



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

***PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA PRIMERA  
FASE (TOREO- LOMAS VERDES) DEL VIADUCTO  
BICENTENARIO DEL ESTADO DE MÉXICO.***

Que para obtener el título de:  
**INGENIERO CIVIL**

Presenta:

**CRUZ GUERRERO OMAR JOSUÉ**

Director de tesis:

**M.I. NARCIA MORALES CARLOS**

*México D.F. Abril 2013*



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA  
COMITÉ DE TITULACIÓN  
FING/DICyG/SEAC/UTIT/185/12

Señor  
OMAR JOSUÉ CRUZ GUERRERO  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. CARLOS NARCIA MORALES, que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

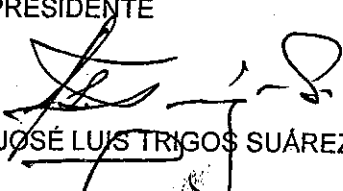
**"PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA PRIMERA FASE (TOREO-LOMAS VERDES) DEL VIADUCTO BICENTENARIO DEL ESTADO DE MÉXICO"**

- INTRODUCCIÓN
- I. ESTUDIOS PREVIOS
- II. PROYECTO
- III. CONSTRUCCIÓN
- IV. GUARNICIONES Y PARAPETOS METÁLICOS
- V. COSTO Y TIEMPO DE EJECUCIÓN
- VI. 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 25 febrero de 2012.  
EL PRESIDENTE

  
M.I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ

JLTS/MTH/gar.

# Agradecimientos

***A mi madre Mary:***

Por darme la vida, por su cariño y que con su amor, esfuerzo he alcanzado una meta al cual hemos llegado juntos. ¡Lo hemos logrado!

***A mi padre Ramón:***

A quien admiro por el esfuerzo de cada día, por tu apoyo incondicional y por creer en mi.

***A Evelyn:***

Gracias hermana por tu enorme apoyo y tus acertados consejos.

***A Laura:***

Por darme la confianza, el amor e impulsarme en este camino. Te amo.

***A Ileana:***

Gracias hija por iluminar mi vida.

***Al M. I. Carlos Narcia:***

Por su tiempo, interés y apoyo.

***Al Ing. Arturo Centeno:***

Por apoyar en la realización de esta tesis.

# Dedicatorias

A mi tío Abraham†, aquí esta lo prometido.

Esta tesis es gracias al esfuerzo de todos. La dedico a mis padres y familia quienes siempre creyeron en mí, por su paciencia. A mis abuelitas Elvira y Genoveva. A Carlos Enrique y Claudia. A mis amigos. A mi Facultad de Ingeniería, mis profesores y mi universidad amada.

*Por mi raza hablara el espíritu*



# ÍNDICE

OBJETIVO.....	- 1 -
1. INTRODUCCIÓN.....	- 1 -
1.1. HISTORIA DE LAS VIALIDADES EN LA ZONA METROPOLITANA.....	- 2 -
1.2. TIPOS DE SISTEMAS DE VIALIDADES.....	- 3 -
1.3. SITUACIÓN ACTUAL DE LA VIALIDAD EN LA ZONA METROPOLITANA .....	- 6 -
2. ESTUDIOS PREVIOS.....	- 8 -
2.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO .....	- 8 -
2.2. OBRAS INDUCIDAS .....	- 9 -
2.3. GEOTECNIA.....	- 12 -
2.4. AFOROS VEHICULARES .....	- 13 -
2.5. IMPACTO AMBIENTAL .....	- 14 -
3. PROYECTO.....	- 16 -
3.1. DESCRIPCIÓN .....	- 16 -
3.2. INSTALACIONES ELÉCTRICAS .....	- 22 -
3.3. INSTALACIONES HIDRÁULICAS.....	- 23 -
3.4. DESVÍOS VEHICULARES .....	- 25 -
4. CONSTRUCCIÓN .....	- 28 -
4.1. CIMENTACIÓN PARA PILAS .....	- 28 -
4.1.1. CIMENTACIÓN PROFUNDA Y SUPERFICIAL.....	- 29 -
4.2. ZAPATAS COLUMNA PREFABRICADAS .....	- 40 -
4.3. TRABES TIPO ARTESA .....	- 50 -
4.4. TABLETAS.....	- 65 -
4.5. JUNTAS DE CALZADA.....	- 71 -
4.6. FIRME DE COMPRESIÓN .....	- 71 -
5. GUARNICIONES Y PARAPETOS METÁLICOS.....	- 77 -
6. COSTO Y TIEMPO DE EJECUCIÓN .....	- 79 -
7. CONCLUSIONES .....	- 82 -



## OBJETIVO

Describir el proceso de construcción de la vialidad elevada para poder entender su función en la disminución de tiempo de trayectos, contaminación así como entender los diferentes procesos cronológicamente necesarios para su construcción.

