



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“CONSTRUCCIÓN DE LA SUPERESTRUCTURA,
TRAMO A Y C DEL DISTRIBUIDOR VIAL
ZARAGOZA-TEXCOCO”**

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:

SÁNCHEZ ALVAREZ NOEL

DIRECTOR DE TESIS:

ING. CARLOS MANUEL CHÁVARRI MALDONADO

MÉXICO, D.F. CIUDAD UNIVERSITARIA 2008.





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCTG/SEAC/UTIT/039/07

Señor
NOEL SÁNCHEZ ALVAREZ
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. CARLOS MANUEL CHÁVARRI MALDONADO, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**"CONSTRUCCIÓN DE LA SUPER ESTRUCTURA, TRAMO A Y C DEL DISTRIBUIDOR VIAL,
ZARAGOZA"**

- INTRODUCCIÓN
- I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO
- III. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN
- IV. PROGRAMA DE OBRA
- V. CONCLUSIONES

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

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

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 11 de mayo de 2007
EL DIRECTOR

MTRO. JOSÉ GONZALO GUERRERO ZEPEDA

GGZ/RSU*crc.

****AGRADECIMIENTOS****

A mis Padres Juan J. Sánchez Monroy e Isabel J. Álvarez Chaparro:

Hoy quiero darles las Gracias a esas dos personas que con el pasar de los años solo los han dedicado a que a mí no me faltara nada, si nada.

Esas dos personas que desde aquel día en que sembraron esa semilla empezaron a preocuparse por mí, pensando en si seria hombre o mujer, en el color de mis ojos, en cual seria mi nombre, en tantas cosas que no es posible mencionar.

Gracias, por llevarme siempre por el buen camino, por inculcarme unos principios, una educación y por entregarme todo su cariño, amor y amistad.

Gracias, por dejarme crecer y poder descubrir las experiencias que la vida nos tiene con el paso del tiempo.

Gracias, por todo el tiempo que me regalaron donde entablamos platicas y les pedí consejos para no cometer errores.

Gracias, por todas y cada una de esas ocasiones en que pensaron y piensan en mi. Preocupados en si soy feliz a su lado.

Por esta razón hoy y siempre quiero darles las Gracias a mis viejos, a mis papas, mis amigos y mis ídolos, que son las personas capaces de dar la vida por un hijo con tal de que esté sea feliz.

¡Muchas Gracias!

*A DIOS, por ser mi principal guía, por
darme la fuerza necesaria para seguir adelante
y lograr alcanzar esta meta.*

*A mi UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO y FACULTAD DE INGENIERÍA,
Por darme la oportunidad de aprender y forjarme
Como profesionalista.*

*A mi director de tesis, el Ing. Carlos Manuel
Chávarri M., por su paciencia y apoyo
Para la realización de esta TESIS.*

*A mis Sinodales por sus valiosas
Aportaciones y comentarios.*

INDICE

Capítulo	Página
I.- Introducción	1
II.- Descripción General del Proyecto	
II.1.- Generalidades	3
II.2.- Descripción	5
II.3.- Justificación.....	9
II.4.- Beneficios Esperados.....	11
III.- Procedimientos de Construcción	
III.1.- Proceso Constructivo de Columnas	12
III.2.- Proceso Constructivo de Trabes	28
III.3.- Proceso Constructivo de Cabezales	50
III.4.- Transporte y Montaje de Columnas, Trabes y Cabezales.....	61
III.5.- Acabados en General.....	73
IV.- Programa de Obra	92
V.- Conclusiones	97
Bibliografía.....	100
Anexos:	
- Concreto	102
- Acero de Refuerzo.....	111
- Acero de Presfuerzo	115
- Acero Estructural	117
- Soldadura	118
- Neopreno (apoyos libre y fijo).....	119
Glosario.....	123

I.- INTRODUCCIÓN.

Ante el crecimiento demográfico y urbano, que se ha venido presentando en los últimos años, ha cambiado en forma considerable la estructura del Distrito Federal y la zona conurbada del Estado de México generando una mayor demanda de servicios públicos, entre ellos transporte y vialidades.

Entre los años 1960 y 1990 la Ciudad de México creció sin una planeación coherente, debido a políticas públicas pensadas solo en forma local. Aunque en 1982, se generó por primera vez un esquema de planificación unificado, entre el Distrito Federal y el Estado de México sin embargo no obligaba a las dos entidades a su cumplimiento. No fue sino hasta 1998, cuando se aprobó el primer Programa de Ordenamiento Territorial por las autoridades del Distrito Federal y el Estado de México, que toma en cuenta los problemas conjuntos. Esto significa, que por lo menos para vialidades primarias que afecten al área metropolitana, las decisiones se tomarán de común acuerdo.

De acuerdo con datos del Censo General de Población y Vivienda del año 2000, la población total de la zona conurbada es de 18 millones 335 mil 427 habitantes (18% de la población total del país), de los cuales 8.6 millones corresponden a la población del Distrito Federal, lo que la ubica como la segunda entidad federativa más poblada del país. Sin olvidar que en el Distrito Federal se presenta la llamada población itinerante o flotante, calculada en más de 4 millones de personas que llegan diariamente a trabajar formal e informalmente, adquirir bienes y uso de servicios públicos.

Los resultados del Censo del INEGI del año 2000 y el Conteo de Población del 2005, indican una tasa de crecimiento anual de 1.7% para la zona conurbada del Estado de México, con un crecimiento más rápido de la población en los municipios conurbados (2.8% anual) con respecto de las delegaciones del Distrito Federal (0.6% anual), algunas de las cuales presentan una disminución.

Por otra parte, la importancia de los municipios conurbados del Estado de México, radica principalmente en que esta zona genera los principales flujos metropolitanos que se suman a los flujos regionales. Esas grandes masas de población no ingresan al Distrito Federal por el Periférico, sino a través de peseras, microbuses, metro y autobuses para distribuirse en el interior de la Ciudad de México en busca de empleo y/o servicios.

Esta combinación de flujos regionales y metropolitanos ocasiona grandes conflictos viales, percibidos por los viajeros como “cuellos de botella”.

Estos flujos entran abruptamente a la estructura vial del Distrito Federal hacia vialidades primarias que no tienen continuidad a lo largo del área conurbada ni cuentan con una conexión adecuada con las vías de acceso controlado, el otro elemento clave de la infraestructura vial de la Ciudad.

Lo expuesto anteriormente pone de relieve los retos de las autoridades en cuanto a políticas públicas para la movilidad dentro de la Ciudad de México y en su zona conurbada. Ampliándose las distancias de recorrido promedio de personas, bienes y prestación de servicios.

En consecuencia, la población ha modificado sus asentamientos en forma significativa en los últimos veinte años, desplazándose de las delegaciones centrales de la Ciudad, hacia las delegaciones vecinas, especialmente al poniente, al sur y al oriente; e incluso a municipios limítrofes del Estado de México. Así una porción de la población se aleja de la zona centro y centro norte, mejor dotada de infraestructura vial y de transporte masivo (metro), desplazándose hacia zonas sin suficientes vialidades y con escasa o nula infraestructura vial de transporte.

Por lo tanto, el desarrollo urbano y el gran movimiento de la población metropolitana, provoca el crecimiento en la demanda de transporte. La poca atención prestada por los gobiernos en su política pública y la generalización de microbuses, han llevado al deterioro del servicio, la saturación de vialidades así como el aumento en los niveles de contaminantes.

Por lo cual todo gobierno debe proporcionar un transporte digno, rápido, seguro y eficiente, así como de una infraestructura vial bien planeada hacia la población, dado que el Distrito Federal y la zona conurbada del Estado de México es una de las urbes más grade del mundo, y en que las necesidades de transporte de pasajeros y vialidades son indispensables.

Por lo expuesto y ante ello, nuestro país nos impone grandes retos en lo que a construcción se refiere. La construcción en serie se presenta como una alternativa interdisciplinaria que involucra a ingenieros, arquitectos y empresas de la construcción, y además exige conocer las nuevas tecnologías y adaptarlas a nuestras necesidades y recursos.

La construcción en serie es la mecanización de técnicas y procesos constructivos, relacionados de manera directa con la prefabricación de elementos estructurales fuera y dentro de la obra. Esta forma de construcción tiene una serie de ventajas respecto a la forma tradicional, al permitir construcciones más rápidas, económicas y de mayor calidad. Razón por la cual en este trabajo se describen los diferentes procesos constructivos de elementos prefabricados de concreto armado y presforzado en sus diferentes formas ya sean columnas, travesaños y cabezales, para la construcción del Distribuidor Vial Zaragoza -Texcoco "Puente la Concordia".

II.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

II.1 Generalidades

Dentro de los esquemas de la estructura vial considerada en los Planes Integrales de Transporte y Vialidad por las autoridades del Gobierno del Distrito Federal y del Estado de México, se pretende establecer una vía de comunicación en la zona oriente de la Ciudad de México principalmente, como en la zona conurbada del Estado de México y hacia los estados vecinos de Puebla, Veracruz, Oaxaca, Morelos, Tlaxcala e incluso toda la zona sur – oriente del país. Por medio de la construcción de un distribuidor vial.

Esta vialidad es la más grande entre el Distrito Federal y el Estado de México y sólo se puede comparar con en el anillo periférico de su época.

Es una vialidad de tipo radial, denominada así por utilizar vías primarias de comunicación en el Distrito Federal; la **Calzada Ermita Iztapalapa** y **Calzada Ignacio Zaragoza**, hasta su entronque con el Anillo Periférico esto permite la operación de vías transversales dentro del Distrito Federal como son, Avenida Río Churubusco, Circuito Interior Churubusco Oriente, Avenida Tláhuac, Avenida Javier Rojo Gómez (Eje 5 Oriente), Calzada de la Viga (Eje 2 Oriente), Avenida 5 (Eje 3 Oriente), Avenida Cuauhtemoc, Octavio Senties, Narciso Mendoza y Avenida Santiago.

Por lo tanto, esta vía de comunicación representa un gran alivio a los problemas de desplazamiento tanto a nivel regional, como los provenientes de la zona conurbada. Puesto que ambos desplazamientos tienen como destino la zona Nororiente, Suroriente y Centro de la Ciudad de México y del Estado de México; ya que esta vialidad podrá manejar un tránsito vehicular de nueve mil seiscientos vehículos por sentido de circulación en las horas de mayor demanda.

El Distribuidor Vial Zaragoza – Texcoco “Puente la Concordia”, es una obra que forma parte fundamental del corredor vial de integración oriente.



Fotografía No. 1



Fotografía No. 2

II.2 Descripción

Características Geométricas:

- Tipo de solución: Distribuidor Vial.
- Capacidad Vehicular: 9600 veh/hr/sentido.
- Pendiente Longitudinal: 6%.
- Velocidad de Proyecto: 70 km/hr.
- No de Carriles: 6 (tres por sentido).
- Contempla vialidad a nivel superficial y un nivel superior.
- Longitud Cuerpo Principal: 2,697 m (dos cuerpos).
- Longitud Gazas de incorporación: 1,050 m (dos por sentido).
- No de Carriles de Gazas: 4 (dos por sentido).
- Longitud Total: 3,744 m.

Características de Operación:

- Funcionamiento Vial:
 - Tres carriles por sentido de circulación sobre el nivel superior.
 - El nivel superficial facilita la incorporación a Calzada Ignacio Zaragoza y Calzada Ermita Iztapalapa.
 - El nivel superior comunicara Calzada Ignacio Zaragoza y Calzada Ermita Iztapalapa con la Autopista México – Puebla.
- Movimiento en la intersección Calzada Ignacio Zaragoza con Calzada Ermita Iztapalapa:
 - El nivel superficial conecta en forma directa Calzada Ignacio Zaragoza hacia Calzada Ermita Iztapalapa, así como con Avenida Santiago y Avenida Cuauhtemoc.
 - El nivel superficial de Calzada Ermita Iztapalapa hacia Calzada Ignacio Zaragoza, como con la Carretera Federal México – Texcoco, Prolongación Octavio Paz y las calles República Federal Norte y República Federal Sur.
 - El nivel superior comunicara de forma directa de la Autopista México – Puebla hacia Calzada Ignacio Zaragoza y Calzada Ermita Iztapalapa.



Figura 1 (Dirección del sentido de circulación).



Fotografía No. 3



Fotografía No. 4



Fotografía No.5.

II.3 Justificación

Debido a que la delegación Iztapalapa, está ubicada en la zona oriente del Distrito Federal representa una posición geográfica importante, ya que es el punto de entrada y salida hacia el oriente y sureste del país; además de ser limítrofe con el Estado de México lo que genera una interrelación de servicios, equipamiento, transporte y vialidades con los municipios de Nezahualcóyotl, Los Reyes – La Paz y Chalco Solidaridad.

Con respecto al Distrito Federal, colinda con las delegaciones Iztacalco, Benito Juárez y Coyoacan lo que permite tener una continuidad de servicios, equipamiento y vialidades, pero no se presenta así con las delegaciones de Tláhuac y Xochimilco en la que si bien los servicios están interrelacionados, la estructura vial es escasa y deficiente.

Por lo tanto, la delegación Iztapalapa genera un gran número de viajes diarios por persona en la misma y un importante flujo de población flotante que se apoya en vialidades importantes, como: Anillo Periférico Arco Oriente y Calzada Ermita Iztapalapa las cuales se complementan con la Calzada Ignacio Zaragoza, Avenida Río Churubusco, Circuito Interior Churubusco Oriente y Avenida Tláhuac.

Además cuenta con los Ejes Viales 3, 4, 5, 6, 7 y 8 Sur, además 1,2, 3, 4 y 5 Oriente. Dentro de esta red vial cuenta con dos líneas del metro, la Línea A y la Línea 8, la primera corre de Pantitlán a Los Reyes - La Paz y la segunda de Garibaldi a Constitución de 1917. Estas cumplen funciones de estación de transferencia, por estar un paradero de transporte público concesionado.

Todo esto genera una aportación importante de grandes volúmenes de tránsito en la zona, debido al transporte particular y público. Originando en la intersección de Calzada Ignacio Zaragoza y Calzada Ermita Iztapalapa conflictos viales hacia la Autopista México – Puebla, como los que vienen en dirección hacia el Distrito Federal.

Estudios ambientales en la zona, han determinado altos niveles de contaminación originados por la combustión de motores vehiculares y el ruido causado por camiones de carga y autobuses, esto agrava la situación ya que se tiene escasa o nula vegetación arbórea y arbustiva dentro de la zona que ayude a disminuir los altos niveles de contaminación, por bióxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y partículas suspendidas, así como el ruido.

Las vialidades dentro del estudio de proyecto, funcionan con características típicas de operación de una vía primaria o principal, siendo el manejo de grandes volúmenes de vehículos, intersecciones con dispositivos de control (semáforos); lo cual limita la fluidez del tránsito.

Por lo expuesto anteriormente se considera a la zona Oriente del Distrito Federal y del Estado de México, como una zona de grandes movimientos vehiculares que utiliza las vías de acceso existentes sirviendo de enlace entre la zona Oriente y Sureste de la Ciudad de México, así como con el área conurbada; estas vías de conexión son:

1. Zona Nororiente: Calzada Ignacio Zaragoza y las Avenidas Luis Méndez y Circunvalación (Eje 6 y 5 Sur).
2. Zona Suroriente: Calzada Ermita Iztapalapa, Avenida Santiago y al oriente el Anillo Periférico.
3. Líneas del metro: Línea "A", dirección Pantitlán – Los Reyes – La Paz; Línea "8", dirección Garibaldi – Constitución de 1917.

Por lo cual su ubicación, como a la importancia que tienen dentro de la retícula vial del Distrito Federal pero principalmente en la delegación de Iztapalapa, estas vialidades resultan de uso prioritario para el transporte público concesionado y transporte particular.

De forma que el Distribuidor Vial Zaragoza – Texcoco "Puente la Concordia", se aporta como solución a los problemas viales que presenta la zona en vialidades primarias como lo son Calzada Ignacio Zaragoza y Calzada Ermita Iztapalapa en su intersección hacia la Autopista México – Puebla, considerando un derecho de vía sobre estas vialidades y terrenos colindantes al proyecto.

Esta vialidad consiste en elevar las Calzadas Ignacio Zaragoza y Ermita Iztapalapa hacia la Autopista México – Puebla, en ambos sentidos de circulación. El cuerpo principal se ubica en la Calzada Ignacio Zaragoza con una longitud de 2, 697 m en dos cuerpos, además contara con dos gazas con una longitud de 1, 050 m que permitirán su incorporación hacia la Calzada Ermita Iztapalapa; la sección promedio de cada arroyo o cuerpo principal es 11. 25 m para albergar tres carriles por sentido de circulación, mientras que en las gazas albergara 2 carriles por sentido de circulación.

El Distribuidor Vial Zaragoza – Texcoco permitirá ofrecer una conexión de la zona Oriente y Sureste de la Ciudad de México y del Estado de México, con el resto de las vialidades que cruzan para atender a los diversos sectores de la población que desarrollan distintas actividades ya sean de tipo industrial, comercial, de educación, recreativas y de transporte de servicios como de mercancías.

II.4 Beneficios Esperados

Beneficio Económico:

- Ahorro de combustible (gasolina y diesel).
- Ahorro sustancial en los tiempos de traslado por viaje.
- Ahorro en costos de operación vehicular.

Beneficio Social:

- Disminución en los niveles de contaminantes en la zona.
- Disminución en los niveles de ruido.
- Generación de empleos 3000 (directos e indirectos).
- Población beneficiada 1' 152,000 habitantes.

Beneficio Operacional:

- Aumento en la velocidad de circulación.
- Aumento en la capacidad vehicular en horas de mayor tránsito.
- Resolverá el conflicto vial en la intersección de Calzada Ignacio Zaragoza, Calzada Ermita Iztapalapa y Autopista México – Puebla.
- Descongestionamiento de vialidades secundarias.

III.- PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

III.1 Proceso Constructivo de Columnas

El Distribuidor Vial Zaragoza – Texcoco “Puente la Concordia”, contara con 117 cajones de cimentación (zapatas) en los cuales se desplantaran 186 columnas prefabricadas de sección oblonga cuyas dimensiones varían de acuerdo al proyecto entre 0.90x 1.60 y 0.75x0.90 m y de longitud variable.

Especificaciones					
Material	f' c	fy	Ø	fpu	Área
	kg / cm ²	kg/cm ²	in	kg/cm ²	cm ²
Concreto	600				
Acero-Refuerzo		4200	variable		variable
Acero- Preesfuerzo			1/2	19000	1.26
Acero(placas, accesorios y tensores)		2530			
Traslape	no más del 33% acero de refuerzo en una misma sección.				
Tensión (cable torón)	13,034 kg/cm ² cada uno.				
Soldadura(arco eléctrico)	Electrodo serie E-90XX unión entre varillas. electrodo serie E-70XX unión con acero estructural				
TMA (tamaño máximo agregado grueso).	1.27 cm.				
Recubrimiento	3 cm como mínimo.				

Tabla No.1.

La estructura del Distribuidor Vial, estará formada con columnas prefabricadas de sección oblonga, las cuales contarán en sus extremos inferior y superior con un capitel de concreto armado que formara parte de la estructura principal de la columna. El capitel inferior es la base de la columna, el cual está formado por un dado de anclaje con perno nivelador, y varillas expuestas para su anclaje en el sistema de cimentación (zapatas); en tanto que el capitel superior es la base de apoyo para las trabes, con un sistema de anclaje con varillas y cable torón del cual se hablara más adelante.

Para la proceso de fabricación de 186 columnas prefabricadas de sección oblonga, nos apoyaremos en los planos de “Localización de columnas y estribos eje A y C”, Localización de zapatas y columnas 1 y 2”; los cuales nos proporcionaran la ubicación como el eje de construcción de cada columna.

La fabricación de columnas prefabricadas, deberá cumplir con las dimensiones, características de concreto, armado de acero de refuerzo (distribución) y acero de presfuerzo; como lo indican los planos estructurales y la supervisión.

Para la fabricación de las columnas en la zona de marcos, nos apoyaremos en los planos de “Localización de zapatas y columnas 1” y “Localización de zapatas y columnas 2”. La geometría de las columnas estará apoyada por el plano “Geometría para la fabricación de columnas eje A y C”.

Se fabricaran diferentes tipos de columnas prefabricadas presforzadas sobre los ejes A y C y en la zona de marcos, la diferencia entre cada tipo de columna radica principalmente en la altura que tendrá cada una.

Para la fabricación de columnas prefabricadas presforzadas, fue necesario la construcción de dos plantas de prefabricados ubicadas al Oriente de la Ciudad de México, éstas contarán con un área extensa de trabajo para el almacén de columnas por determinado tiempo, una mesa de trabajo o banco, así como de cimbra metálica para dar el acabado de proyecto y el equipo necesario para el curado y detallado de las columnas; para posteriormente ser transportadas a la obra y ser colocadas en el lugar que les corresponde.



Fotografía No.1

La fabricación de las columnas pretensadas en ambas plantas, se utilizó un sistema de anclaje denominado así por ser un sistema de puntal a compresión diseñado con transversas de anclaje de presfuerzo en los extremos de la mesa de trabajo.

En los elementos estructurales pretensados, al concreto se le aplica una fuerza de compresión la cual genera esfuerzos internos tales que los esfuerzos resultantes de las cargas de servicio se anulan mutuamente entre si. Las columnas que se fabricaran serán de este tipo lo cual consistirá en tensar cada uno de los cables torón uno por uno de acuerdo a los planos estructurales.

Por lo expuesto anteriormente el procedimiento constructivo para la fabricación de las columnas se describe a continuación en forma de puntos:

I.- Limpieza del Área de Trabajo.

La limpieza del área de trabajo consistirá principalmente en el retiro del acero de desperdicio clasificándolo según su tipo (refuerzo y presfuerzo), como el retiro de concreto en estado sólido, todo esto después de fabricar cada columna.



Fotografía No. 2



Fotografía No. 3

II.- Limpieza y Preparación de Molde.

La limpieza del molde para la fabricación de las columnas se llevara a cabo al inicio, y consistirá en la eliminación de residuos sólidos y grasosos de la columna anterior. El molde o cimbra será de ciertas características que resista el peso del concreto en estado fresco, la vibración (vibrador), así como obtener el acabado (textura exterior) de acuerdo a planos estructurales y al proyecto.

De tal forma que se utilizo lámina de acero $\frac{1}{4}$ " con ángulo de 2", este tipo de molde (cimbra) metálico(a) tiene las características de fácil manejo, tanto en su colocación como en su retiro por ser de forma modular, ya que cada modulo se unirá por medio de tornillos o bisagras, de acuerdo a la geometría de la columna incluyendo la forma del capitel tanto inferior como superior.



Fotografía No. 4



Fotografía No. 5



Fotografía No.6

III.- Trazo de la Pieza o Elemento.

Se verificara la alineación, nivelación y la relación de los centros de gravedad entre el banco de trabajo y el molde para evitar excentricidades fuera de la capacidad del banco de trabajo, y se trazara la geometría de la pieza para colocar las fronteras necesarias sobre el molde. En este proceso será necesaria la presencia de una brigada de topografía y de la supervisión para garantizar la seguridad estructural de la misma.

Se aplicara un desmoldante al molde de preferencia en forma líquida por medio de mechudos o bomba de aspersion.

IV.- Habilitado de Acero de Refuerzo.

