación (RCDF 1987) y se determinó aplicando la siguiente expresión:

$$Q = (\sum V/n) + (\sum M_y / \sum Y_i^2) - (\sum M_x / \sum X_i^2),$$

donde n es el número de pilotes, el subíndice x ó y indica el eje alrededor del cual actúan los momentos de volteo, y las literales X y Y corresponden a las coordenadas del pilote. Estos dos últimos se consideran con respecto al centroide del grupo de pilotes.

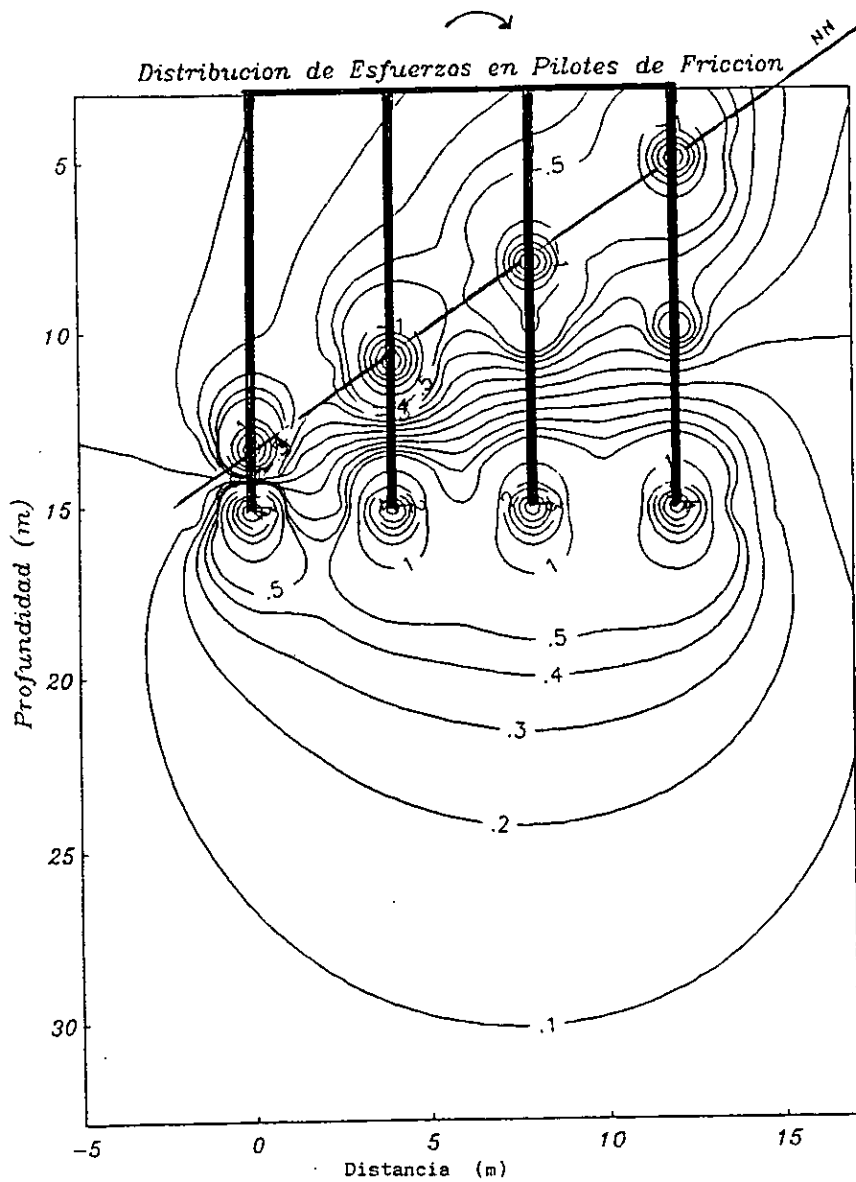


FIGURA III.19

Conocidas las cargas en cada pilote, se desarrolló el método expuesto para cada uno de ellos, y por superposición pudo estimarse el cambio de esfuerzos en un punto de la masa del suelo, provocado por la acción accidental.

En la figura III.20 se muestra la distribución de esfuerzos en los estribos del puente en su sección transversal. A diferencia de los apoyos con pilotes, en donde la distribución de esfuerzos se obtuvo por Mindlin, en los estribos se analizó por medio de la fórmula de Boussinesq, extendiéndola a la condición de carga que se presentaba en el estribo (carga lineal uniformemente distribuida). Se utilizó este método ya que la carga se concentra en una superficie horizontal de un medio semiinfinito, homogéneo, isótropo y linealmente elástico (teóricamente) que a diferencia de los pilotes, dicha carga se encuentra dentro de la masa del suelo.

Interceptor.

En el trazo del puente no se lograron librar todas las instalaciones visibles y ocultas que se ubicaban sobre la vía pública en el área de influencia del proyecto, la instalación más importante por librar fue un ducto que forma parte del drenaje profundo de esta Ciudad, por lo que también se analizó la influencia de esfuerzos alrededor de este interceptor.

La instalación antes mencionada se localizó a los 19.30 m debajo del nivel del terreno natural en su lecho superior, abarcando un diámetro exterior de 6.40 m (figura III.21).

Se analizó la condición inicial de los esfuerzos a los que estaba sometido el interceptor alrededor de su superficie, obteniendo una relación de esfuerzos horizontales (Γ_h) y verticales (Γ_v) de 0.747 la máxima. Posteriormente se analizó la distribución de esfuerzos alrededor del mismo interceptor pero bajo la condición de cimentación (pilotes), realizando la misma relación de esfuerzos con esta nueva condición obteniendo un rango que fluctúa entre $0.748 > \Gamma_h/\Gamma_v > 0.742$ (figura III.22). Como la relación de esfuerzos antes y después de la condición de carga no resultó ser muy diferente, se determinó que la influencia de los pilotes no afectaría al interceptor de manera tal que pudiera ocasionar una falla en el material de dicha instalación.

En las figuras III.23 y III.24 se muestra claramente el resultado del análisis de la distribución de esfuerzos en la sección transversal y longitudinal respectivamente de los pilotes sobre el interceptor antes mencionado.

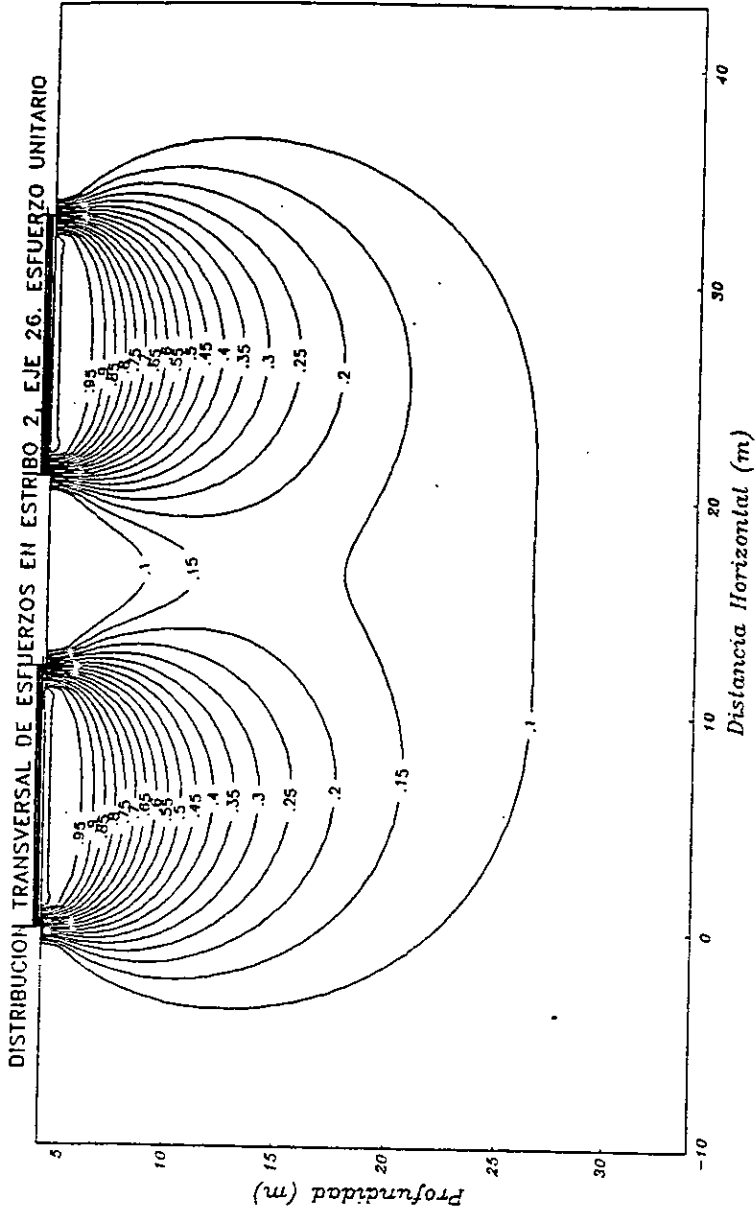


FIGURA III.20

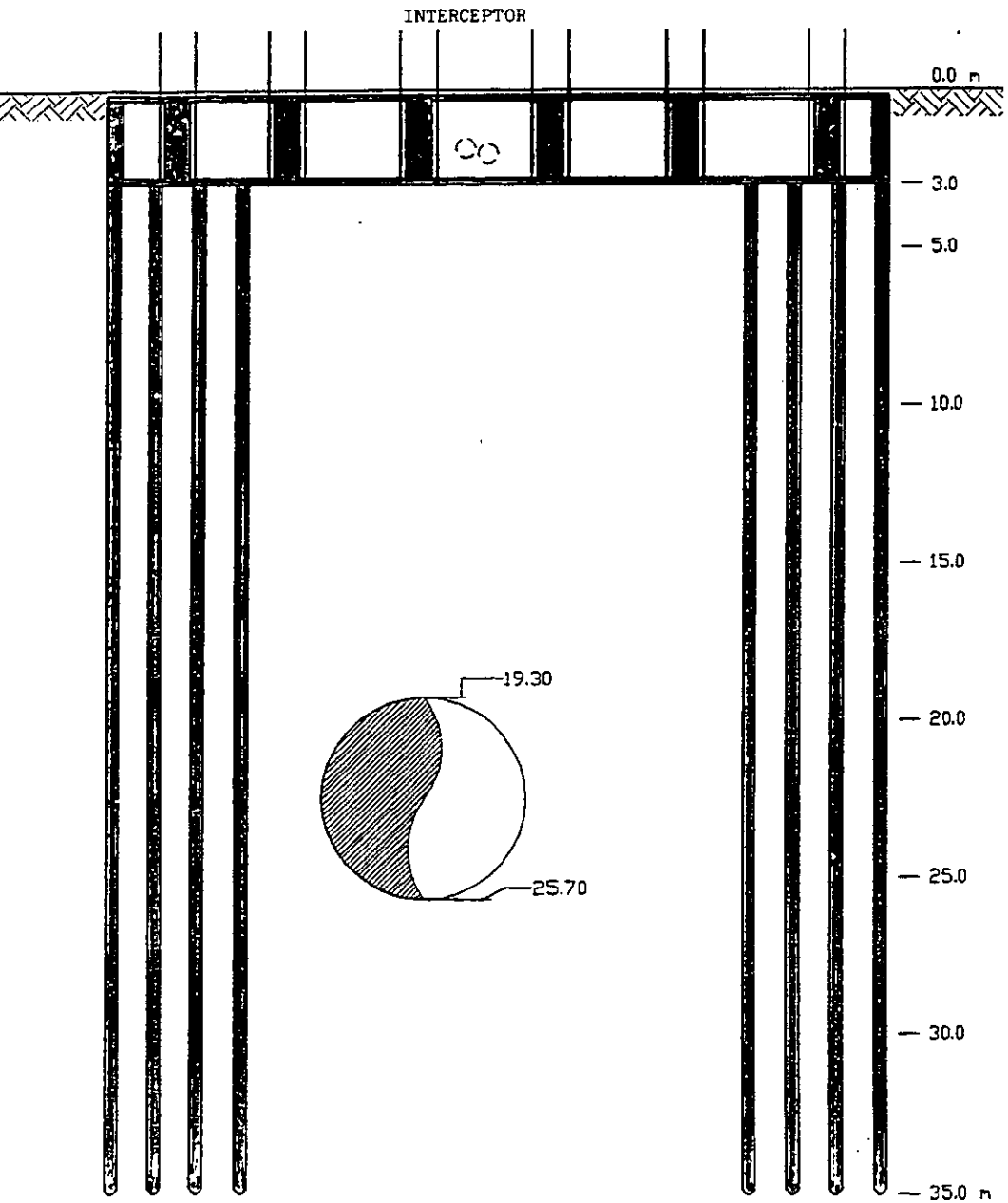
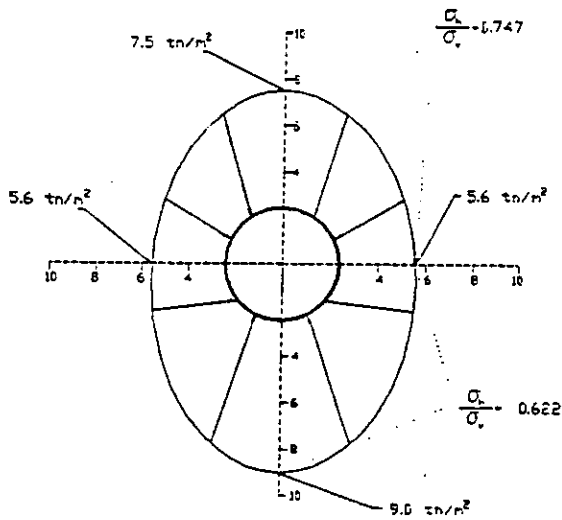
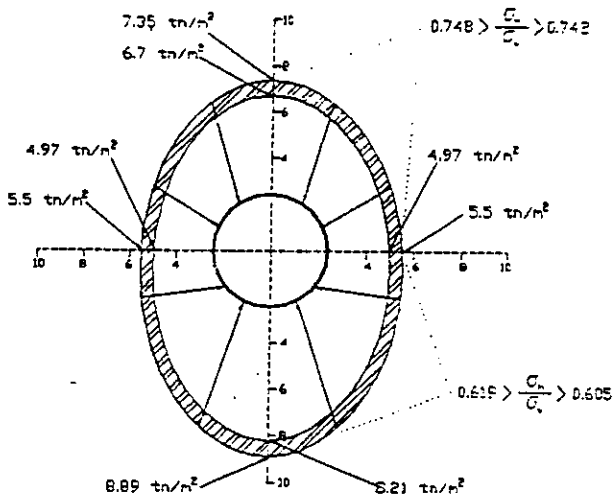


FIGURA III.21



CONDICION INICIAL DE ESFUERZOS EFECTIVOS



CONDICION CON PILOTES

Fig.III.22 ESFUERZOS EN EL INTERCEPTOR

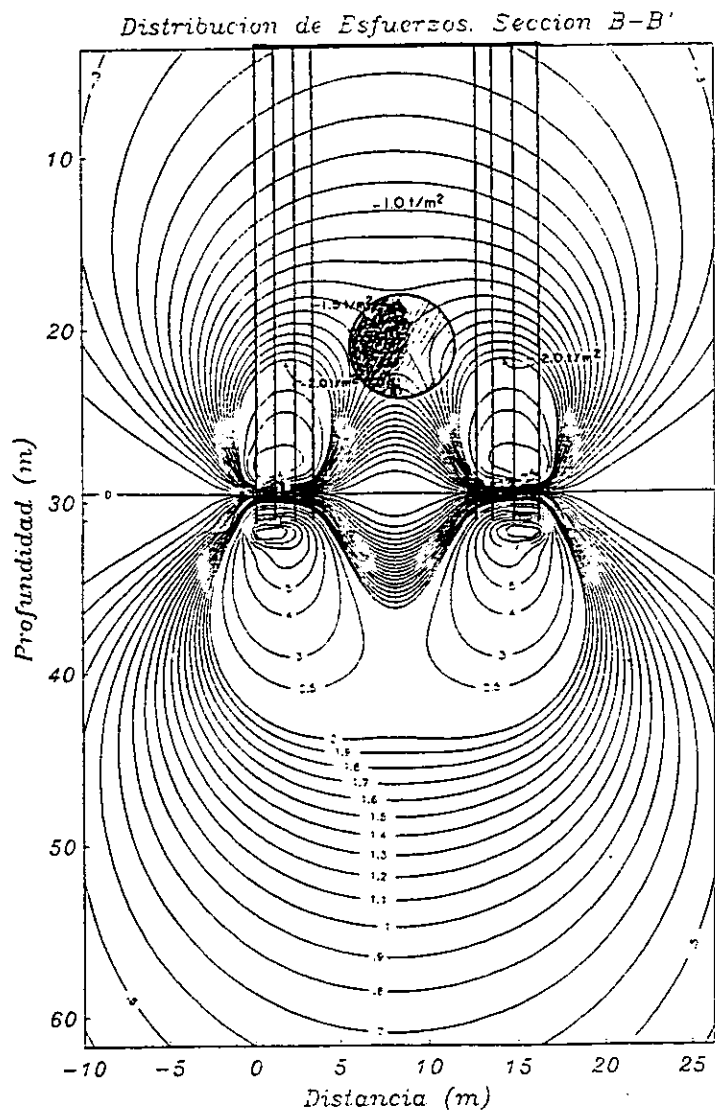


FIGURA III.23

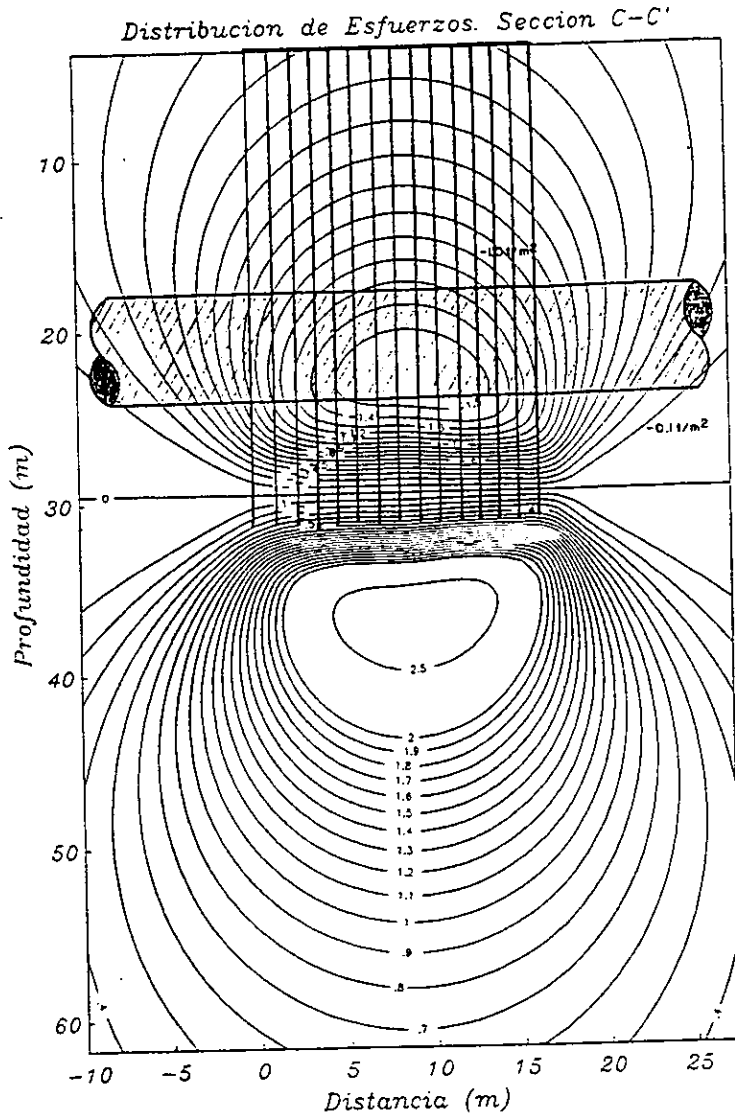


FIGURA III.24

Asentamientos.

Como se observó en las curvas de igual esfuerzo ante condiciones estáticas y accidentales, los esfuerzos evaluados cambian frecuentemente de un punto a otro, lo que se traduce en deformaciones igualmente variables, que son incompatibles con la estructura.

Para estimar las deformaciones ante estas condiciones fue necesario realizar un análisis de interacción suelo - estructura donde se involucraron las rigideces de ambos elementos, tomando como principio el método iterativo desarrollado por Zeevart (1980).

A continuación se presenta el procedimiento para el cálculo de los asentamientos en cada uno de los apoyos, conociendo de antemano el coeficiente de variación volumétrica m_v (figura III.25), el cual expresa la compresibilidad del suelo, relacionándola con su volumen inicial; y el coeficiente de consolidación c_v (figura III.26) que es utilizado para conocer el tiempo en el que se darán las deformaciones obtenidas. Cabe mencionar que estos dos coeficientes se obtuvieron ensayando diferentes muestras de suelo inalteradas a diferente profundidad.

Cálculo de asentamientos para las Zapatas (apoyos).

a) Descargas.

Descarga vertical	= 2,055.00 ton.
Desc. Vertical + Peso Cimentación	= 3,358.50 ton.
Compensación	= <u>- 416.16 ton.</u>
Carga de Diseño	= 2,942.34 ton.

Peso Cimentación	= 1,073.70 ton.
Peso Relleno	= 229.80 ton.
Subpresión	= <u>-416.16 ton.</u>
	887.34ton.

$Q_{pilote} = 56.58 \text{ ton/pilote (carga de servicio)}$

No. de pilotes = 52.00

b) Capacidad por punta.

$$C_p = (C_u N_c F_r + P_u) A_p$$

$$C_u = 2.50 \text{ ton/m}^2$$

$$N_c = 5.14 (1 + 0.25 B/L + 0.25 D_f/B)$$

$$B/L = 1.00 \quad ; \quad D_f/B = 2.50 ,$$

por lo tanto $N_c = 9.00$

$$F_r = 1.00$$

$$P_u = 41.50 \text{ ton.}$$

$$A_p = 0.40^2 = 0.16 \text{ m}^2$$

$$C_p = [(2.50)(9.00)(1.00) + (41.50)] (0.16) = 10.24 \text{ ton.}$$

$$C_{\text{total}} = (10.24 \text{ ton/pilote}) (52 \text{ pilotes}) = 532.48 \text{ ton.}$$

$$C_{\text{fricción}} = 56.58 - 10.24 = \underline{46.34 \text{ ton.}}$$

PROFUNDIDAD (m)	D (m)	C	C * D	C _u P _p * C * D	Σ
3.00 - 4.00	1.00	2.50	2.50	2.80	
4.00 - 7.00	3.00	4.00	12.00	13.44	
7.00 - 9.50	2.50	1.40	3.50	3.92	
9.50 - 13.00	3.50	1.50	5.25	5.88	
13.00 - 16.00	3.00	1.60	4.80	5.37	
16.00 - 21.50	5.50	1.60	8.80	14.08	
21.50 - 25.00	3.50	2.20	7.70	12.32	
25.00 - 30.00	5.00	2.30	11.15	18.40	38.40
30.00 - 35.00	5.00	2.50	12.50	20.00	20.00

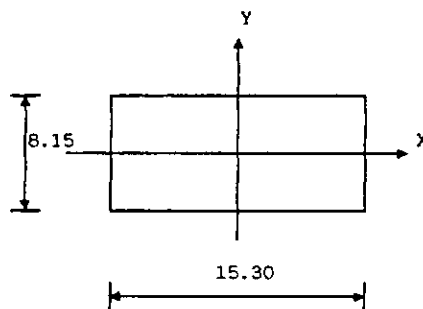
* P_p = 1.20 m

$$C_{\text{fricción}} = 46.34 = 38.40 + 1.00(2.20*1.60)$$

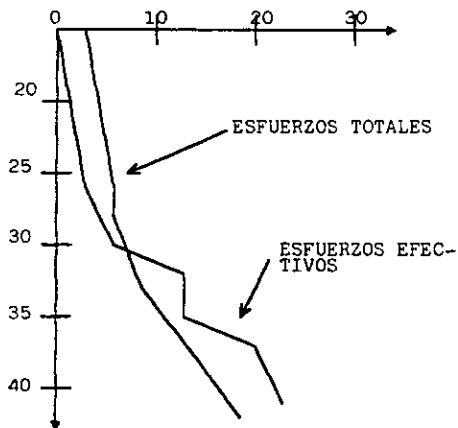
$$C_{\text{fricción}} = (46.34 - 38.40)/(2.20*1.60) = 2.25 \text{ ton.}$$

	COTA INF	Z (m)	INCREM ENTO Z	C	fi	Z/r	fi/A	I	P fi/A (°)	d fi/A (-)
NN	22.75									
	22.75	25.00	2.25	2.20	205.94	1.65	0.49	0.81	0.84	
	25.00	30.00	5.00	2.30	478.40	0.74	3.84	0.50	1.92	1.92
	30.00	35.00	5.00	2.50	520.00	0.50	4.17	0.50	2.09	2.09
PUNTA	35.00				266.24	5.55	2.41	0.50	1.07	1.07
					1470.58					

$r = [(124.64/3.1416)]^{(1/2)} = 6.30 \text{ m}$
 Pilotes = 26.00 piezas
 Carga de diseño total = 2,942.34 ton.



	ESFUERZO EFECTIVO (kg/cm ²)	ESFUERZO TOTAL (kg/cm ²)
0.00	0.00	3.00
20.00	1.00	4.50
22.75	2.63	6.00
25.00	4.25	6.72
30.00	7.50	7.92
35.00	13.69	9.42
40.00	13.46	10.93
45.00	14.06	12.67
50.00	15.30	14.47



			23.80	27.50	32.50	35.00	
COTA	Z m	I z	Δ ESF.	Δ ESF.	Δ ESF.	PUNTA	Σ Δ ESFUERZO
22.75	23.80		- 0.83	- 1.42	- 0.81	- 0.31	- 3.37
25.00	27.50		0.80	- 1.79	- 1.08	- 0.40	- 2.47
30.00	32.50		0.50	1.79	- 1.94	- 0.77	- 0.42
35.00	35.00		0.26	1.00	1.94	1.07	4.27
40.00			0.15	0.53	1.08	0.77	2.53
45.00			0.10	0.31	0.58	0.40	1.39
50.00			0.07	0.20	0.34	0.22	0.83

C) Cálculo de asentamientos.

