



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

**“PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL
PUENTE VEHICULAR MUNICIPIO LIBRE.”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A
A N G E L A L M A N Z A R U I Z

DIRECTOR DE TESIS: ING. LUIS A. DIAZ INFANTE

MEXICO, D. F.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1991



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E.

CAPITULO	PAGINA
CAPITULO I. INTRODUCCION. -----	1
CAPITULO II. ANTECEDENTES. -----	8
II.1 Estudios Previos.-----	8
Estudios de Factibilidad.-----	9
Estudio de las Caract. del Puente y del Usuario.-----	12
Estudio de Mecanica de Suelos.-----	13
Otros Estudios.-----	14
II.2 Organización para la Construcción.-----	15
CAPITULO III. CIMENTACION. -----	18
III.1 Fabricación e Hincado de Pilotes.-----	19
III.2 Excavación.-----	23
III.3 Rampa de Acceso.-----	25
III.4 Zapatas de Cimentación.-----	26
CAPITULO IV. RAMPA DE ACCESO. -----	30
IV.1 Muro Lateral.-----	30
IV.2 Muro Estribo.-----	32
IV.3 Cimbrado.-----	33
IV.4 Relleno.-----	34
CAPITULO V. ARMADO Y COLADO DE COLUMNAS. -----	36
V.1 Armado.-----	36

V.2 Cimbrado.	38
V.3 Colado.	39
V.4 Nivelación de Altura de Columnas.	40
CAPITULO VI. FABRICACION DE ELEMENTOS PRESFORZADOS.	42
VI.1 Sitio y Programa de Fabricación.	42
VI.2 Colocación del Acero.	43
VI.3 Presfuerzo.	45
VI.4 Colado.	47
VI.5 Transporte a Obra.	49
CAPITULO VII. ELEMENTOS DE CONEXION Y ACCESORIOS DE APOYO.	50
CAPITULO VIII. MONTAJE Y NIVELACION DE TRABES.	52
VIII.1 Trabes de Apoyo.	52
VIII.2 Trabe Central.	53
VIII.3 Unión de Trabes.	55
CAPITULO IX. CONSTRUCCION DE ESCALERAS.	59
CAPITULO X. OBRA EXTERIOR.	61
X.1 Pavimentación.	61
X.2 Alcantarillado.	63
X.3 Alumbrado.	64
X.4 Acabados y Detalles.	65
CAPITULO XI. PROBLEMAS DURANTE LA CONSTRUCCION.	67
CAPITULO XII. CONCLUSIONES.	71

APENDICE A.

Parte I. Resultados de Estudios Previos.

Parte II. Estudio de Factibilidad.

BIBLIOGRAFIA.

PUENTE VEHICULAR MUNICIPIO LIBRE.

INTRODUCCION.

El programa de acciones para el transporte y vialidad, es y ha sido prioritario en este y los últimos años porque constituye el detonador de una forma de vida diferente, que incide en la convivencia social y en la actitud de los ciudadanos, gracias al beneficio que aporta.

De ahí uno de los aspectos más importantes sea conocer y resolver los problemas de movilidad de una de las ciudades más grandes del mundo. Ante ello, es necesario adecuar sistemáticamente la vialidad existente y construir la faltante.

La Ciudad de México cuenta con una población de 10.3 millones de habitantes y una área conurbada integrada por 17 municipios del Estado de México en donde viven 8.3 millones de personas. De los 1,247 kilómetros cuadrados de superficie urbanizada, corresponden 617.4 al Distrito Federal y 629.7 a la zona periférica conurbada.

Este gigantesco asentamiento humano de 18.6 millones de habitantes cuyo proceso de crecimiento no es posible detener, en el corto y mediano plazos representa una prioridad nacional. De ahí que el Gobierno Federal, el Distrito Federal, el Estado de México y de los municipios implicados

traten de atender con planes, programas, acciones y medidas conjuntas, la demanda de servicios públicos indispensables para la comunidad metropolitana.

La población capitalina demandó la satisfacción de 22.1 millones de viajes-persona en días laborables, es decir, 2.1 viajes per-cápita; en la zona conurbada la generación de viajes per-cápita es de 1 viaje, llegando a un total de 8.4 millones de viajes diarios. En conjunto el Área metropolitana demandó la atención de 30.5 millones de viajes-persona en días hábiles.

El 51% del total de viajes que se generaron en la Ciudad de México se llevaron a cabo principalmente en 4 de las 16 delegaciones políticas, las cuales son: Cuauhtémoc con 3.9 millones de viajes, Gustavo A. Madero con 3.3 millones de viajes, Iztapalapa con 2.1 millones de viajes y Coyoacán con 2.0 millones de viajes. Los municipios del Estado de México que destacaron por los viajes-persona-día son Nezahualcóyotl con 1.7 millones, Ecatepec y Naucalpan con 1.6 millones cada uno y Tlalnepantla con 1.5 millones, que acumulan el 75.6% del total de viajes.

Los principales motivos de la movilización de la población son los viajes a sus centros de trabajo o negocio y para asistir a las escuelas, con 7.7 y 5.4 millones de viajes respectivamente y representan el principal factor que generó la transportación del 42.8% del total. En lo

manera: Anillo Periférico, Circuito Interior, Radial San Joaquín, Av. Aquiles Serdán, Insurgentes Norte, Viaducto Tlalpan, Calzada de Tlalpan y el Viaducto Miguel Alemán; los ejes viales sobresalen por su longitud y equipamiento vial, diseñados en forma reticular para dar una mejor distribución vial a la ciudad; las avenidas, paseos y calzadas son las vías principales.

Como se puede observar, las vías primarias constituyen la columna vertebral de la vialidad en el Distrito Federal, siendo las vías secundarias de apoyo y complemento a las primeras.

Se tiene determinado un poco más del 50% del total de las longitudes de las vías primarias proyectadas, situación que origina saturación de vehículos en algunas vialidades, provocando tráfico lento y deterioro del ambiente por ruido, humos y gases producidos por los vehículos. Las delegaciones políticas que cuentan con mejor calidad son Cuauhtémoc, Benito Juárez, Miguel Hidalgo, y, parcialmente, Venustiano Carranza y Coyoacán.

Otro factor que incide en el sistema vial del Distrito Federal, es su interconexión con el del Área conurbada de los municipios del Estado de México, toda vez que en algunas vialidades en horas de gran demanda son insuficientes para mantener el tránsito fluido en los límites de ambas entidades federativas.

Siendo el transporte una de las actividades prioritarias, el gobierno del Distrito Federal realizó grandes obras viales, entre las que destacan los puentes vehiculares de Río Churubusco-Avenida Universidad (1,620 metros lineales, claro máximo 40 m.) y el de Circuito Interior-Avil (1,070 metros lineales y consta de dos cuerpos), que dieron solución a los múltiples problemas de tránsito vehicular que se ocasionaban en dichos sitios; así mismo, se continuó el eje 10 Sur, a fin de constituirlo en una vía de alta circulación de vehículos. Se terminó y se puso en servicio la nueva carretera México-Toluca que mejoró notablemente la comunicación de la capital con el occidente del país, permitiendo el tránsito de vehículos pesados al evitar la subida del Monte de las Cruces, así como un ahorro significativo en tiempo y combustible.

Con el fin de agilizar el tránsito, se efectuaron obras para la adecuación geométrica en los cruces de Anillo Periférico-Miramontes y Anillo Periférico-Palmas (18 km de vialidad), del Puente Vehicular Anillo Periférico-Luis Cabrera y se construyó el Puente Vehicular Picacho-Santa Teresa (compuesto por dos puentes de 103 m.; dos gazas de 940 m.; laterales de 3,344 m; y rehabilitación de un puente de 30 m.). El mantenimiento de la superficie de rodamiento de las vías se realizó como una actividad permanente, efectuando trabajos de pavimentación y nivelación para facilitar el tránsito vehicular.

Debido a que la Calzada de Tlalpan se trata de una vía primaria y la

vialidad de Municipio Libre se trata de una vía secundaria, y que existía una intersección entre estas dos vías de comunicación, gran cantidad de los automovilistas que circulaban por la vialidad de Tlalpan se quedaban estancados a veces durante largo tiempo. El origen de este tapón vehicular es debido a que la vialidad de Tlalpan se convertía en una vía de 4 carriles a una vía de 2 carriles de alta velocidad, y que existían semáforos tanto en la vialidad de Emiliano Zapata y Municipio Libre.

Este tapón vehicular no solo afectaba a los usuarios que transitaban por la vialidad de Tlalpan, sino que este tapón se corria hasta otras vialidades que se conectan con la Calzada de Tlalpan, como son Río Churubusco, Eje 8 sur, entre otros.

Por estas causas se decidió realizar la construcción de los puentes vehiculares de Municipio Libre y Emiliano Zapata, con el fin de que la vialidad de Tlalpan trabaje con cuatro carriles continuos a lo largo de toda su longitud, y así evitar el tapón vehicular que se ocasionaba a la altura del metro Portales sobre la vialidad de Tlalpan.

Los puentes de Municipio Libre y Emiliano Zapata están localizados en la colonia Portales de la Delegación Benito Juárez. Estos puentes comienzan en la calle de Miraflores y finalizan en la calle de Balboa, atravesando la vialidad de Tlalpan a una altura de 5.50 metros. Por lo que su longitud aproximada es de 469 metros de lado a lado.

Los puentes de Municipio Libre y Emiliano Zapata son muy similares en su proyecto y su construcción. El **Puente Vehicular Municipio Libre**, está construido con una pendiente adecuada para que los automóviles y los camiones puedan circular sin forzar demasiado el motor, estas pendiente varían del 3% en el inicio del puente para que los automóviles alcancen una velocidad promedio de 60 km/hr, hasta el 6% y 0.75% en la parte más alta del puente, y comience a bajar con las mismas pendientes.

El puente está compuesto por dos zapatas Z-1 y una Z-2 de cada lado de la vialidad de Tlalpan. Cada una de estas zapatas tienen dos ejes con tres columnas cada eje. El claro más grande existente en este puente es de 52 metros de longitud, existiendo otros de 40 y 35 metros.

El puente vehicular está construido a base de elementos (trabes) preesforzados, que están apoyados sobre columnas que llegan a unos cajones de cimentación apoyados sobre pilotes. Estos cajones de cimentación contienen contratrabes, y sus dimensiones son 12.10x13.00x2.20 m. (Zapata Z-1) y 15.00x12.00x2.20 m. (Zapata Z-2).

La Dirección General de Obras Públicas (D.G.O.P) y en apoyo con su Dirección de Infraestructuras llevan a cabo la construcción de los dos Puentes Vehiculares de Municipio Libre y Emiliano Zapata, y pretenden que el costo se amortizará con las horas-hombre que no se ganen al desaparecer el tapón vehicular a esta altura de la Calzada de Tlalpan.

CAPITULO II : ANTECEDENTES.

ESTUDIOS PREVIOS.

El crecimiento de la población que se ha observado en la ciudad de México y en consecuencia de vehículos particulares urbanos y foráneos, así como el transporte público, han llegado a su punto superlativo, y a medida que la ciudad crece, se origina un aumento en la demanda de medios de transporte. Esto ligado a la preferencia de los propietarios de los automóviles como medio de transporte y su uso indiscriminado, han propiciado la saturación de las vías de circulación, ya sea por la densidad de tráfico o por el estacionamiento de los vehículos en la vía pública. También se han convertido en el principal factor contaminante de la ciudad capital.

Como consecuencia, las calles y avenidas que forman la vialidad urbana requieren de una transformación continua para adecuarse a las exigencias que este crecimiento acarrea.

Cada día es mayor el número de vehículos que congestionan las partes norte, centro y sur de las ciudad de México, así como las entradas al Distrito Federal siendo elevado el recuento de horas-hombre que se pierden por causa de embotellamientos.

Ante tal situación se han elaborado planes para la regulación del

crecimiento de la ciudad, para la adecuación de los servicios y para el acondicionamiento de las vialidades. Dichos planes son los instrumentos fundamentales que norman y orientan la planificación en el Distrito Federal y la Zona Metropolitana.

Para llegar a decidir en donde se van a llevar a cabo los planes de desarrollo, es fundamental realizar algunos estudios previos que darán pauta a la construcción de infraestructura para dar solución al costo de las pérdidas de horas-hombre que se originan en los congestionamientos.

Dentro de los estudios que se realizaron para la construcción del Puente Vehicular Municipio Libre (así como el de Emiliano Zapata) y la Calzada de Tlalpan, cabe destacar los siguientes estudios:

Estudio de Factibilidad.

Estudio de las características del puente y usuario.

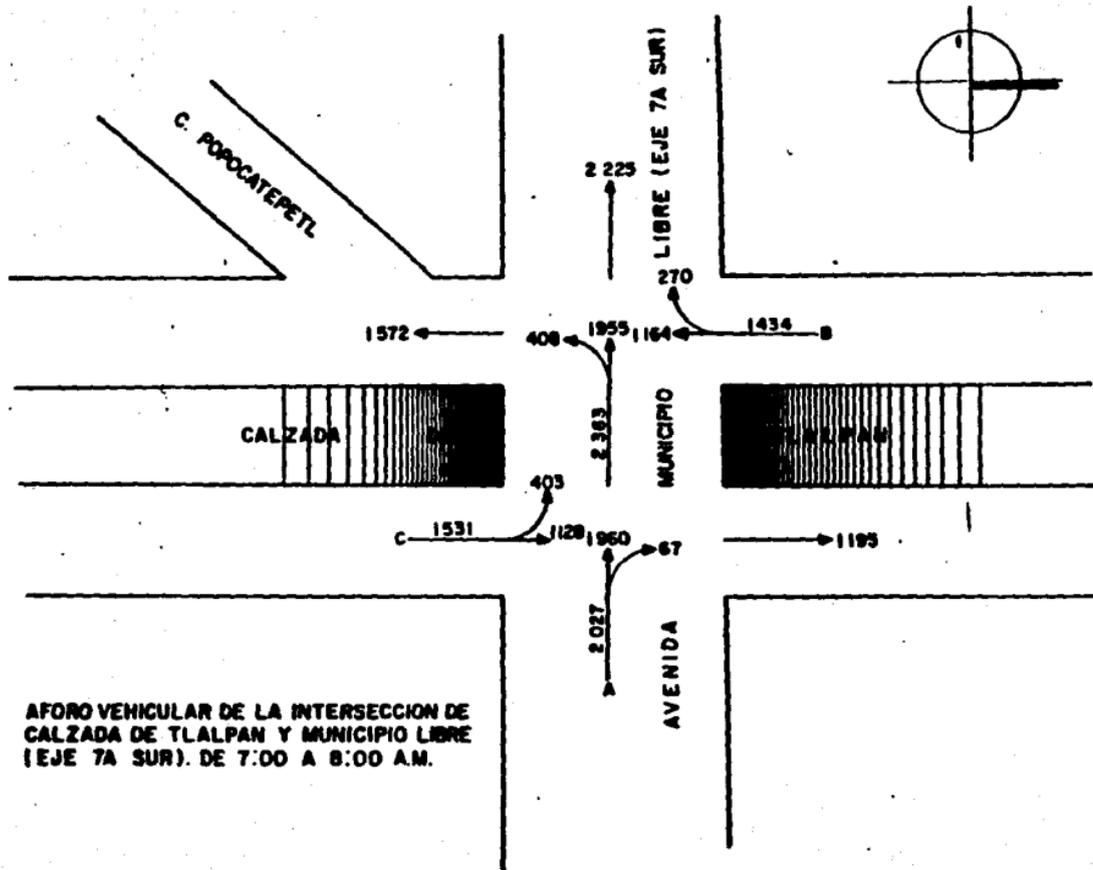
Estudio de Mecánica de Suelos.