## 1. INTRODUCCIÓN.

La ciudad de México así como su área conurbada, ha tenido un crecimiento exponencial en su población, por lo que han aumentado también sus necesidades. Se ha hecho necesario pensar y desarrollar nuevos métodos para el buen funcionamiento de la sociedad.

El crecimiento poblacional se manifiesta con el aumento del consumo de servicios, comida y transporte, también aumenta la demanda de trabajo, queda entonces un sistema de servicios saturado y con mal funcionamiento. Uno de los puntos principales es el de medios de transporte, que no han tenido un desarrollo óptimo que cubra las nuevas necesidades de la población. Existe saturación masiva de medios de transporte, de vialidades, la explotación de los medios ambientales ha crecido también de manera exponencial.

La Ingeniería Civil es una herramienta primordial para estos cambios ya que con ella es posible modificar el medio físico, y hacer las adecuaciones necesarias para satisfacer las demandas de la sociedad. Algunos autores describen así a esta rama de la ingeniería: *“La ingeniería civil tiene hoy mucha presencia, configura el territorio, lo ordena y crea paisaje. Esto último es fundamental, porque más allá de la funcionalidad, la ingeniería es presencia rotunda en el paisaje”*<sup>1</sup>. La Real Academia de la Lengua Española la define de la siguiente manera *“Aplicación de las ciencias fisicomatemáticas a la invención, perfeccionamiento y utilización de la técnica industrial. Conjunto de los estudios que permiten determinar, para la realización de una obra o un programa de inversiones, las orientaciones más deseables, la mejor concepción, las condiciones de rentabilidad óptimas y los materiales y procedimientos más adecuados.”*<sup>2</sup>

Después de revisar estas definiciones se puede decir que el ingeniero civil tiene la tarea de evolucionar con respecto al tiempo, debe haber un cambio constante que le permita seguir al ingeniero el paso de los cambios en las sociedades, de sus nuevas demandas y necesidades.

---

<sup>1</sup> Javier Manterola, con motivo de la presentación de su libro “la obra de Ingeniería como obra de arte”

<sup>2</sup> Real Academia de la Lengua Española.

## 1.1. Historia de las vialidades en la Zona Metropolitana.

En este primer capítulo se hará una semblanza de las vialidades del Distrito Federal, se revisará su origen y desarrollo para tener un panorama de la situación vial que permita situar más adelante el objetivo de estudio de este trabajo de investigación: el Viaducto Bicentenario del Estado de México.

Fue durante la década de los cincuenta cuando el área urbana sobrepasó los límites del Distrito Federal motivado por las leyes emitidas en el DF al prohibir la creación de mas zonas fraccionamientos residenciales e industriales, en 1957 se creó Ciudad Satélite, haciendo indispensable la construcción de la rama poniente del anillo periférico que se une al norte con la carretera México-Querétaro y al sur con el Viaducto Piedad. Durante la misma época se construyeron amplias avenidas sobre los ríos que se pensó en entubarlos, naciendo las avenidas Churubusco, Río San Joaquín y Consulado. La mancha urbana adquirió proporciones gigantescas y la gente que pensó que ir a los límites de la Ciudad de México para tener tranquilidad, menos carros y menos gente prontamente vio anulados sus sueños porque fue rebasado el proyecto.

En los cincuenta la ciudad tenía aproximadamente cuatro millones de habitantes, los viejos tranvías entrecruzaban la ciudad, el tráfico se tornaba denso y el sistema de autobuses no cubría las demandas de las personas que vivían fuera de la ciudad. En 1967 el gobierno de la Ciudad de México decidió comenzar la construcción de la primera línea del metro, oficialmente la construcción comenzó el 17 de junio de 1967, en la etapa primera se planeó una red de tres líneas con un total de 42.2 km. Hoy en día el metro del Distrito Federal es uno de los más utilizados, ocupando el tercer lugar mundial en captación de usuarios al transportar diariamente 3.9 millones de pasajeros al día (por debajo de Nueva York y Moscú)

Para este trabajo de investigación, es de suma importancia el Periférico Emilio Portes Gil, que en proyecto es un anillo exterior a la periferia de la Ciudad de México, que tiene un total de 100 km. construidos. Comienza en el norte del Distrito Federal en colindancia con el estado de México a la altura de Cuatro Caminos, sigue su trayectoria hacia el sur hasta Cuemanco, en esta vía de transporte diariamente se mueven millones de vehículos.