En este proceso estará presente en todo momento una brigada de topografía como la supervisión y el armado del acero de refuerzo se realizará conforme a lo especificado en proyecto, para hacer el máximo aprovechamiento del tramo de varilla que se suministra por lo general en una longitud de 12.00 m. El acero de refuerzo deberá cumplir con las especificaciones y normas siguientes aprobadas por la supervisión; Reglamento de Construcción del Distrito Federal (RCDF-04), Especificaciones para la Construcción de las Líneas del Metro de la Ciudad de México (Cap.4.01.01.005 – COVITUR), Normas Oficiales Mexicanas (NOM), Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), Instituto Americano del Concreto (ACI-318-1999) y la Asociación Americana de Carreteras Estatales y de Transportación Oficial (AASHTO1996). (Ver anexo p.111).

Se habilitaran los accesorios (anclaje) durante este proceso en base a los planos estructurales y los capiteles inferior y superior de la columna a base de placa formando ángulo de 20x20 y 20x23cm y acero de refuerzo; los cuales formaran parte del armado principal de la columna. Una vez que se tenga el habilitado de acero de refuerzo longitudinal como transversal (estribos, zunchos); se procederá al armado de la columna sobre un banco de trabajo. La colocación del acero de refuerzo, deberá realizarse de acuerdo a los planos estructurales y geométricos; tratando de evitar traslados excesivos (vibraciones) en el armado que lo pueda dañar, debido a la longitud y a su peso.



Fotografía No.7

Se revisará al final de cada columna el armado de acero de refuerzo, la cantidad, diámetros de estribos, posición, cantidad y diámetros de varillas longitudinales y transversales, traslapes, pasos para cable torón, posición de accesorios; así como el tamaño y colocación de piezas para dar el recubrimiento especificado en los planos estructurales.



Fotografía No.8



Fotografía No.9

V.- Colocación de Armado de Acero de Refuerzo dentro del Molde (cimbra metálica).

Una vez terminado el armado de acero de refuerzo y colocación de accesorios como la aprobación de la supervisión, se colocara el armado con mucho cuidado evitando vibraciones dentro del molde con la ayuda de una estructura metálica que soporte el peso del armado y evite su deformación por medio de grúa(s) sobre camión o grúa(s) pórtico con una capacidad de 30 toneladas.



Fotografía No. 10



Fotografía No. 11



Fotografía No.12

VI.- Habilitado de Acero de Presfuerzo.

Una vez colocado el armado de acero de refuerzo dentro del molde, se procederá a introducir y distribuir el acero de presfuerzo teniendo siempre presente la longitud de cada columna, a demás de dejar cierta longitud de 1.60 m aproximadamente para anclaje de tipo fijo en el extremo superior de la columna (capitel) como indica el plano estructural. El acero de presfuerzo deberá cumplir con las especificaciones y normas siguientes aprobadas por la supervisión; Reglamento de Construcción del Distrito Federal (RCDF-04), Especificaciones para la Construcción de las Líneas del Metro de la Ciudad de México (Cap.4.01.01.005 – COVITUR), Normas Oficiales Mexicanas (NOM), Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), Instituto Americano del Concreto (ACI-318-1999) y la Asociación Americana de Carreteras Estatales y de Transportación Oficial (AASHTO1996). (Ver anexo p.115).

En este proceso estará presente la supervisión para su aprobación y la brigada de topografía.

VII.- Tensado del Acero de Presfuerzo.

Terminada la colocación y distribución del acero de presfuerzo, previa aprobación de la supervisión. Se procederá al tensado del acero de presfuerzo.

Antes de iniciar esta actividad se revisará que el acero de presfuerzo y las fronteras estén colocados de acuerdo al proyecto para evitar algún accidente en el momento del tensado, el proceso de tensado se hará del centro hacia los extremos alternadamente de abajo hacia arriba; para esto se utilizará un gato de tensado cuidando no exceder la carga de tensión de $13,034 \text{ kg/cm}^2$, para cada cable (torón de baja relajación) en base al plano estructural. (Ver anexo p.116).

Durante esta actividad estará presente la supervisión y la brigada de topografía.



Fotografía No.13

VIII.- Colado de Columna Presforzada.

Una vez terminada la colocación de las preparaciones y accesorios que llevara la columna, se procederá a su colado.

La dosificación del concreto hidráulico para el colado del elemento se realizará con las cantidades de cemento, agregado fino, grueso y agua por peso para alcanzar la resistencia de 600 kg/cm^2 de acuerdo al plano estructural, además se utilizará un aditivo fluidizante. El concreto para el colado será hecho en planta y deberá cumplir con las especificaciones técnicas y normas referentes al Reglamento de Construcción del Distrito Federal (RCDF-04), Especificaciones para la Construcción de las Líneas del Metro de la Ciudad de México (Cap.4.01.01.002 – COVITUR), Normas Mexicanas (NMX), Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), Instituto Americano del Concreto (ACI-318-

1999) y la Asociación Americana de Carreteras Estatales y de Transportación Oficial (AASHTO1999). (Ver anexo pp. 102-110).

En cuanto al revenimiento, este parámetro se controlará para su colocación dentro del molde y garantizar la resistencia del concreto, el cual deberá andar en el orden de 6 cm sin aditivo y de 18 a 20 cm con aditivo.

La colocación (vaciado) del concreto, se comenzara por uno de los extremos del elemento en forma continua mediante el bombeo del concreto con la ayuda de una bomba telescópica para concreto; procurando evitar la segregación de los agregados y teniendo cuidado que no se acumule el concreto en un solo lugar. La compactación del concreto se realizará con vibradores de inmersión con chicote de cabeza de 50 mm y una frecuencia de 140 a 210 Hz. Se introducirá en forma vertical procurando evitar en todo el proceso el contacto con la cimbra metálica como con el acero de refuerzo y presfuerzo, para garantizar la uniformidad del colado y no dejar huecos dentro del armado con la cimbra. Se pulirá la superficie de la columna de acuerdo al acabado final de proyecto a la parte expuesta por donde se realizo el vaciado del concreto hidráulico. Se tomarán muestras de concreto para determinar la resistencia para que sirvan de referencia para el destensado de los cables a diferentes edades de catorce y veintiocho días de los extremos y el centro.

Por último, se procederá al destensado de la columna una vez que se haya adquirido la resistencia inicial de acuerdo al proyecto. Iniciando el corte del acero de presfuerzo con una pulidora con disco de corte para metal, de arriba hacia abajo y de los extremos hacia el centro para evitar la presencia de esfuerzos diferenciales en la cimbra como en el armado.

En este proceso estará también la presencia de la supervisión como de la brigada de topografía.



Fotografía No. 14



Fotografía No.15



Fotografía No.16

IX.- Curado.

El proceso de curado del elemento, se realizará cuando el concreto hidráulico haya adquirido su resistencia inicial y fraguado $f'c = 35 \text{ kg/cm}^2$, (ver anexo p.109); este procedimiento consistirá en cubrir la columna con una lona, a este período se le llama de reposo y puede alcanzarse aproximadamente a las tres o cuatro horas dependiendo de la temperatura ambiente y la cantidad de aditivo utilizado, llegando en ocasiones a necesitarse de seis o siete horas. Si no se cumple con lo anterior se puede deshidratar el concreto y en consecuencia obtener una resistencia baja.

En el curado de la columna, se inyectara vapor a baja temperatura y baja presión por medio de una caldera; iniciando el calentamiento del agua de veintidós a treinta y tres grados Celsius por hora, hasta alcanzar ochenta grados Celsius. Temperatura que se mantendrá por un periodo de 4 a 6 horas, dependiendo de las características del concreto después de esto se conservaran cubiertas.

Durante todo el proceso estará presente la supervisión para su aprobación. Aprobado se continuara con la extracción de la columna del molde.



Fotografía No.17

X.- Extracción de la Columna del Molde.

La extracción de la columna del molde, se hará retirando cada uno de los módulos del molde (cimbra) uno por uno, procurando no golpearla con la ayuda de grúas. Para retirar la columna se procederá con grúa(s) camión o grúa(s) pórtico

con capacidad para 30 toneladas aproximadamente, sujetándola de los ganchos de izaje de acuerdo al plano estructural para ser transportada a la zona de almacenaje para su detallado final.

En el proceso de extracción de la columna estará la supervisión y la brigada de topografía presente.



Fotografía No. 18



Fotografía No. 19



Fotografía No.20

XI.- Detallado.

Una vez estibada la columna, apoyada sobre durmientes en sus extremos para su revisión, se localizaran los detalles que tengan que corregirse, como oquedades (huecos), despostilladuras, etc. Finalmente se rotulara la columna para su identificación y orientación de acuerdo al plano estructural y geométrico para finalmente ser transportada y colocada en la obra.



Fotografía No. 21



Fotografía No.22



Fotografía No.23

III.2 Proceso Constructivo de Trabes

La superestructura del Distribuidor Vial Zaragoza - Texcoco "Puente la Concordia", estará formada por 208 trabes tipo cajón las cuales serán prefabricadas de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto complementándose con la fabricación de cinco estribos que irán ubicados en la zona de terraplén – superestructura.

Especificaciones					
Material	f' c	fy	Ø	fpu	Área
	kg / cm ²	kg/cm ²	in	kg/cm ²	cm ²
Concreto	600				
Acero-Refuerzo		4200	variable		variable
Acero- Presfuerzo			1/2	19000	1.26
Acero(placas, accesorios y tensores)		2530			
Traslape	No más del 33% acero de refuerzo en una misma sección.				
Tensión (cable torón)	13,034 kg/cm ² cada uno.				
Soldadura(arco eléctrico)	Electrodos serie E-90XX unión entre varillas .				
	electrodos serie E-70XX unión con acero estructural				
TMA (tamaño máximo agregado grueso).	1.27 cm				
Recubrimiento	3 cm como mínimo.				

Tabla No.2.

Para la construcción de la superestructura del Distribuidor Vial, se fabricarán tres tipos de trabe, de acuerdo al claro a salvar como a su ubicación y funcionamiento estructural. Los tipos de trabe que se fabricarán son:

- Trabes Centrales, TC.
- Trabes Centrales de Apoyo, TCA.
- Trabes de Apoyo, TA.

La fabricación de estos tres tipos de trabes, serán de concreto reforzado y presforzadas para lo cual nos apoyaremos en los planos estructurales, geométricos y localización de trabes en el Eje A y C.

El proceso para la fabricación de las trabes TA, TC y TCA, es similar entre sí, por lo cual se describirán en conjunto la fabricación de los tres tipos de trabes que conforman la superestructura de Distribuidor Vial Zaragoza – Texcoco "Puente la Concordia".

Por otra parte, cabe mencionar que los tres tipos de traves deberán cumplir con las dimensiones, características de concreto, armado de acero de refuerzo y acero de presfuerzo, como su distribución longitudinal y transversal, señaladas en el plano estructural correspondiente a cada tipo de trabe. Cualquier modificación estructural fuera de proyecto que se lleve a cabo tendrá que ser informada por el contratista a la supervisión para ser analizada y aprobada. Cada tipo de trabe dentro de la superestructura del Distribuidor Vial tiene una función específica que describiremos brevemente:

- Las traves tipo TC (traves centrales), tendrán en un extremo una ménsula con un apoyo fijo mientras que en el otro extremo una ménsula con apoyo móvil. Este tipo de trabe, se apoyara en las traves TA como en los cabezales prefabricados, los cuales cuentan con las preparaciones adecuadas para su anclaje de acuerdo al plano estructural.
- Las traves tipo TCA (traves centrales de apoyo), se apoyarán en la parte superior de la columna (en el capitel superior), las cuales contarán con las preparaciones adecuadas para su anclaje con en capitel, además de contar con una ménsula en un extremo con apoyo móvil de neopreno para las traves TC.
- Las traves tipo TA (traves de apoyo), se montaran directamente sobre los capiteles superior de las columnas como en los cabezales, cada uno de éstos contará con las preparaciones solicitadas por proyecto para el anclaje de las traves TA. Este tipo de traves, cuentan en ambos extremos con ménsulas con apoyo móvil de neopreno, donde se apoyarán las traves TC y TCA como lo indica el plano estructural correspondiente a cada una.

La zona de marcos, que forman la estructura de apoyo para la superestructura del Distribuidor Vial Zaragoza – Texcoco; integrada por columnas y cabezales prefabricados de los cuales se hablarán más adelante para su fabricación.

Para la fabricación de las traves presforzadas, se construyeron dos plantas de prefabricados ubicadas al oriente de la Ciudad, las cuales fueron las mismas donde se fabricaron las columnas realizando las adecuaciones pertinentes a cada planta, para la fabricación de las traves a lo cual se procedió inmediatamente a su fabricación.

Como se menciona anteriormente, el proceso para la fabricación de las traves es similar entre sí, por lo cual dicho procedimiento se describirá de manera general para los tres tipos de trabe presforzada que conforman la superestructura del Distribuidor Vial Zaragoza – Texcoco “Puente la Concordia”, en forma de puntos el cual es el siguiente:

I.- Limpieza del Área de Trabajo.

Antes de iniciar cualquier actividad, se limpiara el área de trabajo retirando el desperdicio de acero de refuerzo como el de acero de presfuerzo y residuos de concreto que pudiera ver; esto se realizará cada vez que se inicie la fabricación de una trabe, para prevenir cualquier accidente al personal que este laborando.



Fotografía No.24

II.- Armado y Limpieza del Molde

El armado del molde para las trabes, consistirá en placa de acero de ¼” soldada de acuerdo a la geometría del elemento, sobre una mesa de trabajo la cual es un sistema de anclaje llamado así por ser un sistema de puntal a compresión diseñada con transversas de anclaje de presfuerzo en los extremos. La limpieza del molde se realizará una vez que se tenga ya terminado el molde de la trabe, la cual consistirá en la eliminación de residuos con una pulidora con disco para desbaste de metal o carda para cepillado metal, así como de espátula o cuña y finalmente escobas para eliminar los residuos. La limpieza del molde se hará cada vez que se termine la fabricación de una trabe con las escobas y espátulas.



Fotografía No.25



Fotografía No.26

III.- Trazo del Elemento en Molde.

Antes de iniciar el trazo del elemento, se verificará la nivelación, alineación y centros de gravedad entre la mesa de trabajo y el molde metálico para evitar la

aparición de excentricidades que pudieran rebasar la capacidad de la mesa de trabajo. En esta actividad estará presente una brigada de topografía.

Se trazara la geometría de la trabe sobre el molde metálico por medio de un marcador de cera o marcador para metal y cinta métrica, así como de escuadras para poder colocar las fronteras necesarias. La colocación de las fronteras (extremos del molde), serán por medio de una grúa de patio de 40 toneladas de capacidad aproximadamente. Por último se le aplicará un desmoldante al molde metálico de preferencia en estado líquido, por medio de mechudos o por una bomba de aspersión.



Fotografía No. 27



Fotografía No. 28

IV.- Habilitado de Acero de Refuerzo.

El habilitado (armado) de acero de refuerzo, se hará de acuerdo a lo especificado por el plano estructural correspondiente, para obtener el máximo aprovechamiento de las varillas que se suministran, por lo general en tramos de 12.00 m. En este punto estará presente la supervisión ya que se pueden presentar problemas de entre-cruzamiento de varillas, accesorios, ductos, traslapes, torones, soldadura de varilla y ganchos de izaje. Respecto a la soldadura de varillas, se definirá su posición para evitar más del 10% en una misma sección, además se dará un tratamiento previo a la varilla el cual consistirá en despuntar la varilla con soplete en forma diagonal (un ángulo aproximado de 60°), se esmerila y se precalentará a 250° C (Celsius) aproximadamente aplicándose la soldadura. (Ver anexo p. 114 y 118).

Una vez terminado el habilitado de acero de refuerzo, se revisará la cantidad, diámetros, de estribos, posición, cantidad y diámetro de varillas longitudinales como transversales, traslapes, pasos para cable torón, posición de accesorios así como el tamaño y colocación de piezas para dar el recubrimiento de acuerdo al plano estructural. (Ver anexo p.111).



Fotografía No.29



Fotografía No.30

V.- Habilitado de Acero de Presfuerzo.

Para el habilitado del acero de presfuerzo, será como se menciona en un principio cable torón de baja relajación $f_{pu} = 19000 \text{ kg/cm}^2$; de acuerdo al plano estructural, estos se cortarán considerando la longitud mesa como del elemento con una pulidora con disco para corte de metal, además de dejar cierta longitud libre en cada extremo para la colocación de chucks (cuñas) y el tensado. Los torones se colocarán sobre caballetes o en una cama de polines, ya habilitados para evitar se contaminen de tierra u otro material, se tendrá cuidado de no pasarlos sobre cables de energía o plantas de soldar ya que un corto dañaría a los cables torón alterándolos y podrían reventarse al momento del proceso de tensado. Los ganchos para izaje del elemento, consistirá en tres cables torón encamisados en un ducto metálico flexible. (Ver anexo p.115)

VI.- Engrases (Mangueras).

Esta actividad consistirá en cortar manguera de diámetro de $\frac{1}{2}$ “, que servirá como engrase de acuerdo a la longitud de proyecto para evitar que se atore el paso del cable torón. Se formarán paquetes de acuerdo a la longitud de cada engrase en base al plano estructural.

VII.- Accesorios Metálicos.

El habilitado de los accesorios metálicos, consistirá en varillas para el anclaje de la trabe con la columna, la placa de acero estructural la cual se avellanara con un equipo de corte (acetileno) y se cortara de acuerdo al proyecto, posteriormente se soldarán la varillas de anclaje a la placa. En esta actividad se incluyen también las preparaciones para las placas guías, que se describirán más adelante, para el paso de cable torón, los ganchos de izaje y las preparaciones de placa de acero que llevaran el neopreno encapsulado en un cilindro. (Ver anexo p.117).

VIII.- Cimbra de Aligeramiento.

Consiste en preparar la cimbra recuperable para la zona de aligeramiento de la trabe, por medio de módulos metálicos que componen el cajón. Para el armado de la cimbra se deberá contar con una estructura auxiliar para mantener la posición de los módulos y bastidores que serán atornillables.

Los módulos se sujetaran con un fleje metálico, además de dejar las ventanas para la recuperación de la cimbra (triplay, barrotes). Los ajustes en los extremos de la junta de aligeramiento serán con madera.

Los módulos metálicos y bastidores (marcos) serán de ángulo y lamina calibre 18.

IX.- Habilitado de Ductos.

El habilitado de ductos consistirá en cortar y colocar tubo de pvc como tubo de metal, de acuerdo a la geometría del elemento que indica el proyecto. Se engrasaran y rellenaran con cartón los ductos para facilitar su retiro, salvo que dicho ducto lleve una camisa metálica.

X.- Habilitado de Placas Guía, Tapones y Tacones.

El habilitado de placas guía se fabricarán con acero estructural, y se hará lo posible para un mayor aprovechamiento del acero estructural; estas palcas solo se habilitaran al inicio de la producción y se utilizarán dos placas guía por cada molde. Las preparaciones que llevarán para el paso del cable torón se harán con una holgura de 1/16" como máximo para evitar la posición inadecuada del cable.

Los tapones se habilitaran en pares (dos por cada molde), para trabes que de acuerdo a sus características estructurales sea necesario efectuar corte de placa, esta actividad se realizará únicamente para trabes que requieren aumento de placa en tapones. Una vez cortada la placa, para dar forma se soldara esta con los tapones.

Por último queda el habilitado de los tacones, los cuales solo se fabricarán para traveses TA y TCA que requieran tacones de acuerdo al proyecto con acero estructural. (Ver anexo p.117).

Durante todo el proceso de habilitado de placas guía, tapones y tacones se utilizará un equipo de corte (acetileno), pulidora con disco de desbaste y una planta para soldar.

XI.- Habilitado de Acero de Refuerzo (principal).

El habilitado de acero de refuerzo principal, se realizará fuera de la mesa de trabajo, sobre un banco con una grúa de patio o una grúa de pórtico tratando de evitar movimientos excesivos. Se colocarán los accesorios durante este proceso de acuerdo al plano estructural y geométrico de la trabe.

Finalmente al término del armado principal se revisará la cantidad, diámetros de estribos, posición, cantidad y diámetros de varillas longitudinales, transversales, traslapes, pasos para ductos, pasos por torón, posición de diafragmas, cantidad y posición de accesorios, tamaño y colocación de piezas para dar el recubrimiento solicitado por el proyecto.

Durante esta actividad deberá estar presente en todo momento la supervisión por cualquier problema que pudiera presentarse durante el armado y dar su aprobación al término de la misma y pasar a la siguiente actividad. También estará presente una brigada de topografía para revisar los centros de gravedad del armado en el banco y asegurarse de que no existan desplazamientos de los mismos. (Ver anexo p.111).



Fotografía No. 31



Fotografía No. 32

XII.- Colocación del Armado dentro del Molde.

El armado de acero de refuerzo se colocara dentro del molde con la ayuda de grúa(s) sobre camión o grúa(s) pórtico auxiliándose de una estructura metálica que soporte tanto el peso del armado de acero de refuerzo como de los accesorios y así evitar que se deforme por su propio peso.

Se revisará y verificará, en todo momento que el armado de acero de refuerzo, coincida con los trazos que se hicieron previamente en el molde, además se ajustara la posición de los accesorios, pasos para ducto y cables torón diafragmas para garantizar el recubrimiento del elemento.

Deberá estar presente en todo momento, como en la actividad anterior una brigada de topografía y la supervisión.



Fotografía No.33



Fotografía No.34

XIII.- Tensado de Cables de Presfuerzo Longitudinal.

Antes de iniciar el tensado de cables de presfuerzo, se retirará al personal que se encuentre trabajando cerca de la mesa de trabajo, ya que podría reventarse un cable durante el proceso de tensado provocando un accidente. Se tensarán los cables de uno en uno, por medio de la unidad de tensado (gato de tensado) la cual aplicara una fuerza de tensado al cable de $13,034 \text{ kg/cm}^2$ de acuerdo al plano estructural.

El tensado se hará en forma simétrica, tanto en sentido horizontal como en vertical teniendo presente que el centro de gravedad mantenga su posición, ya que de lo contrario podría ocurrir que la placa guía se levante durante el proceso de tensado. Se generará una gráfica esfuerzo-deformación, para controlar la tensión en caso de que existiera una desviación mayor a la tolerable entre la deformación real y la teórica, se revisará y se ajustara el sistema de medición de la unidad de tensado.

Durante todo el proceso de tensado de cables de presfuerzo, estará presente tanto la supervisión para verificar y aprobar dicho procedimiento como la brigada de topografía; para pasar a la siguiente actividad. (Ver anexo p.116)



Fotografía No.35



Fotografía No.36

XIV.- Colocación de Aligeramiento y Ductos.

La colocación del aligeramiento en la trabe dependerá del tipo de cabezal en el cual se va apoyar de acuerdo al plano estructural, el cual podrá colocarse antes o después del tensado. Si el tensado es primero, se colocara el aligeramiento para posteriormente revisar los cables torón y colocar las silletas que soportarán el aligeramiento tanto en la parte inferior como en las paredes laterales, las silletas garantizaran el recubrimiento de proyecto por lo cual van ligadas al molde sujetándolas al armado de acero de refuerzo.

Para la colocación del aligeramiento se utilizará una grúa de patio con una capacidad de 30 toneladas aproximadamente. Por último, se detallara y fijarán ductos y demás detalles para que no se muevan durante el colado de la trabe puede ser con varillas adicionales o al armado de acero de refuerzo.

XV.- Armado de Losa (Trabe).

En está actividad se tendrá en cuenta el armado de dos parrilla para aquellos elementos que lo solicite el proyecto. Las parrillas estarán formadas por una inferior y otra superior. La parrilla inferior, estará formada por varillas longitudinales como de varillas transversales; mientras que la parrilla superior solo estará formada por varillas longitudinales.