Otros Estudios.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.

El estudio de factibilidad se realizó con el fin de que se evaluaran las pérdidas monetarias (por las horas-hombre) en los congestionamientos de esta zona, y compararlo con el beneficio que atraerá la construcción del Puente Vehicular Municipio Libre (ver apéndice A).

Considerando que el flujo vehicular en la ciudad capital, se



AFORO VEHICULAR DE LA INTERSECCION DE CALZADA DE TLALPAN Y MUNICIPIO LIBRE (EJE 7A SUR). DE 7:00 A 8:00 A.M.

fig. 2.1

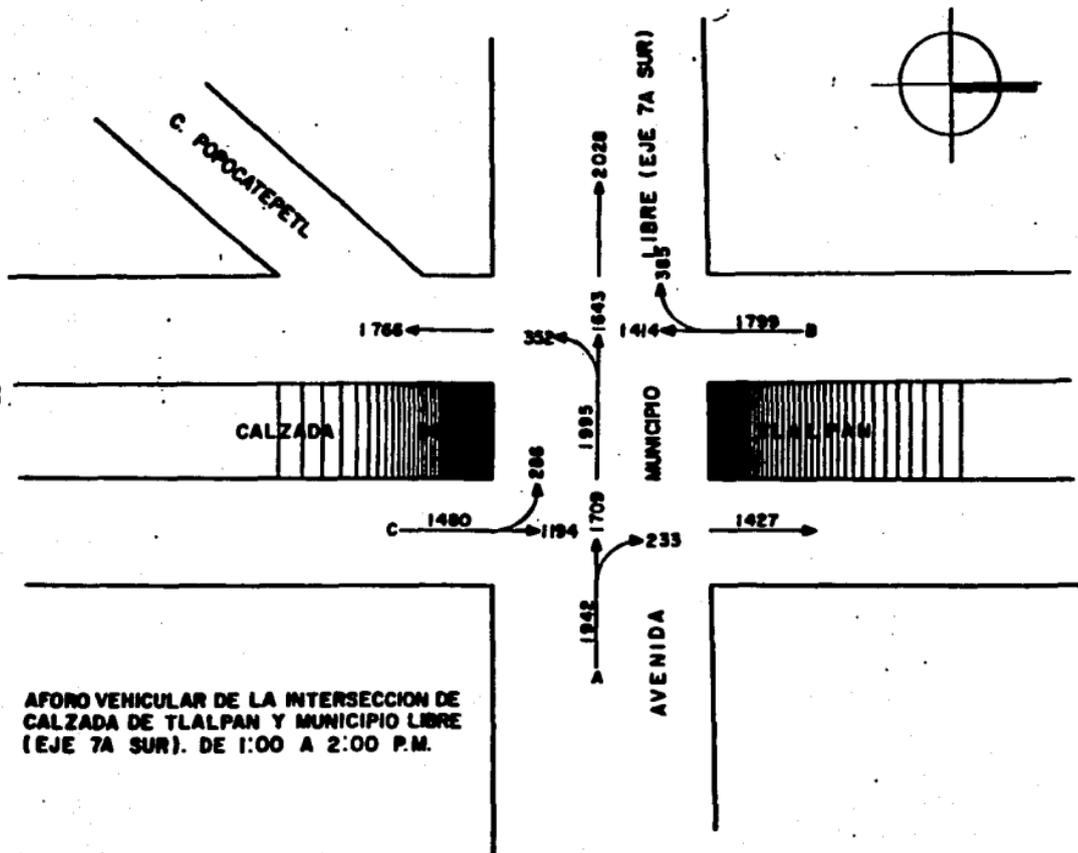
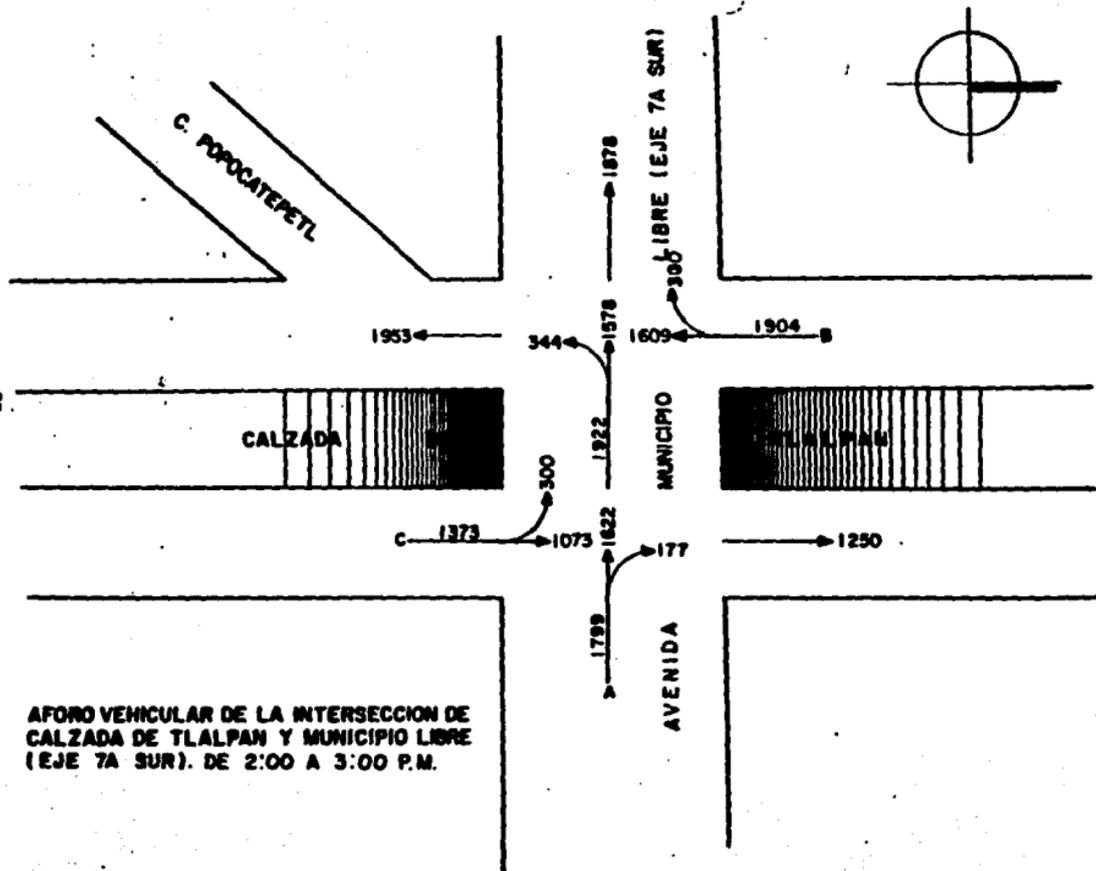


fig. 2.3



AFORO VEHICULAR DE LA INTERSECCION DE CALZADA DE TLALPAN Y MUNICIPIO LIBRE (EJE 7A SUR). DE 2:00 A 3:00 P.M.

fig. 2.4

caracteriza en los días hábiles por ser lento y denso desde las 07:00 a las 20:30 horas, congestionando las vías, principalmente en los periodos de las 07:00 a las 09:00, 13:30 a las 15:00 y de las 18:30 a las 20:30 horas. Por las mañanas la dirección del flujo es hacia el área central de la ciudad, y por las tardes hacia afuera.

También considerando que otros factores que afectan la circulación vehicular durante el día, se refieren a los vehículos estacionados (principalmente peseros en la intersección de la calzada de Tlalpan y Municipio Libre) en las vías públicas, descomposturas o accidentes ocurridos en las vías de circulación continua, deficiencias en la programación y sincronización de los semáforos y la poca observancia del reglamento de tránsito por los conductores.

Tomando en consideración todos estos factores se llevaron a cabo aforos vehiculares durante las horas de mayor flujo vehicular en la zona de estudio (Calz. Tlalpan y Municipio Libre).

Los resultados de los aforos realizados en la intersección en estudio, se muestran en las fig. 2.1,2,3 y 4. Con estos resultados se llevó a cabo la evaluación de los beneficios-costos, llegando a la conclusión de que: en la intersección de la Calzada de Tlalpan con Municipio Libre (Eje 7 Sur) a través de pasos vehiculares deprimidos, presentó un tapón vial que disminuye considerablemente la continuidad del flujo vehicular sobre esta calzada en sus demandas de recorrido hacia el sur y hacia el centro de la

pérdidas horas-hombre, sin detrimento del aspecto en esta zona y procurando obtener una armonía en la vida de los habitantes cercanos.

ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL PUENTE Y DEL USUARIO.

Este estudio se hizo con el fin de definir las características del puente dependiendo considerablemente de las características de la zona y del usuario.

Para esto se realizó un estudio de velocidades y demoras, ya que en los sistemas de vialidad urbana una medida de la calificación del flujo son las velocidades vehiculares. Una forma de medirla es por medio de estudios de tiempos de recorrido y demoras a lo largo de un tramo de la vía, se trata de determinar los lugares donde ocurren éstas en el tránsito y las causas donde se ocasionarían dichos retardos. Las observaciones se realizaron en las horas de máxima demanda.

Una vez que se han recopilado los datos de campo se ordena la información tabulándola para su análisis. Mediante la aplicación de paquetes de computadora se pueden obtener los excesos de combustible en los congestionamientos de vehículos, sin construir el puente y ya construido (ver apéndice A).

De estos estudios se obtuvo que la velocidad promedio de los vehículos que circularían por el puente vehicular debe de ser de 60 km/hr para tener fluidez en el tránsito. Para obtener una velocidad promedio de 60 km/hr y

una altura mínima para pasar la Calzada de Tlalpan (5.50 m), se necesitó variar las pendientes a lo largo del puente, estas variaciones fueron del 3% al iniciar el puente, después cambió a una pendiente del 6% para después volver a tener una pendiente del 3%, y finalizar con una pendiente del 0.75% en la parte más alta del puente; teniendo las mismas características del otro lado del puente. Esto ocasionó que el puente vehicular de Municipio Libre tuviera una longitud total de 469 m, y que no tuviera acceso de vehículos de Tlalpan a M. Libre, al igual que el cruce peatonal.

ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS.

Para la realización del puente vehicular es necesario tener un proyecto en donde nos marque todas las características generales y específicas del puente, pero para poder realizar este proyecto es necesario haber hecho un estudio de mecánica del suelo para poder diseñar la cimentación y ahí apoyar las columnas del puente.

Para poder diseñar la cimentación son necesarios algunos estudios de campo como la exploración y muestreo del subsuelo. Las pruebas que se realizan están en función de la importancia de la estructura, y en este caso se tiene una importancia elevada.

En campo se realizaron sondeos de cono (eléctrico y dinámico) con el fin de determinar las características estratigráficas y físicas del subsuelo. El número de sondeos depende del área total de construcción establecido por el Reglamento del Distrito Federal (Normas Complementarias

para el Diseño de Cimentaciones).

Una vez obtenidas las muestras de campo, se realizan pruebas de laboratorio con el fin de obtener las características mecánicas y físicas del subsuelo.

De todo esto se obtuvieron el tipo de suelo en el que se está trabajando, la capacidad de carga de dicho suelo, las deformaciones que se pueden presentar, y deducir así los problemas que se pueden presentar durante la construcción tanto de la cimentación (a corto y largo plazo) como del puente.

OTROS ESTUDIOS.

Una vez que ya se tiene el proyecto se prosigue a diseñar el desvío de los vehículos durante la construcción del puente vehicular. Esto se debe hacer de una forma eficiente para evitar mayores congestionamientos en el transcurso de la obra y dar menos molestias a los habitantes.

En el caso de Municipio Libre y Emiliano Zapata, la desviación que se hizo para pasar Tlalpan de oriente a poniente, se utilizó el eje 8 sur (Popocatepetl) en ambos sentidos desde Plutarco Elías Calles hasta la calle de Bélgica (poniente). Una vez cruzando la Calzada de Tlalpan se tomaba Plutarco Elías Calles y Bélgica para volver a tomar las calles de Emiliano Zapata y Municipio Libre.

Ya teniendo estos datos se repartieron unas circulares en un área tributaria (de afectación) dando conocimiento de los desvíos que se iban a realizar.

En obra se tuvo que hacer este desvío con gran cantidad de señalizaciones (caramelos) y bandereros (para el cruce de los peatones sobre la Calz. de Tlalpan).

Antes de empezar la construcción del puente vehicular se tomaron fotografías de los locales que se encontraban en colindancia con la construcción.

ORGANIZACION PARA LA CONSTRUCCION.

La construcción del puente vehicular Municipio Libre fué realizada por el Departamento del Distrito Federal, el cual puso en cargo directo a la Dirección General de Obras Públicas (D.G.O.P), y ésta respaldada por su Dirección de Infraestructura.

Para la construcción del puente vehicular, la Dirección de Infraestructura realizó tres concursos que abarcaban tres ramas de la Ingeniería Civil que son: Pilotes de Fricción, Obra Civil y Preesforzados.

Para la fabricación y colocación de los pilotes de fricción se

contrató a la compañía Solum, para la obra civil se utilizó la colaboración de la contratista CICSA y para la fabricación y colocación de las trabes preesforzadas se contrató a la compañía PRETENCRETO.

Se realizó esta separación en la construcción, debido a que cada una de las empresas mencionadas son especialistas en su rama, y se aseguró así la buena fabricación de los elementos del puente y una disminución en el programa de obra (tiempo).

Además la Dirección General de Obras Públicas contrató a una supervisión externa (del D.D.F.) para asegurar la construcción adecuada del puente vehicular. La función de esta supervisión era la de llevar a cabo las limitaciones del Reglamento del Distrito Federal y las del proyecto, así como la revisión de las cuantificaciones, estimaciones de cobro de las empresas y los finiquitos; al igual que también la de resolver todos los problemas técnicos que se presentaron en la obra. Esta supervisión fue llevada a cabo por la compañía RIOBDO.

Adicionalmente a la supervisión externa, la D.G.O.P. decidió tener un supervisor de su Dirección de Infraestructura para realizar la coordinación de todas estas empresas y verificar se cumplieran con las limitaciones del proyecto y las del Reglamento del Distrito Federal, así como dar una última revisión de las estimaciones y finiquitos. A su vez este supervisor tenía apoyo de un departamento de Apoyo Técnico, que se

encargaba de arreglar todos los problemas de obras inducidas (TELMEX, Compañía de Luz y Fuerza, D.G.C.O.H).