La planeación a futuro de las obras a desarrollar aumentará su tiempo de eficiencia y dará soluciones inmediatas en cuanto se inicien los problemas. Esto se hace mediante estudios históricos de estadística poblacional y tasa de aumento vehicular para tener una idea de cómo se comportará la población para poder adecuar las obras mitigando los problemas. Un ejemplo claro es el Plan Maestro del Sistema Metro del Área Metropolitana realizado en 1977 en el que se planea que el metro se extendiera a 15 líneas. Actualmente se esta construyendo la línea 12

## 1.2. Tipos de sistemas de vialidades

Los sistemas de vialidad se dividen de la siguiente manera:



Gráfica 1  
TIPOS DE SISTEMAS DE VIALIDADES

El sistema de transporte de una región está estrechamente relacionado con su sistema socioeconómico. Entre el sistema de transporte y el sistema socioeconómico existe una relación recíproca, es decir, el desarrollo de alguno tiene incidencia ineludible en el otro.

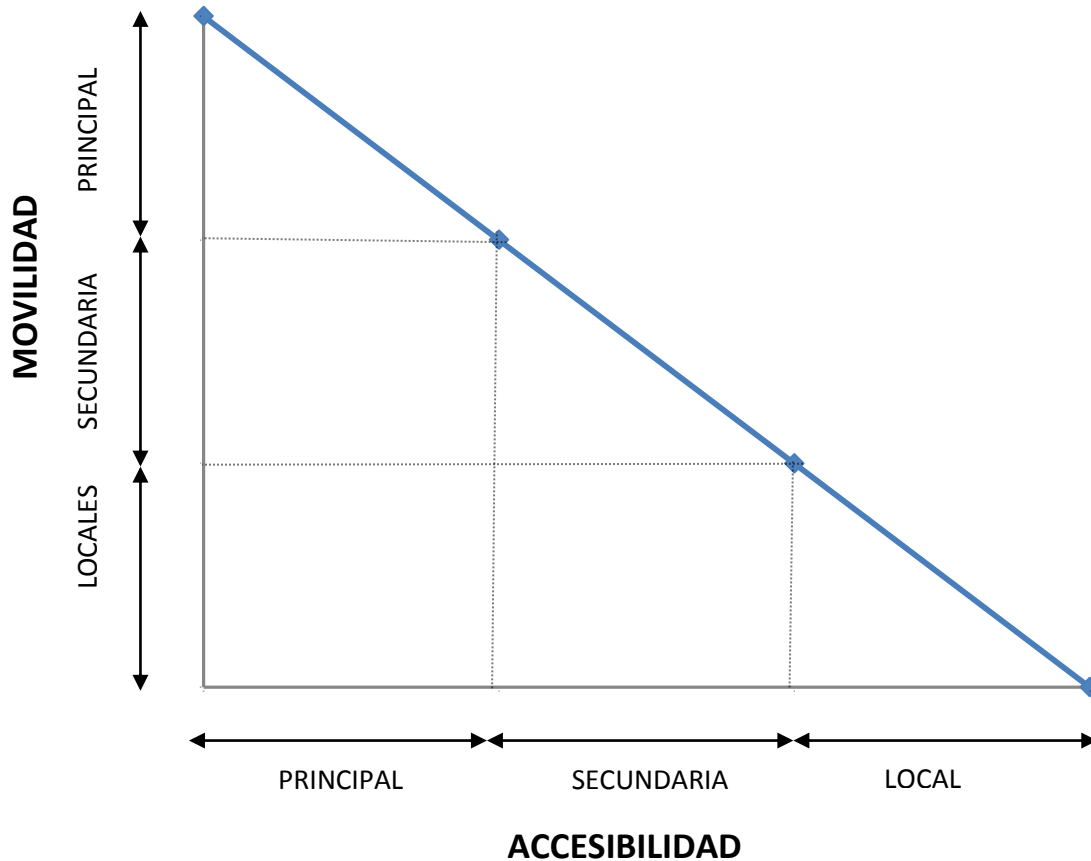
Para facilitar la movilidad es necesario disponer de carreteras y calles de alta velocidad, para tener acceso es indispensable contar con carreteras y calles de baja velocidad. Naturalmente, estos dos tipos de vialidades confluyen en un complejo entramado de carreteras y calles.