PROF. (M)	ESP. (H)	Δ ESF KG/CM2	MV CM2/KG	Δ H (CM)	Δ H 0.85	MV(LAB) CM2/KG	Δ H (CM)	Δ H 0.85	Δ H ESPERADO
30 - 36	6.00	0.42	0.0398	10.02	8.51	0.052	12.35	11.35	6.81
36 - 41	5.00	0.25	0.0254	3.17	2.69	0.039	4.87	4.13	2.68
41 - 51	10.00	0.13	0.0311	4.04	3.43	0.032	4.16	3.53	2.29
				17.23	14.63		22.38	19.00	11.78

d) Asentamientos en el tiempo.

$$T = (Cv * t) / H^2$$

Δ H	ESTRATO	ESPESOR D	MV (CM2/KG)	CV (CM3/S)	K (CM/S)	H EFECTIVO
11.35	30 - 36	6.00	0.053	0.004	2.12*10 ⁻⁷	300
4.13	36 - 41	5.00	0.039	0.002	7.80*10 ⁻⁷	500
3.53	41 - 51	10.00	0.032	0.002	6.40*10 ⁻⁷	500

1 MES	1 MES	1 MES	6 MESES	6 MESES	6 MESES	Δ H (cm)	H (cm)
T	U %	S	T	U %	S		
0.1152	37.00	4.20	0.69	85.00	9.64	11.35	300
0.207	52.00	2.15	1.24	96.00	3.69	4.13	500
0.02	17.00	0.60	0.12	40.00	1.41	3.53	500
		6.95			15.01		

1 AÑO	1 AÑO	1 AÑO	2 AÑOS	2 AÑOS	2 AÑOS	5 AÑOS	5 AÑOS	5 AÑOS
T	U %	S	T	U %	S	T	U %	S
1.38	97.00	11.00	2.76	98.00	11.12	6.91	1.00	11.35
2.48	98.00	4.04	4.97	99.00	4.08	12.40	1.00	4.13
0.24	57.00	2.01	0.49	77.00	2.71	1.24	0.96	3.39
		17.05			17.91			18.87

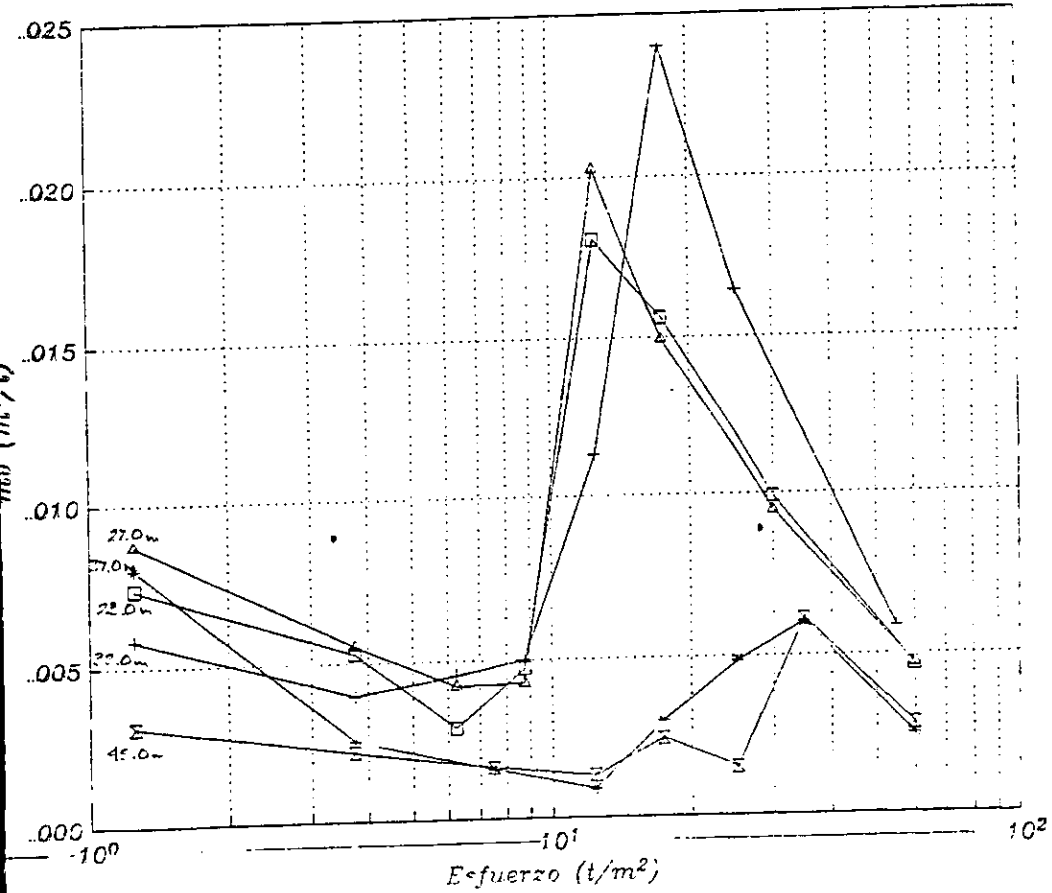


FIGURA III.25

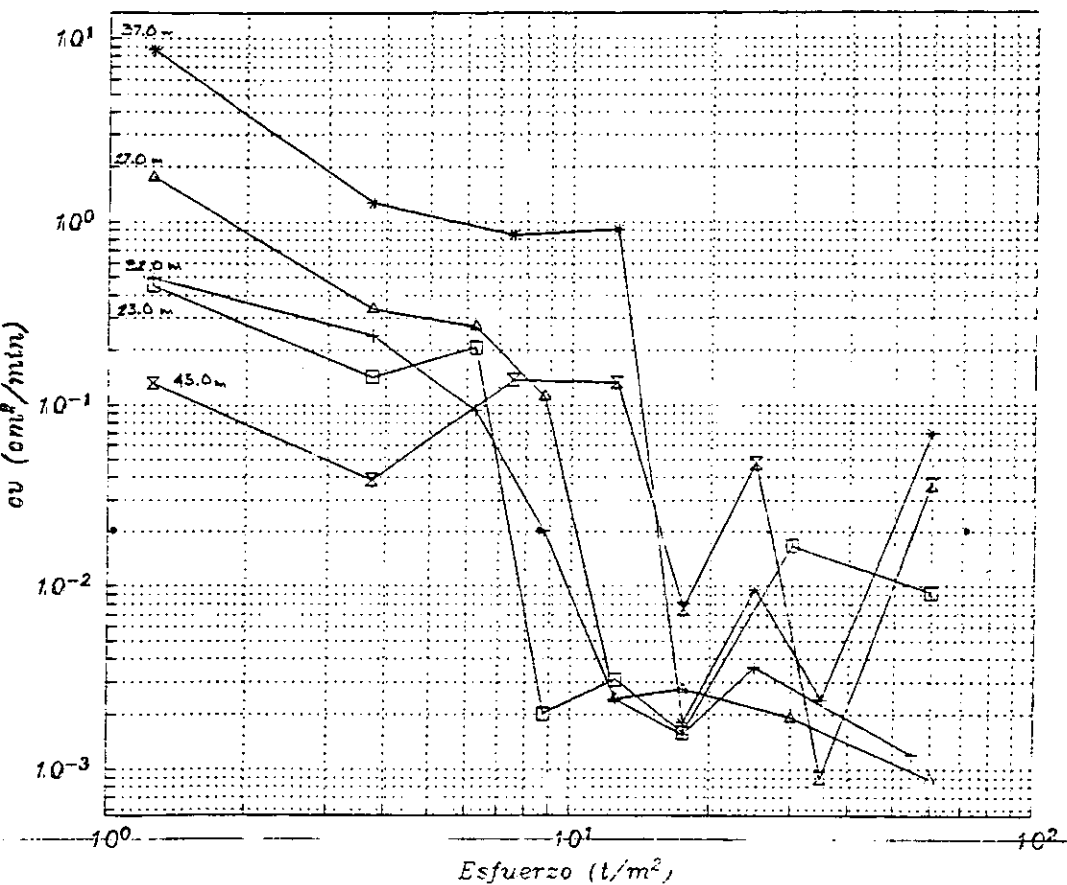


FIGURA III.26

III.4 Capacidad de Carga.

La capacidad de carga que rigió el sistema de cimentación del puente vehicular Eje 3 oriente - Viaducto, fue aquella evaluada al considerar la sumatoria de las capacidades de carga individual de los pilotes que conforman dicha cimentación. Para calcular la capacidad de carga, se determinaron los parámetros de resistencia del suelo a partir de las correlaciones con los sondeos de cono y pruebas de compresión simple y triaxiales en el laboratorio.

De acuerdo con las pruebas de carga efectuadas en pilotes de este tipo (fricción), se ha observado que al evaluar los parámetros de resistencia a partir de la combinación de los resultados del cono y ensayos de laboratorio, la capacidad de carga se aproxima más a la realidad, aún cuando el RCDF estipula la determinación de estos parámetros mediante pruebas triaxiales de tipo rápido.

Una vez determinada la resistencia al corte del suelo en toda la profundidad de interés, la capacidad de carga admisible Q_a , se evalúa con la expresión siguiente:

$$Q_u = Q_{fa} + Q_{pa}$$

donde

$$Q_{fa} = (P/F_s) \int_0^{Dfp} c \, dz$$

$$Q_{pa} = [(cN_c/F_s) + (\Gamma D_{fp})] A_p$$

donde, Q_{fa} y Q_{pa} son la capacidad de carga admisible por fricción y por punta, respectivamente; z indica la profundidad, p es el perímetro del pilote, ΓD_{fp} es el esfuerzo total en punta y A_p el área transversal del elemento.

Los estados límite de falla que establece el RCDF, se rigen por expresiones similares a las antes expuestas, por lo que los valores obtenidos son prácticamente los mismos al considerar los factores de seguridad y de reducción comparables.

Se ha considerado práctico restar a la carga máxima admisible, el peso sumergido del pilote, por lo que los pilotes no deben exceder a 77.00 toneladas ante la acción de las diferentes condiciones de carga, afectadas ya por un factor de carga.

De acuerdo con el RCDF, la carga límite de falla ante condiciones accidentales se ve reducida en este tipo de cimentaciones, resultando ser para la condición más crítica de hasta 71.00 toneladas.

III.5 Profundidad de Desplante.

Particularmente, en el sitio de construcción de este proyecto se presentaron una serie de instalaciones municipales no reubicables que, como ya se mencionó anteriormente, limitaron considerablemente los espacios.

En el sitio, el nivel de aguas superficiales se localizó a 1.50m y la estación piezométrica acusa una distribución de presiones prácticamente hidrostática, en todo el espesor arcilloso; posteriormente, las múltiples capas de materiales permeables después de los 42.00 m de profundidad provocan una disminución en la altura piezométrica a 5.50 m; sin embargo, el mayor abatimiento se manifiesta por los depósitos profundos donde la altura piezométrica es de tan sólo 17.00 m. Estos registros manifiestan que la mayor parte del hundimiento regional, que en la zona es del orden de 21 cm/año, ocurre en el depósito arcilloso que está limitado entre los lentes arenosos y los depósitos profundos, es decir entre los 41.00 y 51.00 m de profundidad.

Considerando que el material arcilloso que predomina en el perfil estratigráfico, es susceptible de grandes deformaciones ante el nivel de cargas que provocan este tipo de estructuras y dado el hundimiento regional que prevalece en la zona, se consideró como mejor alternativa de cimentación aquella compuesta por cajones de cimentación y pilotes de fricción.

Los cajones de cimentación de ambos cuerpos, que se desplantan a 3.00 m de profundidad, se encuentran ligados en sentido transversal al eje del trazo del puente, como se ilustra en la figura III.27. Los pilotes proyectados son de sección cuadrada de 40 cm por lado. La ubicación de la punta de estos elementos se estableció a los 35.00 m de profundidad, atendiendo a las condiciones de hundimiento regional de la zona, vida útil del puente y posición del Interceptor, guardando un colchón compresible del 15% del espesor del depósito antes de alcanzar la primera capa resistente.

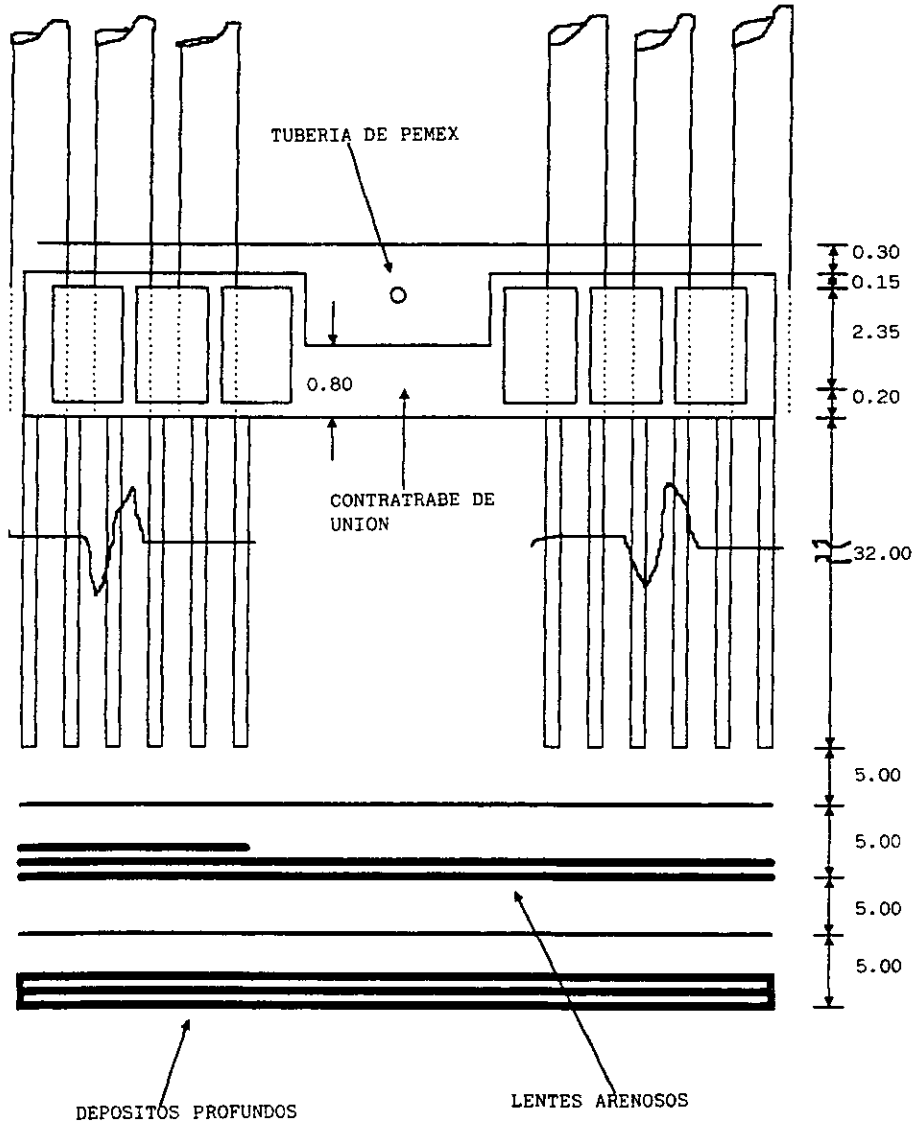


FIGURA III.27

IV.- ANALISIS DE LA CIMENTACION.

IV.1 Análisis bajo condiciones Estáticas y Dinámicas.

De acuerdo con la Normas Técnicas Complementarias para el diseño por Sismo del R.C.D.F. toda estructura podrá analizarse mediante un método dinámico. Las estructuras que no pasen de 60m de alto podrán analizarse, como alternativa, mediante el método estático. Con la misma limitación para estructuras ubicadas en las zonas II y III, también será admisible emplear los métodos estático y dinámico en los cuales se tienen en cuenta los periodos dominantes del terreno en el sitio de interés y la interacción suelo - estructura.

Para el caso del puente vehicular Eje 3 Oriente - Viaducto, la cimentación se analizó mediante los dos métodos, además de haber hecho previo un análisis por separado de los cuerpos que forman cada apoyo de la estructura. A continuación se presenta el procedimiento y los resultados obtenidos al realizar el análisis de la cimentación en estudio.

Acciones de Diseño.

De acuerdo con el Artículo 188 del R.C.D.F., las combinaciones de acciones a considerar en el diseño de las cimentaciones serán las siguientes:

- a) Primer tipo de combinación.- Acciones permanentes más acciones variables (Art. 186 R.C.D.F.) incluyendo la carga viva. Con este tipo de combinación se revisarán tanto los estados límite de servicio como los de falla. Las acciones variables se considerarán con su intensidad media para fines de cálculos de asentamientos u otros movimientos a largo plazo. Para la revisión de los estados límite de falla, se considerará la acción variable más desfavorable con su intensidad máxima y las acciones restantes con intensidad instantánea.
- b) Segundo tipo de combinación.- Acciones permanentes más acciones variables con intensidad instantánea y acciones accidentales (sismo). Con esta combinación se revisarán los estados límite de falla y de servicio asociados a deformaciones transitorias y permanentes del suelo bajo carga accidental.

Respecto a efectos bidireccionales, para la revisión de los estados límite de falla de una cimentación bajo este tipo de sollicitación, se deberán considerar las acciones sísmicas de la siguiente forma: 100% del sismo en una dirección y 30% en la dirección perpendicular a ella, con los signos que para cada concepto resulten desfavorables y se repetirá este procedimiento en la otra dirección.

Entre las acciones debidas a sismo, se incluirá la fuerza de inercia que obra en la masa de suelo potencialmente deslizante que subyace al cimiento de la construcción.

En el caso de cimentaciones profundas (como el caso en estudio) en las zonas II y III se incluirá entre las acciones la fricción negativa que puede desarrollarse sobre el fuste de los pilotes por consolidación del terreno circundante. Para estimar esta acción, se considerará que el máximo esfuerzo cortante que puede desarrollarse en el contacto pilote - suelo es igual a la cohesión del suelo determinada en prueba triaxial no consolidada - no drenada bajo presión de confinamiento representativa de las condiciones del suelo.

Se calcularán y tomarán en cuenta explícitamente en el diseño, el cortante en la base de la estructura y los momentos de volteo debidos tanto a excentricidades de cargas verticales respecto al centroide del área de cimentación como a sollicitaciones horizontales.

Para el cálculo del número de pilotes que llevaría cada apoyo de la cimentación del puente, primeramente se determinó un número tentativo de los mismos bajo condiciones estáticas como se muestra a continuación.

Capacidad de carga admisible (Ton)	76.60
Factor de carga	1.40
W de la estructura (Ton)	2054.20

ELEMENTO	L m	B m	H m	Vol. m ³	P.Vol. t/m ³	Cont.	Peso T	Peso Acum. t
Losa	15.30	8.60	0.20	23.316	2.40	2.00	126.317	126.316
Losa Topa	15.30	8.60	0.15	19.737	2.40	2.00	94.737	221.054
CT - L	15.30	0.60	1.85	16.983	2.40	4.00	163.037	384.091
	15.30	0.50	1.85	14.153	2.40	2.00	67.932	452.023
CT - Unión	9.40	0.60	2.20	12.408	2.40	2.00	59.558	511.581
	3.00	0.60	1.00	1.800	2.40	2.00	8.640	520.221
CT - T	6.90	0.60	1.85	7.659	2.40	4.00	73.526	593.748
	6.90	0.50	1.85	6.382	2.40	4.00	61.272	655.020
Dados	2.40	0.30	2.50	1.800	2.40	8.00	34.560	689.58
	1.80	0.30	2.50	1.350	2.40	4.00	12.960	702.54
Peso Cimentación							702.54	702.54
Relleno	15.30	8.60	0.30	39.474	1.70	2.00	134.212	836.751
Peso de Rellenos							134.21	836.751
Sub - Presión	15.30	8.60	0.50	65.79	1.00	2.00	-131.58	705.171
Compensación							-131.58	705.171
PESO NETO								705.171

Descarga total:	2891.00
Descarga factorizada:	4047.30
Compensación:	-131.60
Carga de Diseño:	3915.80
No. de Pilotes = (3915.80/76.60) =	51.119

Por otra parte se realizaron tres análisis para diferentes alternativas de cimentación de los apoyos; uno consistía en un cajón de cimentación para cada rampa del puente (cuerpo independiente), el otro se basaba en dos cajones (uno para cada rampa) ligados mediante contratraveses, y el último era un sólo cajón que abarcara las dos rampas.

Un cuerpo independiente.

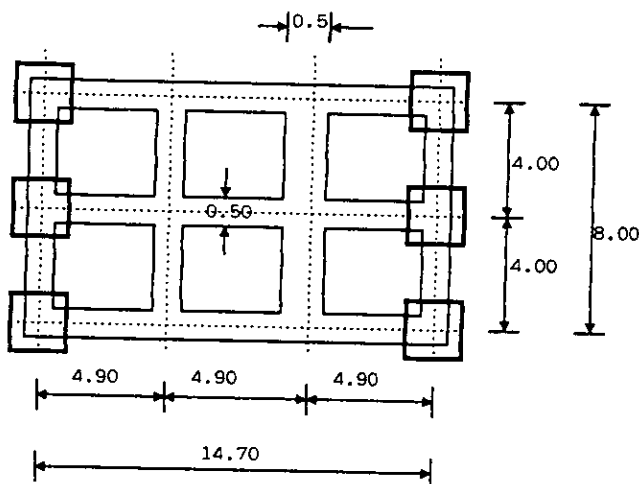


Figura IV.1

Profundidad de desplante: 2.50 m

Dados: 1.20 x 1.20 m

$\gamma_o = 3.15 \text{ Ton/m}^2$

$U = 0.5 \text{ Ton/m}^2$

$P_o = 3.65 \text{ Ton/m}^2$

$W_{cim} = 384.3 \text{ Ton}$

$W_{pil} = 7.5 \text{ Ton/pil.}$

$Q_{diseño} = 76.6 \text{ Ton}$

Superficie cim. = 131.6 m²

$C_{muerta} = 380.3 \text{ Ton}$

$C.V. \text{ máxima} = 147.1 \text{ Ton}$

Carga total actuante = $880.3+147.1+384.3= 1411.7$ Ton (un sólo cuerpo)
 = $1760.6+294.2+768.6=2823.4$ Ton (dos cuerpos unidos por CT)
 = $1760.6+294.2+1226=3280.8$ Ton (cuerpo total)

1.- Compensando hasta la profundidad de desplante .

$$\frac{(1411.7)(1.4) - (3.65)(131.6)}{76.6} = 20 \text{ pilotes}$$

2.- Compensando subpresión.

$$\frac{(1411.7)(1.4) - (0.5)(131.6)}{76.6} = 25 \text{ pilotes}$$

3.- Sólo cimentación.

$$\frac{(1411.7)(1.4)}{76.6} = 26 \text{ pilotes}$$

∴ Se emplearán 50 Pilotes*

Dos cuerpos unidos por contratraves (fig.IV.2).

1.-
$$\frac{(2856.1)(1.4) - (3.65)(263.2)}{76.6} = 40 \text{ pilotes}$$

2.-
$$\frac{(2856.1)(1.4) - (0.5)(263.2)}{76.6} = 51 \text{ pilotes}$$

3.-
$$\frac{(2856.1)(1.4)}{76.6} = 53 \text{ pilotes}$$

∴ Se emplearán 62 Pilotes*

Un cuerpo total.

1.-
$$\frac{(3280.8)(1.4) - (3.65)(452.9)}{76.6} = 39 \text{ pilotes}$$

2.-
$$\frac{(3280.8)(1.4) - (0.5)(452.9)}{76.6} = 57 \text{ pilotes}$$

3.-
$$\frac{(3280.8)(1.4)}{76.6} = 60 \text{ pilotes}$$

∴ Se emplearán 70 Pilotes*

* El número de pilotes es un arreglo de simetría para el mejor funcionamiento de la cimentación.

PUENTE VEHICULAR
EJE 3 OTE Y VIADUCTO

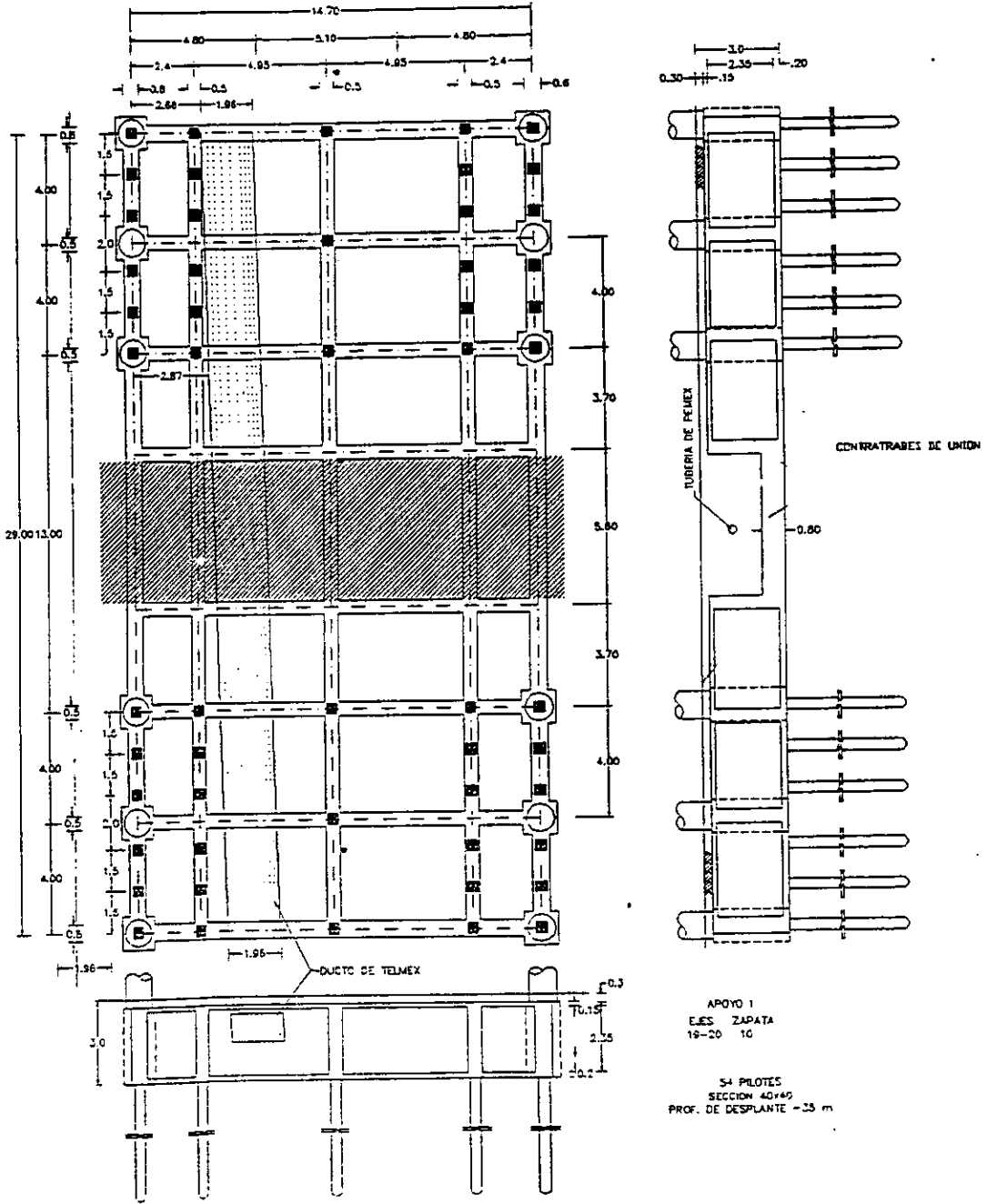


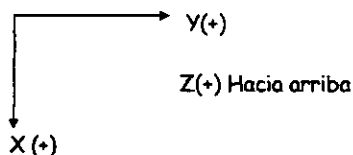
FIGURA IV.2

La alternativa seleccionada fue la segunda (dos cajones de cimentación unidos por contratrabes), cimentación a la cual se sometió a una evaluación ante condiciones estáticas y dinámicas, según el arreglo de los pilotes propuestos (figura IV.3).

Evaluación de Acciones Estáticas y Sísmicas.

Cada apoyo que forma la cimentación del puente vehicular Eje 3 Oriente - Viaducto se analizó de manera similar, por lo que se presentará una corrida del programa utilizado (SISMO) por la empresa Rioboo, S.A. de C.V. para el análisis antes mencionado. Cabe mencionar que el programa de computación que se utilizó para este diseño fue creado para resolver las necesidades específicas de este puente, lo que significa que de ninguna manera es un programa comercial.