Para llevar un control total de la obra, se realizaban juntas todas las semanas en donde se presentaban las compañías constructoras involucradas, las de proyectos y los supervisores, así como el Director de Infraestructura.

En estas juntas se trataban todos los problema relacionados con el proyecto (datos no muy claros), con la construcción, con las formas de pago y con las obras inducidas. Se le hacian peticiones a cada una de las contratistas a fin de cumplir la calidad de los trabajos y adecuar su ritmo con el del programa.

CAPITULO III : CIMENTACION.

Las pruebas de exploración y muestreo dependen de la importancia y magnitud de las obras. En el caso del puente vehicular de Municipio Libre, se trata de una estructura muy importante, ya que su falla puede ocasionar la muerte de muchas personas y hacer más difícil la comunicación de la ciudad, por lo que se realizaron un número importante de pruebas.

Para determinar las características del subsuelo se efectuó:

- Un sondeo de cono a 26.7 m. de profundidad, empleando en suelos blandos el cono eléctrico de 2 Ton. de capacidad y en suelos duros el cono dinámico.
- Un sondeo de muestreo selectivo en el que se obtuvieron 4 muestras inalteradas mediante el hincado a presión del tubo Shelby en suelos blandos y 1 muestra inalterada mediante el hincado a rotación del tubo Shelby dentado en suelos duros, y 11 muestras representativas alteradas mediante la técnica de penetración estándar. Entre muestras se perforó con broca tricónica de 4" de diámetro.
- Las características estratigráficas de los depósitos superficiales del subsuelo se determinaron mediante la excavación de pozos a cielo abierto a 3 m. de profundidad, se obtuvieron muestras alteradas de los materiales representativos y se registró la estratigrafía de las paredes de los pozos mediante técnicas de campo.

De todas estas pruebas se determinó que existían estratos resistentes

mayor de $3/4"$ ó de $3/4$ del espaciamiento mínimo entre varillas ó paquetes de varillas.

Para la arena se buscaba que no fuera de grano duro y que no contuviera arcilla o materia orgánica. Además se recomendó que el material más fino que pasa la malla No.100 no fuera mayor del 10%, y el material que pasara por la malla No. 200 esté comprendido entre el 3% y 5% del peso del material.

El acero para el refuerzo principal de las secciones (varillas #5, #6 y #8) tuvieron una resistencia de $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$; y el acero de los estribos (varilla #3) tuvo una resistencia de $f_y=2300 \text{ kg/cm}^2$. El recubrimiento mínimo libre en los pilotes de fricción fue de 2.5 cm, en donde la posición correcta del acero de refuerzo se logró por medio de silletas, bloques de concreto y separadores.

La longitud total del pilote de fricción es de 16.50 m. con una sección transversal cuadrada de $50 \times 50 \text{ cm}$. Tiene una punta de 20 cm. de longitud que empieza con un ancho de 50 cm. y termina con 10 cm. Como regla fundamental en la fabricación de los pilotes no se permitieron variaciones en las secciones transversales de más de 1 cm. (fig. 3.1).

La fabricación de los pilotes se llevó a cabo en planta, debido a que no se tenía el espacio suficiente en obra. Los colados del pilote se llevaron a cabo en posición horizontal, monolíticamente, y de una manera

continua, utilizando el terreno natural como cimbra.

La fabricación del concreto se llevó a cabo en plantas dosificadoras, y no se permitía el vaciado de una olla con 1.5 hr. después de haber salido de la planta. El concreto colado se vibraba con vibradores especiales en forma constante, con el fin de permitir la salida del aire y lograr un colado compacto.

En caso de que se presentaran oquedades o porosidades en los pilotes, que pusieran en peligro la resistencia estructural del pilote, este era rechazado y su costo se le cargaba al contratista.

Los pilotes precolados se curaban con agua o curacreto (cuando se tenía un atraso considerable en el programa se curaban a vapor), y se mantenían húmedos durante 7 días.

Las maniobras con los pilotes no se realizaban antes de los 14 días después de colados (excepto si eran curados a vapor), con el fin de evitar tuviera deformaciones. El manejo de los pilotes durante los procesos de remoción de cimbra, almacenamiento y transporte, se hicieron en forma tal que se evitaron los esfuerzos de flexión excesivos, y para esto se localizaron ganchos de izaje a 4.15 m. a partir de los extremos. Los ganchos fueron de varilla #3, que llegaba hasta el refuerzo inferior del pilote y salía a la superficie formando un semicírculo con un radio de 20 cm. (fig. 3.2).

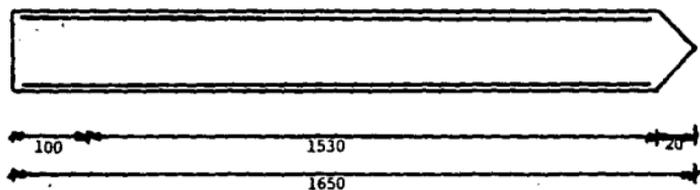


Fig. 3.1 los pilotes de fijación tienen un mayor armazo en la punta y en la parte posterior, ya que en estas zonas se van a presentar los esfuerzos mayores en el momento del hincado.

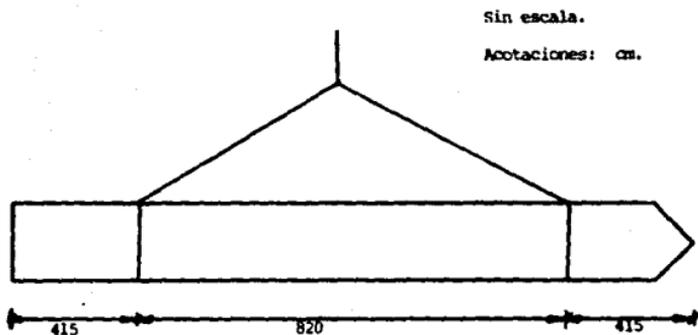


Fig. 3.2 Tanto los ganchos de izaje como los apoyos de madera para el almacenamiento de los pilotes, se colocaron a 415 cm. de cada uno de los extremos.

PUNTE VEHICULAR: MUNICIPIO LIBRE.

TABLA DE HINCADO DE PILOTES.

LOCALIZACION	PILOTE No.	FECHA DE HINCADO	GOLPES CON MARTILLO	GOLPES CON SEGUIDOR	TOTAL	PROMEDIO
ESTRIBO ORIENTE	1	25/VII/90	138	130	268	249.9
	2	"	132	110	142	
	3	"	206	236	442	
	4	"	134	115	249	
	5	26/VII/90	123	65	188	
	6	"	132	73	205	
ZAPATA Z - 1 EJE 3 y 4	1	27/VII/90	119	82	201	206.5
	2	"	128	100	228	
	3	"	108	115	223	
	4	"	99	97	196	
	5	"	100	83	183	
	6	"	109	115	224	
	7	"	95	247	342	
	8	"	113	78	191	
	9	"	95	70	165	
	10	"	125	82	207	
	11	"	99	75	174	
	12	28/VII/90	98	73	171	
	13	"	84	82	166	
	14	"	100	94	194	
	15	02/VIII/90	111	127	238	
	16	"	96	130	226	
	17	"	104	104	208	
	18	"	109	71	180	

FUENTE VEHICULAR: MUNICIPIO LIBRE

TABLA DE INCADO DE PILON

LOCALIZACION	PILOTE No.	FECHA DE HINCADO	GOLPE CON MARTILLO	GOLPES CON SEGUIDOR	TOTAL	PROM
ZAPATA 2-1	1	8/VIII/90	91	95	186	212.50
	2	"	102	116	218	
	3	"	85	94	179	
EJES: 4 - 5	4	"	91	104	195	
	5	"	124	108	232	
	6	"	139	94	233	
	7	17/VIII/90	98	104	202	
	8	"	102	95	197	
	9	"	110	105	215	
	10	"	101	94	195	
	11	"	115	124	239	
	12	"	112	103	215	
	13	"	107	127	234	
	14	"	100	89	189	
	15	18/VIII/90	96	102	198	
	16	"	78	97	175	
	17	"	138	145	283	
	18	"	128	112	240	

LOCALIZACION	PILOTE No.	FECHA DE HINCADO	GOLPE CON MARTILLO	GOLPE CON SEGUIDOR	TOTAL	PROMEDIO
ZAPATA Z-2 EJE 6 y 7	1	22/VIII/90	134	156	290	218.35
	2	"	110	120	230	
	3	"	122	126	248	
	4	"	127	139	266	
	5	"	107	128	235	
	6	"	129	137	266	
	7	"	157	105	262	
	8	"	138	141	279	
	9	"	129	125	254	
	10	25/VIII/90	110	139	249	
	11	"	121	130	251	
	12	"	127	135	262	
	13	"	132	147	279	
	14	"	124	142	266	
	15	27/VIII/90	103	128	231	
	16	"	113	133	246	
	17	"	124	142	266	
	18	"	110	131	241	
	19	"	102	127	229	
	20	27/VIII/90	100	117	217	

71 TABLA DE HINCADO DE PILOTO G

LOCALIZACION.	PILOTE #	FECHA DE HINCADO	COLPES CON MARTILLO	COLPES CON SEGUIDOR	TOTAL.	PROMEDIO.
ZAPATA TIPO Z - 1 EJES: 12 - 13	1	01/SEPT/90.	170	152	322	3285
	2	"	187	137	324	
	3	"	184	142	326	
	4	"	134	215	349	
	5	06/SEPT/90.	139	153	292	
	6	"	148	167	315	
	7	"	157	169	326	
	8	"	163	175	338	
	9	"	169	148	317	
	10	"	158	167	325	
	11	"	142	155	297	
	12	07/SEPT/90.	148	159	307	
	13	"	139	162	301	
	14	"	157	135	292	
	15	"	182	210	392	
	16	"	175	194	369	
	17	"	177	200	377	
	18	"	152	192	344	
MUNO ESTRIBO EJE: 14	1	05/SEPT/90.	164	172	336	310
	2	"	136	157	293	
	3	"	142	168	310	
	4	"	153	175	328	
	5	"	129	152	281	
	6	"	147	167	314	

1 TABLA DE HINCADO DE PILOTES.

LOCALIZACION	PILOTE #	FECHA DE HINCADO	GOLPES CON MARTILLO	GOLPES CON SEGUIDOR	TOTAL	PROMEDIO.
ZAPATA TIPO Z-1 EJES: 10 - 11	1	08/SEPT/90.	103	127	230	269.44
	2	"	107	120	227	
	3	"	129	115	244	
	4	"	154	181	335	
	5	"	132	151	283	
	6	"	140	163	303	
	7	11/SEPT/90	97	121	218	
	8	"	109	132	241	
	9	"	101	123	224	
	10	"	122	151	273	
	11	"	131	162	293	
	12	"	115	140	255	
	13	"	124	139	263	
	14	"	112	132	244	
	15	"	152	178	330	
	16	"	137	157	294	
	17	"	148	162	310	
	18	"	132	151	283	
ZAPATA TIPO Z - 2 EJES 8 - 9	1	18/SEPT/90.	139	152	291	269.44
	2	"	142	163	305	
	3	"	130	147	277	
	4	"	147	164	311	
	5	"	139	157	296	
	6	"	112	137	249	
	7	"	127	140	267	
	8	"	123	147	276	
	9	"	140	156	296	
	10	19/SEPT/90.	149	167	316	
	11	"	132	147	279	
	12	"	141	163	304	
	13	20/SEPT/90.	117	117	234	
	14	"	128	108	236	

FUENTE VEHICULAR: MUNICIPIO LIBRE.

(TABLA DE HINCADO DE PILOTES. (

LOCALIZACION	PILOTE #	FECHA DE HINCADO	GOLPES CON MARTILLO	GOLPES CON SEGUIDOR	TOTAL	PROMEDIO
	15	20/SEPT/90.	137	108	245	
	16	"	134	119	253	
	17	"	122	123	245	
	18	"	148	147	295	
	19	24/SEPT/90.	167	187	354	
	20	"	378	246	624	297.65
<p>* NOTA: CON FECHA 24 DE SEPTIEMBRE DE 1990., QUEDO FINALIZADO LOS TRABAJOS ----- DE HINCADO DE PILOTES. -----</p>						

Las pruebas de carga de los pilotes se hacían a razón de una por cada 100 pilotes. Pero además, se tomaban cilindros de concreto (4) para ensayarlos a los 7 días y a los 28 días. En caso de que el concreto o la prueba de carga no cumpliera con la especificaciones de Obras Públicas, el contratista tenía derecho a sacar corazones para demostrar la calidad del elemento.

Para el hincado de los pilotes de fricción se verificaban los siguientes aspectos:

- Que antes de hincarse estuvieran perfectamente limpios (sin grasas, residuos de concreto producto de la fabricación, lodo, etc.).
- Que no presentaran agrietamientos o fisuras en los pilotes.
- Que no tuvieran defasamiento mayor de 10 cm. con respecto a la localización que marcaba el proyecto.

Antes de llevara cabo el hincado del pilote, se efectuaba una perforación de 30 cm de diámetro, con una longitud de 1/3 de la longitud total del pilote (aproximadamente 6 m.), extrayendo todo el material. Si el hincado del pilote no se llevaba a cabo durante las 8 hr. consecutivas a la excavación, se tenía que estabilizar la excavación con lodo bentonítico con el fin de evitar derrumbes.

Después de los trabajos previos, el pilote se levantaba con una piloteadora sujetándolo de un gancho de izaje, y se colocaba en la

excavación previa. En la cabeza del pilote se le colocaba un cabezal de acero con otro de madera por dentro como sistema amortiguador sobre la cabeza del pilote para evitar posibles daños, y por medio de un martillo (DELMAG 22) se iba hincando poco a poco. Una vez que sólo quedaba al descubierto 1 metro del pilote a partir del terreno natural, se le quitaba el cabezal de acero y se le colocaba una seguidora de acero para poder seguir hincando el pilote por debajo debajo del nivel del terreno natural, hasta el nivel de proyecto (fig. 3.4).

El nivel de proyecto de los pilotes, marcaba que la cabeza de estos deberían dejarse 1 m. arriba del nivel de desplante de los cajones y zapatas de cimentación, para que los pilotes se descabezaran y formaran parte de los cajones y zapatas, con el fin de que todo trabajara como un solo elemento y disminuir así los asentamientos diferenciales.

EXCAVACION.

Las excavaciones que se hicieron para toda la cimentación en el puente de Municipio Libre, se llevaron a cabo mediante una retroexcavadora con cargador frontal Keise y una retroexcavadora Poclain LC-80 (fig. 3.5).