En términos generales, las carreteras y las calles urbanas se pueden clasificar según su funcionalidad en tres grandes grupos: principales o arterias, secundarias o colectoras y locales. Las autopistas y las vías rápidas son las que facilitan el movimiento expedito de grandes flujos de tránsito en determinadas áreas, pueden estar localizadas alrededor de la ciudad o en el área urbana. Están separadas del resto de las vías, hay un control total de sus accesos y no tiene comunicación directa con ninguna de las propiedades colindantes. Las autopistas están separadas totalmente de los flujos conflictivos, mientras que una vía rápida puede tener o no algunas intersecciones a desnivel, aun así una vía rápida puede ser la etapa anterior de una autopista. Estos dos tipos de arterias, autopistas y vías rápidas, son parte del sistema o red principal de un área urbana, son los ejes más importantes en torno a los cuales se irán planeando otros tipos de vías que irán surgiendo según las necesidades que se vayan planteando.

Las calles secundarias o colectoras son las que permiten el movimiento del tránsito entre áreas diferentes de una ciudad. Dan servicio directo a los generadores principales de tránsito y se conectan con el sistema de autopistas y vías rápidas. Con

frecuencia son divididas y pueden tener control total de los accesos, las calles secundarias se combinan entre sí para formar un sistema que mueve el tránsito en toda la ciudad, en todas direcciones.

Estas calles principales se ligan con las calles locales por medio de las calles secundarias. Las calles locales facilitan el tráfico local y son las que proporcionan acceso directo a las propiedades, sean éstas residenciales, comerciales, industriales o de algún otro uso; además de facilitar el tránsito local.



**Gráfica 2**  
**MOVILIDAD VS ACCESIBILIDAD DE SISTEMAS DE VIALIDADES**

En la Gráfica 2, se puede ver que una calle principal tiene mucha movilidad y poca accesibilidad mientras que una calle local tiene poca movilidad y mucha accesibilidad, por lo que las características de estas calles son inversamente proporcionales.

En un principio las calles principales y avenidas se construyen para distribuir el tráfico y que por ellas transiten gran cantidad de vehículos sin dificultad alguna, es decir, tienen mucha afluencia. Sin embargo, cuando estas obras son planeadas tiene mucho que ver con el contexto vial del momento en que se concibieron pero también

se hace un estudio que tenga un proyecto a futuro. Cuando se ven rebasadas las expectativas a futuro se tienen que planear nuevas soluciones para resolver los problemas que el nuevo horizonte plantea, para ello se debe realizar un estudio y una planeación integral que garantice el buen funcionamiento conjunto de la red vial.

Se deben de generar recursos para el desarrollo o mejoramiento de corredores viales estratégicos al interior de las principales ciudades mexicanas, las cuales padecen de una continua exposición a incrementos en la congestión vial, fenómeno que, en los últimos años ha presentado una mayor dinámica debido al crecimiento de la venta de vehículos

La implementación de peajes urbanos es un elemento del conjunto de medidas y políticas para favorecer, mejorar y fortalecer la movilidad de las ciudades.

Existen dos grandes tipos de sistemas de peajes urbanos:

- a) Peajes para el ingreso a zonas específicas de la ciudad con altos niveles de densidad y congestionamientos, con uso del suelo vinculados a actividades productivas (oficinas, comercio, viviendas) y restricciones en las alternativas de ampliación de ofertas
- b) Peajes de uso de carriles exclusivos o vías con características de mayores estándares de operación; corresponde a vías con cobro de peaje sobre el trayecto de una vía en específico que puede incluir controles de acceso. El pago puede ser por trayectos utilizados o por distancia recorrida

Los servicios de peaje urbano serán un complemento para hacer frente a los retos de movilidad de las ciudades congestionadas, entre otras razones, por la dinámica de los siguientes elementos:

- Alternativas para los viajes de transporte público y privado para los usuarios.
- Estacionalidad (horaria, entre semana y fin de semana, mensual).
- Densidad de población y de lugares de trabajo.
- Pesos relativos de viajes en la ciudad y su dinámica.
- Velocidad de desplazamiento en vías arterias.
- Propiedad de vehículos privados (autos, camiones, autobuses, motos).