El armado de la losa, consistirá primero en armar la parrilla inferior colocando primero los separadores (o silletas) suficientes para garantizar el recubrimiento, además de utilizar las varillas de diámetro y longitud establecida por el plano estructural y por último el armado de la parrilla superior, en la cual los cables torón se dejarán libres, es decir, sin amarrarse a las varillas longitudinales. Para esto se agregaran varillas adicionales con el fin de mantener provisionalmente su posición al acero longitudinal y cuando los cables torón se hayan tensado se amarraran a estas.

Como en la actividad anterior estará presente la supervisión sin la brigada de topografía.

XVI.- Tensado de Cables Transversales en Estructura (Marco) y Colocación sobre el Molde.

Para el tensado transversal, se contara con una estructura en forma de marco, la cual soportara la carga temporal del acero de presfuerzo que posteriormente se inducirá a la pieza, este procedimiento se efectuara fuera del molde y posteriormente se colocara sobre el molde.

Se revisara que los chucks estén en buen estado y posteriormente por medio de dos canales, se pasaran los cables torón para anclarlos con sus respectivos chucks.

Se estirarán los cables torón de uno por uno por medio de la unidad de tensado (gato de tensado) aplicando una fuerza de tensión de $13,034 \text{ kg/cm}^2$ de manera simétrica en todo el elemento, es decir, manteniendo el centro de gravedad en su posición, se tensarán los cables torón de 15 en 15 hasta completar toda la losa. Se graficara una curva esfuerzo – deformación, para controlar la deformación en caso de que existiera un desviación mayor a la tolerable entre deformación real y la teórica, para lo cual se ajustara el sistema de medición de la unidad de tensado. Por último, se colocara la estructura (marco) sobre el molde con la ayuda de una grúa de patio o grúa pórtico. En el desarrollo de está actividad solo estará presente la supervisión. (Ver anexo p.116)



Fotografía No.37



Fotografía No.38

XVII.- Colado.

Antes de iniciar el colado del elemento, la dosificación de las cantidades de cemento, agua, agregado fino y grueso que formaran el concreto serán determinados por peso. Su fabricación se hará en planta y cumplirá con las normas y especificaciones establecidas en el proyecto. Por otra parte, se controlara el parámetro de revenimiento para la colocación del concreto y este alcance la resistencia de acuerdo al plano estructural; el cual deberá andar por el orden de seis centímetros sin aditivo y dieciocho a veinte centímetros con aditivo.

La colocación (vaciado) del concreto hecho en planta se suministrara por medio de ollas revolvedoras de siete metros cúbicos a un camión con bomba telescópica para concreto hidráulico que lo colocara comenzando por uno de los extremos del molde, teniendo cuidado que no se acumule el concreto en un solo lugar, además se revisará el concreto colado por los orificios que se dejan en la cimbra de aligeramiento. La compactación del concreto, se realizará con vibradores de inmersión con un diámetro de cabeza de cincuenta milímetros y una frecuencia de 140 a 210 Hz de vibración, teniendo cuidado de no tocar el armado de acero de refuerzo y presfuerzo; se introducirá en forma vertical moviéndolo a lo largo del elemento evitando la segregación del concreto. Al término del colado se dará el acabado final a la superficie del elemento por donde se vació el concreto de acuerdo a lo establecido en proyecto.

Se tomarán muestras de concreto para determinar la resistencia para que sirvan de referencia para el destensado de los cables a diferentes edades de catorce y veintiocho días de los extremos y el centro.

El proceso para la fabricación y colocación del concreto, así como en las pruebas de laboratorio, deberá cumplir con las normas y especificaciones ACI y NMX. (Ver anexo pp.102-110).



Fotografía No. 39



Fotografía No. 40



Fotografía No. 41

XVIII.- Curado.

El curado del elemento, consistirá en cubrir la trabe con una lona, cuando el concreto haya alcanzado su fraguado inicial (resistencia 35 kg/cm^2 , ver anexo p.109); a este período se le conoce como de reposo el cual puede alcanzarse aproximadamente a las tres o cuatro horas de haber terminado el colado y dependiendo de la temperatura ambiente como de la cantidad de aditivo utilizado, llegando en ocasiones a necesitarse de seis o siete horas. Si no se cumpliese lo anterior, se puede deshidratar el concreto por la generación de calor al ir fraguando por lo que se obtendría una resistencia baja.

Al igual que en las columnas, se inyectara vapor a baja temperatura y baja presión con la ayuda de una caldera de 100 HP, iniciando con un período de calentamiento del agua elevando la temperatura de 22°C a 33°C por hora, hasta alcanzar una temperatura de 80°C , la cual se mantendrá por un periodo de cuatro a seis horas, dependiendo de las características del concreto. Después de este tiempo se suspenderá el vapor, conservando cubiertas las trabes hasta realizarse las pruebas a las muestras de concreto tomadas durante el colado.

Estará presente la supervisión en el desarrollo de está actividad, para garantizar la calidad del elemento; en cuanto a la resistencia del concreto establecida por proyecto con los resultados obtenidos de las muestras en el laboratorio.



Fotografía No.42

XIX.- Prueba de Resistencia al Concreto (Muestras).

Los cilindros de concreto (muestras), para prueba deberán fallar a compresión, en caso de presentarse una falla a cortante (falla diagonal) a lo largo del cilindro, se revisara el cabeceo de los mismos y su colocación en la prensa para evitar esfuerzos excéntricos que produzcan falla prematura del espécimen. El resultado de las pruebas se comparara con lo especificado en el proyecto para el destensado de los cables torón y deberá cumplir lo que establece la norma NOM-C-155-1987. Estará presente la supervisión para su aprobación.

XX.- Extracción del Elemento del Molde.

Para la extracción del elemento, se revisará que la resistencia de los cilindros se encuentre entre el rango de proyecto para inducir el presfuerzo al elemento.

Se cortarán los torones en forma simétrica con un equipo de corte (acetileno), es decir, al mismo tiempo tanto los extremos como entre pieza y pieza para evitar la aparición de esfuerzos diferenciales en la mesa. Posteriormente se retirara la estructura (marco) del presfuerzo transversal con la ayuda de una grúa de patio, además de la extracción de piezas con una grúa de 300 toneladas de capacidad aproximadamente.

El elemento se extraerá por medio de los ganchos de izaje, con la(s) grúa(s) pórtico para el fácil manejo del elemento, cuidando de no golpearlo con el molde para poder estibarla y revisarla con el fin detectar detalles que tengan que corregirse.



Fotografía No. 43



Fotografía No. 44



Fotografía No.45

XXI.- Detallado.

Una vez extraída la trabe del molde y estibada, se revisará para corregir detalles como recorte de puntas de cable torón con pulidora con disco de corte para metal, cabeceo y terminación de los extremos. Para realizar esto, se hará un levantamiento físico de las dimensiones finales de la trabe para hacer los ajustes necesarios dentro de las tolerancias que marca el reglamento de PCI y ANIPPAC. Entre otros detalles, estará el resane de pequeñas despostilladuras o golpes así como también pequeñas oquedades con grout no metálico y un adhesivo.

Por otra parte, se limpiaran los accesorios, como el colado de las trabes de borde, recuperación de la cimbra de aligeramiento, colado del registro de recuperación de cimbra, revisión de drenes y ductos, así como colocación de apoyos de neopreno encapsulado (Ver anexo p. 119). Por último se marcará para su identificación y orientación. Durante esta última fase de fabricación de la trabe, estará presente la supervisión para dar su aprobación de término de fabricación como de funcionalidad y seguridad estructural, para su transporte y colocación en la obra.



Fotografía No. 46



Fotografía No. 47



Fotografía No. 48

III.3 Proceso Constructivo de Cabezales.

El proceso para la fabricación de los cabezales, que forman parte de la superestructura en la zona de marcos del Distribuidor Vial Zaragoza – Texcoco Puente la Concordia”, deberá satisfacer las normas y especificaciones técnicas de proyecto como las columnas y traveses en su fabricación. Estas normas y especificaciones serán las ACI y NMX.

Especificaciones					
Material	f' c	fy	Ø	fpu	Área
	kg / cm ²	kg/cm ²	in	kg/cm ²	cm ²
Concreto	600				
Acero-Refuerzo		4200	variable		variable
Acero- Preesfuerzo			½	19000	1.26
Acero(placas, accesorios y tensores)		4200			
Traslape	No más del 33% acero de refuerzo en una misma sección.				
Tensión (cable torón)	13,034 kg/cm ² cada uno.				
Soldadura(arco eléctrico)	Electrodo serie E-90XX unión entre varillas, . electrodo serie E-70XX unión con acero estructural				
TMA (tamaño máximo agregado grueso).	1.27 cm				
Recubrimiento	3 cm como mínimo.				

Tabla No.3.

La fabricación de los cabezales será de tipo presforzado, mismos que se unirán y apoyarán sobre el capitel superior de las columnas prefabricadas correspondientes a su ubicación de acuerdo al plano de localización de cabezales. Después de su montaje se hará un colado (conexión columna – cabezal), estos servirán de apoyo a las traveses tipo TCA y TA del cuerpo A y C del Distribuidor Vial.

El apoyo de los cabezales, que recibirán las traveses consistirá en varillas y cables torón que se conectarán en los huecos ya preparados en las traveses, para su anclaje (cabezal – trabe) con el armado de acero de refuerzo y fijación de los torones hacia la trabe para finalmente su colado.

La sección de los cabezales será rectangular, con una pequeña curvatura en su parte inferior hacia los extremos, teniendo sobre-ancho estos para alojar los accesorios, pasos para ductos y cables torón, el ancho será variable para todos como su peralte en ambos cuerpos del proyecto. Para llevar a cabo su fabricación, nos apoyaremos en los planos “Geometría y Presfuerzo”, “Armado” y “Despiece de Traveses y Cabezales” para el cuerpo A y C, los cuales nos proporcionaran la ubicación y orientación de los cabezales.

Los cabezales prefabricados, deberán cumplir con las dimensiones, armado de acero de refuerzo y presfuerzo y accesorios según los planos estructurales. Cualquier modificación se avisara a la supervisión para que esta la analice y apruebe.

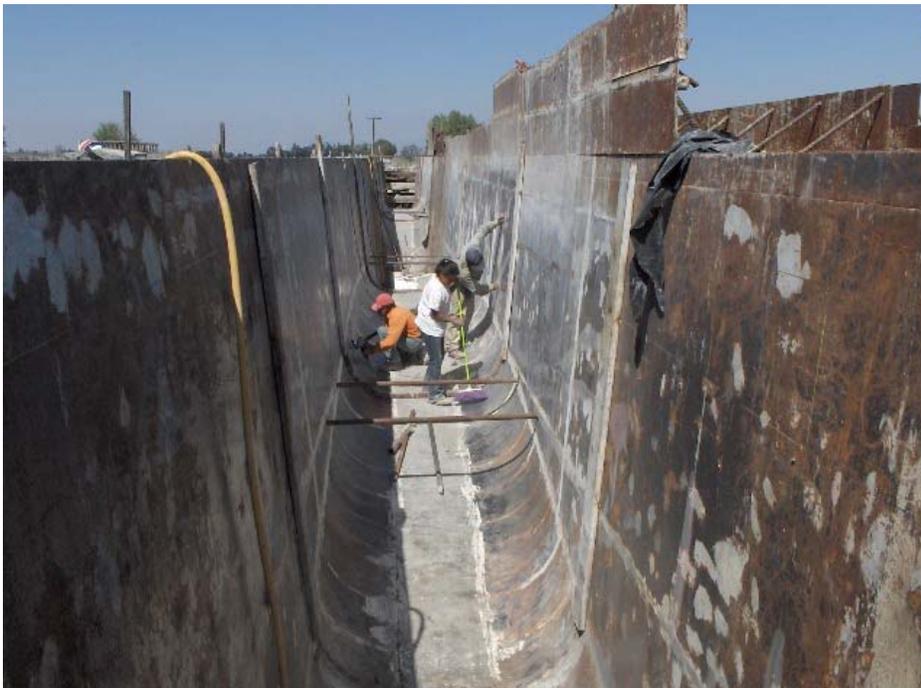
Para la fabricación de los cabezales, se construyeron dos plantas de prefabricados las cuales contarán con las instalaciones, equipo, mano de obra y terreno suficiente para tal propósito, dichas plantas serán las mismas donde se fabricarán las columnas y trabes, realizando las adecuaciones pertinentes en la mesa de trabajo como en las áreas de armado. El proceso de fabricación de los cabezales será el mismo que el de las trabes, por tal motivo dicho proceso se resumirá en los siguientes puntos en forma de lista:

I.- Limpieza del Área de Trabajo.

Se limpiara el área de trabajo, retirando el desperdicio de acero de refuerzo y presfuerzo, así como restos de concreto que pudiera haber, ésto se realizara cada vez que se fabrique un cabezal.

II.- Armado y Limpieza de Molde.

El molde de los cabezales, será de lámina de acero de ¼” soldada de acuerdo a la geometría del elemento sobre una mesa de trabajo. La limpieza del molde se hará al término del armado del molde, como en la fabricación de las columnas y trabes con una pulidora con disco de desbaste para metal o carda, así como de espátula o cuña y escobas para eliminar residuos.



Fotografía No. 49

III.-Trazo del Elemento en el Molde.

Se revisará la nivelación, alineación y centros de gravedad entre la mesa de trabajo y el molde. Se trazara la geometría del cabezal en el molde con marcador de cera o marcador para metal, además de utilizar cinta métrica y escuadras para colocar las fronteras necesarias en los extremos. Por último se aplicará un desmoldante líquido con mechudos o bombas de aspersión.

En esta actividad estará presente la supervisión y la brigada de topografía.

IV.- Habilitado de Acero de Refuerzo.

El armado de acero de refuerzo, se hará de acuerdo a lo especificado por el proyecto, para el máximo aprovechamiento de varillas en tramos de 12.00 m generalmente. La soldadura de varillas no será mayor del 10% en una misma sección. Terminado el habilitado de acero de refuerzo se verificará la cantidad, diámetros de estribos, posición, cantidad y diámetros de varillas longitudinales y transversales, traslapes, pasos para ductos, pasos par cable torón, cantidad y posición de accesorios, tamaño y colocación de piezas para el recubrimiento de proyecto. En esta actividad estará la supervisión y la brigada de topografía. (Ver anexo p.111).



Fotografía No. 50

V.- Habilitado de Acero de Presfuerzo.

Para el habilitado del acero de presfuerzo, se utilizará acero de baja relajación $f_{pu} = 19000 \text{ kg/cm}^2$, éstos se cortaran de acuerdo a la longitud del cabezal con una pulidora con disco para corte de metal, dejando en los extremos cierta longitud libre para su posterior tensado. Se colocarán sobre caballetes o en una cama ya habilitados para evitar que se contaminen de tierra u otro material. Los ganchos para el izaje del elemento, consistirán en tres torones encamisados con un tubo flexible metálico, todo de acuerdo al proyecto. (Ver anexo p.115)



Fotografía No. 51

VI.- Engrases (Mangueras).

Se utilizará manguera de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, que servirá de engrase, la cual se cortara en base a proyecto, para evitar que se atore con el paso del cable torón. Se formarán paquetes de acuerdo a la longitud de cada engrase.

VII.- Accesorios Metálicos.

Los accesorios metálicos, estarán formados por las varillas de anclaje, torones y placa de acero estructural, la cual se avellanara y donde se anclaran las varillas a la placa soldándolas de acuerdo al plano estructural correspondiente. (Ver anexo p.117).

VIII.- Cimbra de Aligeramiento.

Consiste en preparar la cimbra recuperable para la zona de aligeramiento de cabezal, por medio de módulos metálicos, se procederá al armado de este para lo cual se deberá contar con una estructura auxiliar para mantener la posición de los módulos y bastidores que serán atornillables.

Los módulos se sujetaran con un fleje metálico, además de dejar las ventanas para la recuperación de la cimbra (triplay, barrotes). Los ajustes en los extremos de la junta de aligeramiento serán con madera. Los módulos metálicos y bastidores (marcos) serán de ángulo y lamina calibre 18.

IX.- Habilitado de Ductos.

El habilitado de ductos consistirá en cortar y colocar tubo de pvc como tubo de metal, de acuerdo a la geometría del elemento que indica el proyecto. Se engrasaran y rellenaran con cartón los ductos para facilitar su retiro, salvo que dicho ducto lleve una camisa metálica.



Fotografía No. 52

X.- Habilitado de Placas Guía, Tapones y Tacones.

El habilitado de placas guía se fabricarán con acero estructural, estas placas solo se habilitaran al inicio de la producción y se utilizarán dos placas guía por cada molde, las preparaciones que llevarán para el paso del cable torón se harán con una holgura de 1/16" como máximo para evitar la posición inadecuada del cable.

Los tapones se habilitaran en pares (dos por cada molde), de acuerdo a sus características estructurales será necesario efectuar corte de placa, esta actividad se realizará únicamente en aquellos que requieran aumento de placa en tapones y la siguiente actividad una vez cortada la placa para dar forma los tapones se soldara esta con los tapones.

Durante todo el proceso de habilitado de placas guía, tapones y tacones se utilizará un equipo de corte (acetileno), pulidora con disco de desbaste y una planta para soldar. (Ver anexo p.117).

XI.- Habilitado de Acero de Refuerzo (principal).

El habilitado de acero de refuerzo principal, se realizará fuera de la mesa de trabajo sobre un banco, con una grúa de patio o una grúa de pórtico tratando de evitar movimientos excesivos. Se colocarán los accesorios durante este proceso de acuerdo al plano estructural y geométrico del cabezal.

Finalmente al término del armado principal se revisará la cantidad, diámetros de estribos, posición, cantidad y diámetros de varillas longitudinales, transversales, traslapes, pasos para ductos, pasos par torón, posición de diafragmas, cantidad y posición de accesorios, tamaño y colocación de piezas para dar el recubrimiento solicitado por el proyecto.

Durante está actividad deberá estar presente en todo momento la supervisión por cualquier problema que pudiera presentarse durante el armado y dar su aprobación al término de la misma para pasar a la siguiente actividad, además también estará presente una brigada de topografía para revisar los centros de gravedad del armado en el banco y asegurarse de que no existan desplazamientos de los mismos. (Ver anexo p.111).



Fotografía No. 53

XII.- Colocación del Armado dentro del Molde.

El armado de acero de refuerzo se colocara dentro del molde con la ayuda de grúa(s) sobre camión o grúa(s) pórtico auxiliándose de una estructura metálica que soporte tanto el peso del armado de acero de refuerzo con los accesorios y evitar que se deforme por su peso propio.

Se revisará y verificará en todo momento que el armado de acero de refuerzo, coincida con los trazos que se hicieron previamente en el molde, además se ajustara la posición de los accesorios, pasos para ducto y cables torón diafragmas y garantizar el recubrimiento del elemento. Estará presente en todo momento como en la actividad anterior una brigada de topografía y la supervisión.

XIII.- Tensado de Cables de Presfuerzo Longitudinal.

En el tensado de cables de presfuerzo, se retirará al personal que se encuentre trabajando cerca de la mesa de trabajo, ya que podría reventarse un cable durante el proceso de tensado. Se tensarán los cables de uno en uno, por medio de la unidad de tensado (gato de tensado) la cual aplicara una fuerza de tensado al cable de $13,034 \text{ kg/cm}^2$ de acuerdo al plano estructural.

El tensado se hará en forma simétrica, tanto en sentido horizontal como en vertical teniendo presente que el centro de gravedad mantenga su posición, ya que de lo contrario podría ocurrir que la placa guía se levante durante el proceso de tensado. (Ver anexo p.116)

Durante todo el proceso de tensado de cables de presfuerzo, estará presente la supervisión para verificar y aprobar dicho procedimiento como la brigada de topografía; para pasar a la siguiente actividad.

XIV.- Colocación de Aligeramiento y Ductos.

Para la colocación del aligeramiento en el cabezal nos apoyaremos en el plano estructural, el cual podrá colocarse antes o después del tensado. Si el tensado es primero, se colocará el aligeramiento para posteriormente revisar los cables torón y colocar las silletas que soportarán el aligeramiento tanto en la parte inferior como en las paredes laterales, las silletas garantizaran el recubrimiento de proyecto las cuales van ligadas al molde sujetándolas al armado de acero de refuerzo. Se colocara antes del proceso de tensado.

Para la colocación del aligeramiento se utilizará una grúa de patio con una capacidad de 30 toneladas aproximadamente. Por último se detallara y fijarán ductos y demás detalles para que no se muevan durante el colado del elemento puede ser con varillas adicionales o al armado de acero de refuerzo.

XV.- Tensado de Cables Transversales en Estructura (Marco) y Colocación sobre el Molde.

Para el tensado transversal, se contara con una estructura en forma de marco la cual soportara la carga temporal del acero de presfuerzo que posteriormente se inducirá a la pieza, este procedimiento se efectuara fuera del molde y posteriormente se colocara sobre este.

Se revisará que los chucks estén en buen estado y posteriormente por medio de dos canales por los cuales pasaran los cables torón para anclarlos con sus respectivos chucks.

Se estiraran los cables torón de uno por uno por medio de la unidad de tensado (gato de tensado) aplicando una fuerza de tensión de $13,034 \text{ kg/cm}^2$ de manera simétrica en todo el elemento, es decir, manteniendo el centro de gravedad en su posición, se tensarán los cables torón de 15 en 15. Por último se colocará la estructura (marco) sobre el molde con la ayuda de una grúa de patio o grúa pórtico. En el desarrollo de está actividad solo estará presente la supervisión. (Ver anexo p.116)

XVI.- Colado.

Para el colado del elemento, la dosificación de las cantidades de cemento, agua, agregado fino y grueso que formaran el concreto serán determinados por peso. Su fabricación se hará en planta y cumplirá con las normas y especificaciones establecidas en el proyecto. Por otra parte, se controlara el parámetro de revenimiento para la colocación del concreto y este alcance la resistencia de acuerdo al plano estructural, este deberá andar por el orden de seis centímetros sin aditivo y dieciocho a veinte centímetros con aditivo.

La colocación (vaciado) del concreto hecho en planta se suministrara por medio de ollas revolventoras de siete metros cúbicos a un camión con bomba para concreto que lo colocara comenzando por uno de los extremos del molde, teniendo cuidado que no se acumule el concreto en un solo lugar, además se revisará el concreto colado por los orificios que se dejan en la cimbra de aligeramiento. La compactación del concreto, se realizará con vibradores de inmersión con un diámetro de cabeza de cincuenta milímetros y una frecuencia de 140 a 210 Hz de vibración, teniendo cuidado de no tocar el armado de acero de refuerzo y presfuerzo, se introducirá en forma vertical moviéndolo a lo largo del elemento evitando la segregación del concreto. Al término del colado se dará el acabado final a la superficie del elemento por donde se vació el concreto de acuerdo a lo establecido en proyecto.

Se tomarán muestras de concreto para determinar la resistencia y sirvan de referencia para el destensado de los cables a diferentes edades de catorce y veintiocho días de los extremos y el centro.

El proceso para la fabricación y colocación del concreto, así como en las pruebas de laboratorio, deberá cumplir con las normas y especificaciones ACI y NMX. (Ver anexo pp.102-110).



Fotografía No. 54

XVII.- Curado.

El curado del cabezal, consistirá en cubrirlo con una lona, cuando el concreto haya alcanzado su fraguado inicial resistencia $f'c= 35 \text{ kg/cm}^2$ (ver anexo p. 109); a éste período se le conoce como de reposo. Dicho estado puede alcanzarse aproximadamente a las tres o cuatro horas de haber terminado el colado y dependiendo de la temperatura ambiente como de la cantidad de aditivo utilizado. Si no se cumpliera lo anterior se puede deshidratar el concreto por la generación de calor al ir fraguando lo que se obtendría una resistencia baja.