Las excavaciones se hicieron todas en forma unitaria (profundidad máxima de excavación fue de 3m) y con un talud vertical en las colindancias (paso peatonal). Esto se debió a que la profundidad de excavación fue menor

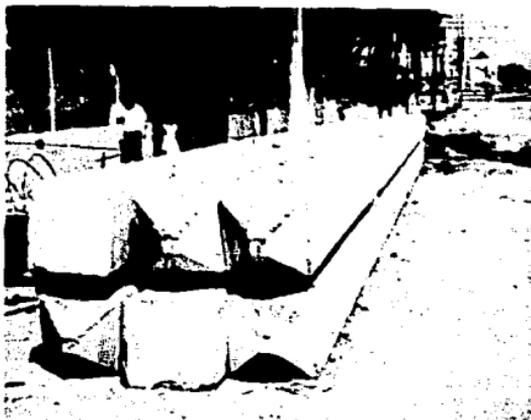


Fig. 3.3. El calzado de los pilotes para su almacenamiento en obra, se llevó a cabo con pedazos de madera a la altura de los ganchos de izaje.



Fig. 3.4. Antes del hincado del pilote, es de fundamental importancia el plomeado de éste, con el fin de evitar desviaciones.

que la altura crítica del suelo, por lo que las excavaciones fueron estables.

Una vez que se iba excavando y descubriendo los pilotes hincados, éstos se descabezaban mientras se seguía excavando las partes faltantes.

No se tuvo problemas con el nivel de aguas freáticas (NAF), el que se tenía localizado a una profundidad de 3 m., y gracias a esto tampoco se presentaron problemas de subpresión en el proceso constructivo.

Durante la excavación de la zapata Z-2 poniente se tuvo que excavar hasta 3 m. encontrándose con el nivel freático, y debido a que se formó un tirante de agua formado por el NAF y una fuga de agua, el agua empezó a subir por capilaridad hasta llegar a un lente de arena de 15 cm de espesor. El lente de arena al saturarse empezó a presentarse el fenómeno de licuación y llegó a derrumbarse. Al derrumbarse esta capa todas las arcillas que sostenía se iban derrumbando poco a poco.

Cuando se presentó la situación anterior ya se tenía ejecutada toda la excavación y los derrumbes se detuvieron mediante colados contra el terreno natural con concreto de $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$. Las paredes se hicieron inestables por licuación. Se evaluó la posibilidad de soportar el empuje con tablaestacado de madera resultando insuficiente y mandar a hacer uno de acero era muy costoso y tardado (fig. 3.6).



Fig. 3.5 Las excavaciones se llevaron a cabo a base de una retroexcavadora y un retrocargador.

Fig. 3.6 Ante los derrumbes de las paredes de la excavación, se tuvieron que hacer colados de concreto de $f'_{cu} 100 \text{ kg/cm}^2$ contra las paredes del terreno.



RAMPA DE ACCESO.

La rampa de acceso del puente está constituida por dos muros laterales y un muro estribo.

Los muros laterales están apoyados en zapatas corridas de cimentación. Estas zapatas están apoyadas sobre una plantilla de concreto simple de $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$, con el fin de evitar la contaminación del acero de refuerzo y del concreto de la cimentación al estar en contacto con el terreno natural.

El nivel de desplante de las zapatas corridas de los muros laterales fueron de 1.20 m abajo del nivel del terreno natural. El espesor de la zapata corrida es de 35 cm y tiene un ancho variable desde 1.30 m hasta 3.0 m; esta variación está en función de la altura de los muros laterales.

El armado de las zapatas de los muros laterales está compuesto por 2 armados (superior e inferior) con varillas longitudinales del #4 a cada 25 cm y varillas transversales del #6 a cada 10 cm. A estas zapatas no se le colocaron pilotes de fricción debido a que la función de los muros es únicamente la de retener el material de relleno de la rampa, y por lo tanto la carga que llega a su cimentación es muy pequeña y el terreno superficial es capaz de soportarlas.

En cambio la zapata corrida del muro estribo está apoyada sobre 6

pilotes de fricción, ya que además de que este muro tiene que funcionar como soporte para el relleno, también tiene que soportar parte del peso de la primera trabe (son 3) así como también la carga que transmiten. Por lo que el suelo superficial es incapaz de soportar tales cargas, teniendo que apoyarlos en otros estratos más profundos.

Las zapatas corridas de los muros estribos están apoyados sobre pantallas de concreto simple de $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$, con el fin de evitar contaminaciones y reducir la resistencia del elemento. El espesor de estas zapatas es de 50 cm con un ancho de 2.30 m y una longitud de 9.0m.

El nivel de desplante de estas zapatas es de 1.50 m abajo del nivel de terreno natural, y el armado varía dependiendo del lugar en donde se encuentre (en lugares donde se apoyan las 3 trabes iniciales se aumentan estribos del #4 al armado común). La longitud de descabece de los pilotes de fricción varía de 1 m a 0.5 m debido a que el peralte de la zapata sólo tiene 0.5 m.

ZAPATAS DE CIMENTACION.

Con el fin de soportar las cargas que llegan a la cimentación a través de las columnas, se construyeron dos tipos de zapatas Z-1 y Z-2.

La zapata Z-1 soporta las cargas de 6 columnas circulares de 0.9 m de

diámetro. En todo el puente existen 4 zapatas Z-1. Estas zapatas están apoyadas sobre 20 pilotes de fricción de 16.50 m, a su vez estos pilotes fueron descabezados 1 m para que el acero longitudinal quede ahogado en el concreto de la zapata y trabajen como un solo elemento (fig. 3.7).

Las zapatas Z-1 tienen unas dimensiones de 13.0x12.10 m, y están formadas por contratraves de 50 cm de espesor y un peralte de 2.20 m. La función de estas contratraves, es la de hacer trabajar a todos los pilotes de fricción como un solo elemento y disminuir así las deformaciones diferenciales.

Estas zapatas están compuestas por una losa inferior de 25 cm y otra superior de 15 cm, y por cajones vacíos limitados por las contratraves, esto con el fin de disminuir el peso de la cimentación (cimentación parcialmente compensada).

Las zapatas Z-2 tienen unas dimensiones de 13.10x 15.00 m y 11.90x15.00 m, con un peralte de 2.90 m., y están apoyadas sobre 22 pilotes de fricción. Estas zapatas están compuestas por contratraves de 0.5 m de espesor, dados en cada una de las intersecciones de las contratraves de 0.75 m, una losa inferior de 25 cm y una losa superior de 15 cm.

La diferencia entre las zapatas Z-2 oriente (13.10x15.00 m) y la Z-2 poniente (11.90x15.00), fue debido a que como no se tenía suficiente espacio del lado poniente, una longitud se hizo más pequeña y para

compensar esta modificación se le colocó concreto simple de $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ como lastre en los espacios vacíos de los cajones de cimentación y en una losa adicional de 10 cm de espesor, esto a través de una longitud de 4.80 m sobre el lado opuesto de donde se formaba el voladizo más grande (sobre la vialidad de Tlalpan) originado por la trabe presforzada.

La diferencia entre las zapatas Z-1 y Z-2, es debido a que las zapatas Z-2 soportan cargas y momento más grandes, ya que las trabes más grandes (claro más grande) se apoyan sobre unas columnas de 1.60x0.90 m (oblongas) que llegan a estas zapatas.

El cimbrado de las zapatas se hizo por medio de madera de segunda clase, debido a que no se necesitaba un acabado aparente. El acero de refuerzo que se utilizó tenía una resistencia de $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ y el concreto una resistencia a la compresión de $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$. La fabricación del concreto se llevaba a cabo en plantas dosificadoras y no se permitía la colocación de éste después de 1.5 hr de haber salido de la planta.

El recubrimiento mínimo fue de 5.0 cm y el acero se calzaba por medio de silletas (losas) y bloques de concreto (contratrabes). Para el colado se le exigía al constructor por lo menos 2 vibradores, con el fin de que el colado fuera lo más compacto posible, y estos se llevaban a cabo por medio de bombas. El anclaje para el acero de refuerzo se tenía que hacer como mínimo 40 veces el diámetro de la varilla (fig. 3.8).



Fig. 3.7 Los pilotes se dejaron 1 m. arriba del nivel de des-
plante de la zapata, para descabezarlos y anclarlos
a las contratraves.



Fig. 3.8 El armado y colado de las zapatas se realizaron lo -
más rápido posible para evitar el hufamiento del te-
rreno, pero siempre cumpliendo en el acero con una -
longitud de anclaje de 40 ϕ .

Algunas veces se tenían juntas constructivas debido a que la planta dosificadora no tenía concreto disponible, por lo que se le exigía al constructor dejar el concreto de la junta con un ángulo de 45° y con un acabado rugoso, así como también se le obligaba a tener húmedas las juntas durante 24 horas antes del nuevo colado.

También antes de colar el nuevo concreto en las juntas, se le colocaba un aditivo que sustituyera la continuidad del concreto (monolítico), estos generalmente eran festerbond o adhecón.

Todas las juntas de colado se llevaron a cabo a $1/5$ de la longitud total del claro.

CAPITULO IV. RAMPA DE ACCESO.

Los medios para el acceso al puente vehicular se llevan a cabo mediante unas rampas de acceso. Estas rampas están compuestas de dos muros laterales de una longitud de 71 m. y rematan en un muro estribo de 9.0 m. de longitud con una altura de 0.80 m. a partir del nivel del terreno natural.

La finalidad de estos muros es la de retener el material de relleno para alcanzar los niveles del puente.

IV.1 MURO LATERAL.

Los muros laterales están apoyados sobre zapatas corridas de cimentación. La altura de estos muros varía en un inicio de 0.30 m. hasta el final con 2.0 m. a partir del nivel de desplante. Estas alturas dependen de la pendiente con que sube el puente y del espesor de las trabes prefabricadas.

El ancho de los muros varía de la parte más baja con 20-35 cm. a la parte más alta con 20 cm., esta variación es con el fin de originar un escarpio para que el empuje originado por el peso del muro sea mayor y contrarreste el empuje originado por el material de relleno.

El acero que se utilizó para los muros laterales tuvieron una resistencia de $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$. El acero vertical de estos muros están empotrados en la zapata de cimentación, y el acero llega por debajo de la malla inferior de la zapata, con el fin de darle un anclaje de 40 veces el diámetro de la varilla.

Para estos muros se utilizaron varillas longitudinales del No. 6 a cada 25 cm. a todo lo largo de la altura del muro. Estas varillas longitudinales contribúan a la resistencia del muro y también actuaba en los cambios de temperatura evitando los agrietamientos en el concreto.

El acero longitudinal iba sujeto a unos estribos (acero vertical) del No. 8 a cada 15 cm., y en la punta del muro se tenían unos estribos adicionales del No. 6 a cada 15 cm, con el fin de reforzar el remate.

El concreto que se utilizó para estos muros tenía una resistencia a la compresión a los 28 días de $f'_c=250 \text{ kg/cm}^2$ y un revenimiento de 14 cm. Los colados de estos muros se llevaron a cabo con concreto premezclado en planta.

El sistema de colado consistió en dos etapas. En la primera etapa se llevó a cabo el colado de 1.50 m. de altura del muro, ya que toda esta parte iba sin ningún detalle arquitectónico. La segunda parte consistió en el colado de la parte superior haciéndole un remate en pico y una franja en la cara exterior.

El vaciado del concreto se llevó a cabo para la primera y segunda etapa mediante bombas, y el vibrado se realizó mediante un vibrador de gasolina y uno eléctrico.

Para la junta de colado se dejaba la parte superior del primer colado muy rugosa y con grandes variaciones en su altura. Antes de colar la segunda etapa, se humedecía el concreto colado durante un tiempo de 2 hr.

IV.2 MURO ESTRIBO.

El muro estribo era el remate de los muros laterales y el apoyo de las primeras traveses del puente. Estos muros estaban apoyados en una zapata corrida de cimentación de 50 cm. de espesor, y éstas a su vez estaban apoyadas sobre 6 pilotes de fricción.

La sección transversal del muro estribo varía en 3 tramos, ya que en estas zonas se apoyan las 3 traveses centrales iniciales. El acero de estos muros iba anclado al acero inferior de la zapata de cimentación, y las características de éste cumplían con una resistencia de $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$, constituido por varillas verticales y estribos del No. 8. En la zona donde se apoyaban las traveses tenían unos estribos adicionales del No. 4 a todo lo largo de la altura del muro.

El concreto utilizado para la construcción de estos muros tenía una resistencia a la compresión de $f'_c=250 \text{ kg/cm}^2$ y un revendimiento de 14 cm.

Al igual que en los muros laterales, en estos muros la fabricación del concreto se llevó a cabo en planta, y su vaciado se realizó mediante bombas.

Debido a la proximidad de los montajes de las traveses se pedía que el concreto fuera diseñado para una resistencia de $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$ y además se le aplicaba un aditivo acelerante de resistencia, con la finalidad de que el concreto alcanzara una resistencia de $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$ a los 3 días (80% de 250 kg/cm^2) y se pudiera llevar a cabo el montaje.

El acero longitudinal de los muros laterales están empotrados en el muro estribo con una longitud de anclaje de 40 veces el diámetro, con la finalidad de que estos 3 muros trabajaran como un solo elemento.

El calzado del acero se realizó mediante cubos de concreto, varillas del No. 4 y silletas.

IV.3 CIMBRADO.

El cimbrado de los muros laterales se llevó a cabo mediante madera de primera tratada (lijada y barnizada) en la parte exterior, ya que el acabado que se pedía era acabado espejo, y en la cara interior se utilizó madera de segunda. Todo el cimbrado estaba sostenido mediante polines.

En la cimbra de la pared exterior se le colocó una tira de triplay,

con el fin de que en esa zona quedara la franja del detalle arquitectónico. Una vez colado el muro se descimbraba y después con un martillo se iba desprendiendo la tira de triplay.

En el muro estribo, al igual que en los muros laterales se utilizó madera tratada de primera en la cara exterior, mientras que en la cara interior se utilizó madera de segunda. A toda la madera se le aplicaba aceite lubricante para evitar la adherencia del concreto a la cimbra.

La cimbra se dejaba durante 12 horas después del colado, y una vez retirada se le aplicaba curacreto (con el fin de curarla), o en su defecto se le aplicaban cubetazos de agua durante 2 días.

IV.4 RELLENO.

Para la realización del relleno de la rampa se excavó 0.50 m. entre los muros, con el fin de aligerar y mejorar la base del terreno. En la zona excavada se colocó una capa escarificada y compactada al 85% respecto a la prueba próctor estándar de 15 cm de espesor.

Después de la capa escarificada, se colocó un relleno aligerado de tezontle hasta el nivel de la sub-rasante. El material de tezontle se acomodó mediante la utilización de un cargador frontal.

Una vez colocado el relleno aligerado se colocó una capa sub-rasante

(tepetate) de 30 cm de espesor, colocada en dos capas de 15 cm para lograr un grado de compactación del 85% de la prueba próctor estándar.

Ya colocada la sub-rasante se continuó con la colocación de la sub-base, que tenía un espesor de 20 cm (colocada en una sola capa), y se verificaba que tuviera una compactación del 95% con respecto a la prueba próctor estándar.