Se adoptó la siguiente convención de signos:



Momentos (+): Regla de la mano derecha.

Adoptada esta convención, se procedió a localizar por medio de coordenadas cada una de las columnas que forman el apoyo. Posteriormente se realizó el análisis para la combinación de las condiciones (estáticas) que se presentan como: Peso propio de la columna, peso propio de las trabes (TA y TC) y el peso propio de las trabes más el cabezal. Al alimentar el programa con los datos antes mencionados, este arrojó los resultados de la descarga vertical total y la suma de momentos alrededor del eje X y del eje Y.

El programa analizó dos centros de carga refiriéndose al centroide del apoyo en una y otra dirección (X y Y). De esto se obtuvieron los incrementos de momentos alrededor de cada eje y se sumaron con los momentos antes obtenidos, teniendo la suma de los momentos totales alrededor de los ejes; posteriormente el programa arroja las excentricidades en cada eje, las cuales se obtienen con la división de los momentos totales entre las fuerzas verticales actuantes, de esta manera se obtiene el centro de cargas.

ARREGLO DE PILOTES

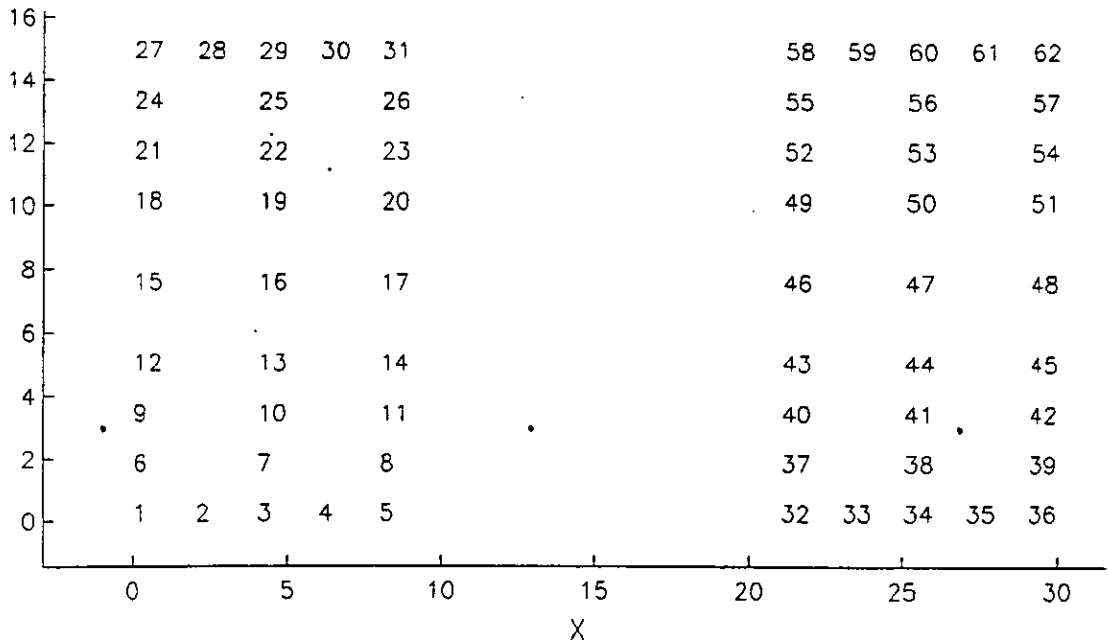


FIGURA IV.3

Este mismo procedimiento se realizó para diferentes análisis. Se analizaron, además de las condiciones estáticas antes mencionadas, estas mismas más la carga viva, se realizó un análisis para la combinación ante condiciones sísmicas, realizando dos combinaciones: una en donde se consideró el 30% de la fuerza sísmica en el sentido longitudinal y el 100% en el sentido transversal y la otra con el 100% en el sentido longitudinal y el 30% en sentido transversal. A diferencia de los dos primeros análisis, es este caso no se obtienen excentricidades y por consecuencia tampoco hay centro de cargas, ya que se trabajó sólo con fuerzas horizontales.

Por último se analizó la condición de la carga viva sin el peso propio de los elementos estructurales (columnas y traveses) con el mismo procedimiento antes descrito.

A continuación se presenta un ejemplo de una de las corridas obtenidas por el programa para uno de los apoyos analizados:

COORDENADA DE COLUMNAS

COLUMNA	X	Y
1	0.00	0.00
2	0.00	14.70
3	4.01	0.00
4	4.01	14.70
5	8.02	0.00
6	8.02	14.70
7	21.02	0.00
8	21.02	14.70
9	25.03	0.00
10	25.03	14.70
11	29.04	0.00
12	29.04	14.70

ANALISIS PARA LA COMBINACION DE CONDICIONES

-1.00	1	PP COLUMNA
-1.00	2	PP TA + CABEZAL
-1.00	3	PP TC-A
-1.00	6	PP TC-B
-1.00	4	CM TC-A
-1.00	7	CM TA
-1.00	5	CM TC-B
-1.00	9	SCM TC-A
-1.00	8	SCM TA
-1.00	10	SCM TC-B

DESCARGA VERTICAL TOTAL:	-1760.54
SUMA DE MO. ALREDEDOR DE X:	-0.44
SUMA DE MOMENTOS ALREDEDOR DE Y:	0.44

CON CENTRO: 1	
INCREMENTO DE MO ALREDEDOR DE X:	-13.38
INCREMENTO DE MO ALREDEDOR DE Y:	-0.72

MOMENTOS TOTALES ALREDEDOR DE X:	-13.38
MOMENTOS TOTALES ALREDEDOR DE Y:	-0.28

EXCENTRICIDADES ABS:	X = 0.00
	Y = 0.01

CENTRO DE CARGAS:	X = 14.52
	Y = 7.36

CON CENTRO : 2
 INCREMENTO DE MO ALREDEDOR DE X: -13.38
 INCREMENTO DE MO ALREDEDOR DE Y: -0.72

ANALISIS PARA LA COMBINACION DE CONDICIONES

-1.00	1	PP COLUMNA
-1.00	2	PP TA + CABEZAL
-1.00	3	PP TC-A
-1.00	6	PP TC-B
-1.00	4	CM TC-A
-1.00	7	CM TA
-1.00	5	CM TC-B
-1.00	9	SCM TC-A
-1.00	8	SCM TA
-1.00	10	SCM TC-B
-1.00	19	CV-9

DESCARGA VERTICAL TOTAL: -2054.66
 SUMA DE MO ALREDEDOR DE X: -0.86
 SUMA DE MO ALREDEDOR DE Y: -2.22

CON CENTRO: 1
 INCREMENTO DE MO ALREDEDOR DE X: -444.09
 INCREMENTO DE MO ALREDEDOR DE Y: -577.60

MOMENTOS TOTALES ALREDEDOR DE X: -444.95
 MOMENTOS TOTALES ALREDEDOR DE Y: - 579.82

EXCENRICIDADES ABS. X= 0.28
 Y= 0.22

CENTRO DE CARGAS X= 14.24
 Y= 7.57

CON CENTRO: 2
 INCREMENTO DE MO ALREDEDOR DE X: -444.09
 INCREMENTO DE MO ALREDEDOR DE Y: -579.82

EXCENRICIDADES ABS: X = 0.28
 Y = 0.22

CENTRO DE CARGAS: X = 14.24
 Y = 7.57

MOMENTOS TOTALES ALREDEDOR DE X: -13.82
 MOMENTOS TOTALES ALREDEDOR DE Y: -0.28

EXCENRICIDADES ABS: X = 0.00
 Y = 0.01

CENTRO DE CARGAS: X = 14.52
 Y = 7.36

ANALISIS PARA LA COMBINACION DE CONDICIONES

-0.300	23	SISMO LONGITUDINAL
-1.000	24	SISMO TRANSVERSAL

DESCARGA VERTICAL TOTAL: 0000.00
 SUMA DE MO ALREDEDOR DE X: -606.60
 SUMA DE MO ALREDEDOR DE Y: 2062.00

CON CENTRO: 1
 INCREMENTO DE MO ALREDEDOR DE X: -597.73
 INCREMENTO DE MO ALREDEDOR DE Y: 1952.71

"PLANEACION, ESTUDIO GEOTECNICO E IMPACTO AMBIENTAL DEL PUENTE VEHICULAR EJE 3 OTE - VIADUCTO"

MOMENTOS TOTALES ALREDEDOR DE X: -1204.33
 MOMENTOS TOTALES ALREDEDOR DE Y: 4014.71

EXCENTRICIDADES ABS: X = ++++++++
 Y = ++++++++

CENTRO DE CARGAS: X = ++++++++
 Y = ++++++++

CON CENTRO: 2
 INCREMENTO DE MO ALREDEDOR DE X: -597.73
 INCREMENTO DE MO ALREDEDOR DE Y: 1952.71

MOMENTOS TOTALES ALREDEDOR DE X: -1204.33
 MOMENTOS TOTALES ALREDEDOR DE Y: 4014.71

EXCENTRICIDADES ABS: X = ++++++++
 Y = ++++++++

CENTRO DE CARGAS: X = ++++++++
 Y = ++++++++

ANALISIS PARA LA COMBINACION DE CONDICIONES

-1.000	23	SISMO LONGITUDINAL
-0.300	24	SISMO TRANSVERSAL

DESCARGA VERTICAL TOTAL: 0.00
 SUMA DE MO ALREDEDOR DE X: -2022.00
 SUMA DE MO ALREDEDOR DE Y: 618.60

CON CENTRO: 1
 INCREMENTO DE MO ALREDEDOR DE X: -1992.44
 INCREMENTO DE MO ALREDEDOR DE Y: 585.81

MOMENTOS TOTALES ALREDEDOR DE X: -4014.44
 MOMENTOS TOTALES ALREDEDOR DE Y: 1204.41

EXCENTRICIDADES ABS: X = ++++++++
 Y = ++++++++

CENTRO DE CARGAS: X = ++++++++
 Y = ++++++++

CON CENTRO: 2
 INCREMENTO DE MO ALREDEDOR DE X: -1992.44
 INCREMENTO DE MO ALREDEDOR DE Y: 585.81

MOMENTOS TOTALES ALREDEDOR DE X: -4014.44
 MOMENTOS TOTALES ALREDEDOR DE Y: 1204.41

EXCENTRICIDADES ABS: X = ++++++++
 Y = ++++++++

CENTRO DE CARGAS: X = ++++++++
 Y = ++++++++

ANALISIS PARA LA COMBINACION DE CONDICIONES

-1.000 19 CV - 9

DESCARGA VERTICAL TOTAL: -294.12
SUMA DE MO ALREDEDOR DE X: -0.42
SUMA DE MO ALREDEDOR DE Y: -2.66

CON CENTRO: 1
INCREMENTO DE MO ALREDEDOR DE X: -430.71
INCREMENTO DE MO ALREDEDOR DE Y: -576.88

MOMENTOS TOTALES ALREDEDOR DE X: -431.13
MOMENTOS TOTALES ALREDEDOR DE Y: -579.54

EXCENTRICIDADES ABS: X = 1.97
 Y = 1.47

CON CENTRO: 2
INCREMENTO DE MO ALREDEDOR DE X: -430.71
INCREMENTO DE MO ALREDEDOR DE Y: -576.88

MOMENTOS TOTALES ALREDEDOR DE X: -431.13
MOMENTOS TOTALES ALREDEDOR DE Y: -579.54

EXCENTRICIDADES ABS: X = 1.97
 Y = 1.47

CENTRO DE CARGAS: X = 12.55
 Y = 8.82

Evaluación de cargas en pilotes ante acciones sísmicas.

En este análisis se consideraron los siguientes datos: carga viva, peso de la cimentación, compensación del suelo, el centro geométrico del arreglo de los pilotes propuesto y los momentos de los pilotes en el eje X y en el eje Y.

Como en el caso anterior (evaluación ante condiciones estáticas), en este análisis se consideraron 30% y 100% de las fuerzas sísmicas en el sentido transversal y longitudinal respectivamente, llamándosele a este caso dirección 1 y a la combinación contraria dirección 2.

El programa utilizado arrojó los siguientes resultados en las dos direcciones: momentos en X y en Y, el pilote con carga máxima y el pilote con carga mínima, además de la capacidad de carga admisible y carga última. Con todos estos datos se establecieron los parámetros de diseño en cuanto al número de pilotes y la capacidad de carga de los mismos, por lo que al ejecutar la corrida para el análisis de cada uno de los pilotes que forman un apoyo (de acuerdo al arreglo propuesto) se obtuvieron resultados aprobatorios ya que ningún pilote rebasaba las capacidades de carga última y admisible que eran de 111.00 y 71.75 toneladas respectivamente, lo que favoreció para determinar el arreglo definitivo de los pilotes (figura IV.3).

En las siguientes páginas se presentan copias de la corrida original del análisis antes mencionado.

***** EVALUACION DE CARGAS EN PILOTES ANTE ACCIONES SISMICAS *****

 PUENTE VEHICULAR VIADUCTO Y EJE 3 OTE.

CARGA MUERTA 1760.60
 PESO DE CIMENTACION 801.30
 CARGA VIVA 294.2
 COMPENSACION 131.60
 CENTRO DE PILOTES: X=14.50 Y= 7.35
 MOMENTO DE PILOTES EN "X" 7443.50
 MOMENTO DE PILOTES EN "Y" 1761.90

 ANALISIS EN DIRECCION 1
 MOMENTO EN "X" 1689.38
 MOMENTO EN "Y" 5630.46

PILOTE CON CARGA MAXIMA 1 61.35 ton
 PILOTE CON CARGA MINIMA 1 25.31 ton

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA 111.00 ton
 CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE 73.12 ton

 ANALISIS EN DIRECCION 2
 MOMENTO EN "X" 5630.46
 MOMENTO EN "Y" 1689.38

PILOTE CON CARGA MAXIMA 1 70.11 ton
 PILOTE CON CARGA MINIMA 1 16.55 ton

APACIDAD DE CARGA ULTIMA 111.00 ton
 APACIDAD DE CARGA ADMISIBLE 71.75 ton

PILOTE	COORD(m)		CARGAS COND.1 (ton)			CARGAS COND.2 (ton)				
	X	Y	MAXIMAS	MEDIAS	MINIMAS	MAXIMAS	MEDIAS	MINIMAS		
1	.00	.00	61.35	47.25	39.41	25.31	70.11	23.13	63.53	16.55
2	2.00	.00	59.83	45.74	40.92	26.83	69.66	22.68	63.98	17.01
3	4.00	.00	58.32	44.23	42.44	28.34	69.20	22.23	64.44	17.46
4	6.00	.00	56.81	42.71	43.95	29.85	68.75	21.77	64.89	17.91
5	8.00	.00	55.29	41.20	45.46	31.37	68.29	21.32	65.34	18.37
6	.00	1.60	59.81	48.79	37.88	26.85	65.00	28.25	58.41	21.66
7	4.00	1.60	56.79	45.76	40.90	29.87	64.09	27.34	59.32	22.57
8	8.00	1.60	53.76	42.73	43.93	32.90	63.18	26.43	60.23	23.48
9	.00	3.20	58.28	50.32	36.34	28.38	59.88	33.36	53.30	26.78
10	4.00	3.20	55.25	47.29	39.37	31.41	58.98	32.45	54.21	27.69
11	8.00	3.20	52.23	44.27	42.39	34.43	58.07	31.54	55.12	28.59
12	.00	4.80	56.74	51.85	34.81	29.92	54.77	38.47	48.19	31.89
13	4.00	4.80	53.72	48.83	37.83	32.94	53.86	37.56	49.10	32.80
14	8.00	4.80	50.69	45.80	40.86	35.97	52.95	36.66	50.00	33.71
15	.00	7.35	54.30	54.30	32.36	32.36	46.62	46.62	40.04	40.04
16	4.00	7.35	51.27	51.27	35.39	35.39	45.71	45.71	40.95	40.95
17	8.00	7.35	48.25	48.25	38.41	38.41	44.81	44.81	41.86	41.86
18	.00	9.90	56.74	51.85	34.81	29.92	54.77	38.47	48.19	31.89
19	4.00	9.90	53.72	48.83	37.83	32.94	53.86	37.56	49.10	32.80
20	8.00	9.90	50.69	45.80	40.86	35.97	52.95	36.66	50.00	33.71
21	.00	11.50	58.28	50.32	36.34	28.38	59.88	33.36	53.30	26.78
22	4.00	11.50	55.25	47.29	39.37	31.41	58.98	32.45	54.21	27.69
23	8.00	11.50	52.23	44.27	42.39	34.43	58.07	31.54	55.12	28.59
24	.00	13.10	59.81	48.79	37.88	26.85	65.00	28.25	58.41	21.66

25	4.00	13.10	56.79	45.76	40.90	29.87	64.09	27.34	59.32	22.57
26	8.00	13.10	53.76	42.73	43.93	32.90	63.18	26.43	60.23	23.48
27	.00	14.70	61.35	47.25	39.41	25.31	70.11	23.13	63.53	16.55
28	2.00	14.70	59.83	45.74	40.92	26.83	69.66	22.68	63.98	17.01
29	4.00	14.70	58.32	44.23	42.44	28.34	69.20	22.23	64.44	17.46
30	6.00	14.70	56.81	42.71	43.95	29.85	68.75	21.77	64.89	17.91
31	8.00	14.70	55.29	41.20	45.46	31.37	68.29	21.32	65.34	18.37
32	21.00	.00	55.29	41.20	45.46	31.37	68.29	21.32	65.34	18.37
33	23.00	.00	56.81	42.71	43.95	29.85	68.75	21.77	64.89	17.91
34	25.00	.00	58.32	44.23	42.44	28.34	69.20	22.23	64.44	17.46
35	27.00	.00	59.83	45.74	40.92	26.83	69.66	22.68	63.98	17.01
36	29.00	.00	61.35	47.25	39.41	25.31	70.11	23.13	63.53	16.55
37	21.00	1.60	53.76	42.73	43.93	32.90	63.18	26.43	60.23	23.48
38	25.00	1.60	56.79	45.76	40.90	29.87	64.09	27.34	59.32	22.57
39	29.00	1.60	59.81	48.79	37.88	26.85	65.00	28.25	58.41	21.66
40	21.00	3.20	52.23	44.27	42.39	34.43	58.07	31.54	55.12	28.59
41	25.00	3.20	55.25	47.29	39.37	31.41	58.98	32.45	54.21	27.69
42	29.00	3.20	58.28	50.32	36.34	28.38	59.88	33.36	53.30	26.78
43	21.00	4.80	50.69	45.80	40.86	35.97	52.95	36.66	50.00	33.71
44	25.00	4.80	53.72	48.83	37.83	32.94	53.86	37.56	49.10	32.80
45	29.00	4.80	56.74	51.85	34.81	29.92	54.77	38.47	48.19	31.89
46	21.00	7.35	48.25	48.25	38.41	38.41	44.81	44.81	41.86	41.86
47	25.00	7.35	51.27	51.27	35.39	35.39	45.71	45.71	40.95	40.95
48	29.00	7.35	54.30	54.30	32.36	32.36	46.62	46.62	40.04	40.04
49	21.00	9.90	50.69	45.80	40.86	35.97	52.95	36.66	50.00	33.71
50	25.00	9.90	53.72	48.83	37.83	32.94	53.86	37.56	49.10	32.80
51	29.00	9.90	56.74	51.85	34.81	29.92	54.77	38.47	48.19	31.89
52	21.00	11.50	52.23	44.27	42.39	34.43	58.07	31.54	55.12	28.59
53	25.00	11.50	55.25	47.29	39.37	31.41	58.98	32.45	54.21	27.69
54	29.00	11.50	58.28	50.32	36.34	28.38	59.88	33.36	53.30	26.78
55	21.00	13.10	53.76	42.73	43.93	32.90	63.18	26.43	60.23	23.48
56	25.00	13.10	56.79	45.76	40.90	29.87	64.09	27.34	59.32	22.57
57	29.00	13.10	59.81	48.79	37.88	26.85	65.00	28.25	58.41	21.66
58	21.00	14.70	55.29	41.20	45.46	31.37	68.29	21.32	65.34	18.37
59	23.00	14.70	56.81	42.71	43.95	29.85	68.75	21.77	64.89	17.91
60	25.00	14.70	58.32	44.23	42.44	28.34	69.20	22.23	64.44	17.46
61	27.00	14.70	59.83	45.74	40.92	26.83	69.66	22.68	63.98	17.01
62	29.00	14.70	61.35	47.25	39.41	25.31	70.11	23.13	63.53	16.55

IV.2 Cimentación y Construcción de los Estribos.

Para salvar el desnivel entre el puente y el nivel de la vialidad se procedió a la construcción de un aireplén en el lado norte (uno en cada rampa); en el lado sur se construyó una rampa combinándose dos estructuras distintas a su vez: terraplén y aireplén. Cada aireplén está construido por un cajón de cimentación bajo el muro estribo y una rampa de conexión formada por dos muros de contención, losas y contratraveses. En general el cajón se desplantó a 4.50m debajo del Nivel de terreno Natural (NTN) y la rampa a 1.00 con respecto al mismo nivel.

En las figuras IV.4, IV.5 y IV.6 se presenta la forma geométrica del cajón de cimentación en planta, un corte transversal y uno longitudinal respectivamente. Cabe mencionar que parte del cajón de cimentación se relleno con poliestireno para evitar filtraciones excesivas de agua que pudiesen aumentar el peso de la estructura y provocar asentamientos diferentes a los calculados (figura IV.6).

Aireplén.

Para la construcción del aireplén se siguieron los siguientes pasos:

- a) La excavación se efectuó en una sola etapa y hasta la profundidad de desplante indicada en el proyecto (4.50m para el cuerpo que soporta el estribo y 1.00m para la rampa). La excavación se realizó con equipo ligero y siguiendo la geometría indicada en proyecto.
- b) La excavación para la estructura de la rampa se efectuó abriendo caja, con cortes verticales. Se previó de antemano que el final de la rampa (donde presenta menor altura) quedara a NTN.
- c) La excavación para el cajón bajo los estribos, observó taludes cuya relación horizontal - vertical fue de 1:0.3 y ocupó un área cuyos lados fueron 50cm mayores a los de la geometría a nivel de desplante.
- d) El fondo de la excavación se escarificó a una profundidad de 15cm, retirando cualquier material que pudiera ser nocivo al comportamiento del aireplén, como materia orgánica, materiales con excesiva humedad y consistencia muy blanda, cascajo y fragmentos líticos mayores a 4", etc. Posteriormente se compactó al 85% respecto a la prueba AASHTO Estándar (T-99).
- e) Una vez que se tuvo el nivel de desplante de proyecto, el área de la estructura excavada, se colocó una plantilla de concreto pobre ($f'c=100 \text{ kg/cm}^2$) de 5cm de espesor que cubrió únicamente el área de la estructura.
- f) Una vez concluida la construcción del cajón y previo a la colocación de los rellenos, se aplicó por la parte exterior de los muros un producto formando una película impermeable, selladora del microfisuramiento.

Realizada la excavación se procedió a habilitar y colocar el armado de acero de los muros y losas del cajón de cimentación bajo el muro estribo, continuando con el armado de la losa fondo y contratraves de la rampa, concluyendo con el armado de la losa tapa de la rampa de conexión; el armado del muro estribo se hizo a la par con el de la rampa: La resistencia del acero empleado en el aireplén fue de un $f_y=4200$ kg/cm²; los diámetros en las varillas corrugadas fueron en el refuerzo principal de $1\frac{1}{2}$ " en el cajón de cimentación y contratraves en la zona de rampa de conexión. En el muro estribo fue de $1\frac{1}{4}$ " y de $\frac{3}{4}$ ", los estribos empleados en todo el muro estribo, el cajón del aireplén y la rampa fueron de $\frac{1}{2}$ ", así como el refuerzo por temperatura.

Una vez armados los muros de contención del cajón del aireplén, la losa fondo, contratraves y la losa tapa; así como los muros del estribo se procedió al cimbrado de los elementos antes mencionados, utilizando madera de pino de tercera y/o triplay de $\frac{1}{2}$ " de espesor, teniendo una separación mínima entre acero y cimbra de 4 cm.

Cimbrados los muros se coló con concreto de un $f'_c=250$ kg/cm², colando a la par la losa fondo como los muros de contención y contratraves, esto para evitar juntas constructivas bajo el nivel de aguas friáticas. Posteriormente, ya colados estos elementos, se coló la losa tapa, el muro estribo y las rampas.

Terminada la construcción del cajón de cimentación, muro estribo y losa superior, que a su vez es la superficie de rodamiento de enlace y sirviendo de transición entre la estructura del puente y la vialidad, se hace un enlace de la rampa a la rasante y a la vialidad mediante una losa de aproximación (losa de concreto armado). El armado de esta losa se realizó con acero de $\frac{1}{2}$ " en ambos sentidos con una separación de 20cm, teniendo un espesor de 15cm (concreto terminado). La dimensión de la losa de transición (figura IV.7) fue de 3.00m de largo por el ancho de la rampa. Esta losa sólo se utilizó en el extremo norte del puente, ya que en el lado sur se realizó la transición por medio de un terraplén.

Terraplén.

El terraplén se construyó de acuerdo a las siguientes especificaciones:

- a) Se excavó toda el área restante de aireplén no construido conforme al proyecto original, cuyo nivel indicaba abajo del nivel del terreno natural (al mismo nivel del muro estribo). La excavación se realizó en una sola etapa.

b) En el fondo de la excavación se escarificó 15cm, retirando todo el material que pudiera ser nocivo al comportamiento del terraplén. Posteriormente se compactó al 90% respecto a la prueba AASHTO estándar, debido a la calidad del suelo se tomó como solución la utilización de una geomembrana para reducir el espesor de tezontle, ya que dicha membrana cumple con la función de rompedora de capilaridad. Colocada la membrana, se hizo un relleno aligerado de tezontle, en capas de 50cm máximo a todo lo ancho y hasta el nivel de despiante de la sub - base del pavimento. El tezontle colocado no contiene más del 30% de fragmentos mayores de 8".

Cabe señalar que para la construcción del terraplén se construyeron muros de concreto armado paralelos al eje del puente, colindantes en ambas laterales de Francisco del Paso y Troncoso, sustentados sobre una zapata corrida en una misma dirección.

El pavimento utilizado fue de tipo flexible colocado sobre el terraplén aligerado, el cual está sustentado sobre una capa sub - rasante formada por el relleno de tezontle; a continuación de esta se construyó la capa de sub - base y carpeta asfáltica, hasta la conexión con la vialidad.

La capa de la sub - base cumplió con las siguientes características:

ESPESOR	20 CM
COMPACTACION AASHTO MODIFICADA	95% MINIMO
GRANULOMETRIA PREFERENTE	ZONA 2 FIG. IV.8
TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO	1 ½"
CONTENIDO DE FINOS	20% MINIMO
VALOR RELATIVO DE SOPORTE	80% MINIMO
EQUIVALENTE DE ARENA	35% MINIMO
VALOR CEMENTANTE	3 KG/CM2

La sub - base se formó con dos capas cuyo espesor máximo de cualquiera de ellas estuvo regida de acuerdo a especificaciones con 60% del total debiéndose compactar con equipo al 95% de la prueba AASHTO modificada.

Habiendo cumplido con la construcción de la sub - base, se construyó la capa base con las siguientes características:

ESPESOR	15 CM
COMPACTACION AASHTO MODIFICAD	100% MINIMO
GRANULOMETRIA PREFERENTE	ZONA 1 FIG. IV.8
TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO	1 ½"
CONTENIDO DE FINOS	10% MINIMO
VALOR RELATIVO DE SOPORTE	100% MINIMO
EQUIVALENTE DE ARENA	40% MINIMO
VALOR CEMENTANTE	3 KG/CM2

La base se formó con dos capas de 10cm y 5cm de espesor, ambas se compactaron con equipo vibratorio. De igual forma que la sub - base se verificó la alineación, perfil, sección, compactación, espesor y acabado de acuerdo con el proyecto.