Al igual que en las columnas y trabes, se inyectara vapor a baja temperatura y baja presión con la ayuda de una caldera de 100 HP, iniciando un período de calentamiento del agua, elevando la temperatura de 22°C a 33°C por hora, hasta alcanzar una temperatura de 80°C , la cual se mantendrá por un período de cuatro a seis horas dependiendo de las características del concreto, después de este tiempo se suspenderá el vapor conservando cubiertos los cabezales hasta realizarse las pruebas a las muestras de concreto tomadas durante el colado.

Estará presente la supervisión en el desarrollo de esta actividad, para garantizar la calidad del elemento, en cuanto a la resistencia del concreto establecida por proyecto con los resultados obtenidos de las muestras en el laboratorio.

XVIII.- Prueba de Resistencia al Concreto (Muestras).

Los cilindros de concreto (muestras), para prueba deberán fallar a compresión, en caso de presentarse una falla a cortante (falla diagonal) a lo largo del cilindro, se revisará el cabeceo de los mismos y su colocación en la prensa para evitar esfuerzos excéntricos que produzcan falla prematura de la muestra. El resultado de las pruebas se comparara con lo especificado en el proyecto para el destensado de los cables torón y deberá cumplir lo que establece la norma NOM-C-155-1987. Estará presente la supervisión para su aprobación.

XIX.- Extracción del Elemento del Molde.

Para la extracción del elemento, se revisará que la resistencia de los cilindros se encuentre entre el rango de proyecto para inducir el presfuerzo al elemento. Se cortarán los torones en forma simétrica con un equipo de corte (acetileno), es decir al mismo tiempo tanto los extremos como entre pieza y pieza para evitar la aparición de esfuerzos diferenciales en la mesa. Posteriormente se retirara la estructura (marco) del presfuerzo transversal con la ayuda de una grúa de patio, además de la extracción de piezas con una grúa de 300 toneladas de capacidad aproximadamente.

El elemento se extraerá por medio de los ganchos de izaje, con la(s) grúa(s) pórtico para el fácil manejo del elemento, cuidando de no golpearlo con el molde para poder estibarla y revisarla para detectar detalles que se tengan que corregirse.

XX.- Detallado.

Una vez extraído el cabezal del molde y estibado, se revisará para corregir detalles como recorte de puntas de cable torón con pulidora con disco de corte para metal, cabeceo y terminación de los extremo. Para realizar esto se hará un levantamiento físico de las dimensiones finales del elemento para hacer los ajustes necesarios dentro de las tolerancias que marca el reglamento de PCI y ANIPPAC. Entre otros detalles, estará el resane de pequeñas despostilladuras o golpes así como también pequeñas oquedades con grout no metálico y un adhesivo.

Por otra parte, se limpiaran los accesorios, recuperación de la cimbra de aligeramiento, colado del registro de recuperación de cimbra, revisión de drenes y ductos por último marcado para su identificación y orientación. Durante esta última fase de fabricación del cabezal, estará presente la supervisión para dar su aprobación de término de fabricación como de funcionalidad y seguridad estructural, para su transporte y colocación en la obra.



Fotografía No. 55

III.4 Transporte y Montaje de Columnas, Trabes y Cabezales.

En este procedimiento se establecerán los lineamientos para el transporte y montaje de los elementos prefabricados, enmarcando las condiciones y parámetros que aseguren la calidad, cumpliendo con las especificaciones y planos de proyecto.

El presente procedimiento se aplica a todos los elementos prefabricados para la construcción del Distribuidor Vial Zaragoza – Texcoco “Puente la Concordia”, ubicado en la Autopista Puebla – México, Calzada Ignacio Zaragoza (Eje A) y Calzada Ermita Iztapalapa (Eje C).

El Distribuidor Vial Zaragoza – Texcoco “Puente la Concordia”, está compuesto por dos cuerpos principales A y B, pero el de nuestro estudio es el cuerpo A, que comprende del Eje A1 al Eje A41; donde el sentido de circulación es de Oriente a Poniente, iniciando en la Autopista Puebla – México hacia la Calzada Ignacio Zaragoza. Este cuerpo está formado por columnas, cabezales y trabes TA, TC y TCA, todas las trabes tienen un peralte de 1.60 m. en claros de dos y tres trabes en su totalidad.

El orden de montaje de prefabricados estará en función del programa de trabajo, basado en un procedimiento estructural así como de espacios, estrategias y áreas para realizar las maniobras necesarias. En algunos casos será necesario el cierre de la vialidad tanto de la Calzada Ignacio Zaragoza, como de la Autopista México – Puebla y algunos retornos cuando sea necesario, según el programa de montaje.

En cuanto al Eje C, que va del Eje C1 al Eje C17 donde el sentido de circulación es de Norte a Sur. Es una gaza de desincorporación del cuerpo principal (Eje A), hacia la Calzada Ermita Iztapalapa. Al igual que el cuerpo A, está compuesto por columnas y trabes TA, TC y TCA todas de 1.60 m de peralte, en claros de una trabe en su totalidad.

Como se menciona anteriormente, el montaje está en función del programa de trabajo basado en un procedimiento estructural, así como de espacios, estrategias y áreas para realizar las maniobras. Para el montaje de columnas y trabes sobre el Eje C será a veces necesario el cierre de la Calzada Ermita Iztapalapa en sus dos direcciones.

En ambos cuerpos (ejes), cada uno de los procedimientos y equipos de montaje estarán debidamente calculados de acuerdo a las dimensiones y peso del elemento a montar, por lo que involucra los radios mínimos y máximos con una carga específica, entendiéndose como radios mínimo y máximo la distancia del centro de giro de la grúa al punto de izaje del elemento. Con esta distancia verificaremos el peso que podremos mover de acuerdo a la capacidad de cada grúa, y tomando en cuenta también la longitud de la pluma.

Para el montaje de los elementos prefabricados, será necesario calzar y descargar elementos sobre algunas áreas verdes del camellón, así como la demolición de guarniciones que tendrán que rehabilitarse al término de la obra. Los montajes se realizarán de acuerdo a los horarios previamente establecidos en función de las restricciones de las vialidades involucradas en comunicación directa con la Supervisión y la Dirección General de Obra Públicas (DGOP). Una de las consideraciones más importantes que se tomara en cuenta para los montajes, será que los equipos se muevan hasta que se haya concluido el montaje. Se contara con todos los elementos necesarios para el montaje, tales como: estrobos, grilletes, cables de acero, ganchos y demás herramienta para las maniobras, considerando la longitud, peralte y peso de cada elemento. Se tendrá una tabla de capacidades de cables de acero y de grilletes, donde nos indicara las especificaciones y rangos de seguridad de cada uno.

El transporte de todos los elementos prefabricados, se realizará con la ayuda de un tracto-camión con plataforma y la capacidad de arrastre para cada elemento debido a sus dimensiones y peso, el tracto-camión contara con los contrapesos necesarios para dar estabilidad, arrastre y seguridad al transporte hasta el lugar donde ira montado cada elemento en la obra.

III.4.1 Montaje de Columnas (Eje A y C).

- i. Se utilizarán tres grúas para el montaje, una colocada en cada extremo del sentido del cadenamiento o trazo principal. Se calzarán, nivelarán y colocarán los contrapesos de cada una de las grúas, para poder trabajar dentro de la capacidad de las mismas, de acuerdo al peso y dimensiones de cada elemento.
- ii. El equipo de transporte que trae al elemento, se colocará paralelo a las dos grúas principales. Se estroba el elemento con los grilletes y estrobos adecuados de acuerdo a la geometría y peso.
- iii. Se iniciara el izaje del elemento, liberándolo del equipo de transporte. Con la ayuda de la tercera grúa pondrán en posición vertical la columna, hasta que la grúa madrina pueda soltar el dado y las grúas principales giren la columna hasta el candelero donde se ubicara (zapatas), se descenderá sobre estas hasta dejarla en su posición definitiva para su anclaje y colado posterior.
- iv. El equipo de transporte se retirara y se verificará que los ejes de la columna respecto a los ejes de trazo (ubicación, orientación) estén correctos a lo cual se destroba el elemento.
- v. Las grúas permanecerán en el sitio de la maniobra, siempre y cuando no falte alguna pieza por montar de lo contrario se desarmaran sus contrapesos para moverse a otro eje de trazo una vez concluido el montaje.

Durante todo el proceso de izaje y montaje del elemento prefabricado, estará presente la supervisión y una brigada de topografía, para garantizar la orientación, ubicación y nivelación de la columna; todo el procedimiento quedara concluido una vez que la supervisión haya dado su aprobación.



Fotografía No. 56



Fotografía No. 57



Fotografía No. 58



Fotografía No. 59



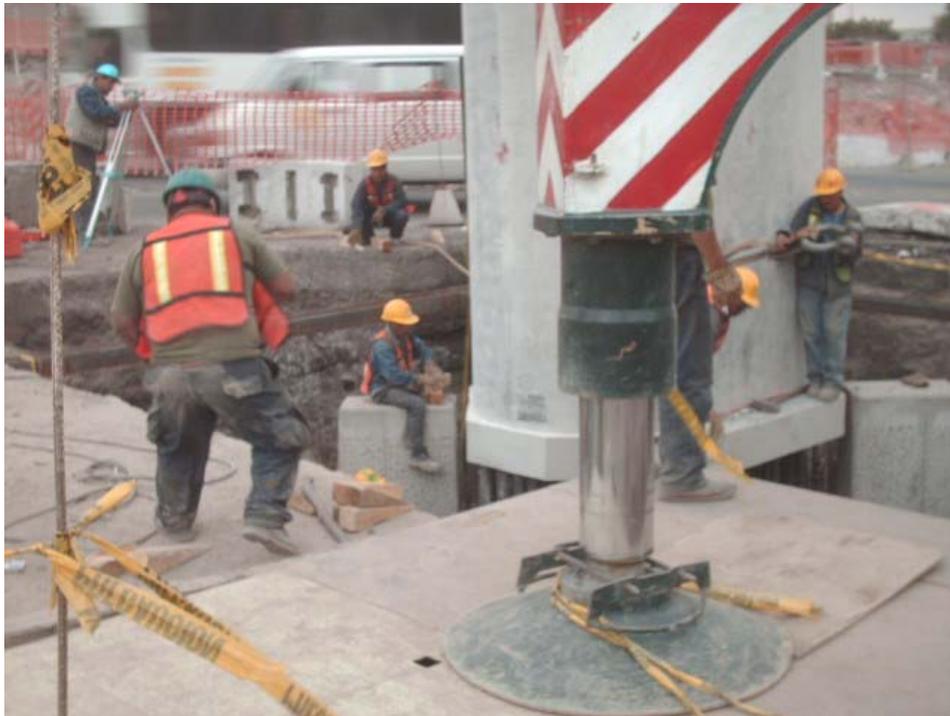
Fotografía No. 60



Fotografía No. 61



Fotografía No. 62



Fotografía No. 63

III.4.2 Montaje de Cabezales.

De manera similar el procedimiento para el montaje de cabezales se describe a continuación en forma de lista, en esta actividad estará presente en todo momento la supervisión y la brigada de topografía para su correcta ubicación y colocación.

- i. Se usarán tres grúas para el montaje, se ubicarán en forma paralela al sentido del cadenamiento y en algunos casos se colocarán desfasadas de los ejes de las columnas. La capacidad de cada grúa será de acuerdo al peso y dimensiones del elemento.
- ii. Se colocarán y nivelarán las grúas, además de colocarles los contrapesos a cada una, para poder trabajar dentro de la capacidad de cada una de acuerdo al peso y geometría del cabezal.
- iii. El transporte se colocara paralelo a las dos grúas principales, mientras se estrobara al cabezal con los grilletes y estrobos de acuerdo a su peso y dimensiones.
- iv. Se iniciara el izaje del cabezal liberándolo del equipo de transporte, posteriormente se colocara la tercera grúa y se girara suspendido hasta las columnas para colocarlo en forma vertical y finalmente ubicarlo en su posición final de acuerdo a su orientación para su unión con las columnas y su colado posterior entre ambos.
- v. Se retirara el equipo de transporte del lugar, y posteriormente se verificarán que los ejes del cabezal coincidan con los ejes de trazo ambos supervisados y aprobados por la supervisión con ayuda de la brigada de topografía. Por último se destrobara el cabezal.
- vi. La etapa final del montaje del cabezal, consistirá en que permanecerán las grúas en el lugar, siempre y cuando no falte alguna pieza por montar para cerrar el claro o de lo contrario se quitaran los contrapesos a las grúas para que se trasladen a otro eje, una vez concluido el trabajo. Se montaran todos los cabezales del eje.

III.4.3 Montaje de Trabes.

Trabes TA y TCA.

- i. Se colocara el transporte de la trabe, paralelo al eje de trazo en el lado Norte o Sur lo más cercano posible a las columnas.
- ii. Se utilizarán dos grúas para el montaje de la trabe (TA o TCA), cada una se ubicara en un extremo en el sentido del cadenamiento o trazo principal.
- iii. A continuación se nivelarán, calzarán y colocarán los contrapesos de cada grúa para poder trabajar dentro de su capacidad de acuerdo al peso y dimensiones de la trabe. Posteriormente se estrobara la trabe, con los grilletes y estrobos adecuados al peso y geometría del elemento. En las trabes TA se utilizará un balancín para su izaje.

-
- iv. Se iniciara el izaje de la trabe, liberando el equipo de transporte, posteriormente se elevara por encima de las columnas o cabezales al elemento y se girara suspendida hasta estas, donde se ubicara de acuerdo al plano de localización, se descenderá la trabe con cuidado sobre las columnas o cabezal hasta dejarla en su posición final para su anclaje y colado entre ambos elementos (columna-trabe o cabezal-trabe).
 - v. Después del paso anterior, se retirara el equipo de transporte. Se verificará que los ejes de la trabe con los ejes de trazo de la columna o del cabezal coincidan, así como su nivelación y orientación. Esto se realizará con apoyo de la brigada de topografía y aprobación de la supervisión.
 - vi. Las grúas permanecerán en el mismo sitio, siempre que no falte alguna pieza o elemento por montar para cerrar el claro de lo contrario se quitaran los contrapesos para moverse a otro eje.

En el proceso de montaje de trabes estará presente la brigada de topografía y la supervisión.

Trabes TC.

- i. Para el montaje de las trabes TC, deberán estar montadas las trabes TA con su respectivo colado de conexión entre columna-trabe o cabezal-trabe. El equipo de transporte que trae la trabe TC, se colocara en el lado sur entre los ejes de la trabe TC a montar lo mas cerca posible a su posición final, existirá el caso de que la altura de las trabes TA sea tal que permitirá al equipo de transporte se ubique debajo del claro donde se llevara a cabo el montaje.
- ii. En este montaje, se utilizarán dos grúas las cuales se colocaran en cada extremo del sentido del cadenamiento o trazo de construcción, de acuerdo a proyecto.
- iii. Las grúas, se calzarán, nivelarán y se les colocarán los contrapesos a cada una, para poder trabajar dentro de su capacidad en base al peso y dimensiones de cada elemento.
- iv. Se estrobara la trabe con los grilletes y estrobos adecuados de acuerdo a su peso y geometría.
- v. A continuación se iniciara el izaje de la trabe, retirando al transporte ya que en algunas ocasiones tendrá que esperar a que las grúas se retiren después de terminado el montaje. Una vez que se supere la altura de las trabes TA, la trabe TC comenzara a descender hasta llegar a su posición definitiva para su anclaje. Posteriormente se verificará que los ejes de la trabe TC con los ejes de la trabe TA coincidan y sean aprobados por la supervisión con ayudad de la brigada de topografía, en tanto a la nivelación y su orientación. Finalmente se destroba el elemento.
- vi. Para el montaje de la segunda trabe TC, las grúas deberán retroceder a modo que el equipo de transporte quede por debajo del claro a cubrir, se estroba la trabe, y se iniciara el izaje de forma inclinada para que las trabes TA no interfieran con el montaje. Una vez superada la altura de las trabes TA, la trabe TC comenzara a descender, hasta su posición final para su

anclaje, posteriormente se verificarán que los ejes de la trabe TC y los de las TA coincidan de acuerdo a proyecto en su nivelación y orientación previa aprobación de la supervisión y el apoyo de topografía. Se destroba al elemento.

- vii. Finalmente las grúas permanecerán en el mismo lugar hasta que no falte ninguna pieza por montar para cerrar el claro, o se moverán según el procedimiento constructivo para el montaje de otra pieza en el mismo eje. Una vez terminado el montaje de todos los elementos del claro a cerrar, se quitarán los contrapesos a cada grúa para que puedan trasladarse a otro eje de montaje.

Como en los procesos de montaje para columnas, cabezales y traveses TA y TCA, estará presente durante toda la actividad la brigada de topografía y la supervisión.



Fotografía No. 64



Fotografía No. 65



Fotografía No. 66



Fotografia No. 67



Fotografia No. 68



Fotografía No. 69



Fotografía No. 70

III.5 Acabados en General.

- **Firme Estructural.**

El firme estructural es una losa de concreto armado, la cual se ubica a lo largo y ancho de las trabes TC, TCA y TA, solo se ve interrumpida por las juntas de calzada llamadas también “zona de peines”, localizadas en los apoyos móviles del puente para evitar que aparezcan fracturas debido al movimiento generado por las cargas o hundimientos diferenciales que pudieran presentarse. Dicho firme estructural dejara el espacio suficiente para la construcción del parapeto de concreto y metálico.

El armado del firme estructural, consistirá en dos lechos o parrillas de varillas transversales y longitudinales, siendo el lecho superior las varillas transversales mientras que el lecho inferior las varillas longitudinales. El espesor del firme variara según la pendiente de proyecto, por lo cual el espesor mínimo del firme será de 8 cm a lo largo y ancho del puente.

Para el colado del firme se empleara concreto fabricado en planta el cual tendrá una resistencia $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ y será suministrado por ollas revolventoras de 6m^3 de capacidad, en algunas ocasiones se tendrá que auxiliarse de una bomba telescópica de concreto para colocarlo en zonas donde no alcance el canalón de la olla. La colocación y distribución del concreto sobre el armado de acero de refuerzo se hará de parte externa de la trabe es decir, la zona pegada al parapeto, distribuyéndolo uniformemente con la ayuda de reglas de madera manteniendo en todo el proceso el espesor y la pendiente, el acabado del concreto del firme estructural será rugoso ya que sobre esta se colocara la carpeta asfáltica.

- **Parapeto.**

La función del parapeto en general a lo largo de la superestructura en ambos extremos, es proporcionar al usuario una sensación de seguridad al circular por el puente, está es una barrera para evitar que los vehículos puedan salirse del puente.

El armado de acero de refuerzo para parapeto de concreto, consistirá en varillas del No.4 y No. 6, así como de estribos del No. 4 los cuales serán distribuidos conforme al plano de “detalles complementarios de vías elevadas”, como de más accesorios que formarán el parapeto.

Para su colado se empleara concreto con una resistencia $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$, el cual se suministrara por medio de una revolventora de un saco a través de canalones, dejando libre de armado y colado en la zona de juntas o peines para permitir el movimiento del puente. La cimbra será de madera de primera para

garantizar el acabado de proyecto como la geometría del parapeto ya que es la continuación de los aleros de la travesaños en sus extremos.

Para la fabricación del parapeto metálico se utilizará tubo de acero de 4" de diámetro (10.16 cm) cedula 40, como placa de acero con un espesor de 0.6 cm. El parapeto quedará soldado a una placa de acero que servirá de base para los postes la cual fue anclada y soldada al armado de acero del parapeto de concreto.

Los postes que servirán de apoyo a los tubos (barandales) del parapeto serán de placa de acero la cual se avellanará a la mitad del diámetro del tubo de 4" distribuyendo el avellanado para tres tubos, que irán soldados a la placa base por soldadura de arco eléctrico. Antes de quedar fijos los postes como los tubos a estos se verificará su alineación y nivelación, cuando se tenga la certeza que lo anterior está correcto, se procederá a soldar firmemente todas las piezas por medio de soldadura de arco eléctrico. Estos trabajos se realizarán también en las gazas de desincorporación del puente.

Al igual que el parapeto de concreto, el parapeto metálico tiene la función de una barrera metálica de contención para los autos, además de actuar de manera sugestiva sobre el conductor, y darle la sensación de seguridad al transitar sobre el puente como en las gazas.

- **Instalación Hidráulica.**

El objetivo principal de las instalaciones hidráulicas en una vialidad o camino, es en primer término, reducir al máximo posible la cantidad de agua que llega de una u otra forma al mismo, y en segundo término dar salida rápida al agua que llega a la vialidad.

Por lo tanto, para que exista el buen funcionamiento del drenaje en una vialidad, es que deberá evitarse que el agua que circula lo haga en cantidades excesivas por el pavimento destruyéndolo y originando la formación de baches, así como también que el agua escurra hacia las coladeras de banquetas, rejillas de piso y coladeras de tormenta evitando que se reblandezca el pavimento.

Por tal motivo la solución pluvial en el Distribuidor Vial Zaragoza – Texcoco "Puente la Concordia" a emplearse será el utilizar rejillas de piso y/o coladeras de banquetas de fierro fundido (Fo. Fo.), las cuales se conectarán a tubos de polietileno de alta densidad de diámetro de 8" (20 cm) y 12" (30 cm) según sea el caso.

Las rejillas de piso como las coladeras de banquetas, se ubicarán en la parte de la franja del acotamiento con una pendiente de 3%, que conducirá el agua hacia estas de tal forma que el agua empezará a bajar por medio de los tubos hasta el nivel de vialidad la cual descargará en un colector de agua de la delegación.

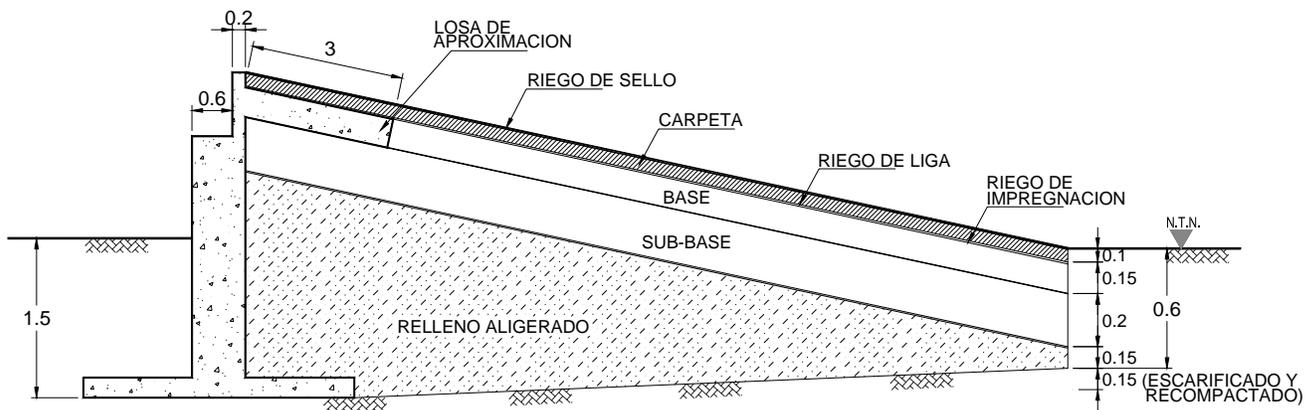
- **Pavimentos.**

La presente especificación rige el proceso constructivo del terraplén de acceso y pavimentos, por lo cual se describen a continuación las actividades referentes a la rehabilitación, reconstrucción de pavimentos adyacentes y nuevos, los que se construirán sobre el puente, así como de pavimentos temporales, por el desvío del tránsito vehicular con motivo de los trabajos de construcción del Distribuidor Vial Zaragoza – Texcoco.