Después de la sub-base se tendió una base de 15 cm de espesor con un grado de compactación del 98% de la prueba próctor modificada, el tamaño máximo del agregado fue de 1¹/₂" con un contenido de finos del 25% máximo y un límite líquido del 30% máximo.

La compactación de las capas sub-rasante, sub-base y base, se realizó mediante un rodillo vibrador liso. Durante la colocación de la capa de sub-rasante se colocó también los armados de banquetas, los accesorios del drenaje pluvial y del alumbrado público.

La colocación de los materiales se llevó a cabo casi inmediatamente de su llegada del banco, con la finalidad de que se aprovechara la humedad que traía consigo.

Una vez que se alcanzaba la compactación de la base, se le aplicaba agua al material para que no perdiera humedad. Esto se hacía hasta el momento en que la base recibía el riego de impregnación.

CAPITULO V. ARMADO Y COLADO DE COLUMNAS.

Las trabes del puente vehicular de Municipio Libre están apoyadas sobre 24 columnas circulares de un diámetro de 0.90 m. y sobre 12 columnas oblogas de 0.90x1.60 m., para completar un total de 36 columnas.

V.1 ARMADO.

Las columnas circulares de 0.90 m. de diámetro están distribuidas en 6 columnas sobre las zapatas Z-1 (4 zapatas). Estas columnas fueron armadas con acero de una resistencia de $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$, cumpliendo con un armado longitudinal de 24 varillas del No. 12 colocadas en paquetes de 2 varillas (número máximo permitido por el R.C.D.F.). Estas varillas llegaban hasta la parte inferior de las zapatas y se le daba una longitud de anclaje de 40 veces el diámetro. La unión entre las varillas del No. 12 se llevaba a cabo mediante soldadura (ya que el traslape de esta varilla es muy cara).

Las columnas también llevan unos estribos en forma de zuncho con paso de 6.5 cm. con varilla del No. 4, esto se hizo debido a que el cortante en las columnas era muy elevado y se necesitaban una gran cantidad de estribos circulares. El traslape de los zunchos deberían cumplir 1.5 veces el diámetro de la columna (mínimo especificado por las Normas Complementarias del R.C.D.F.).

En la parte superior de las columnas se construyó un capitel de 1.20x1.20x0.70 m., con el fin de distribuir los esfuerzos en la columna. En las orillas de estos capiteles se le colocaron placas de acero de 15x120x1.3e cm., soldados en forma de ángulo para que el capitel no sufriera despostillamientos. Estas placas están unidas por varillas del No. 8 formando un cono dentro del capitel.

Las columnas oblongas de 0.90x1.60 m. están distribuidas en 6 columnas apoyadas sobre las zapatas Z-2 (2 zapatas). La resistencia del acero empleado fue de $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ y tienen un armado longitudinal de 48 varillas del No. 12 en paquetes de 2 varillas.

Los estribos de estas columnas están formados por 5 estribos del No. 4. En la parte superior de la columna se construyó un capitel de 1.20x1.90x0.70 m. En las orillas de este capitel se colocaron placas de 3/4" (espesor) soldados en forma de ángulo. Estas placas se colocaron sólo en la dirección transversal a la medida longitudinal de la trabe. Las placas están unidas por 6 varillas horizontales del No. 8. El capitel también cuenta con 4 bastones del No. 8 con una longitud de 90 cm. soldados a las placas y ahogados en el concreto de la columna. Además, estos bastones llevan estribos del No. 4 a cada 20 cm.

Adicionalmente, a una distancia de 1 m. dentro de la columna salían 2 varillas con rosca del No. 12 hasta 2.20 m. sobre el capitel, con la finalidad de que se ahogaran en el firme de compresión de la pista de rodamiento.

La resistencia para las placas de acero fue de $f_y=2530 \text{ kg/cm}^2$ (acero A-36), y el calzado del acero se llevó a cabo mediante cubos de concreto.

V.2 CIMBRADO.

Para el colado de las columnas circulares y oblongas se utilizó cimbra metálica. Para las columnas circulares la cimbra estaba compuesta por dos cascarones (semicirculares) que se unían por medio de tornillo y tuercas (fig. 5.1). En la parte inferior de la columna se le colocaba una base de madera para que evitara que la cimbra se abriera en esta zona.

Antes de colocar la cimbra, las paredes se impregnaban de aceite lubricante para evitar la adherencia del concreto.

Para las columnas oblongas se utilizaron las cimbras semicirculares, sólo que se les colocaba una ampliación en las uniones para dar las medidas de las columnas (fig. 5.2). Además a estas columnas se les colocaba unos yugos a cada 1.20 m. de distancia con el fin de evitar deformaciones en la cimbra metálica (adicionales a los refuerzos ya incluidos en la cimbra).

La altura de las cimbras era de 3.0 m. formada por dos cascarones semicirculares. La cimbra que se utilizó para los capiteles fue de fibra de vidrio fabricada en obra. Primero se construyó el molde de la cimbra con tabique recocido y yeso para darle la forma. Después se le aplicaba una resina y se le colocaba una capa de fibra de vidrio, esto se repitió 4



Fig. 5.1 La cimbra metálica para las columnas estaba formada por dos cascarones semicirculares.

Fig. 5.2 Se utilizó un elemento adicional en la cimbra de las columnas, con la finalidad de ajustarse a las dimensiones de las columnas oblongas.



veces. Una vez colocada la segunda capa de fibra de vidrio se reforzó la cimbra con dos varillas del No. 12 y se le continuó colocando las otras dos capas faltantes de fibra de vidrio, y se esperaba que se secara para desmoldarla (fig. 5.3).

V.3 COLADO.

La resistencia a la compresión del concreto utilizado en las columnas fue de $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$. El concreto se fabricaba en planta y se descargaba por medio de bombas de concreto (fig. 5.4)

El colado de las columnas más altas (mayor de 3.0 m.) se llevaron a cabo utilizando dos cimbras (una encima de otra), y el concreto se descargaba hasta que se formaba una capa de 0.50 m. y una persona bajaba por el acero para vibrar el concreto colado para que no se formaran huecos originados por el aire atrapado.

Las columnas se colocaron en dos etapas. En la primera etapa se coló la parte recta, y en la segunda etapa (ya descimbrada la parte recta) se colocaba el molde de fibra de vidrio del capitel y se llevaba a cabo el colado de este.

Tanto las columnas como los capiteles se descimbraban 12 horas después de haberse colado. Generalmente se le aplicó al concreto aditivo acelerante de resistencia para descimbrar lo más pronto posible y utilizar las mismas



Fig.5.3 La cimbra de fibra de vidrio que se utilizó para los capiteles se fabricó en obra con un molde de ladrillo y yeso.

Fig. 5.4 El concreto utilizado en las columnas fué premezclado, y su vaciado se llevó a cabo por medio de bombas de concreto incluidas en los camiones re-
volvadora.



cimbras en otras columnas sin atrasarse en el programa de obra.

V.4 NIVELACION DE ALTURA DE COLUMNAS.

El puente de Municipio Libre estaba ordenado a base de 14 ejes en la dirección longitudinal y 3 (A, B y C) en la dirección transversal. Los ejes 1 y 14 correspondían al muro estribo, y del 2 al 13 correspondían a los ejes de columnas (cada eje contenía 3 columnas alineadas).

La altura de estas columnas iban variando conforme se iba avanzando del muro estribo hacia el centro del puente (Calzada de Tlalpan). Las alturas de las columnas se muestran a continuación.

EJE	CADENAMIENTO	ALTURA(m)
2	0+136.27	1.88
3	0+148.27	2.60
4	0+183.27	4.65
5	0+125.27	5.37
6	0+235.27	6.49
7	0+247.27	6.83
8	0+299.27	6.47
9	0+311.27	6.37
10	0+351.27	5.82
11	0+363.27	5.24
12	0+398.27	2.71

Durante la construcción, estos ejes y niveles se iban cuidando con mucho detalle mediante dos brigadas de topografía (una de la supervisión y otra de la contratista), ya que no se permitían desplomes de las columnas, desplazamientos de las líneas de los ejes ni rotación en éstas.

Desde el desplante de la cimentación, la brigada de topografía verificaba los ejes de las columnas para evitar desplazamientos de éstas. Antes del cimbrado de las columnas se verificaba la colocación del acero y después de colocada la cimbra se verificaba el eje y el plomeado.

Una vez descimbrada la columna se volvía a verificar el eje, la verticalidad y la altura de la columna, para ver si las variaciones eran muy significativas con respecto a las de proyecto. En el caso de que hubiera un error se modificaba el capitel para adecuarlo con la medida de proyecto.

CAPITULO VI. FABRICACION DE ELEMENTOS PRESFORZADOS.

VI.1 SITIO Y PROGRAMA DE FABRICACION.

El puente vehicular de Municipio Libre esta formado en su mayor parte por elementos presforzados (trabes). Estos elementos estan compuestos por dos tipos de trabes: trabes de apoyo y trabes centrales.

Las trabes de apoyo son aquellos elementos que estan apoyados sobre dos columnas, mientras que las trabes centrales estan apoyadas sobre dos trabes de apoyo.

El ancho del puente entre las rampas de acceso esta compuesto por tres trabes (apoyo y centrales). Las trabes de la orilla tienen una longitud transversal de 3.80 m. y la trabe del centro de 3.65 m., para completar un ancho total del puente de 11.25 m.

El puente vehicular consta de 39 trabes en total (18 trabes de apoyo y 21 trabes centrales), y sus longitudes van variando conforme se acercan al centro del puente. La longitud de las trabes de apoyo esta compuesto por 12 trabes de 21.98 m. y por 6 trabes de 30.31 m. (llamadas trabes de transición). En cambio las longitudes de las trabes centrales esta compuesto por 6 trabes de 14.25 m., 12 trabes de 25.16 m. y 3 trabes de 37.73 m.

Todas las trabes tienen un peralte de 1.40 m., excepto las 6 trabes de transición y las 3 trabes centrales que cruzan la vialidad de Tlalpan en donde su peralte es de 2.0 m., debido a que los claros que salvan son mas grandes.

Debido a las dimensiones de las trabes su fabricación en obra fué imposible, por lo que se tuvieron que fabricar en una planta en donde se pudiera alojar el molde y todos sus accesorios necesarios para el presfuerzo, y dejar lugar suficiente para el almacenamiento de las trabes ya fabricadas.

De las 39 piezas que se tenían que fabricar, se hacían en promedio en 3 días las trabes de 1.40 m. de peralte, pero las piezas de un peralte de 2.0 m. se fabricaban en 5 días (promedio). Estos datos podían variar en 1.5 días, ya que una vez que se tenía la cimbra armada, la fabricación era rápida, pero cuando las dimensiones de la pieza variaba había que ajustar el molde, y el tiempo de fabricación aumentaba.

La fabricación de las trabes se tenía planeada hacerla en 6 meses (mayo a octubre de 1990), sin embargo por problemas de construcción del molde (cimbra), su fabricación se realizó en 8 meses y 15 días (mayo al 15 de enero de 1991).

VI.2 COLOCACION DEL ACERO.

La cantidad y localización del acero de las trabes variaba de acuerdo

al sentido del momento.



Fig. 6.1 Diagrama de Momentos.

El puente vehicular se puede interpretar como una viga continua (fig. 6.1), en donde los momentos negativos se presentaron en los apoyos, y los momentos positivos actúan al centro de los claros.

En los apoyos en los cuales se presentan los momentos negativos (que actúan sobre las traves de apoyo) se colocaron torones de 1/2" de diámetro en la parte superior de las traves. En cambio, en los lugares en donde se presentan los momentos positivos (que actúan sobre las traves centrales) se colocaron torones de 1/2" de diámetro en la parte inferior de los elementos presforzados.

Las traves tanto de apoyo como centrales son aligeradas en su alma en toda su longitud excepto 1.20 m a cada orilla de la trave más 0.60 m. de ménsula para apoyo de las traves que continuaban (fig. 6.2 y 6.3).

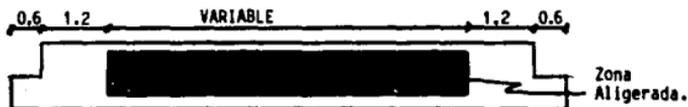


Fig. 6.2 Trave de Apoyo.

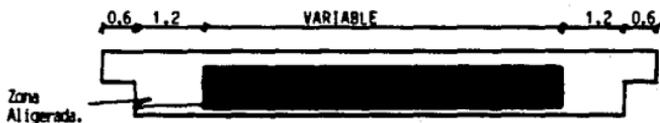


Fig. 6.3 Trabe Central.

El número de torones colocados en las 6 traves de apoyo de transición fueron de 66 torones en la parte superior, en las traves centrales que cruzan la vialidad de Tlalpan ($l=37.73m$) se colocaron 68 torones en la parte inferior; mientras que en todas las traves restantes se colocaron 40 torones en la posición superior o inferior dependiendo de que si se trataba de una trabe de apoyo o central.

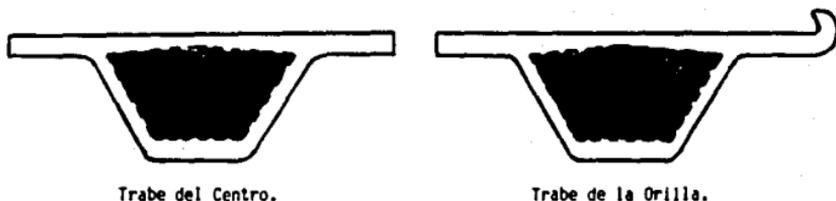


Fig. 6.4 Sección Transversal de Elementos Presfuerzados.

VI.3 PRESFUERZO.

La finalidad del presfuerzo fue la de disminuir las secciones transversales de las traves, ya que con el presfuerzo se aumentaba la capacidad de carga.

Para soportar las cargas que se iban a presentar en cada una de las trabes, los torones antes del colado se sometían a una tensión de 13 700 kg.

Para el tensado de estos torones se utilizó un gato hidráulico de 60 000 libras. La cimbra de las trabes estaba formado por láminas de acero soldado contraventada a cada 50 cm.; en posición paralela a las paredes de esta cimbra se colocaron unos muros de concreto que en sus extremos soportaban unas traversas (trabes de concreto armado).

El gato hidráulico se apoyaba en una de las traversas y transmitía sus cargas (tensión de torones) a través de los muros; mientras que del otro lado el tensado de los torones ejercían la misma fuerza (tensión de torones) sobre la travesa localizada en el mismo lado del molde, y las fuerzas originadas por los cables en tensión (torones) y las del gato hidráulico se equilibraban a través de los muros.

Una vez que ya se tenía localizada la posición de los torones se colocaba una guía (calavera) para que los torones no se movieran de su posición durante el tensado y colado. Después de la travesa se colocaba unas placas de acero y un barrilete (cilindro de acero con una cuña) para que evitara el regreso del torón después de tensarlo.