Una vez que se verificaron las características de la base, seca y libre de partículas sueltas, se aplicó el riego de impregnación con las siguientes características:

PRODUCTO ASFALTICO	FM-1
RELACION	1.2 Lt/m ²
PENETRACION	4 mm MINIMO
ABSORCION TOTAL	24 Hrs: MAXIMO

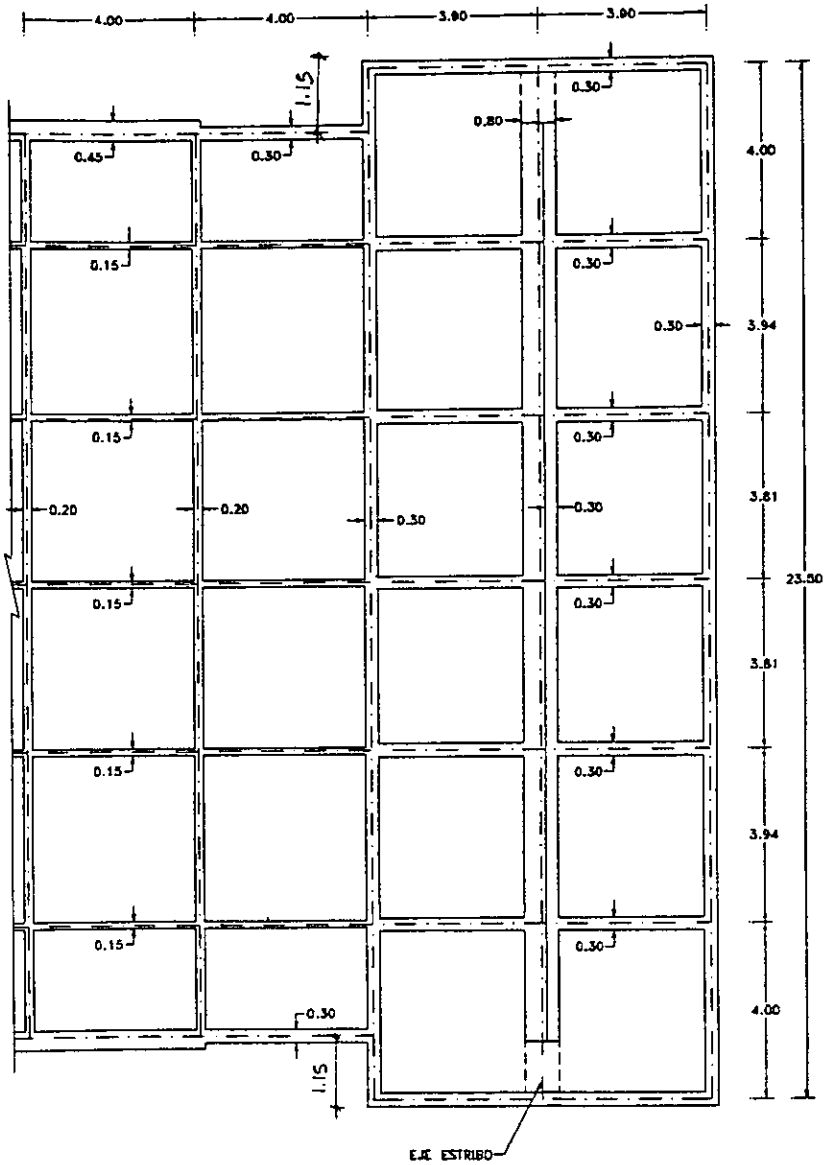
La relación producto asfáltico/área varió en función del contenido de finos, pero siempre quedó entre 1.2 y 1.6 Lt/m².

El riego se aplicó durante las horas más calurosas. Cuando existieron acumulaciones excesivas de asfalto se retiraron con cepillos y cuando hubo posibilidad de lluvia esta actividad se pospuso, protegiendo la base mediante el sellado con rodillo neumático o bien con membrana de polietileno. La base impregnada se cerró al tráfico por un mínimo de 48 horas.

Transcurridas 48 horas de aplicado el riego de impregnación, se procedió a aplicar el riego de liga sobre la base, al mismo tiempo se aplicaba el riego de liga en el firme de compresión en la zona de trabes y sobre la losa del aireplén. El riego fue a base de material asfáltico rebajado de fraguado rápido.

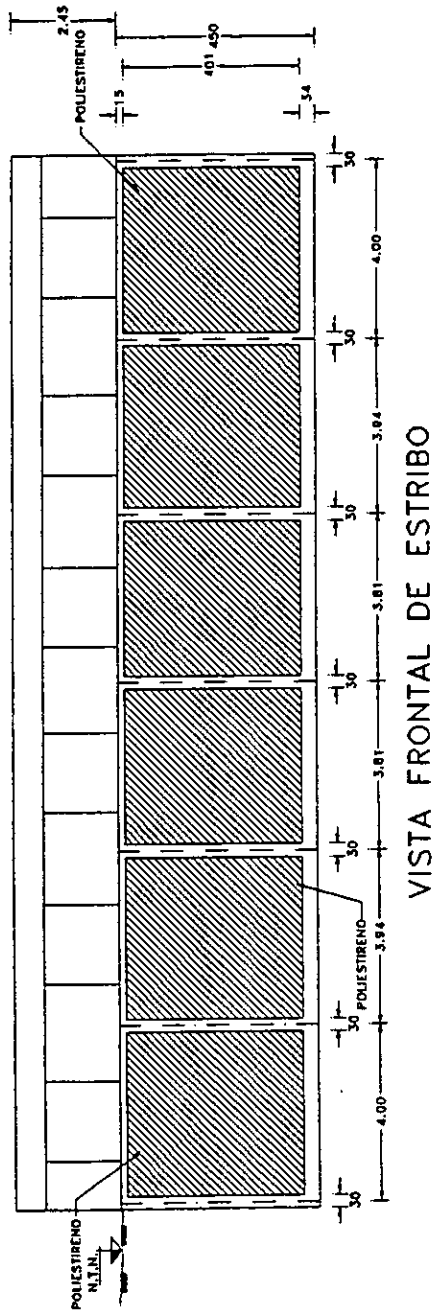
Después de 30 minutos de haber aplicado el riego de liga se formó la carpeta asfáltica, mediante el tendido y compactado de mezcla elaborada en caliente, en una planta estacionaria utilizando cemento asfáltico.

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA



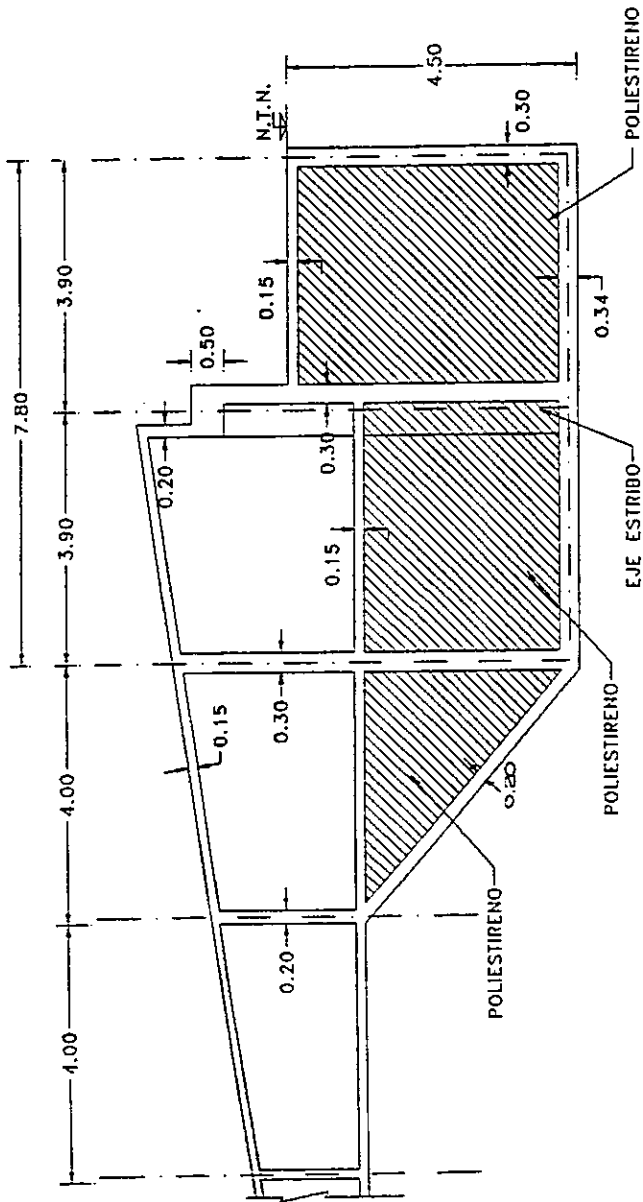
PLANTA

FIGURA IV.4



VISTA FRONTAL DE ESTRIBO

FIGURA IV.5



ELEVACION

FIGURA IV.6

V.- PROCESO CONSTRUCTIVO.

V.1 Preliminares

Una vez que se determinó el trazo de eje de la obra, se planeó la forma en la cual se confinaría el área de trabajo de tal manera que no se debería interferir en lo más mínimo posible con el tránsito vehicular, proporcionando a la vez seguridad a los peatones.

El confinamiento de la obra se realizó mediante una barda (tapial) perimetral, construida a base de lámina Pintro y postes de línea de sección cuadrada, las dimensiones de este tapial fueron a todo lo largo de la obra y con una altura de 2.30 m, y una modulación de 3.00 m. Como protección adicional se colocaron dovelas de concreto armado en los cruces de Viaducto y Eje 3 Sur para evitar daños al confinamiento debido al alto índice vehicular.

De acuerdo a lo anterior fue necesario cerrar los arroyos centrales en ambos sentidos del Eje 3 Oriente, desviando la circulación de automóviles hacia las laterales; así también, mediante el uso de señalización de protección de obra colocado en las cercanías a la zona de obra a manera de orientar al conductor para la utilización de vías alternas, para evitar el punto de conflicto. Las vías alternas que se utilizaron fueron: Eje 2 Oriente, Río Churubusco, Eje 1 Sur, Eje 2 Sur y Eje 4 Sur.

En el trazo definitivo del puente no se logró librar todas las instalaciones visibles y ocultas. Se detectaron instalaciones de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, Teléfonos de México, Compañía de Luz y Fuerza del Centro, Petróleos Mexicanos y Sistema de Transporte Eléctrico.

Cárcamo de Bombeo (D.G.C.O.H.).

Uno de los objetivos primordiales del puente vehicular Eje 3 Oriente - Viaducto, era librar esta última arteria así como la glorieta formada entre ambos, coincidiendo en la zona de la glorieta el cajón de cimentación número 5 con un cárcamo de bombeo de aguas pluviales, por lo que se optó reubicar dicha estructura dentro de la misma glorieta pero fuera del área de influencia del cajón.

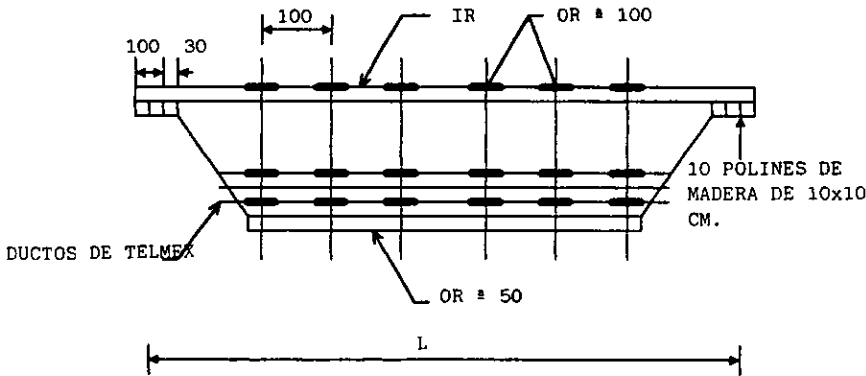
Señalada el área del cajón de cimentación que se traslapaba con el cárcamo, se efectuó la demolición de la losa superior del cárcamo y de las estructuras que se ubican sobre ella, la demolición continuo con los muros y losas de la estructura (del cárcamo) hasta 2.00 m de profundidad por debajo del nivel de desplante del cajón de cimentación correspondiente. A la par de la demolición, se excavó el terreno circundante formando taludes con una relación 0.40:1.

La construcción del cárcamo consistió en colocar un tablaestacado de concreto, cuya función fue la contención del terreno durante la excavación. La excavación se efectuó en tres etapas y en cada una de ellas se realizaron las actividades de armado y colado parcial del muro perimetral.

Teléfonos de México.

Dentro del trazo del puente se localizaron dos canalizaciones de telefonía, la primera ubicada en eje 3 Sur, Av. Morelos y Fco. Del Paso y Troncoso; la segunda se ubicó en la calle de Añil con la Av. Fco. Del Paso y Troncoso, ambos cruzan transversalmente el eje longitudinal del puente. Los ductos tenían una sección de 30 x 30 cm de concreto, cada ducto a su vez está formado por 16 vías.

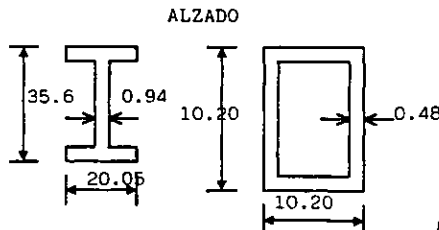
Los ductos de fibra óptica de Teléfonos de México, cruzan el cajón de cimentación número 10 y el aireplen Sur, por lo que se realizó un colganteo durante el proceso de construcción. El colganteo se hizo mediante tensores de acero, los cuales a su vez estaban sujetos en ambos extremos a un perfil "OR" de 4", estos descansaban en el extremo superior sobre dos perfiles "IPR" de 14" de peralte, los cuales van paralelos y salvando todo el claro, descansando en ambos extremos sobre una cama de polines. Los perfiles "OR" sujetaban el encofrado y lo confinaban como lo muestran las figuras V.1 y V.2.

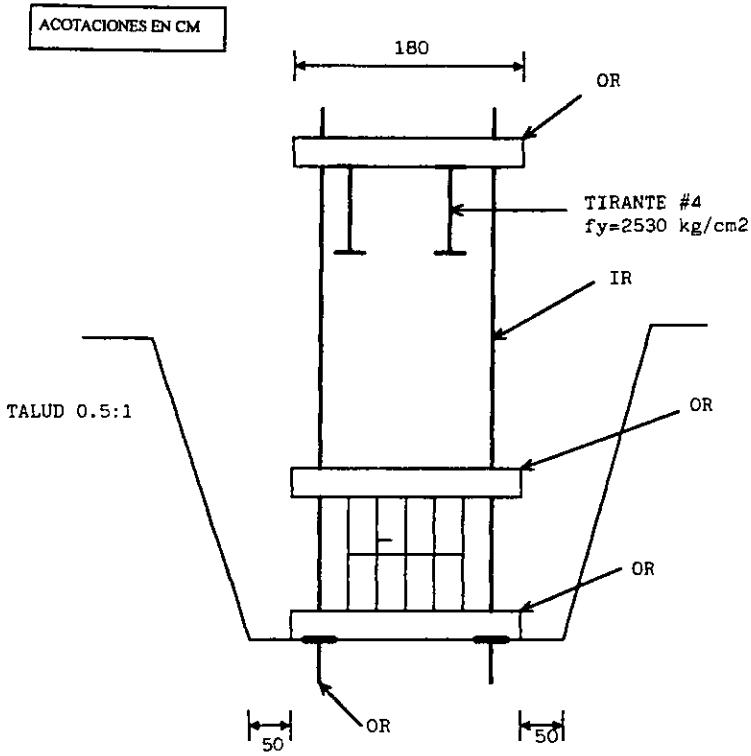


ACOTACIONES EN CM.

NO. DUCTOS	LONGITUD MÁXIMA L EN M
De 1 a 4	17.50
De 4 a 8	12.00

FIGURA V.1





COLGANTE PARA DUCTOS TELMEX
NUMEROS DE DUCTOS MAXIMO = 4
LONGITUD A SALVAR 13.50 M Y SE CONSIDERAN 12 VIAS DE PVC
EN SUSTITUCION DE 4 DUCTOS DE CONCRETO.

FIGURA V.2

Petróleos Mexicanos.

Los cajones de cimentación sobre los que se apoyan los dos cuerpos del puente, se encuentran ligados entre sí con contratrabes de rigidez. Estos elementos pasan por debajo de un par de tuberías de PEMEX que corren a lo largo del eje del puente. Durante la construcción de las contratrabes las tuberías se resguardaron atendiendo a los siguientes puntos básicos:

- * Primeramente se trazó in situ la trayectoria de las tuberías y el área de las excavaciones que alojarían a las contratrabes.
- * Se realizó una excavación en toda la longitud de la trayectoria de las tuberías en forma manual con un ancho de 1.00 m mayor de cada lado del paño exterior de las tuberías. La excavación debió haber observado un talud cuya relación vertical - horizontal fuera 1:0.30 y se realizó hasta descubrir totalmente las instalaciones.
- * Concluida la excavación se realizó un cimbrado de los ductos, con madera de $\frac{1}{2}$ " de espesor sujetado con estrobos de $\frac{1}{4}$ " de diámetro colocados a cada 50 cm; estos elementos se colgaron de una viga IPR ligera de 12" a la que se tensaron perfectamente, por lo que se utilizaron grapas evitando holgura alguna. A su vez, la viga citada se apoyó sobre vigas (tres como mínimo) con iguales características, colocadas en forma transversal a la primera y apoyadas sobre terreno natural firme y horizontal en al menos 1.00 m. El interior del cimbrado se relleno con arena hasta una altura igual a la mitad de la tubería de mayor diámetro (figura V.3).
- * Colocado el sistema de colganteo, la excavación continuó con el mismo talud hasta 50 cm por debajo del arrastre de las tuberías, donde se afinó el terreno para el armado y colado de una galería con el fin de proteger las instalaciones durante los trabajos restantes.
- * El apoyo de la galería en sus extremos fue de 1.50 m sobre terreno horizontal y firme (figura V.4): Terminada la galería, esta zona de apoyo se confinó con tepetate, compactado al 90% de la prueba Proctor Estandar en capas de 20 cm hasta alcanzar el Nivel de Terreno Natural (N.T.N.).
- * Hasta que se hubo concluido completamente la galería y su empotramiento, se efectuaron las actividades correspondientes a la excavación y construcción de las contratrabes de liga.

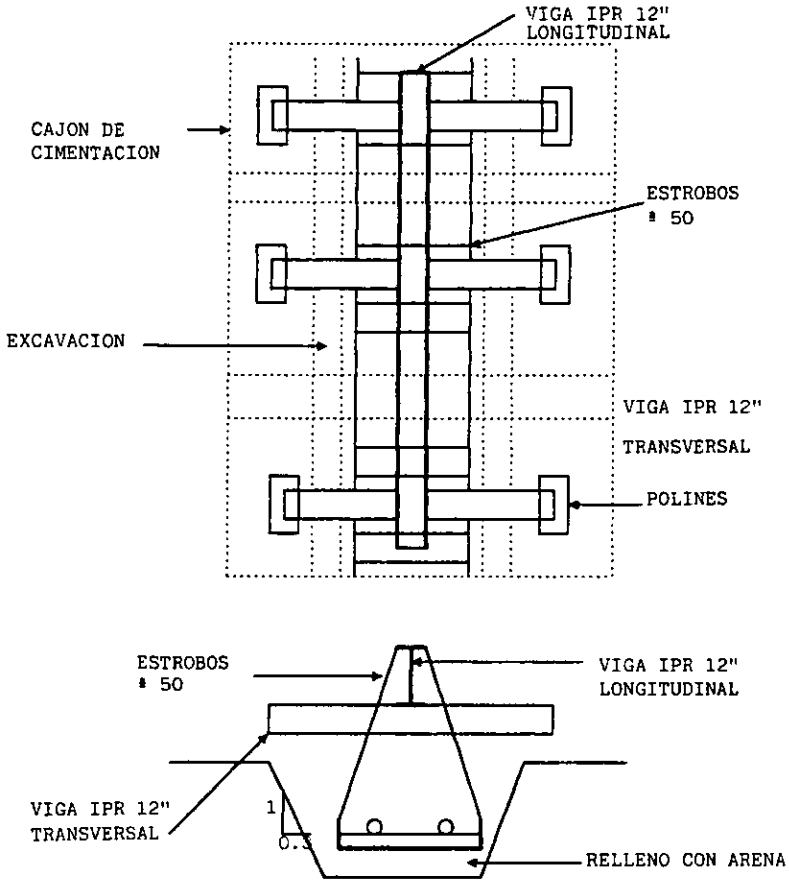
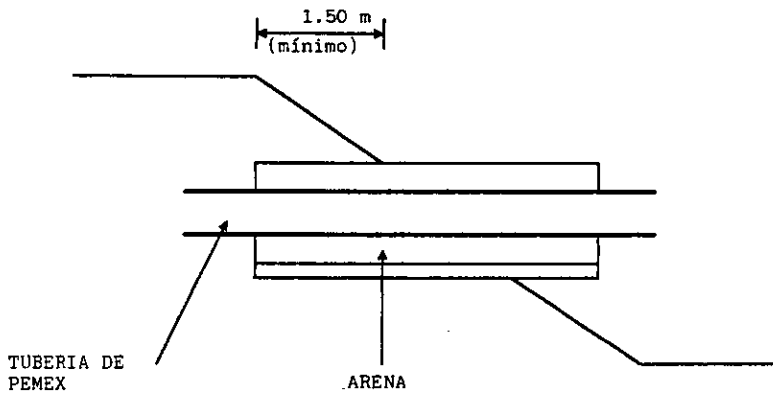


FIGURA V.3



EMPOTRAMIENTO DE LA GALERIA

FIGURA V.4

Sistema de Transporte Eléctrico.

Paralelo al trazo del puente vehicular en estudio, existía infraestructura del transporte eléctrico, específicamente una línea de trolebús cuya ruta es Viaducto - Puente Negro. Cabe señalar que se hizo el bandeado del cableado y se retiraron las unidades de soporte múltiples hacia las laterales, ya que anterior a la construcción del puente toda esta infraestructura estaba situada en el arroyo central sobre el primer carril.

V.2 Excavaciones y Estabilidad de Taludes.

Pilotes.

Con objeto de guiar y facilitar el hincado de pilotes, además de evitar movimientos excesivos en la masa del suelo adyacente se consideraron los siguientes puntos:

- Se determinó con gran exactitud de acuerdo a los planos de construcción, la ubicación (misma de perforación) de los puntos donde se hincaron los pilotes mediante estacas.
- El equipo debió tener la capacidad suficiente y la herramienta tubo que ser la adecuada, para realizar la perforación cuya área fue del 70% del área transversal del pilote de modo que la perforación quedó inscrita en la sección del pilote, con una tolerancia de ± 2.50 cm (figura V.5).

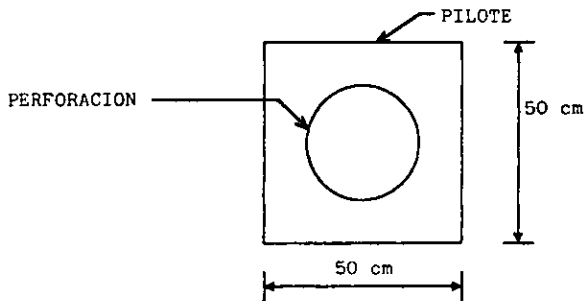


FIGURA V.5

- Durante la perforación se verificó la verticalidad de esta, además de conservar las dimensiones de proyecto en toda su profundidad.

- La perforación guía se realizó hasta una profundidad de 5.00 m con extracción de material en todos los pilotes. Adicionalmente, en aquellos pilotes que se ubicaron próximos a ambos lados del Interceptor la perforación se continuo con remoldeo sin extracción del material hasta 50 cm por debajo del nivel de arrastre de esta estructura.
- El tiempo máximo admisible entre la perforación y el hincado se estableció de 36 horas.

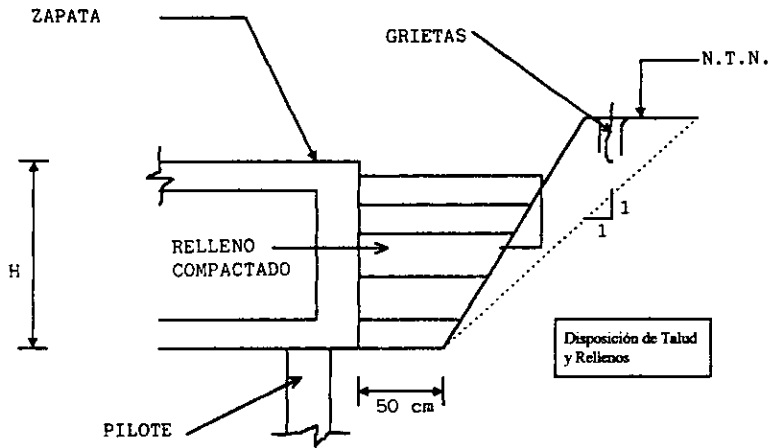
Cajones de Cimentación.

La excavación que alojó a los cajones de cimentación, se inició hasta que la totalidad de los pilotes se hincaron. Esta excavación se realizó en una sola etapa hasta la profundidad de desplante (-3.00 m de profundidad) y con la geometría indicada en proyecto.

La excavación observó taludes cuya relación vertical - horizontal fue de 1:0.30 y ocupó una área cuyos lados fueron 50 cm mayores a los de la geometría de la zapata a nivel de desplante (figura V.6). Bajo estas condiciones la excavación no debería permanecer abierta por más de tres semanas, restringiéndose en todo momento el tráfico de vehículos junto a la excavación en un ancho igual a la profundidad máxima de excavación.

Para las contratraves de liga que unen a los cajones de cimentación de cada cuerpo del puente, se realizó una excavación hasta la profundidad de desplante observando taludes con relación vertical - horizontal de 1:0.40. El área del fondo de la excavación fue la necesaria para alojar a estos elementos estructurales y realizar las actividades de armado, cimbrado y colado. Para esta excavación se determinó un tiempo máximo de 3 semanas expuesta a la superficie.

En caso de haber efectuado la excavación con taludes y observar grietas longitudinales paralelas a la excavación, el talud debió tenderse hasta alcanzar una relación vertical - horizontal de 1:1, o bien haber implementado un sistema de contención temporal (Muro Berlín o malla de gallinero con concreto lanzado).



EXCAVACION EN ZAPATAS DE CIMENTACION.

FIGURA V.6

Una vez que se alcanzó el nivel de desplante de proyecto, se colocó una plantilla de concreto pobre $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ de 5 cm de espesor que cubrió únicamente el área de la zapata.

Posterior a la colocación de la plantilla, se procedió a la demolición o descabece de los pilotes en una longitud mínima de 50 cm de acuerdo con la posición de cada uno. Tal consideración se hizo desde la fabricación e hincado de los pilotes.

La demolición se realizó mediante martillos rompedores, quedando prohibido el uso de explosivos para este fin.

Los fragmentos de concreto así como los materiales ajenos a la cimentación se retiraron en su totalidad.