(Y MAYOR LEACH, MARZO- ABRIL 2010)

### 1.3. Situación actual de la vialidad en la Zona Metropolitana

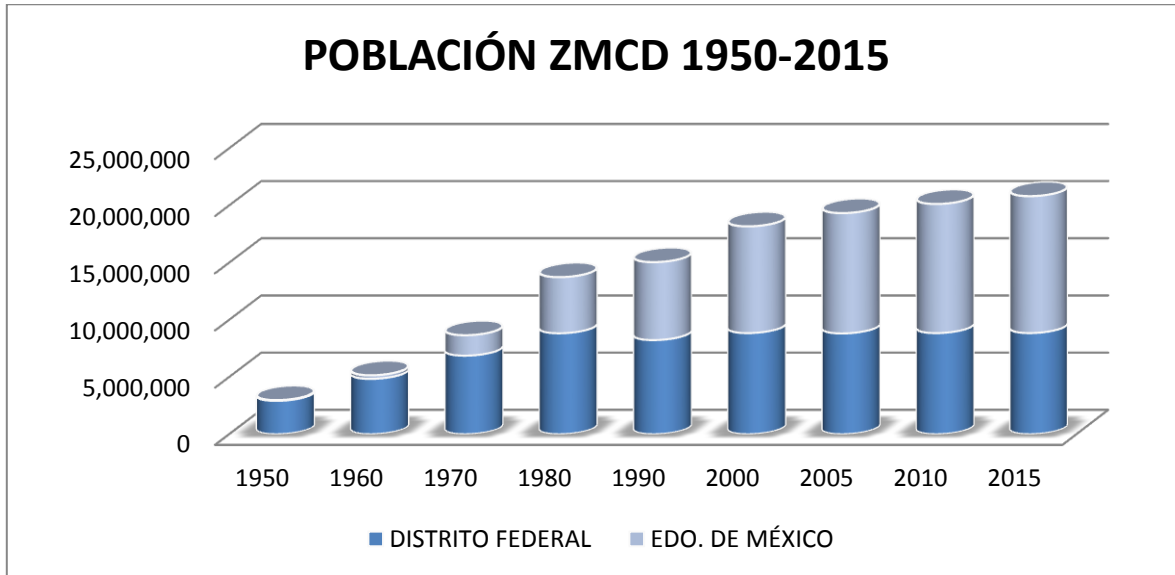
El crecimiento desmesurado de la población del Distrito Federal, así como del Estado de México ha modificado claramente el comportamiento de la dinámica poblacional. La centralización de la economía en algunos puntos del D.F. y el crecimiento de la marcha urbana en la zona metropolitana ha ido alejando poco a poco los centros de trabajo de las viviendas. Este fenómeno origina un gran problema: la cantidad de personas que por las mañanas viajan a su centro de trabajo y que por las noches vuelven a sus hogares se ha incrementado y a la vez origina caos vial.

La demanda de automóviles y las facilidades para obtenerlos han aumentado considerablemente la cantidad de vehículos aun así, no ha habido modificación alguno a las vialidades.

La movilidad se refiere tanto a la demanda de viajes que requiere una población creciente y con empleos, viviendas y accesos de educación, cultura y comercio, cada vez mas distanciados entre sí, y por otro lado, a la oferta de infraestructura vial de avenidas y calles, con sus intersecciones, así como a los diversos servicios que se utilizan para realizar los viajes, desde el auto particular, el transporte público de mediana y gran capacidad, como los autobuses y el metro, y una creciente dotación de transporte concesionado como los taxis y los microbuses. Los llamados medios de transporte.

Los problemas de la movilidad que son generadores de molestias cotidianas y masivas, son un síntoma de un malestar más profundo: el modo desordenado en que ha crecido nuestra ciudad y la metrópoli, con graves riesgos para la sustentabilidad de la vida de la Zona Metropolitana del Valle de México. Por eso el centro de debate no sólo se refiere a evaluar la eficacia de las medidas para aumentar la velocidad en la movilidad, sino a sus efectos para corregir o aumentar los desequilibrios del crecimiento urbano