La posición de las traversas podía variar (apoyada en una posición más baja o más alta en los muros) dependiendo de que si se estaban armando las trabes centrales o de apoyo.

El procedimiento de tensado se realizó colocando primero todos los torones a una tensión de 6850 kg., y una vez que se colocaban todos se sometían a la tensión total especificada por el proyecto. Esto se hizo ya que la tensión de los torones era muy grande y se tenía que se soltara un torón o la calavera llegara a moverse. Mientras que si se aplicaban tensiones graduadas y distribuidas al sistema, se tenía una mayor seguridad al éxito.

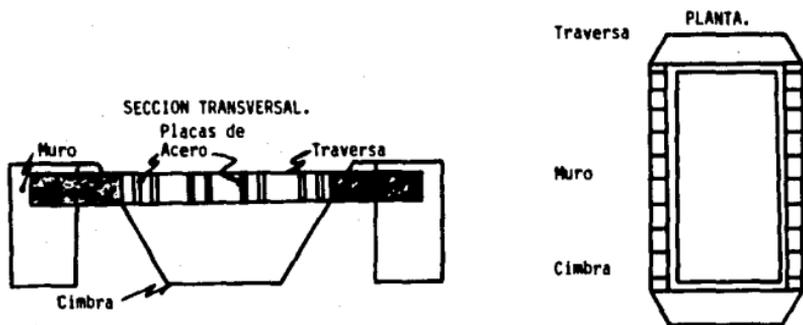


Fig.6.5 Cimbra para la fabricación de las piezas presforzadas.

VI.4 COLADO.

Debido a que los elementos presforzados eran aligerados en sus almas, el colado de estas piezas se llevaron a cabo en tres etapas. En la primera etapa se colaba la losa inferior hasta el nivel inferior de zona aligerada.

Después se colocaba una cimbra de madera para dejar una zona hueca (dejando una preparación para extraer la cimbra), y se colaban las paredes de la pieza hasta el nivel de los alerones.

Una vez colado este nivel se extraía la cimbra de madera y se continuaba con el colado de los alerones. Una vez terminada la tercera etapa, el concreto de $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$ se curaba a vapor con la finalidad de poder extraer la pieza a las 12 hr. después de colada.

En los colados se tomaban cilindros como muestras y se curaban junto con la pieza. A las 12 hr. se probaban los cilindros a compresión para ver si el concreto ya cumplía con el 80% de la resistencia de proyecto.

En caso de que la resistencia cumpliera con el 80%, se cortaban los torones y se extraía la pieza. Una vez de que la pieza estaba fuera se armaban y se colaban unas bases de diafrágramas en las traveses de apoyo, que servían de unión entre las tres traveses localizadas en los mismos ejes sobre columnas. Una vez que se cumplía con esto, la pieza estaba lista para detallarse.

Por el atraso considerable en el tiempo de fabricación de las traveses, algunas veces se utilizó un aditivo llamado RHEOBUILD 561 para acelerar la resistencia del concreto. Este aditivo levantaba la resistencia del concreto al 80% en 3 días con curado normal, y así se disminuían los tiempos de espera de resistencia adecuada para el movimiento de las piezas.

VI.5 TRANSPORTE A OBRA.

Una vez de que el concreto cumplía con una resistencia del 80%, la pieza se extraía del molde por medio de dos grúas de 100 toneladas de capacidad, que se movían sobre unos rieles apoyados en marcos de acero.

Estas grúas levantaban la pieza y la transportaban a un lado del molde. Paralelo al molde y a los muros, se colocaba un tractor con uno ó dos dolly's (dependiendo de la longitud de la pieza), y la pieza se almacenaba bajándola con dos grúas con capacidad de 140 Ton. sobre neumáticos.

Cuando la pieza se iba a transportar a obra se volvía a colocar sobre el tractor y el dolly. Los dolly's utilizados para el transporte a obra y en el almacenamiento, tenían dirección y tracción propia, ya que la longitud de las piezas son considerablemente grandes y dificultaba su rotación en las esquinas de las calles.

CAPITULO VII. ELEMENTOS DE CONEXION Y ACCESORIOS DE APOYO.

La unión entre las traves de apoyo y las centrales se hicieron a base de mnsulas. Estas mnsulas tienen una longitud de 0.60 m, un ancho de 1.66 m y una altura de 0.68 m.

Las mnsulas en sus bordes llevan placas de acero de un espesor de 1.9 cm., esto con el fin de evitar despostillamientos. En la parte inferior o superior de la mnsula (trabe de apoyo y central respectivamente) se le colocó un ngulo de acero de 10x10x0.95 cm a todo lo largo del borde. Estos ngulos están soldados a 3 varillas del No. 4 que se ahogan 50 cm en el concreto de la trabe.

Además de estas placas de acero, y con el fin de evitar el contacto del concreto de las traves de apoyo y centrales, se le colocaron en las mnsulas unos accesorios Dapsa para el apoyo de la polvera. Las polveras consisten en dos placas de acero y en el centro tienen una placa de neopreno que transmite la carga de la trabe central a la trabe de apoyo.

Para las traves de apoyo el accesorio Dapsa consiste en una placa de acero con dos placas pequeñas en los extremos colocadas en forma de canal para que sirviera a la polvera como gula; mientras que para la trabe central consiste en una placa de acero con 4 ranuras para que se apoyaran las polveras (fig. 7.1).

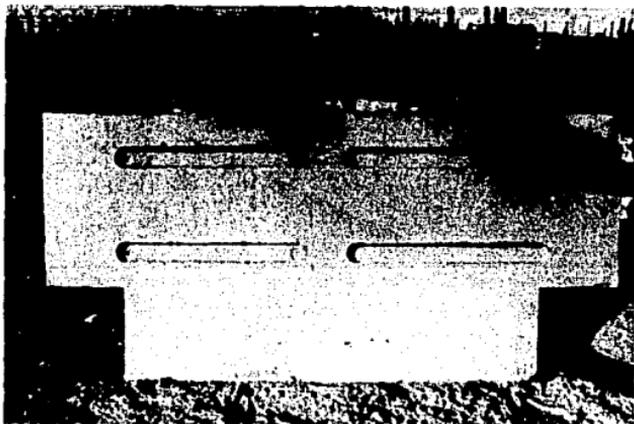


Fig. 7.1 Accessorio Dupsa colocado en las ménsulas de las trabes para apoyo de las polveras.

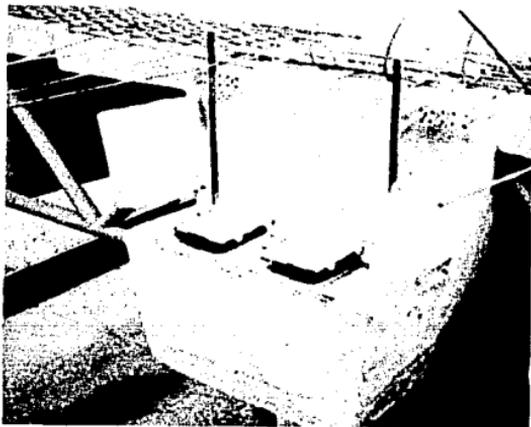


Fig. 7.2 Polveras de Neopreno para el apoyo de las trabes centrales sobre las de apoyo.

En cada apoyo entre traveses se colocaban dos polveras, por lo que se colocaron 6 polveras por eje. Se colocaron polveras fijas y móviles, con el orden de un eje fijo y otro móvil.

La diferencia entre apoyos fijos y móviles, consiste en que en los apoyos fijos la polvera no puede moverse, en cambio en el apoyo móvil la polvera puede moverse (en la dirección longitudinal y transversal) y así amortiguar los errores en la fabricación de las traveses.

Además de las polveras se les colocaban en las traveses de apoyo unos pernos verticales con rosca de 1" de diámetro ahogados en la consola y con una $f_y = 10\ 500\ \text{kg/cm}^2$, que enroscaban en unos orificios localizados en la consola de la trabe central. Una vez que se colocaba la trabe central se le enroscaba una tuerca, esto con el fin de evitar que los desplazamientos fueran considerables.

CAPITULO VIII. MONTAJE Y NIVELACION DE TRABES.

VIII.1 TRABES DE APOYO.

El montaje de las traves de apoyo fue muy variado en cuanto a tiempo, ya que dependia de las dimensiones y del peso de la trave.

ELEMENTO.	PESO (TON).
TA-1	63.31
TA-2	62.95
TA-3	63.31.
TA-4	105.17
TA-5	104.90
TA-6	105.53

Para las traves de menor peso (TA-1,TA-2,TA-3) se utilizaron dos grúas de 80 ton de capacidad (MYCSA). Sin embargo, para las traves más pesadas se utilizaron tres grúas de 140 ton, esto se debió al poco espacio que existía en el lugar, y las plumas de las grúas no alcanzaban su ángulo de inclinación óptimo (75°).

En un día (12 hr) se lograban colocar 3 de las traves más ligeras, mientras que para las más pesadas se colocaba una pieza por noche, porque para su montaje se tenía que suspender la circulación de automóviles en la

lateral de Tlalpan y esto sólo se podía hacer en un horario de 11 p.m. a 5 a.m.

Las trabes de apoyo tenían dos zonas huecas desde el extremo inferior al extremo superior, ya que en estas zonas se colaba un diafragma de unión entre trabes.

Antes de la colocación de la pieza de apoyo se verificaban los ejes de las columnas, ejes de trabes y ubicación del acero de las columnas que continuaban. Se tomaban medidas y se hacía una plantilla con el fin de verificar que número de varillas de las columnas había que cortar, para que no estorbaran durante el montaje.

Una vez que se colocaba la pieza, se volvía a reponer la varilla soldando una placa en la punta de la varilla cortada y soldando otra varilla del mismo diámetro que continuara hasta la parte superior de la trabe. En las puntas de estas varillas se les soldaban placas para distribuir las cargas (sólo en las columnas circulares). Además se soldaba la placa del capitel con el accesorio de la trabe para evitar desplazamientos en condiciones normales y de sismo mientras no se colara el diafragma de unión.

VIII.2 TRABE CENTRAL.

Al igual que en las trabes de apoyo, el tiempo de montaje de las

trabes centrales varió de acuerdo de las dimensiones y peso de las piezas.

ELEMENTO.	PESO (TON.).
TC-1	38.09
TC-2	65.47
TC-3	109.37

Para el montaje de las trabes más ligeras (TC-1, TC-2 y TC-3) se utilizaron dos grúas de 80 ton de capacidad, montando 3 piezas en un día. Mientras que para el montaje de las trabes más pesadas (TC-3) se utilizaron 4 grúas de 140 ton, montando una pieza por noche.

Las trabes centrales no se podían colocar si la resistencia del concreto del diafragma de unión no había alcanzado la resistencia del 80% de la resistencia de proyecto.

Sin embargo, por la premura del tiempo algunas ocasiones se tuvieron que colocar las trabes centrales con el concreto del diafragma a una resistencia del 20%. En estas situaciones se colocaban al mismo tiempo las dos trabes centrales localizadas una a cada lado de la trabe de apoyo, con el fin de evitar que se presentara el volteo de la pieza en el caso más crítico o bien la aparición de grietas en el capitel y la columna en el caso menos crítico.

Las trabes centrales y las de apoyo tenían 4 ganchos a 5 m. de cada

uno de sus extremos para su izaje.

En esta misma posición se colocaban los apoyos de madera en el almacenamiento de las piezas y en el transporte a obra.

VIII.3 UNION DE TRABES.

La unión entre las traves de apoyo consiste en unos diafrámas de concreto reforzado en cada eje de columna. La finalidad de estos diafrámas es la de formar un marco rígido con las traves y las columnas, y evitar así el desplazamiento individual.

Estos diafrámas van armados tanto en la parte superior como en la inferior de 6 varillas del No. 12 a todo lo largo de las secciones transversales de las 3 traves de apoyo. Para la fuerza cortante se colocaron estribos con varilla del No. 4 a cada 20 cm. Las varillas del No. 12 inferiores terminaban soldadas en una placa de 1" de espesor que representa la longitud de anclaje.

Además en las traves de apoyo así como en las centrales, se les colocaron diafrámas de tubos de acero de 4" de diámetro cédula 40, con el fin de evitar desplazamientos individuales y provocar el choque de las piezas. Estos diafrámas de acero iban soldados a un accesorio localizado en la trabe y consistía en una placa de acero de 21x21x2.5e cm.

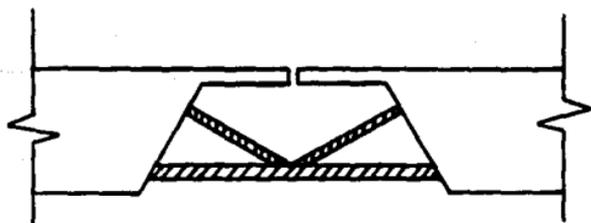


Fig. 8.1 Diafrámas Tubulares.

Una vez que todas las traveses estaban colocadas se les colaba un firme de concreto armado para transmitir las cargas al alma del elemento. En los puntos en donde existían apoyos móviles, en el firme se colocaron ángulos de 5.08×0.66 cm. y una longitud de 260 cm., con el fin de que éstos tomaran las expansiones y contracciones del concreto del firme estructural debido a los cambios de temperatura.



Fig. 8.2 Placas de acero colocadas para tomar la expansión y contracción del concreto en el firme estructural.

En los puntos fijos y debajo de los ángulos, se les colocaba una tapajunta de celotex de 2.5 cm. de espesor, para evitar que durante los colados el concreto se filtrara hasta las polveras y dejaran de funcionar adecuadamente.

CAPITULO IX. CONSTRUCCION DE ESCALERAS.

Con la construcción de los puentes vehiculares de Municipio Libre y Emiliano Zapata se daba solución a los tiempos perdidos y a el combustible en exceso en las intersecciones de estas avenidas con la Calzada de Tlalpan, pero se dejaba al peatón sin la posibilidad de cruzar esta vialidad.

Debido a este problema y al aspecto financiero, se decidió hacer un paso peatonal única y exclusivamente para atravesar la Calzada de Tlalpan. Este paso peatonal es a través de las traveses del puente vehicular, y sólo abarca la zona localizada sobre la Calzada, esto se decidió con el fin de evitar que las orillas del puente estuviera lleno de peatones a todo lo largo y se ocasionaran accidentes constantemente.

El acceso a las traveses localizadas sobre la Calzada de Tlalpan se hizo por medio de dos escaleras peatonales aligeradas (sección transversal hueca). Estas escaleras comenzaban del lado sur y terminaban con el puente vehicular del lado norte.

La escalera peatonal fué diseñada para que ocupara el menor espacio posible. Comenzaba con un semicírculo de radio exterior de 1.70 m., y este terminaba con un descanso horizontal de 3.60 m. de longitud. Después del descanso, la escalera seguía subiendo con otro semicírculo de radio

exterior igual a 1.70 m., para terminar en otro descanso de 1.30 m. de longitud y continuar subiendo con una parte recta hasta el nivel del paso peatonal sobre el puente. El ancho de la escalera peatonal en toda su longitud es de 1.30 m.