Los elementos constituyentes del concreto para el sistema de cimentación no deberán deteriorarse ni modificar sus propiedades con el tiempo, bajo las condiciones a las que estarán sujetos, es decir, deberán ser compatibles entre ellos y resistentes al medio que los rodee (agua con alto contenido de sales), por lo que se tomaron en cuenta los puntos citados en el ANEXO I.

Las celdas del cajón están interconectadas con al menos un tubo de 2" de diámetro, ubicado en la parte inferior de los muros que las dividen.

Concluido el cajón de cimentación y previo a la colocación de rellenos que lo confinan, se aplicó en la parte exterior de los muros un tratamiento a base de algún producto no degradable que formó y garantizó una película impermeable, selladora del microfisuramiento que pudiera presentar el concreto. La colocación de los rellenos se realizó garantizando siempre la integridad de la película.

Durante los trabajos de excavación y construcción de las zapatas, se previó un sistema de bombeo de achique con las características necesarias para afrontar cualquier eventualidad.

El lastre de las celdas de los cajones de cimentación que así lo requirieron, se colocaron conforme a proyecto justo antes del montaje de las trabes, utilizando para ello concreto simple (2.2 t/m³).

Rellenos Locales.

Colada y descimbrada la zapata se relleno la parte exterior de esta con material limo - arenoso (tepetate), compactado al 90% AASHTO (T - 99) en capas de 20 cm de espesor, obteniendo un valor relativo de soporte (VRS) del 20% (mínimo).

Los rellenos que se colocaron cerca de las instalaciones hidráulicas fueron tendidos con una humedad superior al 2% respecto a la óptima, y fueron compactados en capas de 20 cm al 85% respecto a la prueba citada, siempre atendiendo a los criterios fijados por DGCOH.

Aquellos rellenos ubicados en la zona de tuberías de PEMEX, se colocaron siguiendo la normatividad que marcó esta dependencia.

Monitoreo.

Se recomendó hacer un monitoreo dentro de la zona de influencia previo, durante y posterior a la construcción de la obra con objeto de observar los desplazamientos verticales generados. Para ello se siguieron las recomendaciones indicadas en el ANEXO II.

Estas especificaciones se complementaron con los planos topográficos, estructurales, arquitectónicos y de proyecto geométrico correspondientes, así como con las Normas Generales de Construcción de DDF, y Normas específicas de DGOP.

V.3 Construcción de la Cimentación.

Construcción de los pilotes.

La sección transversal del pilote de fricción es cuadrada de 40cm de lado, tiene una punta de 20cm de longitud, comienza con un ancho de 40 cm y termina con 10 cm. La longitud total del pilote es de 33.50 m, construido en dos tramos: cabeza y punta.

La punta es de 17.00 m y la cabeza de 16.50 m, para unir ambos tramos se dejó en los extremos placas de acero de $\frac{3}{4}$ " de espesor ancladas al cuerpo del pilote, la placa de la punta tiene una sección de 40x40 cm y la de la cabeza de 35x35 cm, para poder alojar a la soldadura en el momento de unir ambas piezas.

Los moldes y/o cimbra para el colado de los pilotes fue de triplay de pino de 16mm, rigidizado con ángulos metálicos perimetrales y transversales, teniendo dos dimensiones estandarizadas, una de 2.00 m de largo por 40 cm de ancho y otra de 1.50 m de largo por 40 cm de ancho. La cimbra se colocó de manera continua dentro de la cama de colados interrumpiéndose a 16.50 m, ya que es la dimensión de la punta del pilote y continuando con 17.00 m longitudinales para construir la parte restante de los pilotes.

Cada pilote teniendo como punto de referencia el centro de la sección, en la parte de la cabeza del pilote y el centro de la punta del mismo, no debiera de exceder de 5 mm por cada 7.00 m de longitud del pilote, siendo la desviación máxima permisible.

El acero de refuerzo empleado tiene un esfuerzo de fluencia de $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$, usando 8 varillas de $\frac{3}{4}$ " en el refuerzo principal (sentido longitudinal); transversalmente se habilitaron estribos y zunchos con acero de $\frac{3}{8}$ ", en el primer metro de los extremos de las dos partes del pilote con una separación de 10 cm en los estribos y para el paso del zuncho empleado en la sección superior detallada fue de 7 cm, en la longitud restante la separación de los estribos fue de 20 cm.

El recubrimiento mínimo para lograr la posición y protección correcta del acero ante el intemperismo en los armados fue de 5 cm que se logró mediante bloques de concreto pobre de igual dimensión al recubrimiento solicitado en proyecto.

Para la construcción de los pilotes se utilizó concreto hidráulico estructural cuyo $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ dosificado en planta, en cuya elaboración, transporte, colado, compactación, acabado y curado, cumplió con las especificaciones del DDF. El revenimiento pedido, por especificación de proyecto, fue de $10 \text{ cm} \pm 2.5 \text{ cm}$.

Para la fabricación del concreto se utilizó cemento Portland tipo II, el tamaño máximo del agregado fue de $\frac{3}{4}$ " de roca caliza triturada y los finos del mismo material. En algunas ocasiones al concreto se le agregó un aditivo para fraguado rápido (acelerante), para alcanzar la resistencia del concreto a temprana edad (14 días).

Las maniobras de izaje de pilotes no se realizó antes de los 14 días hasta alcanzar la resistencia del concreto en un 80% (200 kg/cm^2 a compresión y 20 kg/cm^2 a la tensión). El manejo de los pilotes durante su remoción y almacenamiento se hizo con la ayuda de grúas hidráulicas de 30 toneladas de capacidad, auxiliándose para su transportación dentro de la obra por medio de plataformas para llevarlos al lugar de hincado.

Hincado de pilotes.

El hincado de los pilotes se efectuó garantizando la integridad estructural de los mismos y su acoplamiento al suelo. No se dañaron las estructuras ni las instalaciones vecinas por vibraciones o desplazamientos verticales y horizontales del suelo, todo ello siguiendo el procedimiento que a continuación se menciona.

1. Se consideraron las diferentes longitudes de trabajo de los pilotes como consecuencia de las irregularidades topográficas del terreno.
2. Todos los pilotes estuvieron perfectamente limpios y libres de cualquier material ajeno a estos.
3. No se hincaron aquellos pilotes fisurados o agrietados.
4. El pilote conservó la sección de proyecto a todo lo largo de este y su cabeza es perpendicular al eje del mismo.

5. Una vez que los pilotes fueron aceptados por la supervisión se les colocó marcas, para así llevar un registro del número de golpes necesarios para cada metro de hincado de pilote.
6. Las actividades de manejo, izaje, realización de la perforación previa e hincado, se realizó una vez que los pilotes alcanzaron el 80% de la resistencia de proyecto.
7. El pilote, así como la resbaladera del martillo se colocaron en forma vertical. Para ello se emplearon dos plomadas de referencia, colocadas en ángulo de 90 grados, teniendo como vértice el pilote (figura V. 7). Las caras del pilote se orientaron siempre paralelas a la dirección de las contratraves del cajón de cimentación en cuestión.
8. La cabeza del pilote se acopló perfectamente al gorro del martillo piloteador. En la parte de contacto con el pilote se colocó un colchón de madera.
9. Se utilizó un martillo pesado para el hincado, con baja velocidad de impacto (carrera corta). El peso del pistón móvil no debió ser menor a 0.30 veces el peso del pilote y la energía del martillo superior a 0.30 kg.m por cada kilómetro de peso del pilote.
10. Se presentó el caso en el que el peso del pistón fue demasiado grande con relación a la del pilote, por lo que se prosiguió a regular la energía para no dañar el pilote. La altura de caída fue del orden de 1.00 a 1.75 m, la velocidad del pistón o carrera, se redujo al inicio del hincado cuando se encuentra la zona alterada en la perforación.
11. Los pilotes dañados durante el hincado se retiraron y se sustituyeron por otros en perfecto estado.
12. Una vez iniciado el hincado del pilote no se suspendió dicha actividad hasta que la punta alcanzó la profundidad de proyecto (- 35.00 m para los pilotes en cajones de cimentación y - 34.00 m en los de estribos). La actividad se suspendió en el momento en el cual se introdujo la punta del pilote, por lo que al adaptar la cabeza fue necesario colocar soldadura de arco para la unión de ambas partes llevándose 30 minutos en esta actividad.
13. La verticalidad de los pilotes se verificó al inicio del hincado de la punta y durante la soldadura de la parte restante del pilote.
14. El orden del hincado de los pilotes se realizó empezando por aquellos ubicados cerca del interceptor, y una vez comprobado que no interferían con esta estructura se continuaron con los demás, en líneas paralelas a los primeros y del centro hacia los extremos.
15. Durante el hincado se llevó un registro del número de golpes necesario por metro de penetración del pilote en el suelo.
16. Una vez hincado el pilote se determinó el nivel de la cabeza para compararlo con el hincado de proyecto.
17. La desviación angular máxima admisible del pilote fue del 2% y la tolerancia en la profundidad de hincado es de + - 1% de la longitud total.

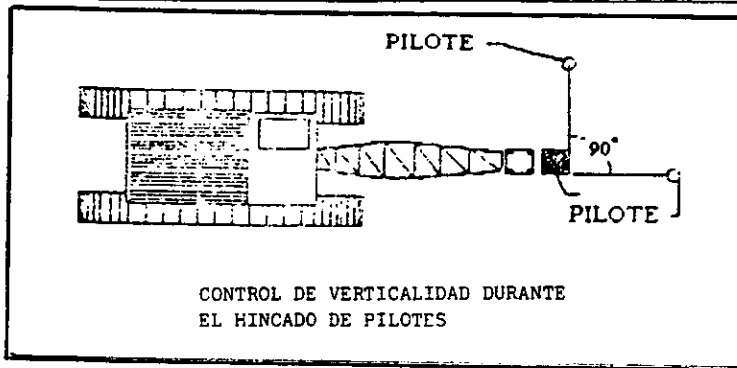


FIGURA V.7

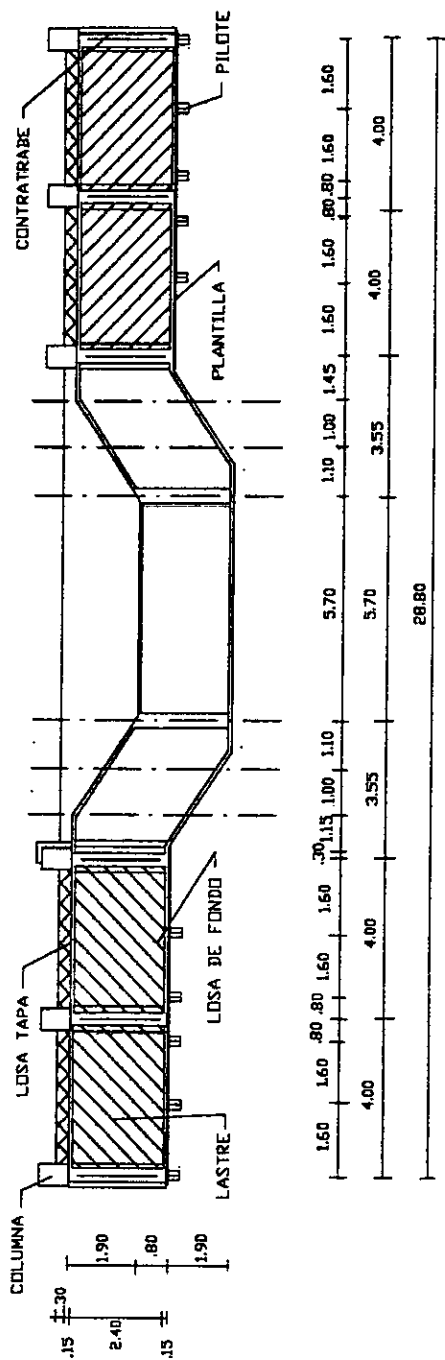
Construcción de los cajones de cimentación.

El cajón de cimentación es un elemento estructural que tiene como función distribuir en forma uniforme los esfuerzos producidos por la carga total de la estructura y superestructura a los pilotes de fricción, sirviendo además como elemento de transición entre columnas y la cimentación profunda.

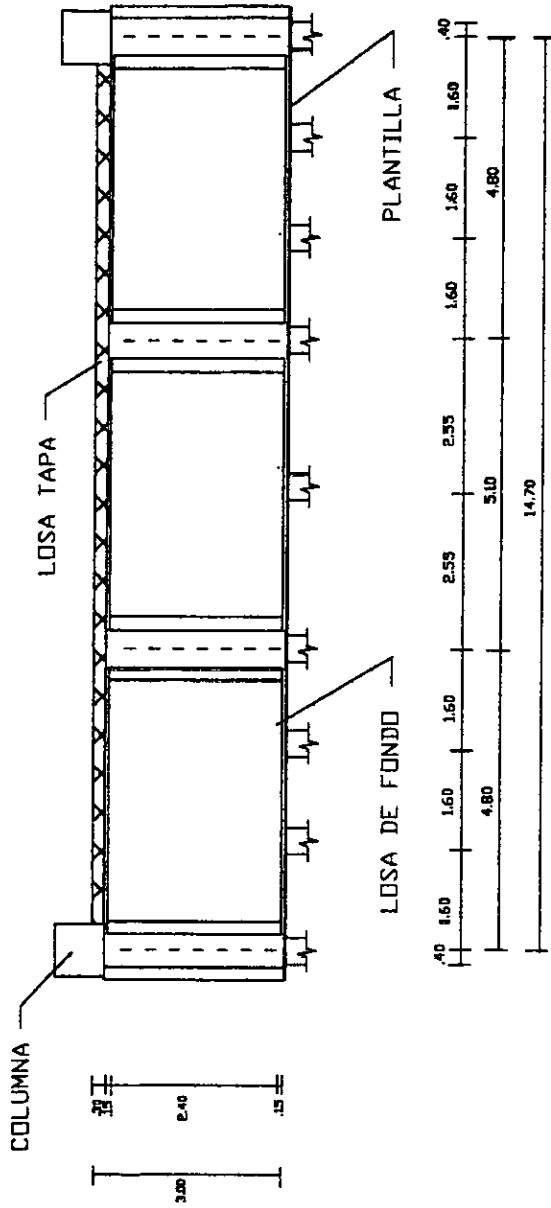
Fueron necesarios 13 cajones de cimentación formados en dos cuerpos, unidos a su vez por trabes de liga (figuras V.8 y V.9) en 11 cajones de cimentación a causa de cruzar dos ductos de PEMEX en el eje longitudinal del puente, razón por la cual cada elemento de cimentación se realizó en dos etapas uniéndose posteriormente con trabes de unión que cruzan perpendicularmente ambos ductos por debajo de los mismos. Los dos restantes cajones se construyeron en una sola etapa ya que la tubería de PEMEX en ese tramo tiene una desviación hacia el poniente del eje del trazado del puente.

Cada cajón de cimentación está formado por contratraves de peralte igual al cajón de 2.70 m. En el lecho inferior y superior de las contratraves se armó una losa de fondo y una losa tapa para formar un cajón monolítico y rígido.

Desde el nivel de plantilla se construyeron los dados de donde se desplantan las columnas, los cuales quedan confinados y forman parte estructural del cajón de cimentación. A continuación se describen las características de los materiales empleados durante la construcción de los elementos antes mencionados.



ZAPATA
CORTE LONGITUDINAL
FIG. V/8



ZAPATA
CORTE TRANSVERSAL
FIG. V.9

a) Acero de Refuerzo.

El acero de refuerzo principal en las contratrabes fue con varilla del No.10 y del No.12 con un esfuerzo de fluencia $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$, los estribos empleados fueron del No.4 y del No.6 de 2,4 y 6 ramas, en la mayoría de los casos con separación entre estribos de 15 y 20 cm. Los anclajes y traslapes utilizados se realizaron siguiendo los criterios del Reglamento de Construcción del Distrito Federal. En ningún caso se traslapó más del 50% del acero de refuerzo en una misma sección; donde los momentos de flexión son máximos no hubo ningún traslape. El recubrimiento mínimo libre fue de 4 cm.

b) Cimbra.

La cimbra empleada fue de madera de pino de tercera con acabado común seccionada, con dimensiones según el elemento a cimbrar.

c) Concreto.

El concreto que se utilizó tubo una resistencia $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ dosificado en planta con un aditivo impermeabilizante y en algunas ocasiones con fluidizante.

Procedimiento.

Terminada la excavación que aloja los cajones de cimentación y colada la plantilla de concreto pobre, se procedió al trazo de los ejes de cada contratrabes que forman el cajón; realizada esta actividad, se habilitó el acero de refuerzo para su armado dentro de la excavación. La colocación y el armado del acero se apegó estrictamente a las indicaciones de los planos estructurales de proyectos, correspondiente a las siguientes especificaciones:

- El acero de refuerzo estuvo libre de óxido, pintura, grasa o materias que pudieran reducir su adherencia con el concreto.
- La resistencia del acero a la fluencia fue de un $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ y diámetros de $1 \frac{1}{2}"$, $1 \frac{3}{4}"$, $\frac{1}{2}"$ y $\frac{3}{4}"$, estos dos últimos diámetros se utilizaron para estribos, refuerzo por temperatura y refuerzo en losas.
- Los cortes y dobleces de varilla se realizaron en frío.
- En todos los casos los dobleces, ganchos, traslapes de varillas se sujetaron a lo indicado en el cuadro V.9.

- Las varillas de $1 \frac{1}{2}$ " y $1 \frac{1}{4}$ " debido al espacio reducido en el que se encontraban fue necesario unir las, cuando así se requirió, mediante soldadura empleando electrodos de la serie E - 70xx.

Concluidos los armados en las contratrabes, así como en el armado de la losa fondo y la colocación de las anclas que enlazan la trabe y contratrabe con la losa fondo y que al colar se obtiene acabado con geometría triangular, se procedió al cimbrado de los elementos ya referidos, observando que cumpliera con las siguientes especificaciones:

- La cimbra se ajustó a la geometría del proyecto en cuanto a forma, dimensiones, alineamiento y niveles, verificándose este, con tránsito y nivel, antes y después de la colocación del concreto, siguiéndose las indicaciones del plano de proyecto en lo referente a chaflanes y buñas.
- La obra falsa utilizada en la cimentación fue usada únicamente en el momento en el cual se coló la losa tapa, cuidando la nivelación y resistencia de la cimbra para soportar las cargas. Esta cimbra fue de madera de pino utilizando polines de 10x10 cm de sección transversal, usándolos como pie derecho y como elementos de soporte para las tarimas que complementaron la obra falsa.

Para lograr resultados satisfactorios, se cuidó que el concreto tuviera la consistencia, trabajabilidad y tamaño máximo de los agregados adecuados a las condiciones bajo las cuales se colocó como: forma y tamaño de los elementos estructurales, espaciamiento del acero de refuerzo, recubrimiento y otros detalles que se relacionan con el llenado rápido de las cimbras.

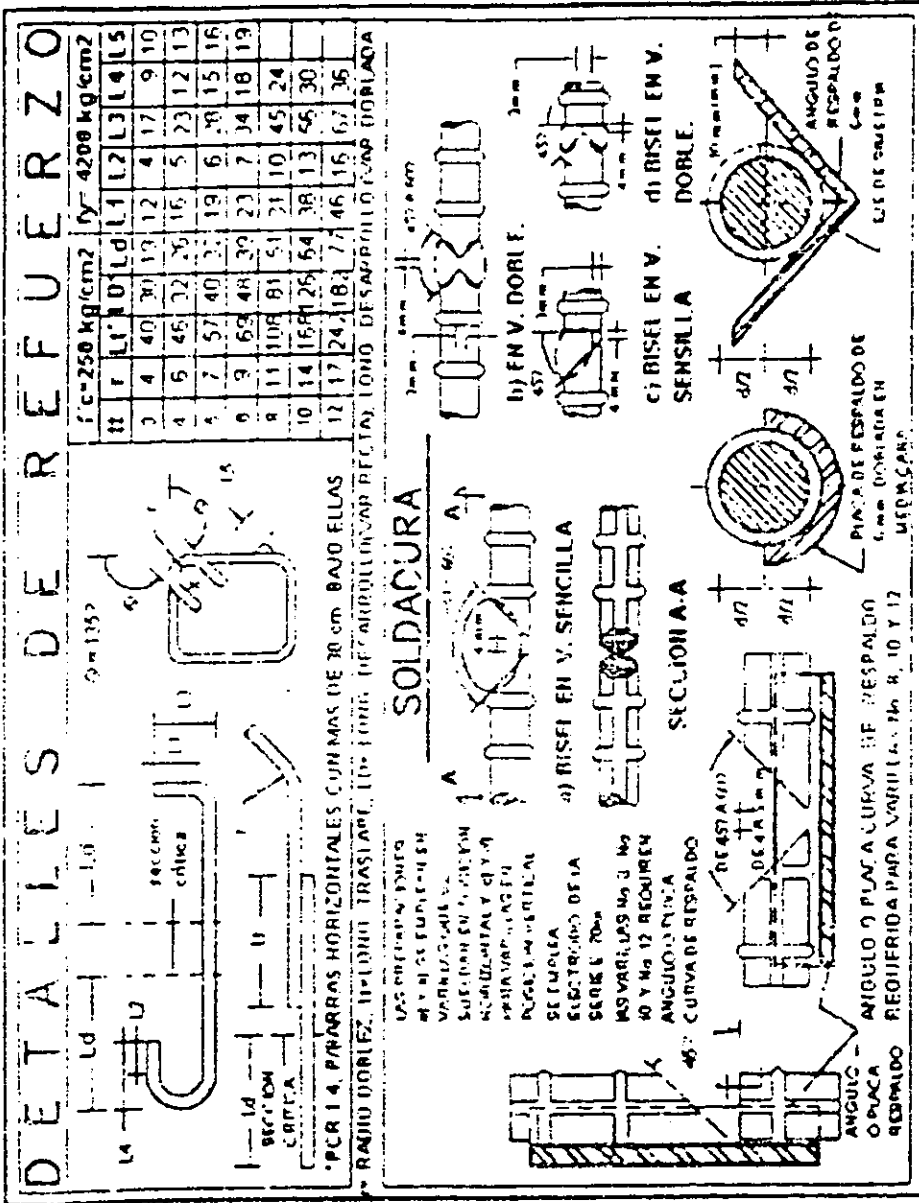
Para la protección de los tirantes, espaciadores, aditamentos ahogados, superficies de la cimbra y para prevenir desplazamientos del refuerzo, el concreto se colocó por medio de un canalón de caída, introducido adecuadamente en el elemento por colar.

No se permitió la colocación del concreto cuando la temperatura ambiente fue inferior a los 6° C.

Después de colar las contratrabes y losa fondo de los cajones de cimentación, ya fraguado el concreto, se procedió a descimbrar y curar dichos elementos continuamente mediante la aplicación de una película de impermeabilizante (curacreto) hasta el nivel del colado.

El colado de la losa tapa se realizó en una segunda etapa, teniendo esta un espesor de 15cm.

A partir de los cajones de cimentación se ancló el acero utilizado en columnas, confinándolo mediante un dado de concreto armado, cuyas características de los materiales fueron iguales a los usados en el cajón de cimentación.



V.4 Estructura.

Columnas.

La estructura es la parte del puente cuya función es la de transmitir adecuadamente las cargas impuestas por la superestructura a la cimentación, para esta obra se denominó ESTRUCTURA al sistema formado por las columnas y los capiteles que soportan las traveses y losas de compresión del puente (figura V.10).

Se construyeron 144 columnas de sección circular con un diámetro de 0.90 m, desplantadas a -2.50 m con respecto al Nivel de Terreno Natural (NTN) y con alturas variables.

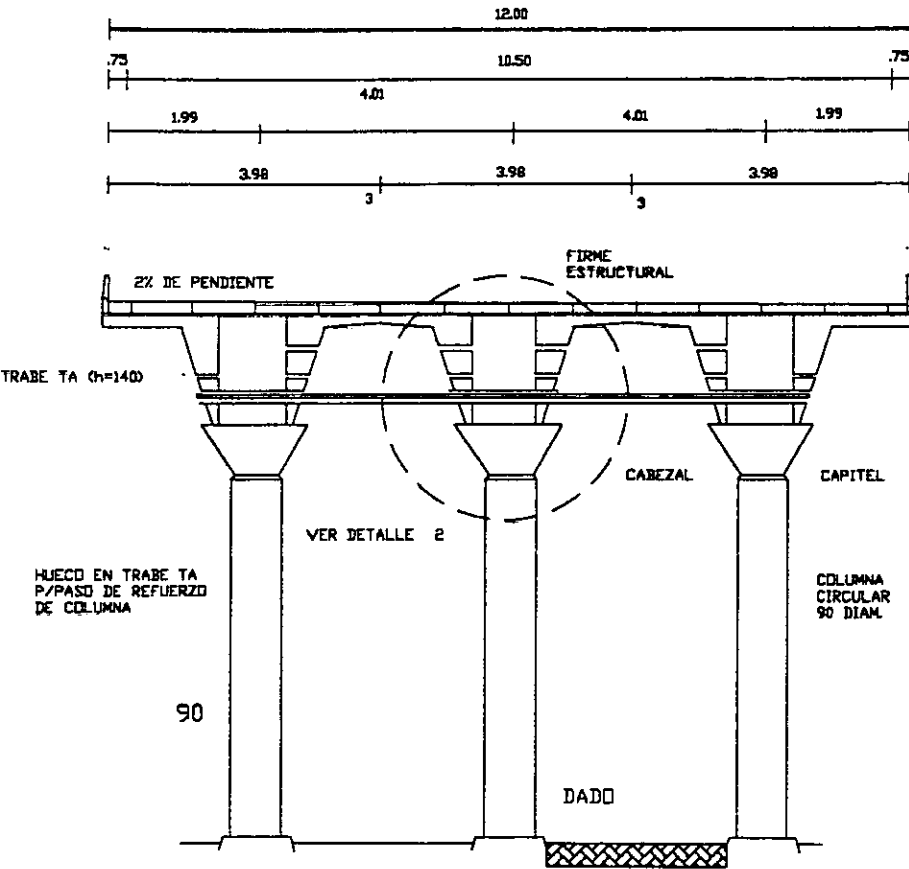
El acero de refuerzo que se utilizó para el armado de estas columnas se ancló desde los cajones de cimentación, cuidando que este no cayera fuera de su eje, ni perdiera su excentricidad durante el colado de las zapatas de cimentación.

El refuerzo longitudinal está compuesto por 24 varillas del No.12, dispuestas en paquetes de dos barras teniendo como refuerzo transversal un zuncho con varilla de $\frac{1}{2}$ " con paso de 0.15 m. En el caso de uniones de varilla de refuerzo principal fueron realizadas mediante uniones a tope con soldadura E - 70xx, y para el refuerzo secundario el traslape mínimo permitido fue de 1.5 vueltas. Las especificaciones para traslapes y ganchos, escuadras, soldadura de unión, etc, se encuentran en la figura V.11.

Sobre la superficie de la zapata construida se realizó el trazo de la sección de la columna, verificando que esta contara con el recubrimiento especificado (4 cm) en todo el perímetro de la sección. En seguida se procedió a colocar la cimbra, que en este caso estuvo compuesta por dos moldes metálicos en forma de media caña, los cuales se unieron mediante tornillos. Los tramos de la cimbra fueron en su mayoría de 3.05 m de longitud a base de lámina metálica de 3/16" de espesor que fue confinada en forma transversal mediante perfiles angulares a cada 0.40 m en el sentido longitudinal y colocadas en forma tangencial a la lámina.

Con la cimbra utilizada se logró dar un acabado tipo espejo a la columna, el cual estaba especificado en el proyecto.