Terraplén Aligerado.

La construcción del terraplén aligerado, entre los estribos del puente y el nivel de la vialidad existente se deberán seguir los siguientes pasos:

- I. Se excavará toda el área que ocupa el terraplén a 1.5 m y 60 cm bajo el nivel del terreno natural, junto al estribo y donde inicia el terraplén. En caso de la existencia de rellenos no controlados, se retirarán en su totalidad.



SECCION DE TERRAPLEN DE ACCESO

Figura 1

- II. El fondo de la excavación se escarificara a 15 cm de profundidad, retirando cualquier material nocivo, como materia orgánica, materiales con excesiva humedad y consistencia muy blanda, etc. Posteriormente se recompactara al 90% respecto a la prueba AASHTO Estándar , si no fuera posible llevarla a cabo, se colocara tezontle en greña provocando su incrustación hasta conformar una superficie regular.
- III. Se colocará el relleno aligerado (tezontle) en capas de 50 cm de espesor como máximo en toda el área del terraplén hasta el nivel de desplante de la capa de Sub-Base. En el desplante, como en la rasante de la Sub-Base se procurara que la granulometría del tezontle sea arenosa y preferentemente se ubique dentro del área

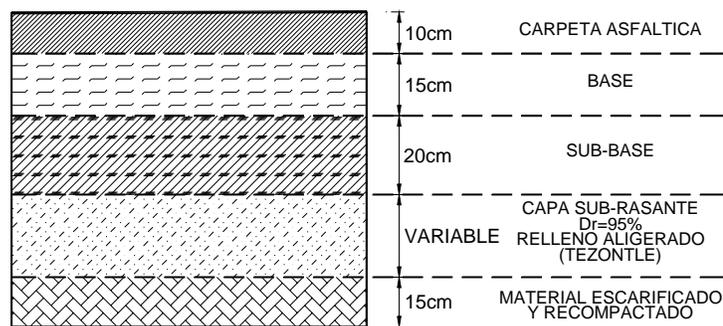
que marcan las tres zonas de la figura 3. El acomodo del tezontle se realizará con rodillo vibratorio ligero, al 95% de su densidad relativa, por la norma C-164 (por impacto). El material que pase la malla 40 deberá cumplir lo siguiente:

Límite líquido	20% (máximo)
Índice plástico	7% (máximo)
Equivalente de arena	70% (máximo)

- IV. Durante esta actividad se colocarán las estructuras de drenaje o cualquier otra instalación, así como satisfacer los niveles y pendiente de proyecto con el fin de mantener constante el espesor.
- V. La construcción del terraplén, estará formado muros laterales de concreto, los cuales se desplantaran sobre una plantilla de concreto pobre $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ de 5 cm de espesor. Los muros laterales del terraplén serán de concreto armado y se considerara como tal cuando presente una altura sobre el nivel del terreno natural igual o mayor a los 60 cm de acuerdo al plano estructural correspondiente, de otra forma se tomara como guarnición. Durante todo el proceso de excavación y colocación del terraplén aligerado, se deberá contar con un equipo de bombeo para achique capaz de resolver cualquier eventualidad posible.

Pavimento.

El pavimento será del tipo flexible y se construirá sobre el terraplén aligerado. La parte inferior del terraplén formara la capa de Sub-Rasante, y sobre está se construirán la capa de Sub- Base y Carpeta Asfáltica, hasta la conexión con la vialidad de acuerdo a las especificaciones siguientes:



SECCION DE PAVIMENTO

Figura 2

I. Capa Sub- Base.

Sobre el terraplén aligerado se formara la sub-base, debiendo cumplir las siguientes características:

Espesor	20 cm
Compactación AASHTO modificada	95% (mínimo)
Granulometría preferente	Zona 2 (fig.3)
Tamaño máximo del agregado	1 ½"
Contenido de finos	20% (máximo)
Valor relativo de soporte	80% (mínimo)
Equivalente de arena	35% (mínimo)
Valor cementante	3 Kg/cm ²

La sub-base se formara con dos capas cuyo espesor máximo de cualquiera de ellas será el 60% del total, debiéndose compactar con equipo vibratorio. Para dar por terminada la construcción de la sub – base se verificarán el alineamiento, perfil, sección, compactación espesor y acabado de acuerdo a lo establecido en proyecto.

Se recomienda realizar una cala por cada 100 m³ de material colocado y compactado.

II. Capa Base.

La construcción de la capa base, se hará con las siguientes características:

Espesor	15 cm
Compactación AASHTO modificada	100% (mínimo)
Granulometría preferente	Zona 1 (fig.3)
Tamaño máximo del agregado	1 ½"
Contenido de finos	10% (máximo)
Valor relativo de soporte	100% (mínimo)
Equivalente de arena	40% (mínimo)
Valor cementante	3 Kg/cm ²

Al igual que la sub – base, la base se formará con al menos dos capas, cuyo espesor máximo de cualquiera de ellas será del 60% del espesor total de la capa. Se compactara con equipo vibratorio.

Al término de la construcción de la base, se deberán revisar el alineamiento, perfil, sección, compactación, espesor y acabado de acuerdo al proyecto. Se recomienda hacer una cala por cada 100 m³ de material colocado y compactado.

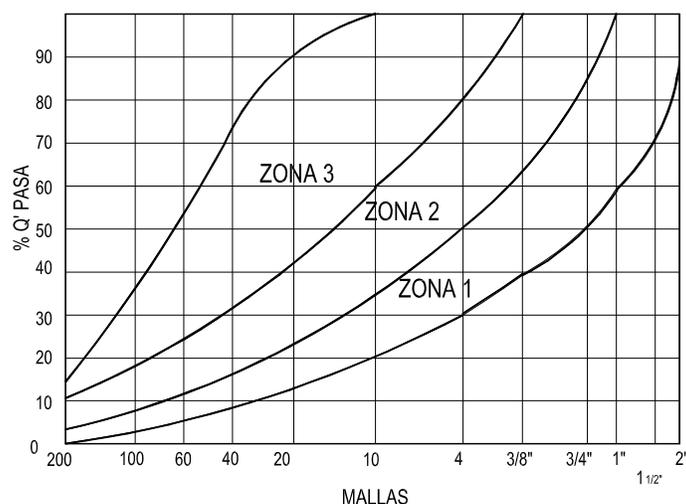


Figura 3

III. Riego de Impregnación.

Una vez terminada la capa de la Base y cumplidas las especificaciones, sobre la base seca, libre de polvo y partículas sueltas, se aplicara un riego de impregnación en base de emulsión catiónica de rompimiento medio RM – 2K, en proporción de 0.70 l/m², la cual deberá cumplir las siguientes características:

Tabla I

CARACTERISTICA	Rompimiento rápido	Rompimiento o medio
Tipo	RR-2K	RM-2K
Viscosidad Saybolt Furol, 25° C	20-100	50-500
Residuo a la destilación, por ciento de peso, mínimo	60	60
Asentamiento en 5 días, diferencia en por ciento máximo	5	5
Cubrimiento del agregado (en condición de trabajo). Prueba de resistencia al agua: -Agregado seco, por ciento de cubrimiento, mínimo -Agregado húmedo, por ciento de cubrimiento, mínimo		80 60
Retenido en la malla núm. 20, por ciento máximo	0.10	0.10
Carga de la partícula.	Positiva	positiva
Disolvente en volumen por ciento, máximo	3	20
Pruebas al residuo de la destilación	100-250	100-250
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento mínimo	97	97
Ductibilidad en cm	40	40

Nota: La viscosidad de las emulsiones no debe aumentar más del 30% al bajar su temperatura de 20°C a 10°C, ni bajar más de 30% al subir su temperatura de 20°C a 40°C.

La aplicación del riego de impregnación se hará durante las horas más calurosas, de existir la acumulación de asfalto se retirara mediante cepillos. Si existiera la posibilidad de lluvia, esta actividad se suspenderá y la base se protegerá mediante el sellado con rodillo neumático o bien con membranas de polietileno.

Después de la aplicación del riego de impregnación sobre la base, esta se cerrara por 48 horas mínimo.

IV. Riego de Liga.

Posteriormente al riego de impregnación y transcurrido el tiempo necesario, 30 minutos antes de la colocación de la mezcla asfáltica, se aplicará un riego de liga una vez que el material ha sido penetrado y desfluxado. No deberá existir la posibilidad de lluvia durante la aplicación del riego de liga y la mezcla asfáltica.

El riego de liga consistirá en utilizar una emulsión catiónica de rompimiento rápido RR – 2K con las características expresadas en la tabla anterior, con una proporción de 0.70 l/m² y penetración de 2mm como mínimo.

Al igual que el riego de impregnación, se cerrara la vialidad a cualquier actividad por un plazo de 48 horas. En caso de existir la posibilidad de lluvia se suspenderá dicha actividad, la acumulación excesiva de material se retirara con cepillos.

V. Carpeta Asfáltica.

Después de haber transcurrido los 30 minutos del riego de liga se formara la carpeta asfáltica, mediante su tendido y compactación de la mezcla elaborada en caliente, en una planta estacionaria, utilizando cemento asfáltico.

La carpeta asfáltica deberá cumplir con lo siguiente:

Espesor	10 cm (terraplén)
Compactación Marshall	95% (mínimo)
Temperatura de colocación	110 – 120 °C
Temperatura de terminado	70 °C (mínimo)
Permeabilidad	6% (máximo)
Absorción total	24 hr (máximo)

Material Pétreo:

Granulometría preferente	Zona I (fig.4)
Tamaño máximo	3/4"
Contracción lineal	2% (máximo)
Desgaste	40% (máximo)
Absorción	7% (máximo)
Partículas de forma alargada	35% (máximo)
Equivalente de arena	55% (máximo)

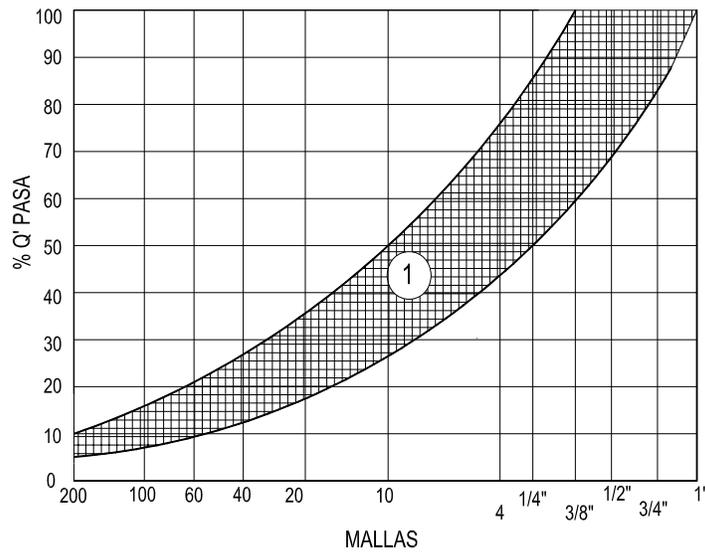


Figura 4

Cemento Asfáltico:

Tipo	No. 6
Penetración	100g, 5s, 25 ⁰ C, 90-100 ⁰ C
Viscosidad Saybolt-Furol (135 ⁰ C)	85 (mínimo)
Inflamación (Cleveland)	230 ⁰ C (mínimo)
Reblandecimiento	50 ⁰ C (mínimo)
Solubilidad en tetracloruro de carbono	99.5% (mínimo)
Ductilidad	25-100 cm

Prueba de la película delgada, 50 cm³, 5hr, 163⁰C:

Penetración retenida	50% (máximo)
Pérdida por calentamiento	1% (máximo)

La afinidad con el material pétreo deberá cumplir con:

Desprendimiento por fricción	25% (máximo)
Cubrimiento con asfalto	90% (mínimo)
Pérdida por estabilidad por inmersión al agua	25% (máximo)

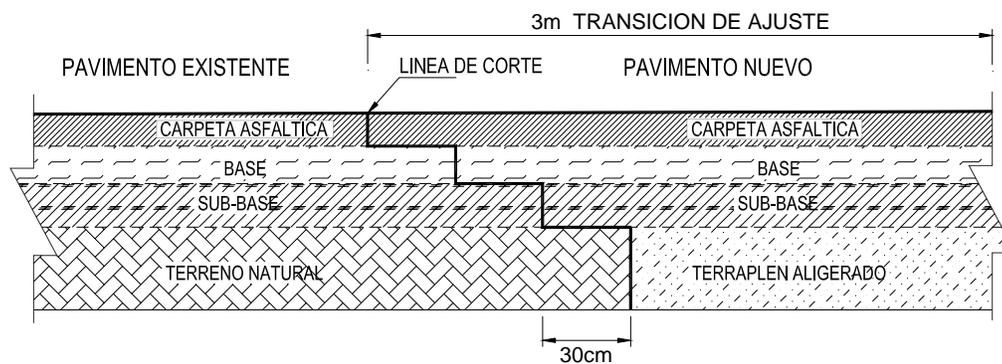
Mezcla asfáltica:

Estabilidad	700 kg (mínimo)
Flujo	2 - 4 mm
Porcentaje de vacíos (VAM)	12% (mínimo)
Porcentaje de vacíos en la mezcla respecto al espécimen	3 - 5%

VI. Riego de Sello.

Una vez terminada la colocación y compactación de la carpeta asfáltica, se aplicara un riego de sello sobre ésta para impermeabilizarla. El riego se realizara con lechada de cemento – agua en proporción de cemento/arena de 0.8 l/m².

La conexión entre pavimento existente de la vialidad y el puente, se realizara en forma escalonada, conservando un escalón de 30 cm de ancho como mínimo.



CONEXION CON PAVIMENTO EXISTENTE

Figura 5

En caso de existir espesores de capas diferentes a los existentes, se considerara una zona de transición con una longitud de 3.0 m.

La junta entre las carpetas asfálticas (vialidad existente y puente), deberá realizarse previo retiro de partículas sueltas y flojas, así como un riego de liga en la pared vertical entre ambas.

Pavimento del Puente Vehicular.

La colocación de la carpeta asfáltica en la junta (zona de peines), localizada sobre los apoyos móviles del puente, deberá contemplar las características de junta, siguientes:

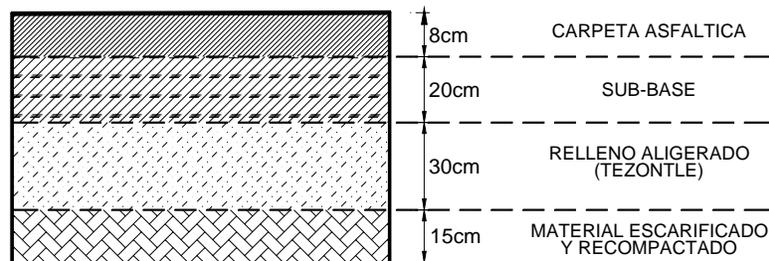
- I. Colocado y fraguado el firme estructural y previa colocación de la junta móvil, se procederá a rellenar las fisuras existentes en toda el área, con emulsión catiónica de rompimiento medio RM – 2K.
- II. Sí es necesario, se colocará una capa reniveladora de concreto asfáltico de 1.5 cm de espesor aproximadamente. Las características de la mezcla serán las mencionadas anteriormente y se compactara de tal forma que se obtenga una superficie cerrada.
- III. La colocación de la carpeta asfáltica sobre el puente, deberá cumplir con las especificaciones descritas anteriormente y se colocara a tope en la zona de la junta de calzada, con la salvedad de que ésta tendrá un espesor de 10 cm sin considerar el riego de impregnación, sólo se aplicara un riego de liga sobre el firme estructural que deberá presentar superficie regular y libre de partículas sueltas.

Pavimento Temporal.

Debido a las obras de desvío vehicular en las zonas de construcción de la cimentación, el pavimento que se coloque será de tipo flexible, el cual consistirá en una capa de material aligerado (tezontle), una capa de Sub – base y Carpeta Asfáltica, la cual deberá cumplir con las siguientes características:

- I. Se excavara toda el área que ocupa la vialidad a 0.5 m bajo el nivel del terreno natural. La excavación se realizara en una sola etapa con ayuda de equipo ligero; si existieran rellenos no controlados se retiraran en su totalidad.
- II. El fondo de la excavación se escarificara a una profundidad de 15 cm, retirando cualquier material nocivo que pudiera afectar el pavimento, como materia orgánica, material con excesiva humedad y consistencia muy blanda, etc. Posteriormente se recompactara al 80% mínimo respecto a la prueba AASHTO Estándar, de no ser así, se colocara material de relleno aligerado (tezontle) hasta obtener una superficie uniforme.
- III. El tezontle se colocara en una sola capa con espesor de 30 cm como máximo en todo el ancho de la vialidad y hasta el nivel de desplante de la capa de Sub – Base.

- IV. El pavimento temporal sobre el relleno aligerado, estará formado por una capa de Sub – Base y otra de Carpeta Asfáltica con los espesores mostrados en la siguiente figura. Las características de los materiales para ambos casos serán las mismas descritas anteriormente.



SECCION DE PAVIMENTO TEMPORAL

Figura 4

Durante todo el proceso de construcción del terraplén y pavimentos, se complementaran con los planos geométricos, topográficos, estructurales, arquitectónicos y todos aquellos relacionados con el proyecto, así como con las Normas de DGCOSTC (Cap. 3.01.07.004 y 005, 4.01.01.015), Normas Generales de Construcción del DF y Normas de Construcción e Instalaciones de la SCT.

- **Señalamiento.**

Para el buen funcionamiento de una vialidad, es necesaria la adecuada colocación y tipo de señalamiento que informe al usuario acerca de las condiciones del camino para su seguridad. Los señalamientos se clasifican en tres tipos base:

- a) Señales Preventivas
- b) Señales Restrictivas
- c) Señales Informativas

A continuación se dará una breve explicación de cada tipo de señales que intervienen en una vialidad, en base a las presentes especificaciones que regirán el procedimiento constructivo de los señalamientos.

- a) Señales Preventivas:

Estas señales son aquellas que tienen por objeto advertir al usuario de la vialidad, la existencia de peligro potencial y la naturaleza de la misma. Las señales preventivas son de forma de un cuadrado con una diagonal en posición vertical.

Su fondo es amarillo con letras y ribete de color negro. El tamaño del cuadrado es de 60 cm como mínimo hasta 75 y 90 cm.

La distancia en la que deberán colocarse las señales, será determinada de manera que asegure su mayor eficiencia tanto de día como de noche. Sin embargo, se recomienda que la distancia no sea inferior a 90 m ni mayor a 225 m, salvo que circunstancias especiales requieran otras dimensiones.

Las señales preventivas se ubicaran en el lado derecho de la vialidad, correspondiente a la dirección de circulación. Las señales podrán ser repetidas a diferentes distancias y en el lado opuesto de la vialidad. La colocación de las señales preventivas será en el borde de la carpeta asfáltica, la distancia mínima es de 1.50 m y 2.40 m como máximo. La altura de las señales sobre la calzada se recomienda que sea uniforme a lo largo de la vialidad, la altura no será mayor de 2.10 m ni menor de 60 cm. Se recomienda que la altura sea de 1.50 m.

Cuando se este en ejecución una obra, se indicara la proximidad de la misma, mediante señalamiento correspondiente (Hombres Trabajando o Obras). Si se usan barreras para desviar la circulación de una vialidad con motivo de obras, tales barreras deberán ser blancas y negras o blancas y rojas, y caso necesario provistas de dispositivos reflejantes, para prevenir al usuario del peligro durante el día y la noche. (Ver figuras).





Pendiente Peligrosa



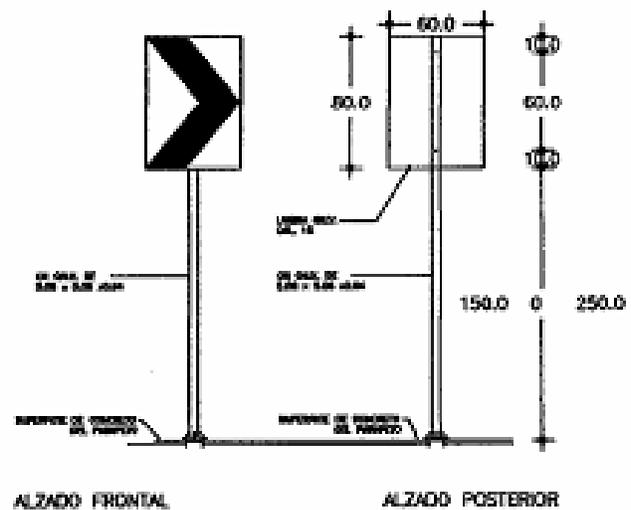
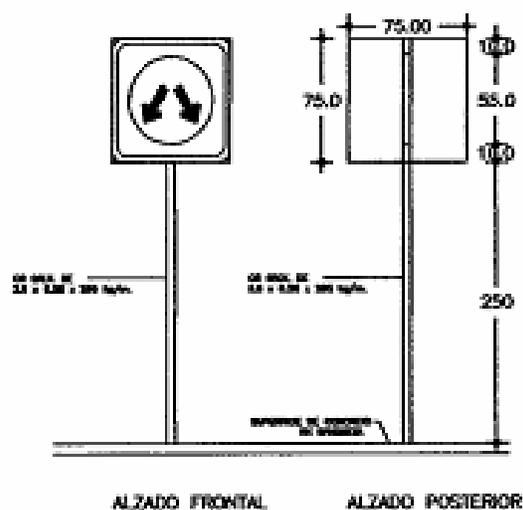
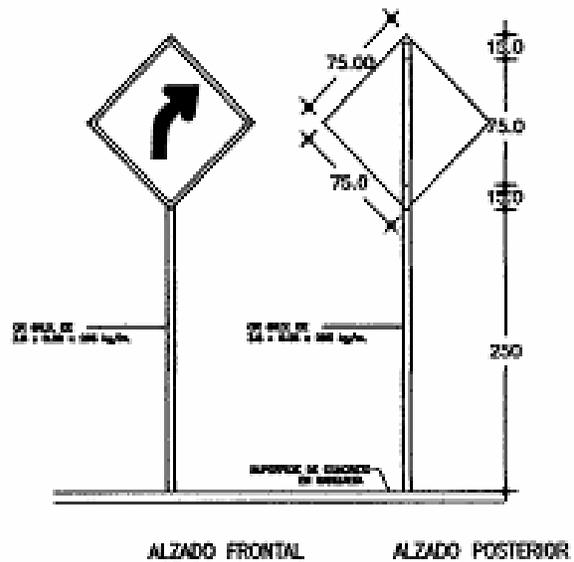
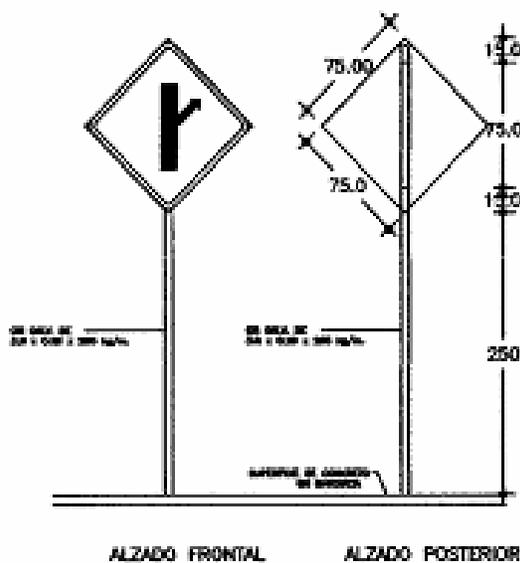
Cruce de Escolares

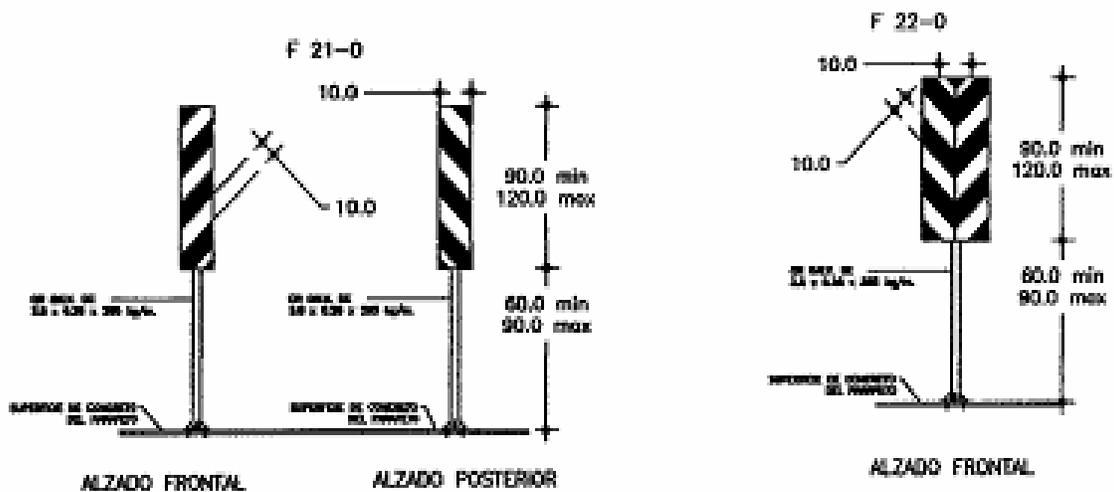


Cruce de Ferrocarril



Camino Dividido





b) Señales Restrictivas.