La escalera está apoyada en 3 columnas circulares de 50 cm. de diámetro. Estas columnas están cimentadas en las contratraveses de las zapatas Z-2 (cajón de cimentación con pilotes y rigidizadas con contratraveses), y están armadas con 14 varillas longitudinales del No. 10 con zuncho para el esfuerzo cortante del No. 4 con paso de 9 cm. La resistencia de todo el acero es de $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$.

La sección de la escalera es una sección trapezoidal aligerada, armada en el fondo y en la tapa con 10 varillas del No. 5 a cada 10 cm, y en las paredes con 5 varillas del No. 3, y con estribos del No. 3 a cada 15 cm. tanto en el fondo, en la tapa y en las paredes.

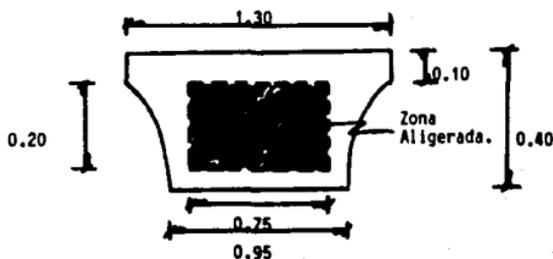


Fig. 9.1 Sección Transversal de escalera.

El colado de la escalera se realizó en dos etapas. En la primera etapa se coló el fondo de la escalera, y cuando el concreto había fraguado se le colocó unisel para formar la parte aligerada de la sección. Y en la segunda etapa se realizó el colado de las paredes, de la tapa y de los escalones.

El concreto utilizado para la escalera peatonal tenía una resistencia a la compresión simple de $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$.

La escalera peatonal y las traveses del puente vehicular son dos elementos que trabajan individualmente. La unión entre estos elementos es a base de una placa de 15 cm de ancho, 100 cm de largo y 3/8" de espesor ahogada en el firme de la escalera de 5 cm. y en el firme del puente de 8 cm.

A la escalera se le colocó un barandal con tubo de 3" de diámetro cédula 30 (2 barras horizontales y barras verticales de apoyo) con tirantes tensados de 1/2" entre tubos y tubo con escalón. La superficie de la escalera peatonal fue de un acabado marterinado.

CAPITULO X. OBRA EXTERIOR.

Para la terminación total del puente vehicular, es necesario realizar ciertos trabajos para la circulación de automóviles y peatones. Algunos de estos trabajos son los siguientes.

X.1 PAVIMENTACION.

La pavimentación es un factor fundamental para que se realice la circulación adecuada de los automóviles.

En el puente vehicular se colocó un pavimento flexible (concreto asfáltico) de 12 cm de espesor a todo lo largo de la superficie de rodamiento.

Una vez que en las rampas de acceso se alcanzó la compactación del 98% en la base y la resistencia del firme estructural sobre las trabes, se continuó con la colocación del riego de impregnación. Este riego se aplicó una vez que toda la superficie estuvo limpia (seca y barrida), utilizando un producto asfáltico rebajado del tipo FM-1 y se tendió a razón de 1.5 lt/m² durante las horas más calurosas del día. La penetración mínima del riego de impregnación fue de 4 mm (absorción total máxima 24 hr), y se cerró al tránsito durante 48 hr.

Cuando el producto asfáltico formaba charcos al momento de regarlo, el

exceso de material acumulado se recogía retirándolo por medio de cepillos.

Después de 48 hr del riego de impregnación se colocó un riego de liga que tiene como función unir la base y la carpeta asfáltica adecuadamente.

Para el riego de liga se utilizó un producto asfáltico del tipo FR-3 regado a razón de 0.5 lt/m², y se esperó 30 minutos (mínimo) para el tendido de la carpeta asfáltica, con el fin de que el material asfáltico del riego adquiriera la viscosidad adecuada para la unión.

Los riegos de impregnación y liga, se realizaron por medio de una petrolizadora formada por un camión en cuya parte trasera lleva un tanque termo constituido por quemadores de gas o petróleo que dan la temperatura adecuada al producto asfáltico.

La carpeta asfáltica tiene un espesor de 12 cm y una compactación del 95% a la prueba Marshall. El tendido del asfalto se realizó por medio de una pavimentadora (también llamada Finisher) a una temperatura de 110°C (mínimo).

La compactación de la carpeta se realizó por medio de una compactadora tandem de 8 ton de peso, y se alcanzó a una temperatura mínima de 70°C. Durante el trabajo de la compactadora se le aplicaba agua a los rodillos para evitar que la carpeta se pegara y se levantara la carpeta.

La carpeta asfáltica se tendió cuando no llovía y con una base

totalmente seca.

Una vez colocada la carpeta se le aplicó un sello de cemento portland tipo I, con el fin de aumentar la durabilidad del asfalto, sellar las fisuras y aumentar la rugosidad de la superficie de rodamiento. Se regó cemento a razón de 0.75 kg/cm^2 y se barrió con escobas. Ya barrida la superficie se le aplicó agua para formar una lechada y después se volvió a barrer para eliminar los excesos. El bombeo de la carpeta a todo lo largo de la superficie de rodamiento es del 2%.

Algunas veces las depresiones eran mayores que las permisibles (0.5 cm con una regla de 3m) por lo que se picaba el asfalto 24 veces/ m^2 , se aplicaba un riego de liga y se colocaba el asfalto necesario para corregir la depresión. Y con esto quedaba terminada la pista de rodamiento.

X.2 ALCANTARILLADO.

El alcantarillado instalado en el puente vehicular fue exclusivamente de tipo pluvial, que consiste en tubos flexibles alaflex de 6" de diámetro a lo largo de ambas aceras del puente.

El agua pluvial entraba al tubo mediante bocas de tormentas de 70 cm de ancho colocadas a cada 30 m de cada lado. Estos tubos llegaban hasta una caja recolectora con coladeras de piso, y de ahí se descargaba el agua de lluvia hacia una madrina de 30 cm de diámetro de agua sanitaria y pluvial.

La longitud de los tubos de alaflex son de 20 m, por lo que la unión de los tramos se hacía por medio de un adaptador galvanizado de campana y dos abrazaderas tipo omega.

El tubo de alaflex está protegido por la guarnición que está armada con 3 varillas longitudinales y estribos del #3, por un parapeto armado y una losa de 10 cm de espesor de $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ utilizada como banqueteta. El parapeto es el detalle en la orilla exterior de las trabes.

Para realizar la losa de 10 cm se relleno encima del tubo del alcantarillado con tezontle, para que este sirviera como cimbra en el colado.

Los armados de la banqueteta, parapeto y guarnición, se hicieron con el fin de que ningún automóvil se salga del puente vehicular durante algún accidente.

X.3 ALUMBRADO.

El alumbrado utilizado en el puente vehicular consistió en un poste cónico con lámpara para la parte superior y lámparas apoyadas en los diafrámas para la parte inferior.

Para la parte superior del puente se utilizaron postes cónicos circulares de lámina calibre No. 11 con una longitud de 12 m en las partes más bajas y de 14 m en las partes más altas (6 tubos de 14 m, ya que todos

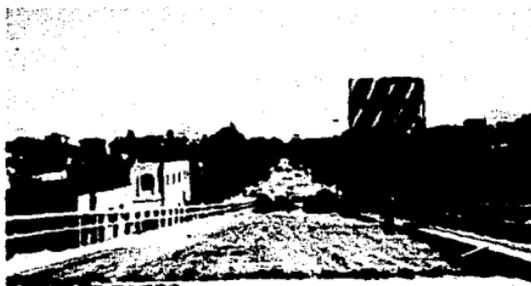


Fig. 10.1 Los 12 cm. de carpeta asfáltica se tendieron con una --pavimentadora, y se compactó al 95%.

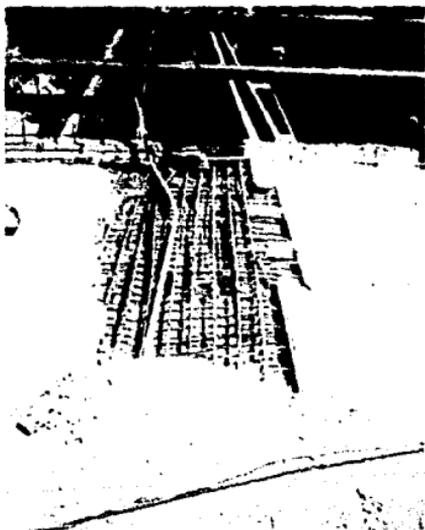


Fig. 10.2 El tubo conduit que protege al cable del ---aluminado se colocó dentro del firme estructu--ral.

los tubos se apoyaban a nivel del terreno natural), y un brazo de 0.80 m. Estos tubos tienen una placa de base de 35x35x1.3 cm que van a ir soportadas por unas anclas con rosca de 1" de diámetro.

En la parte inferior del puente se colocaron lámparas de 250 watts con balastro integral autorregulado de 220 volts. A todas las lámparas tanto de la parte superior como de la inferior del puente se les colocó una combinación de interruptor termomagnético y un contactor magnético para cargas de alumbrado, con el fin de que las lámparas se enciendan cuando se oscurezca, y se apaguen cuando exista mucha luz.

El cableado de la parte inferior del puente se hizo por medio de tubo conduit que se encuentra ahogado en las banquetas y en el firme estructural. En cambio para la parte superior se transportó el cable utilizando tubos de concreto simple de 10 cm de diámetro con registros, y sobre el tubo se coló una losa de concreto simple de 10 cm de espesor para protegerlo de las cargas de los automóviles.

X.4 ACABADOS Y DETALLES.

Dentro de algunos de los acabados se puede mencionar a la barra de contención utilizada sobre el puente. Esta barra está formada por tubos de acero de 6" de diámetro cédula 40 verticales a cada 2 m de separación, y un tubo superior horizontal a todo lo largo del puente. En el espacio existente entre la banqueta y el tubo horizontal superior, se colocó un tubo intermedio horizontal de 4" de diámetro cédula 30.

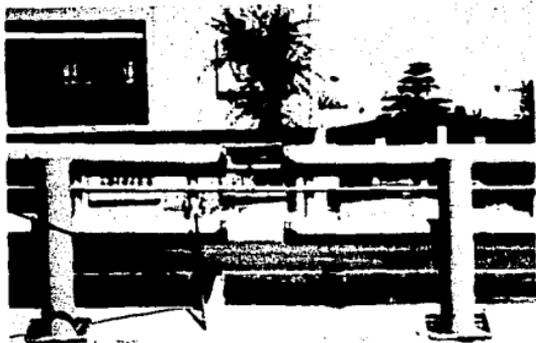


Fig. 10.3 Durante la colocación del barandal de protección del puente se dejaron los preparativos para la colocación del poste del trolebús.

Los tubos verticales del parandal están apoyados sobre unas placas cuadradas de acero que tienen soldadas unas anclas de 40 cm ahogadas en el concreto del parapeto.

Otro de los detalles que se pueden mencionar son los postes de acero circular del troleo de 6.50 m de alto, con una bandera de soporte del cable de 0.45 m de ancho y un galibo de 3.50 m. Estos postes están apoyados sobre una placa de acero de 50x50x1.54 cm que va soportada por unas anclas de 1" de diámetro ahogadas en el concreto de la banqueta.

En la parte inferior del puente se colocó adoquín tipo adocreto de 8 cm de espesor. En las zonas en donde se tenía terreno natural se colocó una preparación de una capa de tapetado de 15 cm compactada al 95% y después se colocaban 7 cm de mortero cemento-arena (proporción 1:7) en seco. En cambio en las zonas en donde existía asfalto sólo se colocaba una capa de 7 cm de mortero cemento-arena.

Después del mortero cemento-arena se colocaba el adocreto de 8 cm de espesor con una resistencia a la compresión de 300 kg/cm² y una absorción máxima del 6%. Antes de la colocación del adocreto se construyeron las guarniciones y banquetas que lo confinaban.

CAPITULO XI. PROBLEMAS DURANTE LA CONSTRUCCION.

Conocer la relación beneficios- costos, los beneficios sociales y políticos, de algún proyecto es de suma importancia para tomar la decisión de llevarlo a cabo o no. Estos aspectos son necesarios pero no son suficientes para saber si la obra va a ser rentable durante toda su vida útil, por lo que también es necesario conocer la tendencia de las tasa líderes (CETES, C.P.P., entre otras) y compararlas con la tasa a la que la obra empieza a no ser rentable (índice de rentabilidad menor que 1), y verificar si durante toda la vida útil el proyecto va a ser rentable.

Uno de los problemas que afectan en la utilidad de las empresas constructoras durante la construcción de la obra, es que muchas veces el tiempo de construcción es considerable y se presentan alzas en los precios de materiales y mano de obra, originando así una diferencia de precios que cobra (determinados al inicio de la obra) y los que paga (determinado después del aumento de materiales o mano de obra). Por lo que generalmente se reducen las utilidades programadas, pero cuando el monto de las diferencias es mayor que el 5% del monto total de la obra se puede hacer una escalatoria de precios para recuperar los incrementos.

Antes de que se inicie la construcción de una obra, es de suma importancia tanto para el supervisor como para el constructor, revisar detenidamente los planos del proyecto, ya que si no se revisan se puede

construir con errores de proyecto y originar que algunos cadenamientos o cotas no coincidían y, originaría un atraso y un mayor gasto para la constructora.

Los problemas que originaron un mayor costo durante la construcción del puente vehicular fueron las obras inducidas. Esto generalmente se debió a que no se conocía la existencia de algunas instalaciones de TELMEX, CFE y D.G.C.O.H., y al hacer las excavaciones para la cimentación o mejoramiento del terreno se afectaban. Por lo que se trató de afectar lo menos posible a estas instalaciones haciendo juntas en campo con cada una de las dependencias involucradas. En el caso de las tuberías de agua potable de diámetro pequeño (menores de 12" de diámetro) se hablaba a la delegación y se pedían planos de instalaciones existentes, ya que la D.G.C.O.H. sólo tiene planos de tuberías de diámetro mayor de 12".

Durante la construcción del puente un problema que se presentó frecuentemente fué de que las ollas de concreto premezclado no llegaban a la hora programada y algunas veces llegaban antes de tiempo, y por lo tanto no se tenía lista la cimbra. Debido a esto, algunas veces se rechazaron las ollas por parte de la supervisión (debido a que el tiempo entre la salida de la planta y vaciado del concreto era mayor de 1.5 hr), y originaba un atraso para la contratista.

Uno de los problemas en el colado de las columnas, fué de que aparecían huecos al quitar la cimbra. La solución a este problema fué el

cantidad de detalles que se tienen que corregir, y los contratistas se llevan aproximadamente 1 mes después de que se terminó la obra fuerte, originando pérdidas económicas considerables. Por lo que se deben atacar los detalles al paralelo con las últimas actividades de obra grande.