Una consideración muy importante en el manejo y colocación del concreto es la de evitar la disgregación del agregado grueso, por tal motivo, la porción final de la caída del concreto deberá ser vertical y a una altura no mayor de 1.00 m libre de interferencia. Además se recomienda particularmente en columnas colocar el concreto mediante un sistema de bombeo, transportándolo mediante tubos no menores de 4" de diámetro y para no perder la homogeneidad del concreto se colocará en capas horizontales sucesivas.

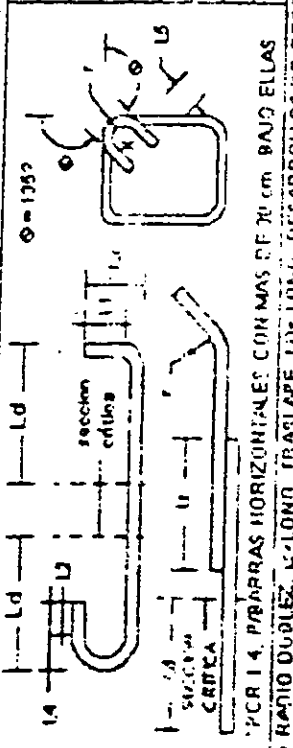


VIALIDAD B - B'

CORTE
FIG. V.10

DETALLES DE REFUERZO

H	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
f'c = 300 kg/cm ²	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
f'y = 4200 kg/cm ²	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

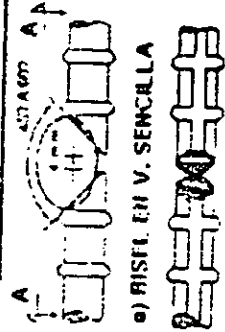


PCR 1.4. BARRAS HORIZONTALES CON MAS DE 20 cm BAJO ELLAS

RATIO DOBLEZ, L-LONG TRASLAPE, L-LONG DESARROLLO VAR RECTAY LONG DESARROLLO VAR DOBLADA

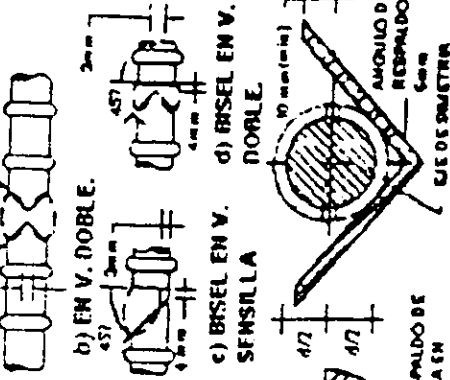
SOLDAADURA

LAS PREPARACIONES DE LAS VARILLAS EN VARIAS OBTUSES DEBEN SER HECHAS EN POSICION HORIZONTAL Y CITY 90 PARA VARILLAS EN POSICION VERTICAL. DE CUELPA ELECTRODO DE LA SERIE E-7000. LAS VARILLAS No. 9 No. 10 Y No. 12 REQUIEREN ANGULO O PLACA CURVA DE RESPALDO



a) RISEL EN V. SENCILLA

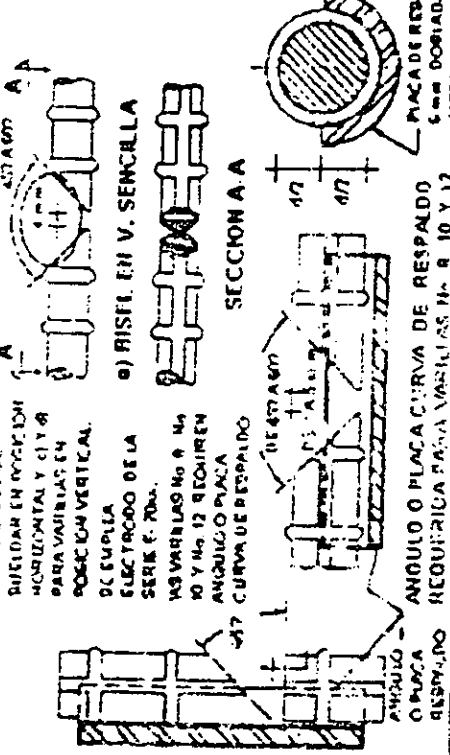
SECCION A-A



b) EN V. DOBLE.

c) RISEL EN V. SENCILLA

d) RISEL EN V. DOBLE.



Por existir concretos de diferentes edades (juntas frías), entre el cajón de cimentación y las columnas fue necesario darle un acabado rugoso al área de contacto, humedeciendo por un lapso de 24 horas antes del colado y aplicando un aditivo para unir concreto de diferentes edades (Adhecon).

Una vez colocada la cimbra, se procedió a plomear la misma mediante aparatos de topografía. Posteriormente se realizó el vaciado del concreto por medio de bomba tipo telescópica; en este punto hubo que tener especial cuidado en el correcto vibrado del material para evitar las burbujas de aire. Como el colado de las columnas se realizó en tres etapas se tomaron en cuenta las especificaciones para juntas frías (como se mencionó anteriormente).

El concreto utilizado fue de tipo especial (blanco), con una resistencia $f'c=300$ kg/cm², tamaño máximo de agregado $\frac{3}{4}$ ", revenimiento de 12 cm, teniendo una proporción de agregados pétreos de 50% de finos y 50% de gruesos y un contenido de aire del 6%.

Capiteles.

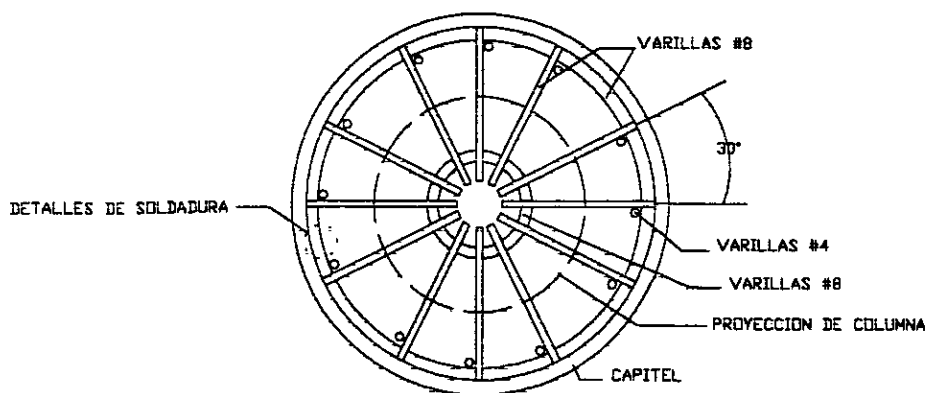
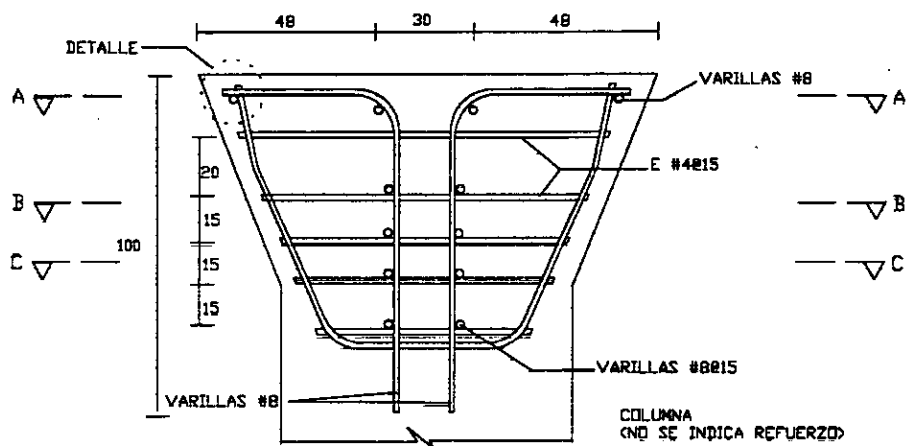
Cada columna está rematada con un capitel, que sirve como elemento de transición entre la sección de la columna y las trabes de apoyo. La geometría del capitel es la de un cono truncado con una base que conserva el diámetro de la columna (0.90 m), y una corona de 1.30 m, el peralte del capitel es de 0.70 m. En la unión de columna y capitel existe una buña o entrecalle de 10 cm de altura y 2 cm de profundidad.

En un principio el proyecto especificaba la elaboración del armado del capitel por medio de un accesorio en forma de polígono de 12 lados, hecho a base de placa perimetral a base de ángulos de $6^{\circ} \times 3/4^{\circ}$, realizado en mesa de trabajo con un $f_y=2530$ kg/cm² y varillas de $\frac{3}{8}$ " con un $f_y=4200$ kg/cm². Debido a que la ejecución de este armado era muy compleja y hubiera retrasado el proceso constructivo del puente, se decidió a modificar el proyecto empleándose un nuevo armado a base de acero estructural únicamente empleándose dos anillos concéntricos de 30 cm y 126 cm de diámetro, este último le daba la forma de un cono truncado al capitel, para dicho armado se empleó varilla de 1". La base superior del capitel se reforzó con unos bastones en forma de "L" con varilla de 1", finalmente el refuerzo transversal fue a base de estribos de $\frac{3}{8}$ " (figura V.12 y V.13).

La cimbra utilizada en los capiteles fue elaborada con lámina metálica confinada por perfiles angulares y para realizar el detalle de la entrecalle se utilizó un perfil "U" de 10x2 cm.

El colado de los capiteles se realizó con las mismas especificaciones que en las columnas.

CAPITELES EN COLUMNAS



CORTE A-A

FIG. VJ2

CAPITELES EN COLUMNAS

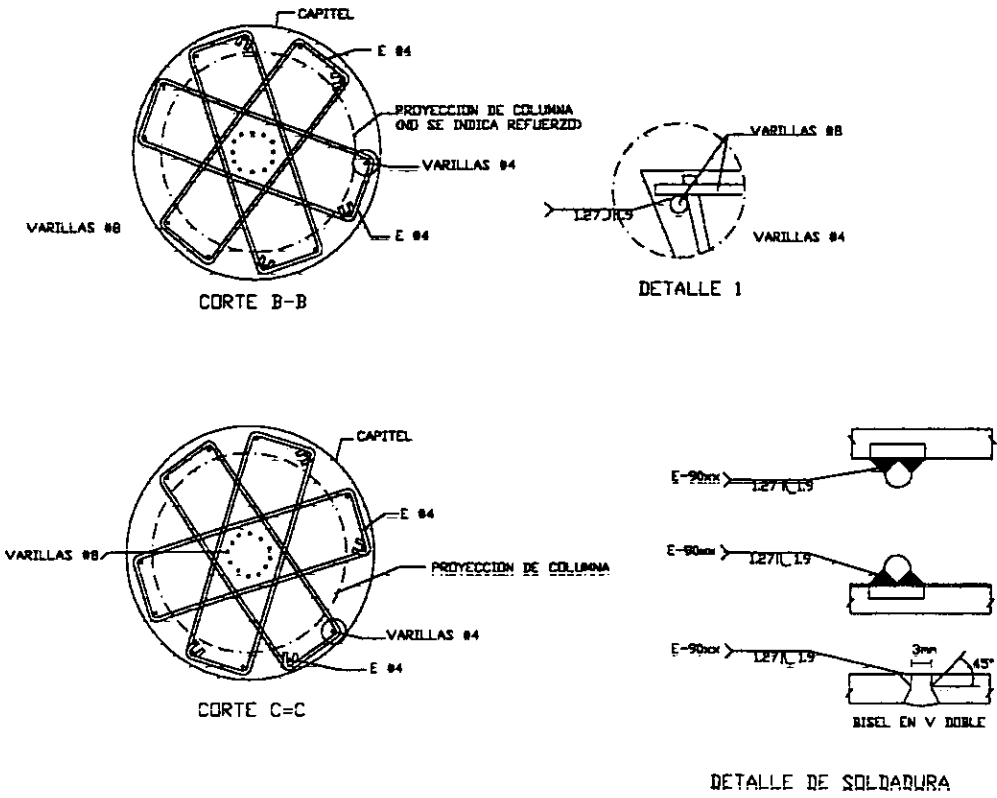


FIG. V.13

Después de montar las traveses y colar los diafragmas de concreto se procedió a dar el acabado a las columnas y los capiteles. Este consistió en dar un acabado rugoso a la superficie por medio de un cincelado al concreto.

V.5 Superestructura.

Traveses.

Los claros que se tuvieron que salvar fueron: 2 de 7.87m, 17 de 14.68m, 1 de 14.81m, 1 de 23.07m, 1 de 24.29m, 2 de 25.50m, 2 de 26.57m, 2 de 27.00m, 1 de 28.37m, 1 de 30.52m, 4 de 31.77 m, 1 de 34.35m y 13 de 35.00m. Así como también el tránsito importante que se registraba en la zona, ante la imposibilidad del cierre temporal del Eje 3 Ote. y las intersecciones de este con el Eje 3 Sur y el Viaducto Río de la Piedad, siendo estas avenidas parte de la red primaria de la Ciudad, la solución en el proceso constructivo y estructural que respondería a estas condiciones estuvo dada por un sistema de elementos prefabricados y pretensados.

El número total de traveses empleadas en la superestructura fue de 150 piezas, estas fueron de tres tipos diferentes: las denominadas Traveses de Apoyo (TA) que se montaron directamente sobre las columnas cubriendo los siguientes claros: 17 de 14.68m, 1 de 14.81m, 2 de 8.00m y 2 de 7.87m. Cada claro cuenta con tres traveses, lo cual nos da un total de 66 piezas; las Traveses Centrales (TC) que se apoyan en los extremos de las traveses de apoyo, las cuales cubren 2 claros de 26.57m, 2 de 27.00, 1 de 28.36m, 1 de 30.52m, 4 de 31.77, 1 de 34.35m, 13 de 35.00m, dando un total de 72 piezas. Las Traveses Centrales de Apoyo (TCA), las cuales descansan en un extremo en el muro estribo y en el otro extremo en las columnas de los ejes 2 y 25 cubriendo un claro de 23.01m, 1 de 24.29m y 2 de 25.50m, siendo 12 piezas de este tipo (figuras V.14 a V.19).

Construcción de Traveses Prefabricadas.

La construcción de estos elementos se realizó en planta, donde se instalaron los moldes metálicos cuya función es igual a la de la cimbra, dándole un acabado aparente. El 96% de las traveses tiene la misma geometría (1.40m de altura y un ancho de patín igual a 4.00m).

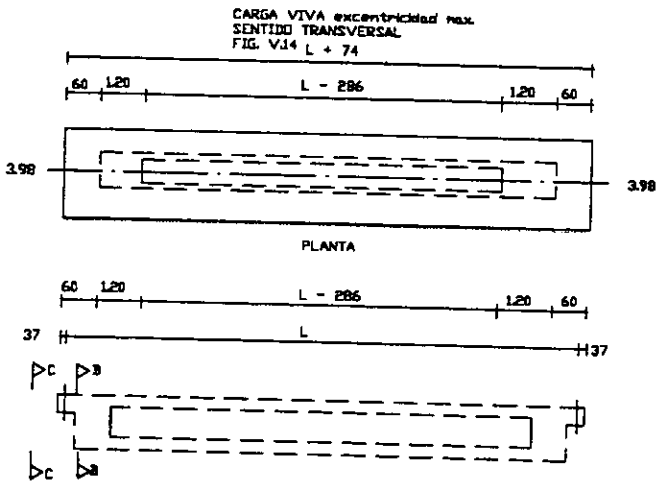
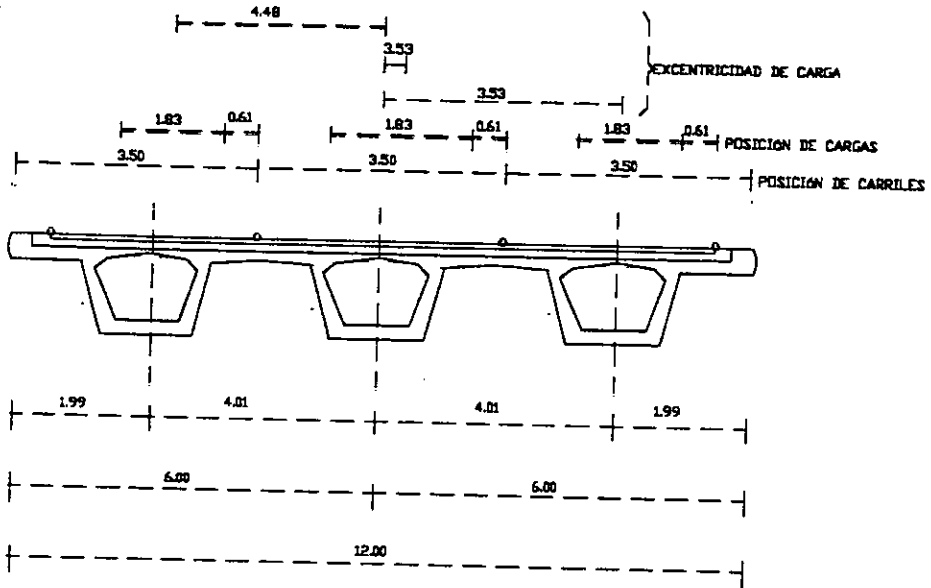
El acero de refuerzo longitudinal utilizado en las trabes prefabricadas se formó con varillas de $1 \frac{1}{2}$ ", el refuerzo transversal con varillas de $\frac{1}{2}$ " y $3/8$ ", para el acero por temperatura fue de $\frac{1}{2}$ " y $3/8$ ", todo el acero con un $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$. El armado se realizaba dentro o fuera del molde, esto dependía de la colocación del concreto, por lo regular se realizaba el habilitado y armado fuera del molde empleándose dos grúas de 70 toneladas para el izaje del armado y su posicionamiento dentro del molde. En el molde se armaban los últimos detalles y se procedía a colocar el acero de presfuerzo consistente en torones de acero de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, con una resistencia al tensado de $f_{pu}=19000 \text{ kg/cm}^2$, la fuerza de tensado fue de 13000 kg por cada toron. La razón de utilizar el presfuerzo fue para evitar la prematura formación de grietas bajo las cargas actuantes, ayudando a la formación de contraflechas para que las deformaciones futuras logren el equilibrio de éstas.

También se empleó acero en placas para accesorios metálicos con una resistencia de $f_y=2530 \text{ kg/cm}^2$, este tipo de acero se utilizó principalmente en detalles como: placas laterales para anclaje de diafragmas metálicos, placas para apoyo móvil y apoyo fijo.

Cabe mencionar que en ningún caso se podía traslapar más del 33% del acero de refuerzo en una misma sección. El recubrimiento mínimo libre del acero fue de 2 cm, la soldadura que se utilizó para unir el acero de refuerzo fue con arco eléctrico utilizando electrodos de la serie E - 90XX.

El concreto que se empleó fue de clase I con un $f'_c=400 \text{ kg/cm}^2$ elaborado en planta, utilizándose aditivo fluidizante con resistencia a temprana edad, tamaño máximo de agregado grueso de $\frac{1}{2}$ ", revenimiento máximo de 10 cm, 50% de finos y un contenido de aire del 6%. En todas las juntas del colado se dejó un acabado rugoso, sobre todo en la parte superior del alero ya que sobre este recibiría el firme de compresión.

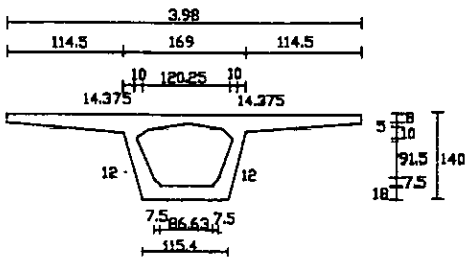
Terminado el colado de las trabes, se procedió al curado del concreto colocado empleándose vapor de agua durante un lapso de 24 horas para alcanzar el 70% de su resistencia de proyecto y alcanzada esta resistencia proceder al izaje de los elementos para almacenarlos. Antes de izarlos se procedía a cortar los torones uno por uno, por lo que comenzaba a trabajar la trabe. En las trabes de apoyo (TA), el refuerzo de presfuerzo se posicionaba en la parte superior del elemento y en las trabes centrales (TC) se colocaba el presfuerzo en la parte inferior.



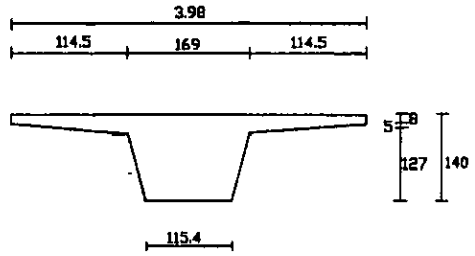
ELEVACIÓN

TRABE TC

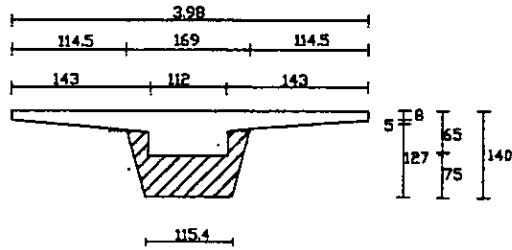
FIG. V.15



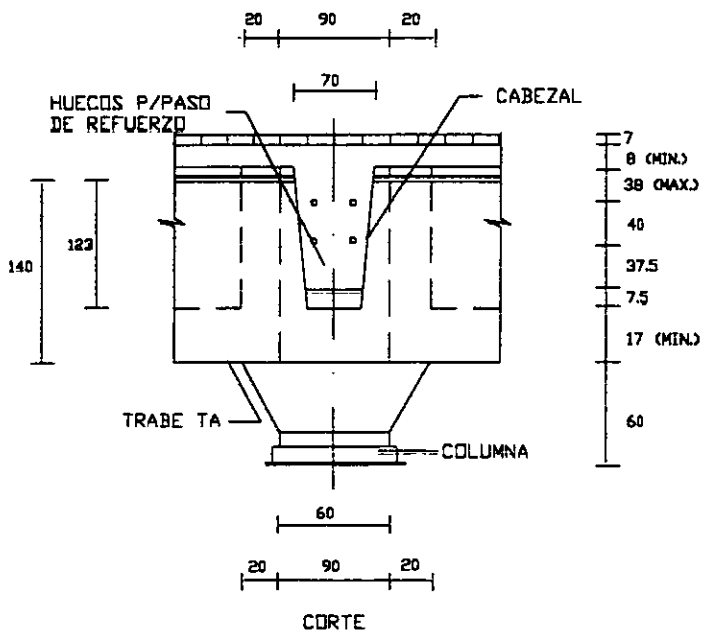
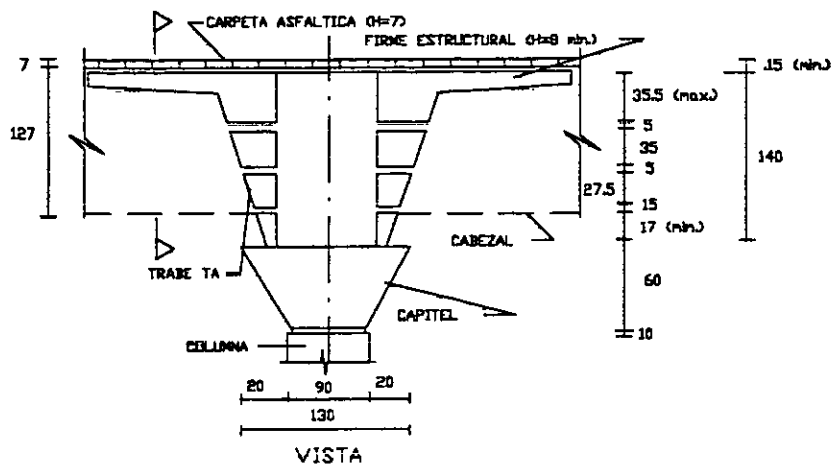
CORTE A-A
TRADE TC
FIG. V.16



CORTE B-B
TRADE TC
FIG. V.17



CORTE C-C
TRADE TC
FIG. V.18



DETALLE
TRABE h=140
FIG. V.19

Montaje de Trabes.

El primer paso a seguir para realizar el montaje de las trabes es el traslado de las piezas de la zona de fabricación al sitio de la obra. Las trabes fueron elaboradas en dos plantas, una localizada al norte de la Ciudad desde la cual era relativamente fácil el traslado de los prefabricados a la obra; la otra planta se encontraba en el Estado de Tlaxcala donde la transportación se volvió compleja ya que se realizaba en un promedio de seis horas. Para no provocar problemas de tránsito esta actividad fue cien por ciento nocturna.

El orden en el cual fueron montadas las trabes fue el siguiente: primeramente fueron montadas las TA en su totalidad, para continuar con las TC e ir cerrando el proceso. Cabe señalar que las TCA (Trabes Centrales de Apoyo) fueron colocadas a la par que las TA.

El procedimiento de montaje, en términos generales, para todos los elementos fue el siguiente:

- Era cerrada la vialidad adyacente al lugar donde fueran a ser colocados los prefabricados.
- Ya realizado el cierre se procedía a dar acceso a las grúas al área de trabajo donde se acondicionaban dichas grúas (en caso de que fueran grúas estructurales) colocándoles los contrapesos correspondientes. Mientras se realizaban los desvíos necesarios, el personal se dedicaba a retirar el tapial que confinaba a la obra para evitar obstrucción del montaje.
- Posteriormente se ubicaron las grúas a la distancia necesaria para realizar la maniobra de izaje. Este sitio tenía que ser inspeccionado con anterioridad con objeto de conocer su capacidad de carga, ya que de lo contrario se corría el riesgo de que hubiera fallas en el terreno que afectarían la estabilidad del equipo. Si se determinaba que el suelo no era apto, se realizaba un mejoramiento del terreno mediante una mezcla de tepetate* y balasto* en una capa suficiente para recibir la carga.

*Tepetate.- Nombre indígena de limo - arenoso que se encuentra en el Valle de México proveniente de la desintegración de las tobas.

*Balasto.- Capa hidráulica a base de piedra triturada que sirve de cama a las vías del ferrocarril.

- Preparadas las grúas para la maniobra era colocada la plataforma en posición paralela al eje longitudinal del puente; la trabe era sujeta en los cuatro ganchos que estaban empotrados a la misma, mediante igual número de cables denominados estobos que parten del malacate de la grúa en ambos extremos para ser izada. Se levantaba la trabe a manera que todo el peso estuviera repartido en las grúas, el tractocamión era retirado del área de trabajo mientras que las grúas maniobraban para colocar las trabes en sus respectivos apoyos, siendo dirigidas por personal que se encontraba sobre las trabes o a nivel del suelo.
- La diferencia del montaje entre las trabes TA, TC y TCA estriba en la forma de la maniobra, ya que de acuerdo al espacio existente es la forma en que se colocan las grúas para realizar el montaje.
- Ya montada la trabe, el tractocamión entraba al área de trabajo a recoger el dolly enganchándolo para remolcarlo o siendo montado sobre el tractocamión con ayuda de alguna de las grúas. De igual forma se continuaba la maniobra para el montaje de las trabes restantes.

Diafragmas y cabezales.

Debido a la utilización de elementos prefabricados en la superestructura, se construyeron diafragmas metálicos y de concreto armado para rigidizar el conjunto de trabes y evitar desplazamientos laterales de las mismas y de esta manera ir construyendo una superficie rígida de rodamiento.

Diafragmas Metálicos.

Los diafragmas metálicos se construyeron con tubo C-40 de 4" de diámetro: Estos diafragmas se colocaron transversalmente entre trabe y trabe. En las trabes TA se colocaron los diafragmas paralelos al eje de columna y a una distancia con respecto a este de 3.50 m, esto se repite en los dos ejes de columnas por cada cajón de cimentación.