Las señales restrictivas, como su nombre lo indica, son aquellas que expresan alguna frase de Reglamento de Tránsito, con el fin de que el usuario las cumpla. Estas señales, generalmente restringen el movimiento del vehículo recordándole al conductor la existencia de alguna prohibición reglamentada. La forma de estas señales es rectangular, y deberán colocarse con la dimensión mayor (largo) en posición vertical. Estas señales estarán formadas por un símbolo negro inscrito en un círculo rojo sobre fondo blanco, con un letrero negro debajo del círculo.

La colocación de este tipo de señales, será igual al de las señales preventivas, debiendo colocarse en el lado de la vialidad y correspondiendo al sentido de circulación. Se ubicarán donde comience la reglamentación y de ser necesario en otros puntos donde continúe. Aquellas señales restrictivas que prohíban virar o indique dirección obligatoria, se colocarán a suficiente distancia antes del punto considerado.

La altura de estas señales, no será mayor de 2.20 m ni menor a 0.60 m. las dimensiones de este tipo de señal restrictiva serán de 70 cm de alto por 42.5 cm de ancho (zona rural), y de 50 cm de alto por 30 cm de ancho (zona urbana). (Ver figuras)



Alto



Ceda el Paso



Límite Máximo de Velocidad



Vuelta Derecha Continua



Solo Vuelta Izquierda



Doble Circulación



Conserve su Derecha



Paso Restringido



Prohibido Rebasar



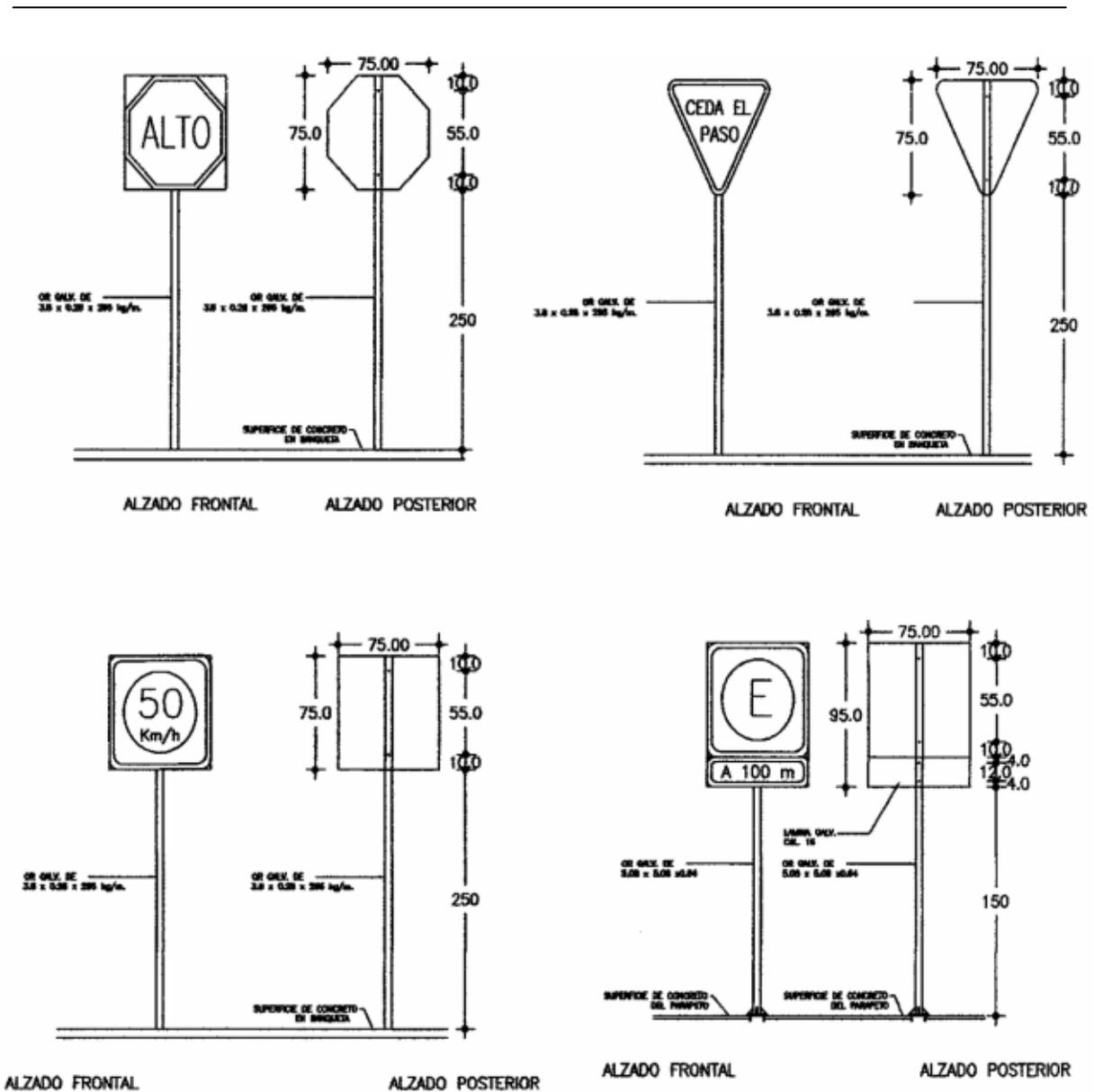
Prohibido Estacionarse



Prohibida la Vuelta a la Derecha



Prohibido el Paso de Vehículos Pesados



c) Señales Informativas.

Este tipo de señales tienen como finalidad el proporcionar al usuario información que le ayude en su viaje.

Estas señales son rectangulares y deberán colocarse en posición horizontal, con excepción de algunas que se colocarán verticalmente. El color de estas señales será un fondo blanco o verde con letras y ribete color blanco o negro. A diferencia de las señales preventivas y restrictivas, las señales informativas no tienen dimensiones fijas. El tamaño se ajustará a las necesidades, pero se recomienda que no tengan más de tres renglones de leyenda.

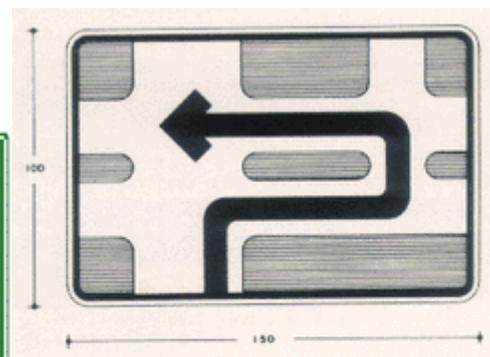
De acuerdo a lo citado, dentro de esta vialidad encontraremos señalamientos preventivos, restrictivos e informativos, para el funcionamiento vial óptimo del Distribuidor Vial Zaragoza – Texcoco, “Puente la Concordia”, los cuales se colocarán y ubicarán conforme a lo establecido en proyecto en base a normas y especificaciones mexicanas a cargo de la SCT y IMT para su fabricación; y así garantizar la seguridad del usuario en esta nueva vialidad de gran importancia dentro de la zona oriente del Distrito Federal y el Estado de México. (Ver figuras)



Señales Bajas



Señales Elevadas



Señales Diagramáticas



Nomenclatura de Calles



Nomenclatura de Ruta de Carretera Federal



Poste de Kilometraje



Area Recreativa



Depósito de Basura



Estacionamiento



Gasolinera



Información



Mecánico



Auxilio Turístico



Parada de Autobús



Restaurante



Sanitario



Teleférico



Teléfono



Acueducto



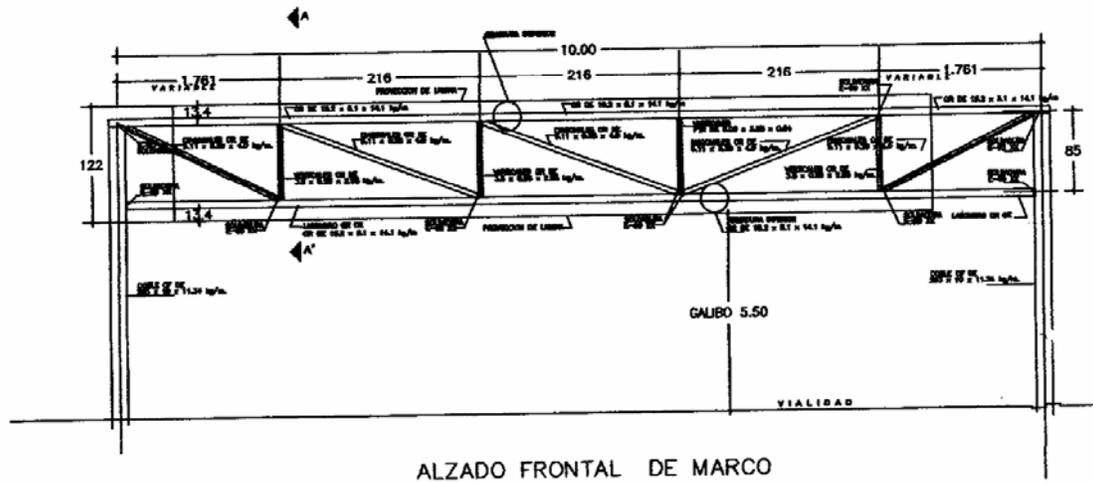
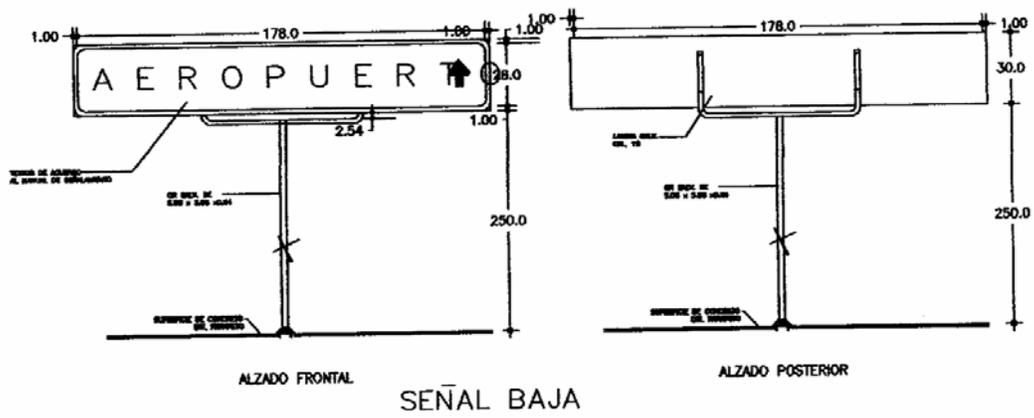
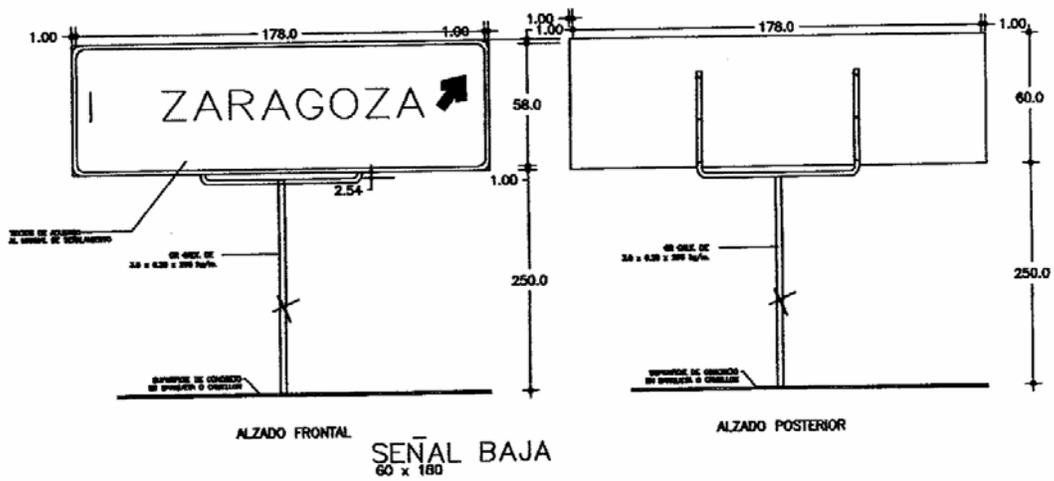
Artesanías



Balneario



Zona Arqueológica



IV.- PROGRAMA DE OBRA.

Es la elaboración de una lista que programa en orden cronológico, todas las actividades necesarias y bien definidas en base a los rendimientos de los recursos económicos, humanos y de infraestructura que se utilizarán. (Gráficas de barras horizontales indicando los tiempos de inicio y término de cada actividad, en días, semanas o meses).

El programa de obra que se tratara en el presente capítulo, corresponde a la programación de las actividades referentes a la obra civil, del cuerpo A y C del Distribuidor Vial Zaragoza – Texcoco “Puente la Concordia”, de acuerdo a los siguientes cadenamientos:

Cuerpo A	
Eje	Cadenamiento
A1	1 + 531.123
A2	1 + 560.993
A3	1 + 590.993
A4	1 + 605.993
A5	1 + 648.993
A6	1 + 663.993
A7	1 + 706.998
A8	1 + 721.999
A9	1 + 765.030
A10	1 + 780.031
A11	1 + 820.031
A12	1 + 835.031
A13	1 + 875.050
A14	1 + 890.050
A15	1+ 933.050
A16	1 + 948.050
A17	1 + 991.050
A18	2 + 006.052
A19	2 + 049.099
A20	2 + 064.461

Cuerpo A	
Eje	Cadenamiento
A21	2 + 100.176
A22	2 + 115.178
A23	2 + 158.223
A24	2 + 173.224
A25	2 + 218.224
A26	2 + 233.224
A27	2 + 265.643
A28	2 + 280. 647
A29	2 + 313.111
A30	2 + 328.113
A31	2 + 371.147
A32	2 + 386.148
A33	2 + 418.247
A34	2 + 433.248
A35	2 + 465.263
A36	2 + 480.338
A37	2 + 524.505
A38	2 + 539.505
A39	2 + 587.505
A40	2 + 597.505
A41	2 + 634.105

CUERPO C	
EJE	CADENAMIENTO
C1	1 + 272.981
C2	1 + 302.831
C3	1 + 314.831
C4	1 + 349.831
C5	1 + 361.831
C6	1 + 397.031
C7	1 + 409.032
C8	1 + 445.677
C9	1 + 457.678
C10	1 + 486.343
C11	1 + 498.346
C12	1 + 528.359
C13	1 + 540.359
C14	1 + 575.332
C15	1 + 587.332
C16	1 + 617.332
C17	1 + 629.332

Los cadenamientos mostrados en las tablas anteriores, corresponden a la Calzada Ignacio Zaragoza y su intersección con la Autopista México – Puebla y la gaza de incorporación hacia la Calzada Ermita Iztapalapa. Estos cadenamientos se establecen para formar los diferentes frentes de trabajo y las actividades generales y particulares, así como los tiempos de ejecución necesarios correspondiendo a cada una de las actividades establecidas en el programa de obra.

El programa de obra, establece en forma general y particular la actividad que realizara el contratista con apoyo de la supervisión de toda la obra civil hasta acabados en general y obras complementarias que llevara la construcción del Distribuidor Vial Zaragoza – Texcoco “Puente la Concordia”, por lo cual el programa de obra esta constituido de la siguiente manera:

- Obra Inducida.
- Cimentación Profunda.
- Cimentación Superficial.
- Estructura y Superestructura.
- Transporte y Montaje de Elementos Prefabricados.
- Firme de Compresión (o Estructural).
- Acabados en General y Obras Complementarias.

Por lo tanto, los conceptos mencionados anteriormente en forma general contienen conceptos en forma particular, estableciéndose así los tiempos de inicio y término de cada uno de los conceptos y/o actividades dentro del programa de obra. A continuación se describen dichos conceptos:

Obra Inducida:

- Podas.
- Banquetas.
- Drenaje.
- Agua Potable.
- Señalamiento Provisional.
- Líneas de LyF y CFE.
- Líneas de Telmex.
- Seguridad Vial.

Cimentación Profunda:

- Se establecen los diferentes frentes y procesos de excavación y construcción de la cimentación profunda, así como el hincado de pilas y pilotes.

Cimentación Superficial:

- Establecimiento de los procesos de construcción para despiece de pilas y armado de zapatas, muros de contención y estribos.

Estructura y Superestructura:

- Se emplearon elementos estructurales de concreto armado prefabricados columnas, trabes y cabezales para los cuales se considero instalaciones de las plantas, fabricación de moldes, zonas de almacén así como transporte y montaje.

Transporte y Montaje de Elementos Prefabricados:

- Se establecen las formas y medios para transporte y montaje de columnas, trabes y cabezales.

Firme de Compresión o Estructural:

- Se considera armado de parrilla superior e inferior con acero de refuerzo así como su colado, para posteriormente colocar el pavimento.

Acabados en General y Obras Complementarias:

- Parapeto de Concreto.
- Parapeto Metálico.
- Instalación Hidráulica.
- Instalación de Alumbrado.
- Señalamientos.
- Pavimentos.
- Jardinería.
- Varios.

Finalmente cabe mencionar que todos los conceptos o actividades en forma particular, se tendrán que llevar a cabo de acuerdo a los tiempos establecidos dentro del programa de obra, ya que el retraso de algún concepto, afectara en forma negativa el proceso de construcción del Distribuidor Vial Zaragoza – Texcoco “Puente la Concordia”. (Ver programa).



GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL
SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS
DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS



CONCURSO: 30001120-008-06

OBRA: Construcción del Puente que Conectará a la Autopista México-Puebla con la Calzada Ignacio Zaragoza, con una paza de incorporación a la Calzada Ermita Iztapalapa (Cuerpo "A" del Distribuidor Vial Zaragoza-Texcoco)

UBICACIÓN: Intersección de las vialidades Calz. Ignacio Zaragoza, Calz. Ermita Iztapalapa y Autopista México- Puebla, Deleg. Iztapalapa, México, D.F.

FECHA DE CORTE: 22 DE MAYO DE 2007

PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS FRENTE A.

NO.	CONCEPTO	MES														
		Ago-06	Sep-06	Oct-06	Nov-06	Dic-06	Ene-07	Feb-07	Mar-07	Abr-07	May-07	Jun-07	Jul-07	Ago-07	Sep-07	
A	PUENTE "A"															
A.1	I- PODAS															
A.2	I-BANQUEO															
A.3	II- PRELIMINARES															
A.4	IV- DRENAJE															
A.5	V- AGUA POTABLE															
A.6	VI- SEÑALAMIENTO PROVISIONAL															
A.7	VI- SEGURIDAD VIAL															
A.8	VII- TAPALES															
A.9	IX- CIMENTACIÓN PROFUNDA															
A.9.1	PLAS															
A.9.2	PILOTES															
A.10	X- CIMENTACIÓN															
A.11	XI- ESTRIBOS Y MUROS DE CONTENCIÓN															
A.12	XII- ESTRUCTURA Y SUPERESTRUCTURA															
A.13	XIII- FABRICACIÓN TRABES PREFABRICADAS															
A.14	XIV- TRANSPORTE Y MONTAJE DE TRABES															
A.15	XV- FABRICACIÓN COLUMNAS PREFABRICADAS															
A.16	XVI- TRANSPORTE Y MONTAJE DE COLUMNAS															
A.17	XVII- FABRICACIÓN CABEZALES PREFABRICADOS															
A.18	XVIII- TRANSPORTE Y MONTAJE DE CABEZALES															
A.19	XIX- FIRMES DE COMPRESIÓN															
A.20	XX- PARAMENTO DE CONCRETO															
A.21	XXI- PARAMENTO METÁLICO															
A.22	XXII- INSTALACIONES HIDRÁULICAS B.P.															
A.23	XXIII- INSTALACIONES ALUMBRADO SOBRE PUE															
A.24	XXIV- ALUMBRADO BAJO PUENTE															
A.25	XXV- REHABILITADO DE ALUMBRADO EXIS															
A.26	XXVI- SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL															
A.27	XXVII- SEÑALIZACIÓN VERTICAL															
A.28	XXVIII- VALIDADES A NIVEL															
A.29	XXIX- VALIDAD SOBRE PUENTE															
A.30	XXX- ALBAÑILERÍA Y ACABADOS															
A.31	XXXI- JARDINERÍA															
A.32	XXXII- VARIOS															

SIMBOLOGIA
 PROGRAMADO
 EJECUTADO

V.- CONCLUSIONES

Una consecuencia del crecimiento desordenado de la Ciudad de México y municipios conurbados del Estado de México, es la dificultad para desplazarse en ella. El recorrer cortas distancias toma demasiado tiempo, debido a la falta de una infraestructura vial adecuada. Si a esto aunamos otros factores como, la falta de educación vial, explosión demográfica y concentración de la actividad económica; resultan compresibles los problemas de congestión vehicular, aumento en los niveles de contaminantes y el estrés que sufren diariamente quienes viven o tienen que desplazarse por esta zona de la Ciudad de México y el Estado de México.

Ante tal panorama, la concepción del Distribuidor Vial Zaragoza – Texcoco “Puente la Concordia”, surge como solución o por lo menos como una alternativa a los problemas de movilidad en la zona Oriente de la Ciudad.

Con su construcción se busca agilizar el tránsito vehicular y reducir los tiempos de recorrido de quienes se desplazan desde o por el Oriente de la Ciudad de México y el Estado de México. Obteniéndose, a su vez beneficios como son; la reducción de los niveles de contaminantes, disminución del ruido por camiones y autobuses y el ahorro de combustible.