Los puntos vehiculares de Municipio Libre y Emiliano Zapata contribuirán a la optimización de tiempos, combustible y el mejoramiento de vida de la zona, siendo esto una solución muy adecuada a las necesidades de esta ciudad capital y de muchas otras.

CAPITULO XII. CONCLUSIONES.

En cualquier tipo de obra por pequeña que sea, es de suma importancia respetar las normas que marcan los reglamentos de construcción ya que si algo no se cumple en el momento de alguna fuerza extraordinaria, la estructura puede llegar a la falla.

El reglamento de construcción clasifica a las estructuras de acuerdo a la importancia de éstas, que depende de la cantidad de personas que concurran a esos lugares y de las pérdidas económicas que originaría la falla de la estructura.

De acuerdo a lo anterior, todas las obras de gran magnitud se construyen con supervisores que se encargan de que la estructura cumpla con las normas del reglamento de construcción y con las especificaciones de materiales, mano de obra y procedimiento de construcción para dar la capacidad máxima de los materiales.

Adicionalmente, el supervisor de una obra regula los gastos ocasionados por la construcción y resuelve todos los problemas que se presentan en la obra. Por lo que es de suma importancia tener por lo menos un supervisor en obras de servicio público.

Generalmente las contratistas que participan en el concurso de alguna obra, bajan sus precios para ganarle a los otros participantes. Una vez

ganada la obra la contratista recupera sus pérdidas con convenios ampliatorios que generalmente se originan por obras inducidas o por conceptos fuera de catálogos. Con estos trabajos extras las contratistas obtienen un porcentaje mayor de utilidad haciendo válidos los precios iniciales.

Cuando se tratan de obras de gran magnitud, es responsabilidad del supervisor llevar un control del avance semanal con el fin de apresurar los trabajos de la contratista y poder salir con el programa de la obra, al igual que el atraso sirve como una forma de presión hacia las constructoras de no poder cobrar con tiempo las estimaciones. Adicional al control de avance de obra, el supervisor debe llevar un control de lo que cobran las contratistas en cada estimación y comparar los montos acumulados de obra con los totales, para verificar que no se paguen volúmenes de más. A este control generalmente se le llama ACUMULADO y generalmente se lleva a cabo en el paquete LOTUS o un paquete llamado SUPER PROYECT.

Es de suma importancia para el constructor como para el supervisor, llevar el control diario de la bitácora de obra, ya que en este libro se apuntan todas las peticiones, exigencias, cambios de proyecto y órdenes de trabajo. Y con esto tanto la contratista como el supervisor pueden respaldarse cuando sucedan problemas, accidentes o pago de trabajos extras.

Como ayuda a la bitácora de obra, en campo se hacen minutas en donde se apuntan inicio de trabajos de otras dependencias, peticiones de aumento de fuerza de trabajo y localización de instalaciones para no afectarlas.

APENDICE A.

PARTE I

A continuación se muestran las tablas de datos y resultados del estudio de los cruceros de Municipio Libre y Calzada de Tlalpan, por medio del programa SDAP 84.

Una vez que ya se realizaron los aforos de velocidades, se realizan también aforos de tiempos de demoras con automóviles registrados. Una vez tenidos los tiempos de demoras, la máquina por default considera un carro proyecto en donde marca los galones de gasolina gastados por vehículo, y con el dato de los vehículos que pasan por el lugar, se obtienen así los galones o litros de combustibles en exceso.

Con los aforos de las velocidades se obtiene un promedio de éstas (la distancia del crucero o tramo en estudio es conocida) se tiene un tiempo registrado. A este tiempo registrado se le resta el promedio de los tiempos de demoras y con la distancia ya conocida, se obtiene así la velocidad de proyecto.

Una vez teniendo la velocidad que necesito para desalojar los vehículos que pasan por el puente (velocidad de proyecto) y el número de vehículos, se obtiene de la tabla 6.1^o del Manual de Proyecto Geométrico de

**NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA CARRETERAS DE
CARREILES MULTIPLES BAJO CONDICIONES DE CIRCULACION CONTINUA.**

 SOAP INPUT ECHO

CARD	ID	A	B	NBT	NBL	SBT	SBL	EBT	EBL	WBT	WBL	COMMENT
#	1	2	NBT	NBL	SBT	SBL	EBT	EBL	WBT	WBL		
BEGIN	1	700	800	60	5	30	95	.5				EJE 7 SUR Y C. TLALPAN
ANALISIS DE LA INTERSECCION UNA VEZ CONSTRUIDO EL PUENTE												
CON FLUJO CONTINUO.												
VOLUME	60	700	2265	0	2011	0	0	0	0	0	0	
SEQUENCE												NS EW
CAPACITY	60	700	2	0	2	0	0	0	0	0	0	
DIAGRAM												
CONTROL	60	700	1	120	120							
RUN	1											PRIMER CORRID

CARD	ID	A	B	NBT	NBL	SBT	SBL	EBT	EBL	WBT	WBL	COMMENT
***	WARNING:											LEFT TURN TREATMENT 'NONE' IS NOT ALLOWED WITH SEQUENCE 'NS' FOR THE 'NB' DIRECTION. LEFT TURN TREATMENT CHANGED TO 'REST'.
***	WARNING:											LEFT TURN TREATMENT 'NONE' IS NOT ALLOWED WITH SEQUENCE 'NS' FOR THE 'SB' DIRECTION. LEFT TURN TREATMENT CHANGED TO 'REST'.
***	WARNING:											LEFT TURN TREATMENT 'NONE' IS NOT ALLOWED WITH SEQUENCE 'EW' FOR THE 'EB' DIRECTION. LEFT TURN TREATMENT CHANGED TO 'REST'.
***	WARNING:											LEFT TURN TREATMENT 'NONE' IS NOT ALLOWED WITH SEQUENCE 'EW' FOR THE 'WB' DIRECTION. LEFT TURN TREATMENT CHANGED TO 'REST'.
***	WARNING:											THE FOLLOWING MOVEMENTS ARE ASSUMED NOT TO EXIST:
												MOVEMENT NO. 2 NORTHBOUND LEFT.
												MOVEMENT NO. 4 SOUTHBOUND LEFT.
												MOVEMENT NO. 5 EASTBOUND THRU.
												MOVEMENT NO. 6 EASTBOUND LEFT.
												MOVEMENT NO. 7 WESTBOUND THRU.
												MOVEMENT NO. 8 WESTBOUND LEFT

 DESIGN AND EVALUATION SUMMARY

INTERSECTION NAME	RUN NO.	TITLE
EJE 7 SUR Y C. TLALPAN	1:	PRIMER COFRIDA

CONTROLLER TYPE	DIAL	SEQUENCE		PHASES	LOST TIME		STEP SIZE	STOP PENALTY
		N/S	E/W		/PH	TOTAL		
PRETIMED	1	NS	EW	4	3.5	14.0	5.0	30.0

 MEASURES OF EFFECTIVENESS

MOVEMENTS:	DELAY (VEH-HRS)	STOPS (%)	EXC FUEL (GAL)	EXC LEFT (VEH)	MAXIMUM QUEUE	V/C RATIO
NB THRU :	582.46	100.0	372.14		75.5	1.89
SB THRU :	513.06	100.0	327.93		67.0	1.89
SUMMARY :	1095.54	100.0	700.03	.0	75.5	1.89

 SEQUENCE

MOVEMENTS:	LEFT TURN TREATMENT		PH 1	PH 2	PH 3	PH 4	PH 5	PH 6
	PROTECTION	VEH/CYC						
NB THRU :			XXXX					
SB THRU :				XXXX				

Carreteras (anteriormente de la SAHOP) el número de carriles necesario para los vehículos.

Una vez teniendo la velocidad y los tipos de automóviles se pueden determinar las pendientes que va a tener el puente (tabla 6.F del Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras). Indudablemente que las pendientes pueden variar dependiendo de la altura del puente y de la longitud de éste; pero también la longitud puede variar dependiendo del dinero que se tenga disponible, ya que entre más largo es el puente se tendrá una mayor área de construcción y por lo tanto un mayor costo.

A continuación se mencionan algunos datos que resultaron del análisis del puente de Municipio Libre:

ANTES DE CONSTRUIR EL PUENTE

Vehículos que circulan sur a norte	2172.00 veh.
Vehículos que circulan norte a sur	1398.00 veh.
Vehículos que dan vuelta a la izquierda oriente	240.00 veh.
Vehículos que dan vuelta a la izquierda poniente	486.00 veh.
Vehículos que dan vuelta a la derecha poniente	1398.00 veh.
Demoras	1650.00 seg.
Combustible en exceso	1049.14 gal.

DESPUES DE CONSTRUIR EL PUENTE

Vehículos que circulan sur a norte	2265.00 veh.
------------------------------------	--------------

Vehículos que circulan norte a sur	2011.00 veh.
Demoras	1095.54 seg.
Combustible en exceso	700.08 gal.

Como se puede observar en las tablas, también existe una relación volumen/capacidades(V/C). Esta relación debe ser menor que 1, pero debido a que este programa está hecho para diseños de cruces con semáforos, se obtiene que esta relación es mayor que 1 por lo que no es aplicable.

Ya que se trata de circulaciones continuas, esta relación no se tomó en cuenta, y sólo se tomaron los excesos de combustibles para el estudio de factibilidad.

PAGE 11.

ANALISIS DE FACTIBILIDAD.

COSTO DEL PUENTE.	
Proyecto de factibilidad	15000000
Proyecto estructural	10000000
Terms. Induccion	100000000
Platacas	45000000
Otra civil	450000000
Transportes	100000000
	<u>990000000</u>

INFLACION DE 1994 SERA DEL 10% (INFLACION DE ENERO 1.994)
 INFLACION PARA 1994 SERA DEL 14% (ESPECIFICADO POR EL GOBIERNO)
 CONSERVANDO CONSTANTE LA INFLACION A PARTIR DE 1994 HASTA 1997

EL HORIZONTE ECONOMICO CONSIDERADO ES DE 10 AÑOS

Pérfomas de combustible diario 4196-2000 = 20% litros

1398(360-304) = 364360 litros

Precio de combustible 970/lit

Costo por Pérfomas de Combustible.

ANO	INFLACION	COSTO	LITROS	PERFORMAS	VALOR	VALOR
1994	10%	COMBUST.			1994	1997
1	10	920	364356	35300586	353005860	395007487
2	10,0	1012,010	364356	372176496	3529126370	3926705272
3	10,3	1124,075254	364356	42101600	3616974703	3137011695
4	14	1242,602463	364356	515416595	3607822226	3184952666
5	14	1412,646212	364356	567577541	3625465247	3462513271
6	14	1618,437261	364356	669838736	3349161581	3812897702
7	14	1850,745792	364356	762615772	3054463027	2673333565
8	14	2122,070100	364356	871117860	2612565519	2290947315
9	14	2432,676211	364356	993295057	1954765114	1741643959
10	14	2795,012681	364356	1171370365	1131200365	892375057

costo por combustible 4196-2000, 10 años

TODAS LAS PERSONAS QUE TRANSITAN POR EL LUGAR OCAAN APROX. 3 SALARIOS MINIMOS.

CONSIDERANDO S.M. \$ 15000/240
PRECIO PROMEDIO POR HORA \$ 400

Las horas calculadas son 1650 - 1095 = 555 seg. = 9,25 man/hr/vea.

VEN. que pasar son 222*456+1095*240=1752 = 2484 ven/hr.

9,25 * 5424 = 5069,5 minimo.

=GRAS PERIODO 5069,5/60 = 84,49 hr/hr = 7022,64 hr/vea = 1.522,52 hr/vea

Se construye 6 horas habitas.

Costo por servicios de trabajo.

AGE	INFLACION	PERIODO	Horas	costo/mo	COSTO	COSTO AÑO
		vea/mo			ADICIONAL	ANTEPASA
1	16	1622500	4025	811620220	1511622320	16272408750
2	16,2	1622500	1.557,55	945425431	125112870679	17275560025
3	16,3	1622500	1742,9615	11090394412	127131235460	175655225048
4	16,4	1622500	1931,02571	12745045165	12915157371	178327331027
5	16,5	1622500	2121,265510	14470744700	13074225205	17982706518
6	16,6	1622500	2313,477692	1635464168	13077370643	179822571902
7	16,7	1622500	2507,65937	18416261175	13163640700	18418456754
8	16,8	1622500	2704,01654	20674551593	13251409766	185248780575
9	16,9	1622500	2902,55665	23133771723	13367842447	184589073159
10	17	1622500	3103,27921	25784499765	13504449765	182733771923

costos por servicios de trabajo 816774687500

Costo total sin ajuste durante la obra 871554092485

Si se construye el puente se ahorra 861624012485

INDICE DE RENTABILIDAD 81624092485 / 970506200 = 8,23

Por lo que la construcción del puente es rentable.

BIBLIOGRAFIA.

1. MEMORIA TECNICA DE LOS EJES VIALES EN LA CIUDAD DE MEXICO.
DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL.
2. ANUARIO DE TRANSPORTE Y VIALIDAD DE LA CIUDAD DE MEXICO 1987.
COORDINACION GENERAL DE TRANSPORTE. D.D.F.
3. PRIMER SEMINARIO INTERNACIONAL DE SISTEMAS DE TRANSPORTE Y VIALIDAD URBANA.
ASOCIACION MEXICANA DE CAMINOS.
4. YESIS: MEJORAMIENTO VIAL DE LA AVENIDA CHAPULTEPEC Y EJE 3 PONIENTE D.F.
ING. JORGE GUTIERREZ RUIZ.
5. DISPOSITIVOS PARA PROTECCION DE OBRAS DE CONSTRUCCION Y CONSERVACION EN CALLES Y CARRETERAS.
CENTRO DE ACTUALIZACION PROFESIONAL. CICM.
6. MECANICA DE SUELOS. TOMO I: FUNDAMENTOS DE LA MECANICA DE SUELOS.
JUAREZ BADILLO. RICO RODRIGUEZ. ED. LIMUSA.
7. REGLAMENTO DE CONSTRUCCION DEL DISTRITO FEDERAL (1987).
DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL.
8. NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO.
DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL.
9. MANUAL DE SUPERVISION DE OBRAS DE CONCRETO.
FEDERICO GONZALEZ SANDOVAL. ED. LIMUSA-NORIEGA.
10. TRATADO DE CONSTRUCCION. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION PESADA.
CONCRETO.

ING. RAFAEL ABURTO VALDES.

FACULTAD DE INGENIERIA. UNAM.

11. DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO PRESFORZADO.

ARTHUR H. NILSON. LIMUSA.

12. VIAS DE COMUNICACION.

CARLOS CRESPO VILLALAZ. ED. LIMUSA.

13. ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION EN EL RAMO DE OBRAS VIALES.

D.D.F., D.G.O.F., SUBDIRECCION DE OBRAS VIALES (1978).

14. BREVE DESCRIPCION DEL EQUIPO USUAL DE CONSTRUCCION.

CARLOS M. CHAVARRI MALDONADO.

FACULTAD DE INGENIERIA. UNAM.