Para los diafragmas que rigidizan las trabes centrales, estos se colocaron a la mitad del claro entre trabe y trabe y en los extremos a 2.50m de la unión entre la trabe de apoyo y la trabe central. De igual forma que en el caso anterior los diafragmas se colocaron en toda la sección transversal sumando un total de dos en dicha sección.

Los diafragmas se unen a la trabe mediante soldadura, aplicándose entre el tubo y la placa de acero dejada embebida en cada una de las trabes, los diafragmas están formados por un tubo horizontal que une a los elementos prefabricados por la parte lateral interior del alma y dos tubos con una inclinación de 30° que parte del centro del claro del tubo horizontal y se suelda en la preparación de la trabe.

Diafragmas de Concreto.

Los diafragmas de concreto son elementos estructurales cuya función es la de transmitir las cargas y sobrecargas producidas por la superestructura a las columnas. Otra función que cumplen los diafragmas es la de formar con las tres columnas de cada eje de columna un marco rígido aunado a la rigidización de las traveses de apoyo y por ende de la superficie de rodamiento.

Montadas las traveses dio inicio la colocación de la cimbra para estos diafragmas. Terminando la obra falsa (cimbra), se procedió a colocar el acero de refuerzo para lo cual las traveses contaban con orificios que permitieron el paso de las varillas de $1\frac{1}{2}$ " de diámetro que forman parte del refuerzo principal de dicho elemento. Por la parte superior de la trabe se colocan otras 5 barras de $1\frac{1}{2}$ " de diámetro para concluir con el refuerzo principal.

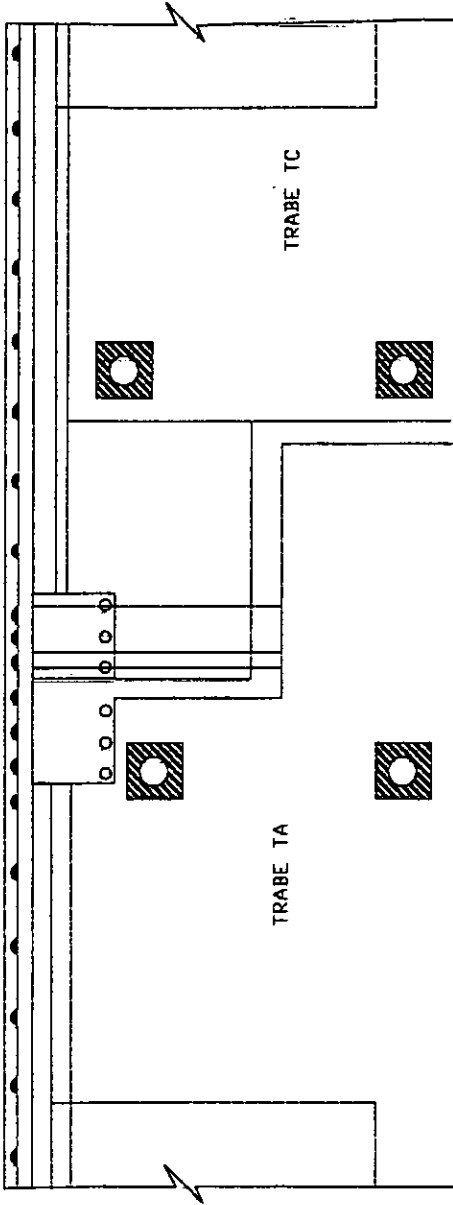
Se dio forma a una trabe mediante la colocación de estribos con varilla de $\frac{1}{2}$ " con una separación de 20 cm entre estribo y estribo, utilizando como refuerzo adicional acero longitudinal de $\frac{3}{4}$ " para efectos de temperatura y flexión.

El concreto empleado tuvo una resistencia $f'c=300$ kg/cm², con un revenimiento de 12cm. Por causa de la altura se utilizó una bomba para concreto tipo pluma. El tamaño máximo del agregado fue de $\frac{3}{4}$ " con un aditivo de tipo fluidizante para mejorar la trabajabilidad y evitar oquedades.

Firme de compresión.

Para lograr un sistema monolítico con las traveses entre cada apoyo, se construyó una losa de 8cm de espesor a base de concreto hidráulico cuyo $f'c=300$ kg/cm², acero de refuerzo en el sentido longitudinal como en el transversal con un $f_y=4200$ kg/cm² en un solo lecho. Para la construcción de la parrilla se empleó acero de $\frac{1}{2}$ " de diámetro en el sentido longitudinal a cada 20cm, siendo continua en todo lo largo del puente, y en el sentido transversal el armado se realizó con acero de $\frac{3}{4}$ " a cada 25 cm.

El proceso constructivo fue el siguiente: Primero se eliminaron todos los residuos sólidos sobre las traveses, así como el cimbrar las separaciones longitudinales entre trabe y trabe y uniones transversales entre las traveses donde se construyó una trabe denominada "Trabe de Borde", cuya función es la unión monolítica entre trabe y trabe y en los apoyos móviles es darle continuidad a una y otra trabe pero dejando holgura de 3cm para absorber los movimientos debido a la dilatación y contracción (figuras V.20 y V.21).



CONEXION DE TRABES TA Y TC

APOYO FIJO Y
APOYO MOVIL

FIG. V.20

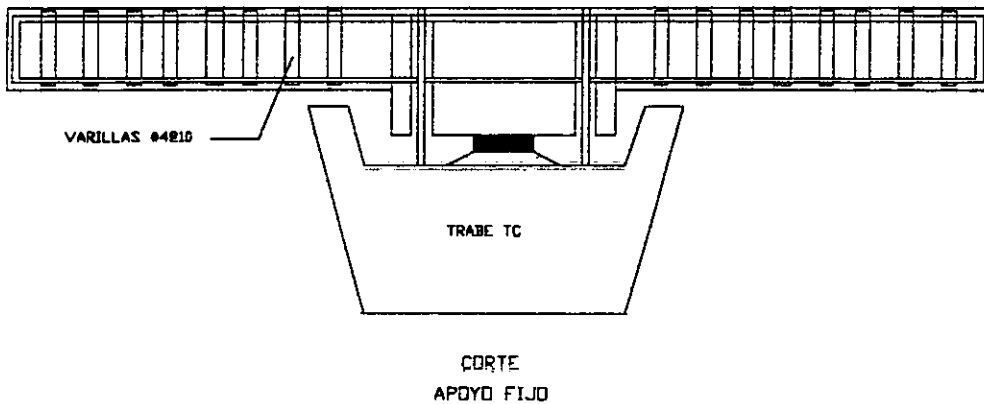
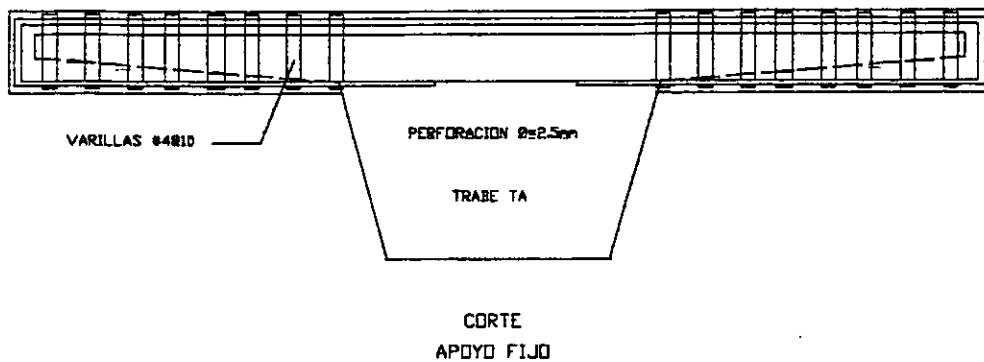


FIG. V.21

Después de cimbrar se procedió al habilitado y armado de las trabes de borde: Para la trabe de borde correspondiente al apoyo fijo se realizó el armado empleando varillas de $\frac{3}{4}$ " en el sentido longitudinal y empleando un total de 6 varillas en el lecho inferior repartidas en los 53cm que tiene de ancho la trabe, descontando 8cm para el recubrimiento. En el lecho superior, con el mismo armado del firme de compresión en el sentido transversal, se dio forma con 6 varillas de $\frac{3}{4}$ " sujetadas con las del lecho inferior por estribos colocados a cada 20cm interrumpiéndose únicamente cuando se interponía la nariz de las trabes centrales. Cabe señalar que a cada 60 cm, estos estribos del lado superior, que es paralelo en el firme estructural, continúa en forma de bastón 80cm, para que de esta forma se anclara la trabe de borde con el firme. La sección de los estribos fue rectangular de 45x25 cm y el peralte de la trabe de 33cm (figura V.22 y V.23).

En los apoyos móviles se construyeron dos trabes que a su vez dan forma a un sólo elemento, debido a que es necesario dejar un espacio para absorber los movimientos de la estructura. De igual forma que en los apoyos fijos la mitad de la trabe de borde que colinda con la trabe de apoyo se hace uso del acero de refuerzo del firme de compresión.

Entre el espacio de los dos elementos que conforman la trabe de borde en el apoyo móvil se colocó una placa de celotex (poliestireno) a todo lo largo a manera de dejar perfectamente sellada la junta. Así también sobre esta junta pero por la parte superior, se colocó una banda de neopreno de 30 cm de ancho a lo largo de la sección transversal.

Cimbradas y ancladas las trabes de borde, se procedió a colocar el acero longitudinal y transversal del firme de compresión de acuerdo a las especificaciones descritas anteriormente, y a su vez se fueron realizando los dobleces de todas las anclas dejadas en las trabes para que la parrilla del firme quede perfectamente adherida a la estructura inferior, así también como en los elementos prefabricados, en la parte superior del patín se deja un acabado rugoso lo que produce una adherencia entre las trabes y el firme estructural.

Al terminar con el armado de la parrilla, trabes de borde y todas las preparaciones para las estructuras que se tienen que desplantar a partir de la losa de compresión, se procedió a realizar el colado del elemento antes mencionado. El colado se realizó en varias etapas de acuerdo a como se librarán los tramos, se cuidó que las juntas nunca coincidieran con el apoyo móvil o cerca de este, el acabado del firme fue rugoso para que posteriormente la mezcla asfáltica tuviese adherencia. Cabe señalar que al mismo tiempo de colar el firme de compresión se colaron las trabes de borde.

Pavimento.

Colado y fraguado el firme estructural del puente y del airepién, se procedió a realizar el riego de liga a toda la superficie en proporción de 1.2 lt/m² en su modalidad de producto asfáltico FR-3*.

Transcurridos 30 minutos de haberse aplicado el riego de liga se procedió a colocar la carpeta asfáltica, mediante el tendido y compactado de una mezcla asfáltica elaborada en caliente en una planta estacionaria, cumpliendo con las siguientes características:

ESPESOR	5 CM
COMPACTACION MARSHALL	95 % MINIMO
TEMPERATURA DE COLOCACION	120 - 130 °C
TEMPERATURA DE TERMINADO	70°C (MINIMO)
PERMEABILIDAD	6 % (MAXIMO)

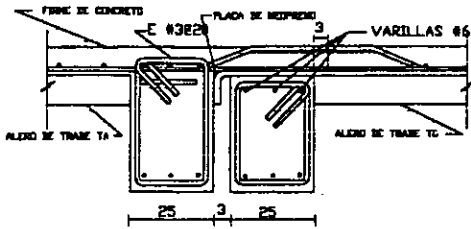
Las características del riego de liga y de la carpeta asfáltica se rigieron por las especificaciones señaladas en el ANEXO III.

La carpeta definitiva estuvo formada por dos capas, una de estructura cerrada y otra de estructura abierta; la primera con un espesor de 5 cm y la segunda de 2 cm. El procedimiento constructivo fue el siguiente: aplicado el riego de liga se realizaba el manto, que es la colocación de mezcla asfáltica manualmente sobre la superficie donde se colocaría la carpeta para que el riego no se impregnara en los neumáticos de la terminadora así como en la de los camiones que transportaron la mezcla. Inmediatamente después de haber concluido el manto la terminadora fue colocando la mezcla asfáltica con un espesor uniforme de 6.5 cm. Conforme se iba compactando el espesor de la capa se reducía hasta llegar a los 5 cm de proyecto.

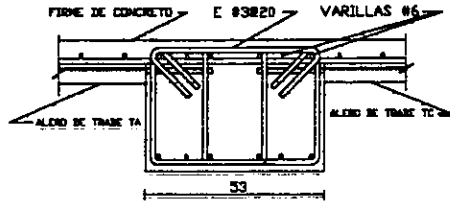
La mezcla colocada por la extendidora se compactó hasta que su temperatura descendió a los 70°C. El primer compactador empleado fue de rodillo liso con un peso de 7 a 8 toneladas, se realizaron 10 ciclos completos sobre la carpeta. Concluido el uso del rodillo se utilizó otro igual pero con un peso de 12 toneladas realizando el mismo número de ciclos, el objetivo de esto fue cerrar la estructura de la carpeta. Finalmente concluye el proceso de compactación con el empleo de un compactador de neumáticos teniendo como función principal el de cerrar la superficie del pavimento y borrar las marcas dejadas de los compactadores anteriores.

*Este producto ya no existe en el mercado con ese nombre. En estos días se conoce con el nombre de "Emulsión de Rompimiento Rápido".

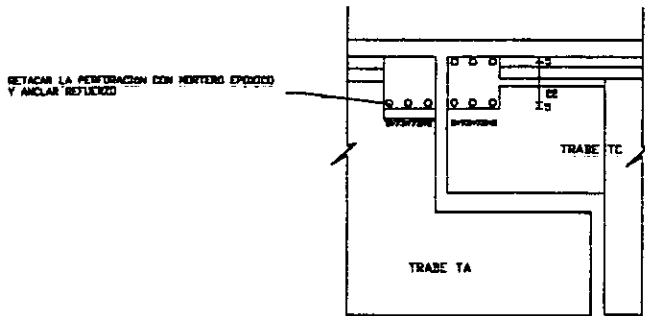
Colocada la carpeta y realizada la compactación de proyecto, se realizó la colocación de la carpeta de estructura abierta (open graded), en esta se volvió a realizar un riego de liga en proporción de 0.7 lt/m² sobre la carpeta colocada. El procedimiento fue similar al caso anterior, con la única variación que la temperatura de colocación fue a 130°C. Simultáneamente a la colocación se compactaba. A consecuencia de falta de finos en la mezcla quedaban gran cantidad de vacíos, por lo que su enfriamiento era rápido.



CORTE E-E
APOYO MOVIL



CORTE E-E
APOYO FIJO
FIG. V.22



UBICACIÓN DE PERFORACIONES
FIG. V.23

VI.- IMPACTO AMBIENTAL.

VI.1 Legislación y Normatividad en materia Ambiental en México.

En cualquier tipo de obra pública o privada en la Ciudad de México, resulta particularmente importante y fundamental, la consideración de poder evitar, mitigar, compensar o corregir los impactos al ambiente que pudieran ocasionar dichas construcciones, principalmente en una Ciudad con características como la nuestra, la cual observa un deterioro considerable al ser la de mayor concentración y extensión urbana del orbe, no puede ni se debe olvidar que su entorno es el hábitat de una población.

Por lo antes mencionado, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (SEDUE 1988) requiere de la presentación de una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA). La ley forestal en varios de sus artículos señala la necesidad de caracterizar al medio natural y a la fauna en particular.

A partir de las reformas constitucionales del Decreto de fecha 21 de octubre de 1993, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 del mismo mes y año, por el que se reforma el artículo 122 Constitucional, se dota a la Asamblea de Representantes del Distrito Federal de facultades legislativas entre las que se encuentran la de preservación del medio ambiente y protección ecológica.

Acorde a lo anterior, el 29 de abril de 1996 la Primera Legislatura del órgano legislativo de la capital del país, aprobó la Ley Ambiental del Distrito Federal, siendo publicada en la Gaceta Oficial de esta Ciudad el 8 de julio del mismo año, la cual responde a las exigencias de la Ciudad de México que por sus condiciones demográficas, geográficas, topográficas y climatológicas presenta una compleja problemática ambiental.

La Ley Ambiental del Distrito Federal en su Capítulo III correspondiente a lo relativo a Impacto Ambiental, señala que en las áreas naturales protegidas o el suelo de conservación, se requerirá de autorización de impacto ambiental previamente a la construcción u operación de obras nuevas, la ampliación de las existentes o la realización de nuevas actividades que puedan dañar al ambiente de conformidad con las normas oficiales, para evitar o en su defecto minimizar y restaurar o compensar los daños respectivos, para lo cual los interesados deberán presentar a la Secretaría según corresponda:

I.- Un informe preventivo, cuando consideren que la actividad u obra respectiva no afecta los recursos naturales y cumple con los límites y condiciones establecidos en las normas oficiales y en el ordenamiento ecológico;

II.- Una manifestación o estudio de impacto ambiental, cuando la actividad u obra correspondiente afecte los recursos naturales o requiera de sistemas o medidas especiales para cumplir con las normas oficiales o el ordenamiento ecológico, y

III.- Un estudio de riesgo, cuando se trate de obras o actividades riesgosas no reservadas a la Federación.

En la Ley Ambiental del Distrito Federal también aparecen los lineamientos de aquellas obras que no requieren autorización de impacto ambiental (artículo 27).

A continuación se presenta una síntesis de los requisitos que deberán contener el informe preventivo, la manifestación de impacto ambiental y el estudio de riesgo, señalando que la descripción exacta de los requisitos se mencionan en la Ley antes mencionada.

a) Tratándose del informe preventivo:

Deberá contener el nombre, denominación o razón social, nacionalidad, domicilio, teléfono e identificación oficial de quien pretenda llevar a cabo la obra. También llevará el nombre, domicilio, teléfono y documentos que acrediten la capacidad profesional del prestador de servicios de impacto ambiental, la constancia de zonificación de uso de suelo, la descripción detallada de la obra, la caracterización de la clase y cantidad de emisiones contaminantes que se generarán, de las fuentes de energía, combustibles, sustancias, productos y recursos naturales que se utilizarán o afectarán tanto en la construcción como en el funcionamiento de la obra.

b) La manifestación de impacto ambiental, además de lo establecido en la fracción anterior, deberá contener:

La descripción de los procesos productivos proyectados respecto a las normas oficiales ambientales aplicables y la utilización o afectación de recursos naturales; la descripción del medio natural existente y del posible escenario natural modificado del sitio, la identificación y descripción de las afectaciones ecológicas que ocasionará la ejecución de la obra; las medidas de prevención, mitigación y compensación en cada una de las etapas de la obra.

c) El estudio de riesgo, además de lo señalado en las fracciones precedentes, deberá contener:

La identificación y jerarquización de riesgos a la salud y al ambiente y métodos empleados para ello; la descripción de las condiciones de operación, así como de los materiales y residuos involucrados en el proceso; la localización y distancia respecto a la obra, de la infraestructura vial, urbana, eléctrica, hospitalaria, educativa, recreativa y de almacenamiento o distribución de combustibles y la descripción detallada de las medidas de seguridad que se adoptarán de conformidad con las disposiciones respectivas.

VI.2 Estudio de Impacto Ambiental.

Area de Influencia.

Para establecer la zona de influencia inmediata de la obra puntual, se parte principalmente de la afectación física coincidente con el trazo del puente, correspondientes a las actividades propias de la construcción.

También tiene importancia un radio de influencia de puntual de 1000 m tomando en cuenta las dos intersecciones mismas que consideran vías de características de tipo radial y primaria que fueron salvadas mediante la implantación del puente vehicular.

El área directamente afectada correspondió a una superficie aproximada de 25,285.03 m²: la cual contempla el puente aéreo de aproche oriente a poniente con una longitud de 765.00 m, más una longitud de área de maniobras de 229.50 m² con una afectación principalmente aérea de 19,450.13 m². Esta primer área de influencia corresponde a la afectación directa al medio ambiente urbano, por lo que también se contempló una área de influencia indirecta la cual considera los criterios d tipo regional ya descritos y se estima abarca una superficie aproximada de 314.15 Ha.

Climatología.

Se consideró a la estación del metro Mixihuca para presentar a la zona dentro del Distrito Federal donde está comprendido el puente vehicular en estudio. El clima dentro de esta área tiene las siguientes características:

CB (W1)(W)(T) 6

es decir, SUBHUMEDO CON LLUVIAS EN VERANO.

Según el acopio de información del Observatorio Nacional, se describe a la zona con una temperatura media anual de 15.6°C, teniendo a los meses de Diciembre y Enero con la temperatura más baja, mientras que los meses de Abril y Mayo serán los de mayor temperatura. La precipitación media anual es de 819.62mm, teniendo en este aspecto al mes de febrero como el más seco y al de mayor precipitación al mes de Julio.

En los reportes de vientos se aprecia que los de mayor frecuencia con una participación del 28% son los provenientes del Norte, con una velocidad media de 3.85m/s, así tenemos que los que provienen del Oeste, Sur-Oeste, Sur y Sur-Este son los de menor frecuencia en una proporción de 0.89%.

La estación meteorológica registró un promedio anual de 21.65 días de precipitación con presencia de granizo, 39.49 días con presencia de tormentas eléctricas, así como 102 días con niebla.

Calidad del Aire.

Apoyándose en los registros que se practican en la Ciudad de México, se puede constatar que la presencia de altas concentraciones de Bióxido de Azufre, Monóxido de Carbono, Bióxido de Carbono, Oxidos de Nitrógeno y Ozono, entre otros.

Como respuesta a las altas emisiones de contaminantes esparcidas en el aire de la Ciudad de México, se ha llegado a la conclusión que tan alto nivel es originado principalmente por la concentración industrial y la más grande e indiscriminada utilización del parque vehicular automotor. De esta manera se deduce que estas dos variables al ser sumadas conforman un 83% del total de la emisión de contaminantes. A estas dos variables debemos agregar las condiciones meteorológicas adversas, producto de la ubicación de la Ciudad de México en el fondo de la cuenca denominada Del Valle de Anahuac. Propia de su fundación disminuyéndose el poder de dilución de la capa de contaminantes del aire en la Ciudad de México, se demuestra que la participación de los agentes de contaminación es de la siguiente manera: por el uso de vehículos el 58%, el 30% es producto de las zonas industriales y un 12% o menos generado por la quema de combustibles en los hogares.

Geomorfología.

El relieve que considera la zona en la cual fue construido el puente vehicular Eje 3 Ote., en el tramo de la calle de Agiabampo a la calle de Avena sobre el Eje 3 Ote. Francisco del Paso y Troncoso, es prácticamente plano con pendientes mínimas muy suaves y una altura de 2300 m.s.n.m. Este tramo queda comprendido en las colonias Mixihuca y Granjas México pertenecientes a las delegaciones Venustiano Carranza e Iztacalco respectivamente.

Geología.

La cuenca del Valle de México o Anahuac, está comprendida dentro de la región geológica que contempla el eje Neovolcánico. Está caracterizada geológicamente por el predominio del suelo rocoso volcánico Cenozoico, mismos que datan del Terciario y Cuaternario.

El basamento de la cuenca está constituido por rocas calizas marinas amalgamadas totalmente con grandes cantidades de lava, tobas y brecha, estas producto de las erupciones volcánicas ocurridas durante distintos ciclos.

Hidrología.

La localización del sitio del proyecto dentro de la mancha urbana así como esta última a nivel macrorregional se localiza hidrológicamente en la región número 26, denominada Pánuco, adscrita a la vertiente del Golfo de México, la cual se extiende de la zona central al Norte y Oriente de la región y contempla el Valle de México.

Dentro del área del Distrito Federal principalmente por la delegaciones Cuauhtemoc, Miguel Hidalgo, Venustiano Carranza e Iztacalco, corren entubados los Ríos de la Piedad y Consulado. También se localiza dentro de la cuenca Del Valle de México el Río Tecamachalco que igualmente entubado atraviesa la delegación Miguel Hidalgo.

Al Norte del Canal de los Remedios, Tlalnepantla, que se considera como receptor de los desechos líquidos urbanos e industriales, en los límites del Distrito Federal con los municipios conurbados del Estado de México se encuentran los vasos reguladores de Texcoco y el de la antigua Laguna del Cristo.

A través de la vialidad que nos ocupa (Eje 3 Ote.), se localiza el interceptor Oriente (drenaje profundo) en el tramo comprendido de la lumbrera 4 a la 5, que es un conducto subterráneo proveniente del Río San Buena Aventura en Xochimilco.

Vegetación.

El presente estudio como objeto principal, es desarrollar una cuantificación del arbolado que se podía afectar con la construcción de la estructura del puente vehicular, asignando valores estimados de sanidad y vitalidad para cada uno de los ejemplares y proponer y analizar las medidas que a manera de propuesta se deberán implementar para evitar, disminuir o compensar los impactos negativos.

METODOLOGIA.

El área arbolada que se pudo ver afectada por la construcción del puente vehicular, se delimitó con base a los planos del trayecto, considerando únicamente aquellos que por su ubicación sufrirían algún daño directo.

Una vez definido el área dentro de la cual se encontraban los árboles que podían ser afectados, se procedió a realizar un listado de todos los ejemplares dentro de esa área de posible afectación, anotando número consecutivo, especie, diámetro de la altura del pecho (DAP) y el estimado del estado fisiológico, así como las recomendaciones para mejorar las condiciones de cada ejemplar.

Para estimar el estado fisiológico, se clasificó a cada árbol en una de las siguientes clases:

- 0 = muerto
- 1 = algunas evidencias de vida
- 2 = en mal estado
- 3 = regular estado
- 4 = buen estado
- 5 = excelente

Para proponer las medidas correctivas se utilizó el siguiente menú de acciones:

- poda 1 = poda correctiva o de equilibrio
- poda 2 = poda formativa
- poda 3 = poda severa
- NPK = fertilización
- CPF = control de plaga o enfermedad
- DR = derribo por presentar peligro
- TR = trasplante

con la base de datos completa, se procedió a separarlos por especies, es decir, refiriendo el total de datos en el número de especies y zonas de localización:

- 1.- zona oriente
- 2.- zona poniente
- 3.- zona de bajo puente

Cada una de las zonas tiene características específicas y la cubierta forestal en cada una de ellas es substancialmente diferente, por lo que el grado de afectación fue también diferente.

En la parte donde se implementó la estructura puntual, por sus características geométricas, su trazo afecta realmente pocos árboles principalmente en la zona del camellón central y en menor proporción en los laterales. A pesar que dichas zonas tenían una vegetación poco abundante, se consideró que un 47% de los árboles resultaría afectado directamente, con la salvedad que en los trabajos de obra exterior esta zona sería arboreada según proyecto de jardinería, cabe mencionar que un 3% se encontraba en mal estado y el resto en condiciones definidas como 3 y 4.

Las especies encontradas en esta zona fueron fresnos, álamo, radiatas y otros. De estas especies los fresnos y las radiatas presentaron tallas que pudieran considerarse de importancia para la implantación, sin embargo las tres especies resistían bien la poda, de tal manera que resultó fácil predecir que el efecto ambiental negativo sería de poca consideración, tomando en cuenta que el área en general posee una superficie mucho mayor que la afectada y que, en general, la vegetación se encontraba en buenas condiciones a pesar de la evidente falta de mantenimiento.

La construcción de la estructura exigió de tan sólo algunas podas severas y de algunas formativas. La instalación de pilas y elementos estructurales no dañarían significativamente las raíces, pues aunque algunas de ellas se vieran cercenadas, existía espacio y condiciones suficientes para que estas se pudieran recuperar con prontitud y eficacia.