Sin embargo, cabe advertir que aún cuando el Distribuidor Vial Zaragoza-Texcoco “Puente la Concordia”, es producto de estudios previos de planeación, diseño, construcción y operación; los cuales fueron desarrollados por Rioboo S.A. de C.V., los trabajos de construcción por Ingenieros Civiles Asociados S.A. de C.V., Impulsora de Desarrollo Integral S.A. de C.V.; la fabricación de los prefabricados por Grupo TICONSA (Unión Presforzadora S.A. de C.V.); la supervisión de estos trabajos por Ingeniería Integral Internacional México S.A. de C.V. y Consultoría Integral en Ingeniería S.A. de C.V., todas estas empresas bajo la coordinación general de la Dirección General de Obras Públicas de la Secretaría de Obras y Servicios de Distrito Federal, que garantizarán su funcionamiento operacional del cien por ciento en las horas de mayor demanda, esto sólo debe considerarse como parte de la solución del problema de transporte y movilidad en la Ciudad, pues debe ser acompañado de otras medidas como la ampliación de la red del metro, el fomentar y mejorar el uso del transporte público en vez del automóvil, el uso de transportes alternos como el uso de la bicicleta para recorrer distancias cortas (ciclo pistas) y la difusión y aplicación estricta del Reglamento de Tránsito.

Ahora bien, centrados en el área de estudio de la ingeniería civil, la construcción del Distribuidor Vial Zaragoza-Texcoco “Puente la Concordia”, fue realizada a partir de elementos estructurales de concreto prefabricados presforzados, ya que esta es otra forma de construir más racional y eficiente respecto a los procesos de construcción tradicionales, lo que lleva a tener una

serie de ventajas que permiten realizar este tipo de construcciones, las cuales son:

Ventajas:

- Se tiene una mejoría del comportamiento bajo cargas de servicio (agrietamiento y flexión).
- Permite la utilización de materiales de alta resistencia.
- Elementos más eficientes y esbeltos, menos material.
- Mayor control de calidad en elementos presforzados (producción en serie). Siempre se tendrá un control de calidad mayor en una planta ya que se trabaja con más orden y los trabajos están más controlados.
- Mayor rapidez en la construcción con elementos presforzados. El fabricar elementos con las mismas dimensiones permite mayor rapidez.
- Ofrecen mayor seguridad al ser fabricadas en una planta.
- Son económicas respecto al proceso de construcción tradicional.

Por otra parte, cabe mencionar que esta nueva forma de construir también presenta una serie de desventajas al emplear elementos estructurales prefabricados, las cuales son:

Desventajas:

- Se requiere de equipo de transporte y montaje para los elementos presforzados. Esto puede ser desfavorable según la distancia a la que se encuentre la obra de la planta.
- Mayor inversión inicial.
- Diseño más complejo y especializado (juntas, conexiones, etc).
- Planeación cuidadosa del proceso constructivo, sobre todo en la etapa de montaje.
- Detalles en conexiones, uniones y apoyos.

De todo esto podemos decir, que la forma o manera de construir que se escoja, quedara a elección del o los contratistas considerando las recomendaciones de diseño, planeación y ejecución marcadas en el proyecto, para la construcción de este tipo de puentes vehiculares conocidos como Distribuidores Viales.

Por tal motivo, el empleo de elementos estructurales de concreto prefabricados presforzados en la construcción del Distribuidor Vial Zaragoza- Texcoco "Puente la Concordia", ha demostrado ser técnicamente más ventajoso y económicamente competitivo, ya que este nuevo método o manera de construir puentes se aplica actualmente tanto para puentes de claros medios producidos en serie, como de puentes de grandes claros por medio de dovelas.

A todo esto diremos que en términos generales, el presente trabajo cumple con los objetivos establecidos para su desarrollo, el proporcionar información de los procesos constructivos de los diferentes elementos estructurales prefabricados en la construcción del Distribuidor Vial Zaragoza – Texcoco “Puente la Concordia” principalmente; la agilización del tránsito vehicular, reducción en los tiempos de recorrido, ahorro de combustible y disminución en los niveles de contaminantes; a medida que se desarrollen este tipo de proyectos.

De acuerdo con todo lo expuesto, este trabajo tiene también como objetivo el proporcionar información al público en general, pero sobre todo a la formación de los futuros ingenieros civiles, sobre los diferentes procedimientos constructivos como las normas y especificaciones que se tendrán que tomar en cuenta al momento de la planeación y la construcción de un puente vehicular, con elementos de concreto prefabricados; al fin de crear, innovar y mejorar los diferentes procesos constructivos aquí presentados en la conciencia de los futuros ingenieros, ya que como sabemos todo proyecto de ingeniería civil en este caso, deberá proporcionar seguridad, funcionalidad y economía.

Noel Sánchez Álvarez.

BIBLIOGRAFÍA

Fabricación de Traves, Columnas y Cabezas. Construcción del Distribuidor Vial Zaragoza – Texcoco. ICA, Construcción Civil. Dirección de Proyectos Urbanos. México, D.F. 2007.

Transporte y Montaje de Columnas, Traves y Cabezas. Construcción del Distribuidor Vial Zaragoza – Texcoco. ICA, Construcción Civil. Dirección de Proyectos Urbanos. México, D.F. 2007.

Especificaciones y Requisitos Mínimos que deberán cumplir los Materiales, Procesos, Procedimientos de Elaboración y Ejecución necesarios para Construcción de Elementos y Estructuras de Concreto. Distribuidor Vial Zaragoza – Ermita. Rioboo. S.A. de C.V. México, D.F. 2006.

Especificaciones y Requisitos Mínimos que deberán cumplir los Materiales, Procedimientos de Elaboración y Ejecución necesarios para la Colocación de Acero de Refuerzo. Distribuidor Vial Zaragoza – Ermita. Rioboo S.A. de C.V. México, D.F. 2006.

Especificaciones y Requisitos Mínimos que deberán cumplir Accesorios, Soldadura y Limpieza y Protección. Distribuidor Vial Zaragoza – Ermita. Rioboo S.A. de C.V. México, D.F. 2006.

Especificaciones y Requisitos Mínimos que deberán cumplir los Materiales, Procesos, Procedimiento de Elaboración y Ejecución necesarios para la colocación de Apoyos de Neopreno. Distribuidor Vial Zaragoza – Ermita. Rioboo S.A. de C.V. México, D.F. 2006.

Especificaciones que rigen el Procedimiento Constructivo del Terraplén de Acceso y Pavimentos. Distribuidor Vial Zaragoza – Ermita. Rioboo S.A. de C.V. México, D.F. 2006.

ANEXOS

CONCRETO

Los materiales que se emplearan en la elaboración de concreto hidráulico serán: Cemento Portland, agregados finos y gruesos seleccionados, agua y aditivos, aprobados por la Dirección de la Obra. El control de calidad de los materiales empleados, se efectuará por un laboratorio, que esté capacitado para efectuar las pruebas de control que se mencionan a continuación:

a) Cemento Portland

El cemento portland utilizado será de cualquier tipo de cemento que cumpla con la característica especial BCH y/o RS de acuerdo con la norma NMX-C 414-ONNCCE-1999 (tipo II de acuerdo con la norma ASTM-C-150-2000) y con las especificaciones de las Normas Mexicanas (NMX), listadas en la tabla 1, referente a su calidad, almacenamiento, inspección muestreo y demás requisitos para su aprobación. El tiempo máximo de almacenamiento no excederá de (8) ocho semanas.

Tabla 1

TITULO	NORMA
Cribas para la clasificación de materiales granulares	NMX-C-231-1996
Cementos hidráulicos – Especificaciones y métodos de prueba	NMX-C-414-ONNCCE-1999
Método de prueba para la determinación de la finura de cementantes hidráulicos mediante el tamiz N° 130 M	NMX-C-049-1997-ONNCCE
Determinación de la finura de los cementantes hidráulicos (Método de permeabilidad al aire)	NMX-C-056-1997-ONNCCE
Cementantes hidráulicos-Determinación de la consistencia normal.	NMX-C-057-1997-ONNCCE
Determinación del tiempo de fraguado de los cementantes hidráulicos (Método de VICAT)	NMX-C-059-1997-ONNCCE
Resistencia a compresión	NMX-C-061-ONNCCE-2001
Método de prueba para determinar la sanidad de cementantes hidráulicos	NMX-C-062-1997-ONNCCE
Muestreo de cementantes hidráulicos.	NMX-C-130-1968
Determinación del análisis químico de cementos hidráulicos	NMX-131-1976
Determinación del fraguado falso del cemento portland - Método de prueba	NMX-C-132-1997-ONNCCE
Coadyuvantes de moliendas empleados en la elaboración de cementos hidráulicos.	NMX-C-133-1980
Cementantes hidráulicos-determinación del calor de la hidratación	NMX-C-151-ONNCCE-2001
Muestreo para la inspección por atributos	NMX-Z-12 (R-18)

b) Agregados

Los agregados utilizados cumplirán con las especificaciones señaladas por las Normas Mexicanas (NMX), listadas en la tabla 2.

Los agregados gruesos serán del tipo calizo o basáltico y cumplirán con las especificaciones de la norma NMX-C-111-1988 con las modificaciones establecidas en el Capítulo 11.3.1 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto y con los valores de densidad, absorción y abrasión siguientes:

Densidad	2.5	Mínimo
Absorción	1.5%	Máximo

El contenido máximo de material fino que pase la malla No. 200 en los agregados será el indicado a continuación y en ningún caso excederá del 10 %.

PROPIEDAD	REGLAMENTO		ARENA	MAXIMO (1)
	CLASE 1	CLASE 2		
MATERIAL MAS FINO QUE LA MALLA No. 200 EN LA ARENA, PORCENTAJE MAXIMO, EN PESO	10	10	-	-
CONCRETOS SUJETOS A ABRASION	-	-	3.0	5.0
CONCRETOS PRESFORZADOS	-	-	3.0	5.0
OTROS CONCRETOS	-	-	3.0	5.0
CONTRACCION LINEAL DE LOS FINOS QUE PASAN LA MALLA No. 40	2	3	-	-

(1) RECOMENDABLE CUANDO EL MATERIAL FINO NO ES FUNDAMENTALMENTE ARCILLOSO.

Tabla 2

TITULO	NORMA
Concreto - agregados – especificaciones	
Agregados para concreto – Partículas más finas que la criba F 0.075 (Nº 200) por medio de lavado – Método de prueba	NMX – C – 084 –1990
Cribas para la clasificación de materiales granulares	NMX - B-231- 1996
Agregados – Muestreo	NMX - C-30-1997- ONNCCE
Agregados – Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable	NMX - C-071-1983
Agregados Determinación de partículas ligeras	NMX – C-072-1983
Agregados – masa volumétrica – Método de prueba	NMX-C- 073-1990
Agregados – Efecto de las impurezas organizadas en los agregados finos sobre la resistencia de los morteros – Método de prueba	NMX - C-076-1983
Agregados para concreto – Análisis granulométrico – Método de prueba	NMX-C-077-1997-ONNCCE
Agregados – Determinación de la masa específica y absorción de agua del agregado grueso	NMX-C-164-1986
Agregados – masa específica y absorción de agua del agregado fino – método de prueba	NMX-C-165-1984
Agregados – contenido total de humedad por secado – método de prueba	NMX-C-166-1990
Agregados para concreto – Examen petrográfico – Método de prueba	NMX-C-265-1984
Agregados para concreto – Determinación de la Reactividad potencial (Método químico)	NMX – C-271- ONNCCE- 1999

c) Agua

El agua a utilizar en la elaboración y curado del concreto, deberá ser limpia, ya sea potable o tratada y deberá cumplir con lo indicado en la norma mexicana NMX –C-122-1982.

d) Aditivos

En todos aquellos elementos estructurales en los que el proyecto indique el uso de concreto clase I colado en sitio o premezclado deberá usar un aditivo fluidizante que permita el manejo adecuado de la mezcla durante el colado. Se

deberá tener cuidado de hacer un diseño de mezcla, tal que considere la presencia de este aditivo a fin de no provocar una disminución de la resistencia solicitada en proyecto. Dichos aditivos deberán cumplir con lo señalado en las especificaciones de las Normas Mexicanas, listadas en la tabla 3.

Tabla 3

TITULO	NORMA
Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto	NMX-C-083-1997-ONNCCE
Aditivos químicos – Uniformidad y equivalencia – Determinación	NMX-C-014-1981
Determinación del revenimiento del concreto fresco	NMX-C-156-1997-ONNCCE
Determinación del contenido de aire del concreto fresco por el método de presión	NMX-C-157-1987
Elaboración y curado en laboratorio de especímenes de concreto	NMX-C-159-1985
Determinación de la masa unitaria, cálculo del rendimiento y contenido de aire del concreto fresco por el método gravimétrico	NMX-C-162-ONNCCE-2000
Determinación de la variación en longitud de especímenes de mortero de cemento y de concreto endurecidos	NMX-C-173-1990
Determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto mediante la resistencia a la penetración	NMX-C-177-1997-ONNCCE
Determinación de la resistencia a la flexión del concreto usando una viga simple cargada en los tercios del claro	NMX-C-191-1986
Aditivos químicos que reducen la cantidad de agua y/o modifican el tiempo de fraguado del concreto	NMX-C-255-1988
Determinación del contenido de aire en concreto fresco. (método volumétrico)	NMX-C-158-1987
Método de prueba para la determinación del sangrado en pasta de cemento y en mortero	NMX-C-153-1971
Aditivos inclusores de aire para concreto	NMX-C-200-1978
Método de prueba para aditivos expansores y estabilizadores de volumen del concreto	NMX-C-140-1978
Método de prueba para expansores y estabilizadores de volumen del concreto	NMX-C-090-1978
Aditivos para concreto y materiales complementarios – Terminología y clasificación	NMX-C-117-1978
Aditivos químicos para concreto	ASTM-C-494-1999a

Para la elaboración del concreto premezclado y hecho en obra, así como los requisitos de calidad se deberá cumplir con lo establecido en la Norma NMX-C-403-ONNCCE-1999, así como las modificaciones y adiciones indicadas a continuación:

a) Proporcionamiento de Mezclas

El Proporcionamiento de las mezclas para elaborar el concreto será determinado por el laboratorio, para lo cual se efectuarán las pruebas necesarias a los materiales y equipos a utilizar.

La resistencia ($f'c$) de los concretos será especificada en los planos, refiriéndose a la resistencia que deberá obtener el espécimen de ensaye a los 28 días de elaborado el concreto. Dicha resistencia se dará en kg/cm^2 .

Los concretos a utilizar tendrán las siguientes resistencias, excepto en el elemento que indique otra resistencia.

Resistencia del concreto	Elemento
$f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$	Plantillas
$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$	Pilas
$f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$	Cimentaciones
$f'c = 600 \text{ kg/cm}^2$	Columnas
$f'c = 600 \text{ kg/cm}^2$	Cabezal
$f'c = 600 \text{ kg/cm}^2$	Trabes
$f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$	Firmes
$f'c = 600 \text{ kg/cm}^2$	Conexión zapata-columna
$f'c = 600 \text{ kg/cm}^2$	Conexión trabe-columna
$f'c = 600 \text{ kg/cm}^2$	Relleno entre candelero y columna ("grout")

Estos concretos quedan clasificados en:

Concreto clase 1. Cuando la resistencia especificada sea igual o mayor a 250 kg/cm^2 .

Concreto clase 2. Cuando la resistencia especificada sea menor a 250 kg/cm^2 .

Y tendrán que cumplir con lo especificado por el (RCDF-04), para estas clases de concreto. En el caso de la subestructura, cuando así lo indique el proyecto (plantillas), se permitirá el uso de concreto clase 2, aún cuando su resistencia sea igual ó mayor a 250 kg/cm².

b) Dosificación

La dosificación de las mezclas deberá cumplir con lo indicado en el ACI-304-1993 y en el ACI-211.1-1991. Las cantidades de cemento, agregados y agua, serán determinados por peso. Los dispositivos para pesar serán verificados mediante el representante de la supervisión o lo que las normas base indiquen.

Los aditivos se añadirán con el procedimiento y tiempo de mezclado aprobados. El recipiente de mezclado deberá ser lavado en cada cambio de mezclas y al finalizar el turno de trabajo.

c) Transporte

El equipo de transporte debe ser el adecuado según ACI 304 y aprobado, por la Dirección de la Obra, dentro de los siguientes sistemas:

Carretillas, vagonetas, cubetas ó camiones:

Cuando se utilice este sistema de transporte, no se permitirá que éste se apoye directamente sobre el acero de refuerzo, para lo cual se deberán de proveer las pasarelas apropiadas.

Canales y tubos:

Estos se dispondrán de tal manera; que se prevenga cualquier segregación y/o clasificación de los materiales. El ángulo de caída de la mezcla será, el adecuado para permitir el flujo, sin provocar velocidades excesivas que propicien la segregación de los materiales, si es necesario pueden establecerse tramos intermedios en los canales ó tubos. Los canales pueden ser de metal, madera forrada con lámina metálica ó de cualquier otro material previamente autorizado por la supervisión.

Bombas de concreto:

El equipo de bombeo se instalará fuera de la zona del colado, de tal manera que no produzca vibraciones que puedan dañar el concreto fresco, y/o alterar la distribución del acero de refuerzo. El flujo proporcionado por la bomba, deberá ser continuo, en caso de suspensión la mezcla que permaneció en la tubería deberá de removerse y desecharse, debiéndose lavar todo el equipo antes de continuar.

Cualquier otro método de transporte de concreto, deberá ser aprobado por la supervisión. Los sistemas de transporte deberán ser lavados en cada nuevo proporcionamiento del concreto y al finalizar el trabajo.

d) Colocación de Concreto

El contratista deberá dar aviso y obtener por escrito la aprobación de la supervisión, antes de efectuar el colocado de cualquier elemento. El representante de la supervisión deberá verificar las dimensiones, desplantes, solidez y demás requisitos de los moldes y obra falsa, la correcta colocación y firmeza del acero de refuerzo, la colocación de anclas y otros soportes, los ductos para las instalaciones que se establezcan en proyecto, etc. El aviso deberá ser dado por el contratista con una anticipación de 24 hrs. como máximo.

No deberán de transcurrir más de 90 minutos, desde que se inicie el mezclado y la terminación de la colocación, compactación y acomodo del concreto.

No se permite el vaciado de concretos que lleguen a su destino final después de 60 minutos de haber salido de la planta dosificadora.

El concreto no se vaciará hasta que el sitio que ocupará esté libre de agua ó cualquier otro material extraño, y se tenga la aprobación de la supervisión.

Se efectuarán colados en contacto con el terreno natural, solo cuando el terreno haya sido preparado según las instrucciones de la supervisión.

El colado de elementos estructurales de eje vertical, tales como columnas, muros, etc., se efectuará de la manera siguiente:

La mezcla se vaciará colocándola en capas horizontales continuas de 25 a 30 cm. de espesor (nunca se excederá la penetración efectiva del vibrador).

Cada capa se acomodará y compactará en toda su profundidad para obtener un concreto que llene completamente los moldes y cubra en forma satisfactoria el acero de refuerzo. Cuando por razones de emergencia ó caso fortuito sea preciso interrumpir la continuidad de una de las capas por más de una (1) hora, se colocará una cimbra para formar una junta de construcción.

Si la mezcla se colocara desde una altura mayor a tres (3) metros, deberán tomarse precauciones especiales, tales como el uso de deflectores y/o tuberías adecuadas. No se permitirá amontonar la mezcla para posteriormente extenderla dentro de los moldes.

A fin de evitar que se marquen juntas así como evitar discontinuidad entre las capas, éstas se deberán colar en forma continua una vez que la anterior haya sido colocada y compactada; y antes de que inicie su fraguado. El tiempo máximo entre la colocación de una capa y la precedente será de treinta (30) minutos.

El colado de elementos de eje horizontal, tales como vigas, losas, pisos, etc., se efectuarán de la manera siguiente:

La mezcla se vaciará por frentes continuos, cubriendo toda la sección del elemento, no se dejarán colar la mezcla de alturas mayores de 1.50 m, ni se permitirá amontonarla, para después extenderla en los moldes; el colado será continuo hasta la terminación del elemento ó hasta la junta de construcción que fije el proyecto y/o lo ordene la supervisión; el tiempo máximo entre un vaciado y el siguiente, será de treinta (30) minutos.

e) Curado de Concreto

Para el curado del concreto referirse a lo indicado en Normas Base, y en las modificaciones y adiciones siguientes.

Todo el concreto colado deberá ser protegido contra condiciones climáticas adversas. Se prevendrá la rápida evaporación debida por altas temperaturas, viento, ó ambas.

El concreto elaborado con cemento tipo II, deberá ser curado por un periodo que se adapte a las condiciones del lugar, pero no menor a cuatro (4) días.

Los aditivos ó membranas utilizadas para curar el concreto deberán ser aprobadas por la Dirección de la obra y cumplirán las especificaciones de las Normas Oficiales Mexicanas listadas en la tabla 4.

El curado con vapor deberá ser aprobado por la supervisión siempre y cuando se justifique plenamente. De preferencia se utilizarán bajas temperaturas de vapor por periodos largos de tiempo a presión atmosférica.

Tabla 4

TITULO	NORMA
Determinación de la retención de agua, por el medio de compuestos líquidos que forman membranas para el curado del concreto	NMX-C-304-1980
Determinación del factor de reflectancia de membranas de color blanco para el curado del concreto	NMX - C-309-1980
Compuestos líquidos que forman membranas	NMX-C-081-1981
Materiales laminares para curado de concreto	ASTM - C-171-1997 ^a
Determinación de la humedad	ASTM - C-156-1998
Determinación del espesor de materiales laminares	ASTM - D-2103-1986
Determinación de la resistencia a la tensión en el papel impermeable	ASTM - D-829
Determinación de la resistencia y elongación de películas de polietileno	ASTM - D-882-1990

CONCRETO PREMEZCLADO

a) Generalidades

Es el concreto hidráulico dosificado y mezclado por el fabricante y que se entrega al comprador para su utilización en estado plástico no endurecido.

El concreto premezclado deberá cumplir con las especificaciones listadas anteriormente y las especificaciones de las Normas Oficiales Mexicanas (NMX), listadas en la tabla 5.

Tabla 5

TITULO	NORMAS
Determinación del revenimiento en concreto fresco	NMX-C-156-1997-ONNCCE
Determinación del contenido de aire del concreto fresco por el método de presión	NMX-C-157-1987
Determinación de la masa unitaria, cálculo del rendimiento y contenido de aire del concreto fresco por el método gravimétrico	NMX-C-162-ONNCCE-2000
Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto	NMX-C-160-1987
Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto	NMX-C-083-1997-ONNCCE
Determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto por medio de resistencia a la penetración	NMX-C-177-1997-ONNCCE
Determinación del sangrado – Método de prueba	NMX-C-296-ONNCCE-2000
Determinación de la resistencia a la flexión del concreto usando una viga simple con cargas en los tercios del claro	NMX-C-191-1986
Determinación de la resistencia a la tensión por compresión diametral de cilindros de concreto	NMX-C-163-1997-ONNCCE
Determinación de la variación en longitud de especímenes de mortero de cemento y de concreto endurecidos	NMX-C-173-1990
Obtención y prueba de corazones y vigas extraídas de concreto endurecido	NMX-C-169-1996-ONNCCE
Concreto premezclado	COVITUR *
Muestreo de concreto fresco	NMX-C-161-1997-ONNCCE
Cabeceo de especímenes cilíndricos	NMX-C-109-1997-ONNCCE

- Especificaciones para el Proyecto y Construcción de las Líneas del Metro de la Ciudad de México, editadas por COVITUR.