Fauna.

La siguiente información correspondió a la fauna característica de la zona urbana en el entorno de la estructura puntual.

Los inventarios de la fauna silvestre como información para el manejo del hábitat de los vertebrados es muy importante, ya que se pueden generar impactos por la construcción y para evitar los efectos negativos que pudieran causar las especies con importancia ecológica y/o económica, estos inventarios se realizarán en áreas naturales y también en las zonas perturbadas y/o modificadas como es el caso de la Ciudad de México.

METODOLOGIA.

Para el estudio de las aves se realizó una investigación bibliográfica en las bibliotecas de la U.N.A.M. y U.A.M., así como en las colecciones científicas donde se revisó a los ejemplares colectados.

Un segundo método que se utilizó para el estudio de las aves fue el de observaciones auxiliados con binoculares de 7x50 y las claves de campo de Peterson Chalif (1973), Robinsns (1966) y Blake (1953), realizándose cuatro censos de fauna mediante trayectos a lo largo del trazo del puente vehicular.

Los mamíferos observados se estudiaron básicamente por dos métodos: colectas y métodos indirectos. Para los roedores e insectívoros se utilizaron trampas "Sherman" y Museum Especial. También se estudió la presencia de mamíferos, observando las huellas y excretas en trayectos de 30 minutos con dirección completamente al azar.

Las grandes obras de ingeniería, han modificado totalmente el hábitat de muchas especies que coexistían en la zona urbana, esto causó que la abundancia y diversidad de las especies se encuentren modificadas, ya que las especies que han soportado el desarrollo de la gran Ciudad son pocas, sobresaliendo las Palomas, Coconitas, Zanatas, el Gorrión Común, y dos especies de Colibríes las cuales se pueden observar en lugares donde se encuentra la vegetación que tiene flores y poca presión de personas.

De las 30 especies de los mamíferos, muchos de ellos se pueden encontrar confinados en áreas de densa vegetación como en el caso d las zonas arboladas o boscosas, se puede decir que son en su gran mayoría especies con amplia distribución dentro del Valle de México, por lo que sus poblaciones se encuentran adaptadas a esas condiciones de hábitat.

Para el caso de los mamíferos más abundantes de la Ciudad se pueden señalar las siguientes:

Ratas (*Rattus rattus*)
Ratones (*mus musculus*).

Identificación de los Impactos Ambientales.

Para la identificación de los impactos ambientales del puente vehicular, se elaboró la matriz en la que se considerarán las actividades del proyecto y los factores del entorno en que se desarrollaría la obra.

La técnica consistió en determinar las actividades relevantes del proyecto que posiblemente pueden causar algún impacto en el medio, estas se colocaron en la parte superior de la matriz, se colocaron al lado izquierdo los factores ambientales seleccionados, a los que por formar parte del entorno pudieran ser alterados. En estas matrices se consideraron básicamente dos secciones para su aplicación acorde a las características del proyecto y su medio, siendo estas:

- sección oriente
- sección poniente

Definido el ámbito de su aplicación, se procede a identificar y evaluar los posibles impactos, considerando si son adversos o benéficos y la amplitud de su alcance, interrelacionando las actividades del proyecto con los factores ambientales del sitio.

Para aplicar la matriz, primeramente se recurrió los trabajos de campo y complementariamente a la fotografía aérea en la que se indican los sitios y los posibles impactos, así también se consideró las opiniones vertidas por los representantes de los colonos residentes en el área de impacto, referentes a las características del proyecto y sus posibles impactos en el medio circundante, del mismo modo se consultó el plan parcial de desarrollo urbano.

Descripción de los Impactos Ambientales.

En el proceso de adecuación del sitio y considerando los posibles impactos ambientales que se generan, se observa que están relacionados con:

Actividades de la población / estructura urbana.

Durante la preparación del sitio, se afectarán algunas actividades de la población por los desvíos y cierres parciales en la vialidad coincidente, adecuaciones de la misma necesarios para realizar el trazo y nivelación, así como el confinamiento que se realizará en la zona de trabajo.

Otro aspecto importante relacionado con la población, será la ubicación y la adecuación del campamento, oficinas y patio de maquinaria, la utilización de esta, equipo, vehículos, actividades y comportamiento del personal, lo cual tendrá repercusiones en la transportación, tránsito vehicular y molestias a vecinos, transeúntes y usuarios de la vialidad.

También existe el riesgo a trabajadores, vecinos, transeúntes, vehículos y a bienes materiales por las actividades propias de la obra, por el uso de maquinaria y equipo, situación que en el diseño del proyecto se pretende prevenir mediante la aplicación de medidas de seguridad, consistentes en señalamientos, desvíos, confinamiento del sitio y adecuación de las vialidades y andadores.

En lo referente a desechos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera, la posible afectación por estos conceptos se presentará por el manejo y disposiciones inadecuadas, que provoque mal aspecto, y las emisiones de humos, gases, partículas y ruido que pudieran causar malestar en la población.

Medio físico / aire.

La posible afectación al factor aire se relaciona con las emisiones provenientes de la maquinaria, equipo y vehículos, en especial aquellos con motores de gran capacidad como grúas, retroexcavadoras, motoconformadoras, plantas generadoras y compresoras, que debido a su capacidad y trabajo para que fueron diseñados, generan gran cantidad de contaminantes y ruido (de 75 a 105 db), afectando temporalmente a la calidad del aire y el nivel sonoro existente en el lugar (el cual alcanzaba los 105 db).

Medio físico / suelo.

Respecto al suelo este sufrirá modificaciones por el cambio de uso momentáneo durante la obra, eventualmente podrá haber alteraciones en el suelo por derrames, accidentes de algunas sustancias propiciando aspecto desagradable, contaminación de áreas jardinadas y obstrucción vial.

Otra posible afectación del suelo, fuera del ámbito del proyecto se relaciona con los bancos de tiro en los que se modificará parcialmente la calidad del suelo por el aporte de material producto de demoliciones, excavaciones y residuos en general.

Medio urbano / infraestructura.

Por requerimiento del proyecto y procedimiento constructivo, se afectarán temporalmente redes de servicio (agua, drenaje, electricidad, teléfono), en acción conjunta se modificará la vialidad y andadores ya que la obra utilizará parte de la vialidad actual.

En cuanto a espacios públicos, serán ocupados temporalmente en los sitios destinados a la estructura del puente, así mismo se tendrán restricciones a la vialidad en las rutas de traslado de materiales producto de excavaciones, ya que el paso constante de camiones cargados podrá dañar la superficie de rodamiento. La necesidad de bombear el volumen de agua en las excavaciones para poder ejecutar las actividades de la obra, abatirá puntualmente el nivel freático, actividad temporal que se compensará con la colocación de la estructura de concreto.

Medio urbano / estructura urbana.

Durante la construcción los servicios de transporte serán relocalizados temporalmente, ya que la obra utilizará la vialidad por la que actualmente circulan y dan servicio alguno de estos vehículos. Respecto a la seguridad pública, esta será requerida para apoyar a las medidas planteadas en el proyecto, relacionadas con la movilidad de la obra, para evitar posibles accidentes y molestias a la población.

Medio urbano / actividades de la población.

Los desvíos y cierres temporales de la vialidad y andadores, así como la relocalización de las rutas de transporte, ocasionará molestias a la población (vecinos, transeúntes, empleados, conductores, etc.) por la obstrucción que representa la obra, ya que se verán precisados a utilizar otras vialidades, los confinamientos peatonales, el traslado a paradas de transporte reubicado, dificultad de acceso a establecimientos y centros recreativos y de servicios.

La dificultad que presenta a la población los cambios de vialidad y las actividades mismas de la obra, implica riesgos para los habitantes, trabajadores, conductores y bienes materiales. En relación con los riesgos a la población se tienen contempladas acciones dentro del proyecto para su seguridad, ofreciendo la debida protección mediante la implantación de pasos confinados, accesos con señalamientos, iluminación, limpieza, brigadas de seguridad, capacitación y adiestramiento del personal.

Medio biótico / estético.

Durante el proceso de la obra, será preciso dar tratamiento al arbolado, que en su parte aérea interfiera con la obra y posteriormente con la operación del puente, en particular todos aquellos elementos arbóreos de talla superior a los 5.00 m, los que se tendrán que podar para darles forma y equilibrio. Los elementos arbóreos ubicados en la zona de excavación y en los sitios de terraplén, que tengan una talla superior a los 5.00 m, se afectarán en su sistema radical ya que este se desarrolla equilibrando el sistema aéreo, en forma radial y profunda por lo que se considera que el subsuelo en estas áreas se encuentra ocupado por las raíces de los árboles.

En proyecto, según se vayan liberando las zonas, tiene contemplado la restitución y generación de áreas verdes, con lo que se pretende tener un impacto favorable en la vegetación.

Medio biótico / paisaje urbano.

En este rublo se contemplan dos connotaciones, una en la que se modificará el paisaje urbano por las actividades propias del proyecto y la estructura que será permanente, y otra por la modificación al arbolado.

En relación con las labores de mantenimiento a la vegetación, será un actividad que repercute favorablemente en los propios organismos, así como en la imagen urbana, en la seguridad de la estructura y en el mejoramiento de la calidad del aire.

CONCLUSIONES, OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

- ⇒ El crecimiento de la población en la Ciudad de México es la causa principal de los problemas viales, por lo que cualquier medida que tenga por objeto solucionar los problemas del flujo vehicular será benéfica para la población.

- ⇒ La construcción del puente permitió la reducción de tiempos muertos para los conductores de vehículos particulares y en menor escala para los usuarios del transporte público, lo que se traduce a su vez en una disminución del estrés a los usuarios de esta vialidad.

- ⇒ El proyecto en estudio se localiza en la zona de Lago (Zona III), por lo que, debido a las características mecánicas del suelo y a la magnitud de la obra, se requirió de un estudio minucioso de mecánica de suelos. Por las características de los estratos de suelo encontrados en la zona, hubo necesidad de realizar sondeos profundos para determinar la capa de suelo donde las características mecánicas fueran las adecuadas para el apoyo de la cimentación.

- ⇒ Los tipos de sondeos que se realizaron para conocer las características del suelo se rigieron conforme a los requisitos mínimos que marca el R.C.D.F. como fue: una inspección superficial de la zona, sondeos para determinar la estratigrafía, propiedades índice y mecánicas del suelo que, para este caso, se utilizó el método del cono eléctrico complementándose con la prueba de penetración estándar. También se utilizó una estación piezométrica para determinar las condiciones de presión del agua en el subsuelo, lo cual es importantísimo ya que este comportamiento juega un papel fundamental en las teorías de consolidación y resistencia al esfuerzo cortante en los suelos.

- ⇒ Como se puede apreciar en el Estudio de Mecánica de Suelos, el suelo de la zona en estudio (en los estratos más cercanos a la superficie) posee una escasa capacidad de carga lo que significa que la resistencia al esfuerzo cortante es casi nula y por consecuencia insuficiente para soportar el incremento de carga ocasionado por la estructura del puente. Esto obliga a buscar estratos con mejores propiedades mecánicas, las cuales por lo general se encuentran a mayor profundidad lo que obliga a hacer uso de las cimentaciones profundas. El objetivo de utilizar este tipo de cimentaciones es transmitir las cargas impuestas en superficie a depósitos profundos con mejores propiedades y a su vez asegurar una homogeneidad en los asentamientos de la estructura.

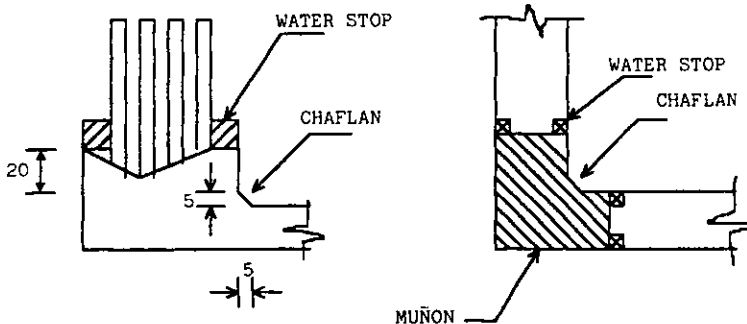
- ⇒ Como la cimentación del puente en estudio es profunda, para conocer la distribución de esfuerzos en la masa del suelo bajo este tipo de cimentaciones (en este caso en particular a base de pilotes de fricción), el análisis se realiza para cada uno de los elementos que la conforman considerando la influencia de unos sobre otros permitiendo su aplicación a cualquier distribución de los mismos y bajo cualquier condición de carga. Es importante señalar que para la utilización de este método se considera que el depósito donde se apoya la cimentación, está formado por estratos compresibles donde puede darse el fenómeno de consolidación, además de considerarse homogéneo, isótropo y linealmente elástico.
- ⇒ Un aspecto importante para comprobar que la cimentación elegida fue la correcta fue cuando se realizó el análisis de la distribución de esfuerzos ante condiciones accidentales (sismo) en donde el Nivel Neutro sufre un claro desplazamiento dependiendo el sentido de la carga accidental. El incremento de esfuerzos ante estas condiciones los absorbe la losa de cimentación que se localiza arriba de los pilotes, permaneciendo invariable la distribución de esfuerzos generada por los pilotes.
- ⇒ Como lo permite el R.C.D.F., para el cálculo tentativo del número de pilotes que llevaría cada apoyo de la cimentación del puente, se recurrió al análisis de cargas bajo condiciones estáticas debido a que la estructura del puente no sobrepasa los 60 m de altura.
- ⇒ Al elegir un cajón de cimentación para cada rampa del puente y estar ligados mediante contratraves, se pretende no sólo hacer una cimentación monolítica, sino también provocar que los asentamientos que sufra la estructura sean iguales para las dos rampas. Con esto se consigue una mejor simetría de la estructura para un buen funcionamiento estructural.
- ⇒ Para procurar que los asentamientos en los apoyos de la cimentación de las rampas sean iguales a los de los estribos, los cajones de cimentación de estos últimos se rellenan con poliestireno para evitar filtraciones excesivas de agua que pudiesen aumentar el peso de la estructura y provocar asentamientos diferenciales entre la rampa y el estribo, que es el problema que presentan la mayoría de los puentes en la Ciudad de México.

- ⇒ Debido al tipo de suelo, el proceso de excavación para alojar los cajones de cimentación requirió de una relación vertical 1:0.30, esto para garantizar la estabilidad de los taludes generados por dichas excavaciones. Además de esto, se cuidó el fenómeno de la subpresión (bufamiento) supervisando que las excavaciones no permanecieran abiertas más de tres semanas y restringiéndose el tráfico de vehículos junto a la excavación en un ancho igual a la profundidad máxima de la excavación.

- ⇒ Finalmente es de considerarse que cualquier tipo de actividad humana trae consigo una serie de impactos al ambiente, sin embargo también se ha tratado de evitar mayores daños, y que en este caso evaluando estos se ha determinado que efectivamente existen algunas zonas que se verán alteradas en mayor grado, lo que hace pensar que mientras no provoquen un desequilibrio grave, existe la posibilidad de que se realice la obra.

ANEXO I CARACTERISTICAS DEL CONCRETO

- ◆ Los agregados gruesos del concreto deberán tener el tamaño adecuado para que estos se introduzcan fácilmente entre el armado de los elementos que formarán los cajones de cimentación.
- ◆ Es conveniente que el concreto contenga de forma integral y homogénea algún aditivo impermeabilizante.
- ◆ Deberá garantizarse que el concreto no presente conductos generados por aire, o cualquier discontinuidad por efecto de la segregación o cualquier otro factor, por lo que al colocarse deberá ser vibrado perfectamente e incluso contener un aditivo fluidificante.
- ◆ El colado se realizará evitando, hasta donde sea posible la generación de juntas.
- ◆ Deberá preverse el volumen de concreto necesario para cada elemento del cajón, ya que por ningún motivo se suspenderá el colado una vez que de inicio.
- ◆ De existir juntas, estas deberán evitarse en la losa de fondo y en los muros perimetrales del cajón, así como en la conexión entre estos. Para tal fin en el colado de los elementos citados, se deberá contemplar muñones de 20 cm y chaflanes de 5 cm como se muestra en las siguientes figuras:
- ◆ El área de contacto entre concretos de diferentes edades (junta fría) deberá presentar un acabado rugoso, humedeciéndolo por un plazo de 24 horas previas al colado y aplicándole un aditivo para unir concretos de diferentes edades, además será conveniente colocar cintas de water - stop a cada lado (como se muestra en la figura anterior).
- ◆ El fraguado del concreto se controlará asegurando la no generación de grietas, fisuras, etc., pudiendo alcanzar este fin, mediante un adecuado curado a base de películas o aditivos.



ANEXO II MONITOREO

PREVIO A LA CONSTRUCCION

- ◆ Se considerará como área de influencia aquella zona que rodea a la obra y se ubica a una distancia menor o igual a una vez el ancho de cualquiera de las excavaciones o 1.5 veces la profundidad de las mismas, lo que resulte mayor.
- ◆ Todas las estructuras que se encuentren dentro del área de influencia - definida en el párrafo anterior -, deberán de marcarse con al menos dos puntos de referencia ubicados a una altura del orden de 1.5 m sobre el nivel de piso terminado. Estos puntos serán positivos tales que no sean susceptibles de perderse bajo condiciones normales, tales como elementos colados con pistola. La distancia entre elementos de referencia no será mayor a 20 m, salvo la existencia de terrenos desocupados.
- ◆ Las lecturas deberán referirse al menos a dos bancos de nivel superficial (BNS) ubicados en una zona fuera de la influencia de cualquier obra o estructura, preferentemente en parque, camellón, etc., y se realizarán con una precisión mínima de 1 mm.
- ◆ Una vez referidas las marcas en las estructuras dentro del área de influencia, deberá realizarse al menos una lectura dentro de los 30 días previos al inicio de la obra. Esta medición será el nivel de referencia para las subsecuentes.
- ◆ Deberá realizarse un levantamiento (preferentemente notarial) del estado físico de las estructuras que queden dentro de la zona de influencia, resaltando el de aquellas que se encuentren dañadas.

DUARTE LA CONSTRUCCION.

- ◆ Durante la excavación y mientras esta permanezca abierta, las mediciones en las estructuras colindantes y dentro del área de influencia, se realizarán una vez por semana. En caso de registrarse diferencia entre mediciones inferiores a 1 cm, la frecuencia de las lecturas se ampliará a 2 veces al mes; por el contrario si el diferencial es mayor a 1 cm la frecuencia se reducirá a dos veces por semana. Así los periodos de medición se ampliarán o reducirán en la proporción indicada de tal modo que, la diferencia entre mediciones registre como máximo 1 cm.
- ◆ Coladas y descimbradas las columnas del puente, así como al concluir el cuerpo del terraplén, deberán colocarse puntos de control como los citados, para posteriormente registrar lecturas antes y después de los montajes. Una semana después de colado el firme del puente, se tomarán medidas nuevamente. En caso de presentarse un comportamiento anómalo en alguna de las zapatas con respecto a las demás, se realizarán mediciones extraordinarias y se dará aviso a la empresa proyectista.

POSTERIOR A LA CONSTRUCCION.

- ♦ Una vez terminada la construcción del puente, las nivelaciones se llevarán a cabo únicamente en las columnas y cuerpo del terraplén, y se realizarán de manera semestral, sin embargo la frecuencia de estas se ajustará de tal modo que el diferencial entre mediciones registre un máximo de 1 cm.

RESULTADOS.

Los resultados de las mediciones deberán presentarse con aproximación de 1 mm para las diferentes estructuras y de la forma siguiente:

- ♦ En cada una de las estructuras y en cada columna del puente, se obtendrá una gráfica donde se presenten las curvas tiempo - deformación de las referencias, complementándose con la secuencia de actividades realizadas en dicho sitio, indicando las fechas de ejecución; adicionalmente deberá presentarse un croquis que indique las zonas en donde se realizaron los trabajos.
- ♦ Deberán obtenerse gráficas cadenamamiento - deformación para cada nivelación en secciones longitudinales paralelas al eje del puente.
- ♦ Deberá indicarse, mediante un croquis, la ubicación exacta e identificación de los puntos de referencia tanto en predios como en el puente, así como la de los bancos.

Los resultados deberán ser enviados oportunamente a la DGOP y a la empresa proyectista. Es responsabilidad de la empresa constructora y de la supervisora realizar los análisis pertinentes de los resultados a fin de detectar oportunamente comportamientos anómalos que puedan afectar la seguridad o servicio de la estructura y construcciones influenciadas por esta, tales como incrementos súbitos en la velocidad de deformación, deformaciones mayores a las previstas, agrietamiento en estructuras colindantes, etc.

- ♦ Cualquier medida o cambio en los procedimientos constructivos como consecuencia de los resultados de monitoreo será conciliado entre la empresa proyectista y la DGOP.
- ♦ Una vez entregada administrativamente la obra, la empresa supervisora deberá elaborar un informe global que contenga una descripción de todos los trabajos realizados, referidos a su fecha de ejecución, los planos o croquis de cada una de las referencias y bancos, y los resultados de las mediciones de forma gráfica y escrita. Este informe será entregado a la DGOP y a la empresa proyectista.

ANEXO III RIEGO DE LIGA Y CARPETA ASFALTICA

I.- RIEGO DE LIGA.

Se aplicará un riego de liga sobre el firme estructural del puente, estando la superficie seca y libre de partículas sueltas, y siempre que no existan posibilidades de lluvia. El riego será a base de material asfáltico rebajado, de fraguado rápido con las siguientes características:

PRODUCTO ASFALTICO	FR - 3
RELACION	0.6 +/- 0.2 LT/M2

II.- CARPETA ASFALTICA.

Transcurridos 30 minutos del riego de liga se formará la carpeta asfáltica, mediante el tendido y compactado de mezcla elaborada en caliente, en una planta estacionaria, utilizando cemento asfáltico. La carpeta deberá cumplir con las características siguientes:

COMPACTACION MARSHALL	95% (MINIMO)
TEMPERATURA DE COLOCACION	120-130 °C
TEMPERATURA DE TERMINADO	70°C (MINIMO)
PERMEABILIDAD	6% (MAXIMO)

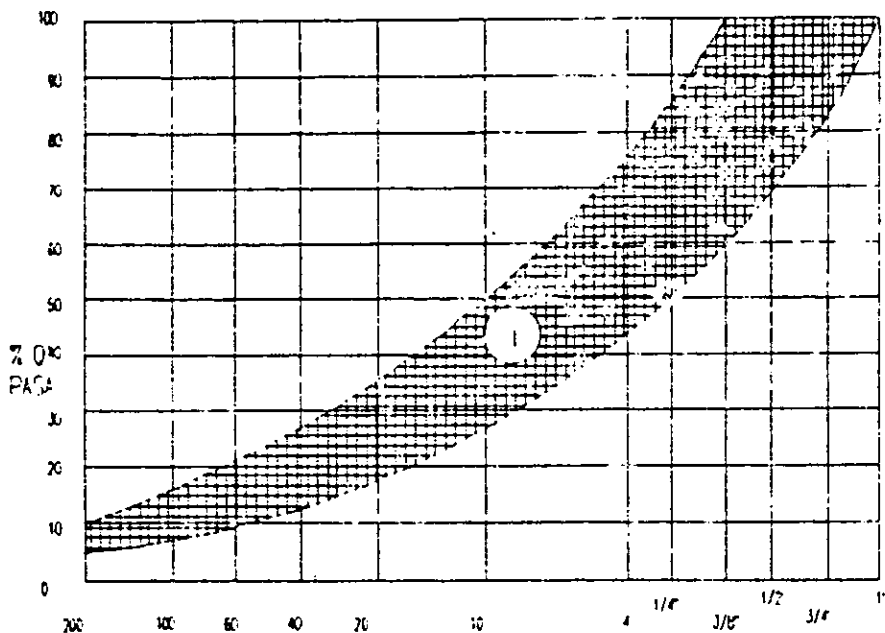
La carpeta se formará en una capa, siempre que se garantice la compactación uniforme.

Las características del material pétreo, mezcla y cemento asfáltico deberán cumplir con las siguientes especificaciones.

- MATERIAL PETREO.

Material triturado.

GRANULOMETRIA PREFERENTE	ZONA I
TAMAÑO MAXIMO	1"
CONTRACCION LINEAL	2% (MAXIMO)
DESGASTE	40% (MAXIMO)
ABSORCION	7% (MAXIMO)
PARTICULAS DE FORMA ALARGADA	35% (MAXIMO)
EQUIVALENTE DE ARENA	55% (MAXIMO)



MALLAS

DURAS CENTÍMETROS PARA MATERIAS

PETROS DE SEZONA ASFALTICA

• CEMENTO ASFALTICO.

TIPO	No. 6
PENETRACION	100g, 5s, 25°C, 90-100°C
VISCOSIDAD SAYBOLT - FUROL (135°C)	85 (MINIMO)
INFLAMACION (CLEVELAND)	230 °C (MINIMO)
REBLANDECIMIENTO	50 °C (MINIMO)
SOLUBILIDAD EN TETRACLORURO DE CARBONO	99.5% (MINIMO)
DUCTIBILIDAD	25 - 100 CM

Prueba de la película delgada, 50 cm³, 5 hrs., 163°C:

PENETRACION RETENIDA	90% (MAXIMO)
PERDIDA POR CALENTAMIENTO	1% (MAXIMO)

La afinidad con el material pétreo deberá cumplir con:

DESPRENDIMIENTO POR FRICCION	25% (MAXIMO)
CUBRIMIENTO CON ASFALTO	90% (MINIMO)
PERDIDA POR ESTABILIDAD POR INMERSION AL AGUA	25% (MAXIMO)

- MEZCLA ASFALTICA.

La mezcla asfáltica deberá cumplir con los siguientes puntos:

ESTABILIDAD	700 kg. (MINIMO)
FLUJO	2 - 4 mm
PORCENTAJE DE VACIOS (VAM)	12% (MINIMO)
PORCENTAJE DE VACIOS EN LA MEZCLA RESPECTO AL ESPECIMEN	3 - 5 %

BIBLIOGRAFIA

1. Juárez Badillo Eulalio, *Mecánica de Suelos Tomo I, Tercera Edición*, Editorial Noriega Limusa, México 1990, pág. 642.
2. Juárez Badillo Eulalio, *Mecánica de Suelos Tomo II, Segunda Edición*, Editorial Noriega Limusa, México 1996, pág. 703.
3. Rioboo, S.A. de C.V., *Estudio Justificativo del Puente Vehicular Eje 3 Ote. - Viaducto*, México 1995.
4. Rioboo, S.A. de C.V., *Estudio de Mecánica de Suelos del Puente Vehicular Eje 3 Ote.- Viaducto*, México 1995.
5. Rioboo, S.A. de C.V., *Estudio de Impacto Ambiental del Puente Vehicular Eje 3 Ote. - Viaducto*, México 1995.
6. *Reglamento de Construcción para el Distrito Federal, Segunda Edición*, Editorial Olgúin, México 1996, pág. 214.
7. *Centro de Actualización Profesional, Normas Técnicas Complementaria para el Diseño y Construcción de Cimentaciones del Reglamento del Distrito federal*, México 1996, pág. 247..
8. Héctor Raúl Aguilar B., *Distribución de esfuerzos bajo cimentaciones con pilotes de fricción ante condiciones accidentales*, Centro de Investigaciones Sísmicas A.C.
9. León J.L. y Reséndiz, *A method to estimate settlements of friction pile groups*, *Memorias del VI Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones*, Lima Perú.
10. Zeevaert L., *Interacción Suelo - Estructura de Cimentación*, Editorial Limusa, México.