ACERO DE REFUERZO

Acero de refuerzo es el que se coloca ahogado en la masa de concreto para soportar los esfuerzos generados por cargas, contracción por fraguado y cambios de temperatura.

Todo el acero de refuerzo grado estructural cumplirá con las especificaciones de la norma ASTM-615 grado 42 ó Norma Oficial Mexicana NMX-C407-ONNCCE-2001, en cuanto a dimensiones, corrugaciones, masa unitaria, requisitos mecánicos, acabados y demás requisitos contenidos en las mismas.

Los materiales necesarios para el habilitado y colocación del acero de refuerzo, deberán cumplir con lo especificado en los planos, así como las especificaciones de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y NMX-C407-ONNCCE-2001.

Las operaciones necesarias para el habilitado, manejo y colocación del acero de refuerzo, deberán ejecutarse con los equipos necesarios y adecuados, los cuales serán aprobados por la supervisión.

a) HABILITADO

Las varillas deberán corresponder a las clases, diámetro y número indicados en los planos.

Todo el acero deberá estar sujeto con amarres de alambre recocido ó con el tipo de sujeción que se especifique. Los separadores para dar el recubrimiento al acero, serán silletas de acero ó piezas manufacturadas para tal fin; no se permitirá el uso de gravas, trozos de madera ó pedazos de metal diferente del acero de refuerzo.

La sustitución de diámetros ó grado de refuerzo, solo se permitirá con la autorización de la supervisión.

Previo al colado, el acero de refuerzo deberá estar libre de óxido suelto, escamas, lodo, aceite ó cualquier otra capa que reduzca la adherencia.

Los detalles de refuerzo para anclajes, traslapes y uniones soldadas deberán cumplir con lo indicado en los planos.

Todas las varillas se doblarán en frío, observando que el doblado no produzca fisuramiento, laminación ó desprendimientos superficiales. El doblado en caliente requerirá de la autorización de la supervisión; en ningún caso se calentará el acero de refuerzo a más de quinientos treinta (530) grados centígrados, si no está tratado en frío y no más de cuatrocientos (400) grados centígrados, en caso contrario.

Por ningún motivo se permitirá que el acero de refuerzo calentado tenga un enfriamiento rápido.

Los empalmes serán de dos tipos, traslapados y/o soldados a tope y su uso será el que fijen los planos, además de observar lo siguiente:

- Salvo otra indicación, en una misma sección no se permitirá empalmar más del treinta y tres por ciento (33%) de las varillas de refuerzo.
- No deberán traslaparse varillas mayores del número ocho (8).

-
- En elementos sujetos a flexión, las varillas traslapadas sin contacto entre sí, no deben separarse más de veinte por ciento (20%) de la longitud de traslape ni más de 150 milímetros.
 - La longitud de traslape de los paquetes de varillas será la correspondiente al diámetro individual de las varillas del paquete, incrementadas en veinte por ciento (20 %) para paquetes de tres (3) varillas y, treinta y tres por ciento (33 %) para paquetes de cuatro (4) varillas. Dentro del paquete, las varillas que lo forman no se traslaparán.
 - Las juntas soldadas a tope deberán tener una resistencia de por lo menos ciento veinticinco por ciento (125 %) de la resistencia de fluencia de las varillas que se suelden. La soldadura para unir varillas de refuerzo debe realizarse de acuerdo a los lineamientos del código AWS (American Welding Society) vigente y Norma Oficial mexicana NOM-H-121-1998.
 - Las varillas a tope se soldarán de acuerdo a los detalles que se indiquen en los planos.

Los electrodos serán serie E-90XX de bajo contenido de hidrógeno y se calificarán de acuerdo a la norma AWS D1.5.

En las uniones de varillas mayores al número ocho (8) que no sean soldadas; el contratista someterá a la supervisión el método a utilizar y para su aprobación el laboratorio deberá efectuar las pruebas necesarias.

Para controlar la calidad de las uniones soldadas en varillas del número ocho (8) o mayores, se deben realizar pruebas destructivas de tensión a por lo menos el 2 % de las juntas realizadas y pruebas radiográficas al 3 % de las uniones. Además, deben cumplir con la norma NOM-H-121.

b) COLOCACIÓN

Todo el acero de refuerzo deberá colocarse de acuerdo a lo indicado en los planos, teniendo en cuenta lo siguiente:

- La separación libre entre varillas paralelas de una capa, será de un diámetro de las mismas ó 1.3 veces el tamaño máximo del agregado grueso, y nunca menor a veinticinco (25) milímetros.
- Cuando el refuerzo paralelo se coloque en dos ó más capas, las varillas de las capas superiores deberán colocarse directamente arriba de las que están en las capas inferiores, a una distancia de veinticinco (25) milímetros.
- En muros y losas, excepto en losas nervadas, la separación del refuerzo principal no será mayor de tres (3) veces el espesor del muro ó de la losa, ni mayor de cuatrocientos cincuenta (450) milímetros.

En columnas armadas con anillos o refuerzo helicoidal, la distancia libre entre varillas longitudinales no será menor que 1.5 veces el diámetro nominal de la varilla ni menor de cuarenta (40) milímetros. El arranque y final en los zunchos será de dos vueltas, los traslapes de vuelta y media.

Los paquetes de varillas no deberán contener más de cuatro (4), dispuestas en forma cuadrada o triangular para el caso de tres (3) varillas.

Todas las varillas de refuerzo se deberán recubrir con los espesores de concreto señalados en los planos estructurales; o en su defecto los que se indican a continuación:

i) Concreto colado " in-situ"

- Colado en contacto con el terreno y permanente expuesto al mismo: 75 mm
- Expuesto al terreno o al intemperismo varillas No.6 al No. 12: 50 mm, varillas No. 5 y menores: 40 mm
- No expuesto al intemperismo ni en contacto con el terreno. Losas, muros y trabes: varillas No.12, 40 mm; varillas No.10 y menores, 20 mm. Vigas, trabes y columnas, refuerzo principal, anillos, estribos o espirales: 20 mm

ii) Concreto precolado

- Expuestas al terreno o al intemperismo; varillas No.12, 50 mm; varillas No.6 al No.10, 40 mm; varillas No.5 y menores, 25 mm.
- No expuesto al terreno ó al intemperismo. Losas, muros y trabes: varillas No.12, 30 mm; varillas No.10, 15 mm. Vigas, trabes y columnas: Refuerzo principal, diámetro nominal de una varilla o alambre, pero no menor de 15 mm ni mayor de 40 mm; anillos, estribos o espirales, 10 mm; varillas No.5 y menores, 10 mm.

c) TOLERANCIAS

Para dar por terminado el armado y colocación del acero de refuerzo, la supervisión verificará que las dimensiones, separación, sujeción, forma y posición se encuentran de acuerdo a los planos y dentro de las tolerancias que se indican. La suma de las discrepancias medidas en la dirección del refuerzo, con relación al proyecto, en losas, zapatas, trabes y vigas, no será mayor de dos (2) veces el diámetro de la varilla ni más del cinco por ciento (5%) del peralte efectivo.

- En los extremos de las trabes y vigas, la tolerancia se reduce a una (1) vez el diámetro.
- La posición del acero de refuerzo en zapatas, muros, trabes y vigas no excederá de 3 mm más el tres por ciento (3%) del peralte efectivo y no más de 5 mm en el recubrimiento, de lo indicado por el proyecto.
- La separación del refuerzo transversal en vigas, trabes y columnas, medidas según el eje del refuerzo, no excederá a la del proyecto en más de 10 mm, más el cinco por ciento (5%), ni serán menores en 3 mm más el tres por ciento (3%) de la dimensión en la dirección que se considera la tolerancia.
- El espesor del recubrimiento del acero de refuerzo en cualquier miembro estructural, no diferirá de la del proyecto en más de cinco (5) mm.
- La separación del acero de refuerzo en losas, zapatas y muros, respetando el número de varillas en una faja de un (1) metro de ancho, no diferirá de

la del proyecto en más de diez (10) mm, más un (1) décimo de la separación indicada en los planos.

ACERO DE PRESFUERZO

Es aquel acero de alto carbono, en forma de alambres sin recubrimiento, relevado de esfuerzo, el cual después de enfriarse, se somete a un tratamiento térmico continuo, para eliminar los esfuerzos internos, y obtener ciertas propiedades y características.

El acero de presfuerzo se emplea como alambre solo o en torones o barras; los torones formados por siete (7) alambres, siendo uno (1) central y los seis (6) restantes envueltos firmemente en forma helicoidal, con un paso uniforme de doce (12) a dieciséis (16) veces el diámetro nominal del torón; y, las barras de sección circular con una longitud de rosca en sus extremos suficiente para realizar su anclaje.

Los torones se clasifican en grados 176 (250 ksi) y grado 190 (270 ksi) y son de baja relajación, deberán cumplir los requisitos de las especificaciones de las normas ASTM A-416 y ASTM A-421, así como las especificaciones de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) listadas en la tabla 1, que se enlista a continuación:

Tabla 1

TITULO	NORMA
Análisis químico para determinar la composición de aceros y fundiciones	
Pruebas mecánicas para productos de acero	ASTM - A-370-76
Torón de siete alambres sin recubrimiento, relevado de esfuerzos para concreto presforzado	NOM - B-292
Alambre sin recubrimiento relevado de esfuerzos, para usarse en concreto presforzado	NOM - B-293
Pruebas a la tensión para materiales metálicos	NOM - B-310

De la misma manera las barras, se clasifican en grado 150 (10,500 kg/m²) o especial de grado 160 (11,250 kg/m²) y deberán cumplir con las normas ASTM A722 y ASTM A615, así como las especificaciones de las (NOM) ya citadas.

a) Alambre y torones

Todo el acero de presfuerzo deberá cumplir invariablemente con las especificaciones de las normas ASTM A-416, ASTM A-421 y/o NOM B-292.

Todos los alambres ó torones que vayan a ser tensados simultáneamente, serán tomados del mismo rollo original de fábrica.

Cada uno de los cables ó torones, deberán identificarse con su respectivo número, así como el rollo de acero usado en cada caso. El cortado de los cables y torones, se efectuará con herramientas mecánicas aprobadas por la supervisión; el corte con soplete no se permitirá en ningún caso. No se permitirá soldar alambres ó torones dentro de los sectores ó longitudes de los mismos que vayan a quedar tensados.

b) Ductos y anclajes

La lámina de acero que se utilice en la fabricación de ductos, será del espesor y características mostradas en los planos.

Los extremos de anclaje y ductos deberán protegerse de cualquier daño ó deterioro, permaneciendo sellado hasta que los cables ó torones sean enroscados y la fatiga de esfuerzo en los mismos empiece a manifestarse.

El anclaje y sus accesorios serán los mostrados en los planos y deberán identificarse mediante una etiqueta resistente y autoadherible, la que contendrá el tipo de anclaje y el número particular y/o general de la ó las piezas que lo componen.

c) Aplicación del presfuerzo

Salvo lo fijado en los planos y/o lo ordenado por la supervisión, para la aplicación del preesfuerzo se observarán las recomendaciones siguientes:

- Los gatos, manómetros y demás instrumentos necesarios para las operaciones de tensado, serán calibradas y certificadas al inicio de las actividades y posteriormente cada 3 meses, por un laboratorio acreditado. Se deberá implementar por cada pieza por fabricar una gráfica de elongación de torones (relación esfuerzo–deformación), la cual tendrá que ser revisada y aprobada por la supervisión.

- En elementos postensados, en ningún caso se hará el tensado inicial antes de que el concreto haya alcanzado cuando menos el ochenta por ciento (80 %) de la resistencia ($f'c$) fijada en los planos y de haberse verificado que los cables deslicen libremente dentro de los ductos. En caso de trabes el alma deberá estar en posición vertical y con la sujeción lateral necesaria.

- El tensado total se efectuará posterior a que el concreto alcance la resistencia ($f'c$) total estipulada en los planos.

- Para aprobar el tensado de cada cable, deberá comprobarse la correspondencia de la fuerza aplicada con el alargamiento esperado en el extremo

del cable. De no satisfacerse esta correspondencia el tensado se suspenderá hasta corregir las causas.

- Después de efectuado el tensado y dentro de un plazo no mayor de veinticuatro horas

(24 hrs), deberán llenarse los ductos correspondientes, inyectándoles a presión el mortero de cemento en la proporción fijada.

- En elementos colados en el lugar, la remoción de la obra falsa, solo podrá realizarse después de aplicado el preesfuerzo inicial ó total, según se indique.

HABILITADO, COLOCADO Y TOLERANCIA

Los ductos serán fijados y alineados con una tolerancia de más-menos doce milímetros (12 mm), en tramos rectos y más-menos veinticinco milímetros (25 mm) en tramos curvos. Los anclajes se fijarán con una tolerancia de más-menos doce milímetros (12 mm).

El espacio ó separación mínima entre dos (2) ductos contiguos, será el señalado en los planos.

Tanto los ductos como los anclajes deberán limpiarse antes de su instalación, y permanecer libres de cualquier material extraño, perjudicial a la adherencia del concreto ó lechada. Los ductos se mantendrán limpios y tapados durante el lapso de su instalación, tensado é inyectado.

Antes del tensado, el contratista deberá demostrar a la supervisión, que los puntos de aplicación para la tensión de cables y torones se encuentran con entera libertad de movimiento.

ACERO ESTRUCTURAL

I.1.- La fabricación de las estructuras se regirán por las especificaciones de acero estructural y por las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

I.2.- Todo el material y mano de obra se ajustarán a la especificación: Normas técnicas complementarias del Reglamento de Construcción del Departamento del Distrito Federal. Norma Oficial Mexicana NOM-H-121-1988 del AISC: "Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Buildings".

I.3.- Todo acero estructural se ajustará a la especificación ASTM A-36, excepto donde se indique otro tipo.

I.4.- Todas las superficies expuestas para dar continuidad con soldadura sobre placas de base serán cepilladas.

I.5.- Todos los miembros serán fabricados en el taller con las dimensiones anotadas en los planos, de manera que no haya empalmes en campo excepto en los lugares específicamente indicados en los planos, salvo autorización escrita por la supervisión.

I.6.- Todas las soldaduras se inspeccionarán por medio de radiografías, líquidos penetrantes o de algún otro procedimiento no destructivo, que permita tener la seguridad de que están correctamente aplicadas. Se deberá efectuar examen visual y corrección necesaria de todas las soldaduras que no cumplan con los requisitos indicados.

SOLDADURA

I.1.- Las superficies que van a soldarse (bisel en placa, avellanados, y preparación de bulbos en varillas del N° 8, 10 y 12) deben estar lisas, uniformes y libres de rebabas, fisuras, grietas u otras imperfecciones que puedan afectar la calidad o resistencia de la soldadura.

I.2.- Para el ensamble deben prepararse los detalles de la junta a fin de obtener la posición más favorable para soldar, los miembros que van a unirse deben alinearse al máximo para disminuir las excentricidades

I.3.- Toda soldadura será ejecutada por soldadores que hayan sido calificados por un laboratorio acreditado al **(EMA)** Entidad Mexicana de Acreditación, precisamente por medio de las pruebas especificadas en el “Structural Welding Code-Steel D1. 1-75”, su apéndice “E” y su Rev. 1-76 de la American Welding Society (AWS)”.

I.4.- Se llevará a cabo una inspección continua con pruebas no destructivas sobre las soldaduras elaboradas en planta y en campo.

I.5.- La clasificación de los electrodos para los procesos de soldadura será acorde al metal base. Toda soldadura manual para el acero estructural será realizada con electrodos serie E-70xx que cumplan con la última edición de la especificación AWS A5.1 ó AWS A5.5 de la American Welding Society (AWS).

I.6.- Cuando sea requerido por la SUPERVISION, el fabricante de los electrodos debe proporcionar un certificado en el que conste que los electrodos cumplen con los requisitos de la clasificación correspondiente.

I.7.- Clasificación de los electrodos para procesos de soldadura. Soldadura por arco con electrodo metálico recubierto: NOM-B-6 grado 30, NOM-B-32 grado 30 **E70XX**. NOM-B-6 grado 42, NOM-B-18 grado 42, NOM-B-32 grado 42, NOM-B-457 **E90XX**.

a) Limpieza y Protección

I.1.- Limpieza de la superficie eliminando totalmente óxidos, grasas, aceite y otras impurezas. El nivel de la limpieza será el de aspecto "Comercial" y deberá darse con sopleteo de arena (sandblasteo) para obtener el aspecto especificado.

I.2.- Se aplicará un recubrimiento anticorrosivo primario a base de Cromato de Zinc, (tipo Cromato de Zinc No. 1 EG1 y JO1 o similar aprobado por supervisión), aplicado en el taller de construcción del elemento metálico. Esta aplicación se hará siguiendo las instrucciones del fabricante del producto que deberá provenir de envases cerrados por el propio fabricante. Se aplicará una mano a razón de 10-12 m² por litro.

I.3.- Aplicación del acabado final en obra. Este se hará sobre superficies perfectamente limpias, secas y libres de grasa, aceite u otras impurezas, lo anterior aplicara en elementos expuestos.

APOYOS DE NEOPRENO ENCAPSULADOS

Para aumentar la capacidad de carga del neopreno sin disminuir su deformabilidad al giro, se emplean estos apoyos de neopreno confinados, en los cuales el bloque elastomérico se encuentra contenido en un pistón cilíndrico, transmitiéndose los esfuerzos como si se tratase de un cilindro hidráulico. De esta forma se obtienen dimensiones menores al de otros tipos de apoyos de neoprenos.

Los dispositivos de apoyo a que se refiere esta especificación son del tipo "cubo encapsulado"; sus características generales serán indicadas en el proyecto, tanto para el apoyo con movimiento libre como para el apoyo fijo.

DISPOSITIVO DE APOYO CON MOVIMIENTO LIBRE:

- Placa base inferior. Accesorio formado por una placa de acero con un anillo del mismo material, provista de anclas.
- Pastilla circular de neopreno con sus dos caras recubiertas de teflón virgen.
- Empaque anular. Anillo de bronce o latón recubierto de teflón.
- Pastilla de acero (cápsula). Placa circular de acero con su cara superior recubierta con teflón reforzado con fibra de vidrio.
- Placa base superior. Accesorio consistente en una placa de acero con una placa de acero inoxidable tipo A-304-2B acabado espejo, electrosoldada a ella; cuenta con anclas.

DISPOSITIVO DE APOYO FIJO:

- Placa base inferior. Accesorio consistente en una placa de acero con un anillo del mismo material provista de anclas.

- Pastilla circular de neopreno.
- Empaque anular. Anillo de bronce o latón recubierto con teflón
- Pastilla de acero (cápsula). Pieza circular de acero con su cara superior ranurada.
- Placa base superior. Accesorio consistente en una placa de acero con su cara expuesta ranurada, provista de anclas.

Neopreno encapsulado - confinado

La pastilla circular de neopreno deberá cumplir los siguientes requisitos:

REQUISITO	Tolerancia	Norma ASTM
Propiedades Físicas		
Dureza, durómetro A	60 ± 5	D-2240
Resistencia a la tensión (mínima)	176 kg/cm ²	D-412
Elongación última (mínima)	350%	
Resistencia al calor (cambio en propiedades originales después de 70 hrs. A 105°C)		
Cambio en puntos, en la dureza shore A	-0 a +15	D-573
Pérdida de resistencia a la tensión (máximo)	15%	D-573
Pérdida de elongación (máximo)	40%	D-573
Deformación permanente bajo compresión		
Después de 22 hrs. a 100°C (método B)	35%	D-395

Teflón virgen encapsulado

Deberá cumplir con los siguientes requisitos:

REQUISITO	Tolerancia	Norma ASTM
Gravedad específica	2.17	D-792
Resistencia a la tensión (mínima)		
A lo largo de la fibra	200 kg/cm ²	D-1457
Normal a la fibra	225 kg/cm ²	D-1457
Alargamiento		
A lo largo de la fibra	275%	D-1457
Normal a la fibra	350%	D-1457
Deformación a 141 kg/cm ² durante 24 hrs.		
Deformación total a lo largo de la fibra	14.30%	

REQUISITO	Tolerancia	Norma ASTM
Deformación total normal a la fibra	16.70%	
Deformación permanente a lo largo de la fibra	7.90%	
Deformación permanente normal a la fibra	8.40%	
Resistencia a la compresión		
A lo largo de la fibra	70 kg/cm ²	
Normal a la fibra (0.2% desfasado)	77 kg/cm ²	
Dureza shore D	51	

Teflón reforzado con fibra de vidrio (aplicado a la cara superior de la pastilla de acero o cápsula).

Deberá banderizarse bajo presión y temperatura controladas y tener superficie lisa libre de defectos. Además, deberá cumplir con los siguientes requisitos:

REQUISITO	Tolerancia	Norma ASTM
Gravedad específica	2.22	D-792
Resistencia a la tensión (mínima)		
A lo largo de la fibra	141 kg/cm ²	D-1457
Normal a la fibra	155 kg/cm ²	D-1457
Alargamiento		
A lo largo de la fibra	250%	D-1457
Normal a la fibra	225%	D-1457
Deformación		
A lo largo de la fibra	5.67%	
Normal a la fibra	7.80%	
Deformación permanente		
A lo largo de la fibra	3.77%	
Normal a la fibra	4.90%	

REQUISITO	Tolerancia	Norma ASTM
Resistencia a la compresión		
A lo largo de la fibra	120 kg/cm ²	
Normal a la fibra (0.2% desfasado)	84.4 kg/cm ²	
Dureza shore D	57	
Factor de desgaste	10%	
Coefficiente de fricción estática a 0.23 kg/cm ²	0.07	
Higroscopicidad	Debe absorber menos de 0.01% de agua	

TOLERANCIAS DE INSTALACIÓN

La instalación de dispositivos de apoyo correrá a cargo del fabricante de los elementos preesforzados, debiendo quedar ubicados en los sitios según proyecto. A la SUPERVISIÓN le corresponderá fijar las tolerancias de los conceptos que a continuación se mencionan en función del procedimiento constructivo, cumplimiento del proyecto geométrico, evitar daños estructurales y del buen funcionamiento de los elementos en condiciones de servicio.

1. Tolerancia longitudinal.
2. Tolerancia transversal.
3. Encuadre de los dispositivos de apoyo.
4. Horizontalidad longitudinal.
5. Horizontalidad transversal.
6. Horizontalidad de los accesorios.
7. Por ningún concepto se aceptarán elementos que no cumplan estos requerimientos.
8. El fabricante de elementos preesforzados protegerá de manera suficiente los dispositivos de apoyo de tal forma que éstos no sufran deterioro alguno durante su traslado y maniobra de montaje.

ACEPTACIÓN

El dispositivo de apoyos de neopreno deberá ajustarse a lo establecido en estas especificaciones antes de ser aceptado por la supervisión.

GLOSARIO

AASHTO: Asociación Americana de Carreteras Estatales y de Transportación Oficial, (American Association of State Highway and Transportation Officials).

ACI: Instituto Americano del Concreto, (American Institute of Concrete).

ANIPPAC: Asociación Nacional de Industriales de Prefuerzo y la Prefabricación.

ASTM: Sociedad Americana para Pruebas de Materiales, (American Society for Testing Materials).

AWS: Sociedad Americana de Soldadura, (American Welding Society).

EMA: Entidad Mexicana de Acreditación.

IMCYC: Instituto Mexicano del Cemento y Concreto.

NOM: Norma Oficial Mexicana.

NMX: Norma Mexicana.

PCI: Instituto del Concreto Presforzado, (USA).

RCDF: Reglamento de Construcción para el Distrito Federal.