La Zona Metropolitana del Valle de México se encuentra en una cuenca casi cerrada ubicada a 2 240 metros sobre el nivel del mar, hace mas de cinco décadas se inició la ocupación masiva de su territorio por una población de crecimiento constante y con actividades muy diversas que excedió los límites administrativos y políticos de la ciudad para mezclarse con los municipios del vecino Estado de México y que hoy integra a las 16 delegaciones del D.F., 58 municipios del Estado de México y uno del estado de Hidalgo para configurar la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). La población pasó de 2 millones 953 mil habitantes en 1950 a 20 millones 132 mil en el año del 2010. La ocupación física del territorio pasó de 22 mil hectáreas a mas de 741,000 hectáreas que representa el 0.37% de la superficie total del país. En este fragmento de territorio nacional ocurrió la concentración humana, industrial, comercial y financiera mas importante del país, donde se asientan 35 mil industrias y 3.5 millones de vehículos con altos consumos de energía fósil (gasolina, diesel y gas)



**Gráfica 3**  
**INCREMENTO DE POBLACIÓN EN ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

Los medios que la población usa para transportarse son el metro, camiones RTP, línea verde RTP, microbuses, taxis, tren suburbano y automóviles particulares. Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) cada día hábil se efectúan 22 millones de viajes

Lo que respecta a los automóviles particulares, hay una gran población de estos ya que por este medio se transportan el 31% de las personas.

Es conocido que gran parte de la población que se moviliza al centro del Distrito Federal por las mañanas lo hace por causas de trabajo, es conocido también las problemáticas de tráfico que este movimiento ocasiona. Lo mismo sucede por las tardes, al salir de las labores y transportarse las personas a sus casas, se genera tráfico denso de sur a norte.

Actualmente 303 mil vehículos circulan diariamente sobre el Periférico Norte, lo cual produce problemas de tráfico a toda hora.

Para atender a esta problemática en el norte de la ciudad se planeó y desarrolló el proyecto “Viaducto Bicentenario del Estado de México”, que al estar completado en su totalidad, conectará a Naucalpan con Cuautitlán Izcalli por una vía elevada, disminuyendo el tiempo de recorrido de todas las personas que utilizan esta vía.



## 2. ESTUDIOS PREVIOS

Los estudios previos representan los cimientos del proyecto, ya que dan una idea exacta de las características físicas y geográficas con las que el desarrollo del proyecto se enfrenta. El reconocimiento de estas características dictan las bases sobre las cuales se hará el diseño, es decir es una de las partes más importantes del proyecto. Hay que poner especial atención en este punto ya que es el principio de la construcción, plasmar en gabinete lo que se tiene en campo.

### 2.1. Levantamiento topográfico

Fue necesario realizar en este punto un muestreo de características físicas y delimitación del terreno para ver cuáles iban a ser las formas prevaletientes o que puedan representar mayor problemática, tener presentes estas características permite “ahorrar” porque es posible dar soluciones anticipadas a tiempo. El estudio topográfico tiene que ver con el conjunto de principios y procedimientos que tienen como objeto la representación gráfica de la superficie del terreno. Para esto se utilizan un sistema de coordenadas tridimensional, siendo la X y la Y competencia de la planimetría, y la Z de la altimetría.

En esta parte de los estudios previos se realizaron visitas de campo al lugar donde se tiene planeado llevar a cabo la construcción: entradas y salidas de la superestructura, apoyos y obras auxiliares y obras inducidas.

Al hacer un estudio visual del lugar, se inician los estudios de topografía que consisten en hacer las mediciones para poder localizar los puntos exactos de ubicación de las estructuras, así como las dimensiones.



Imagen 1  
TOPÓGRAFO



Se inicia poniendo o localizando puntos o bancos de niveles iniciales en campo, que van a seguir el cadenamamiento de la obra. Una vez que se han localizado los niveles iniciales en campo es mucho más fácil localizar los diferentes puntos y son éstos los que van a regir la construcción. El cadenamamiento 0+ 000 esta localizado en donde se encontraba el Toreo de Cuatro Caminos con el inicio del distribuidor vial Toreo y el final de esta etapa se encuentra en el Distribuidor vial Lomas Verdes con cadenamamiento 4+ 200.

Para realizar las mediciones es de suma importancia contar con aparatos precisos como son las estaciones totales, en las cuales se van obteniendo las mediciones físicas del terreno, para poder después plasmar por medios computacionales y humanos, la edificación, de ésta manera el porcentaje de error se ve disminuido.

Una estación total es un instrumento con el cual se obtienen mediciones que se apoyan en la tecnología electrónica. Se les llama estación total porque en un solo instrumento se reúne la capacidad de medir ángulos, distancias y niveles, antes, realizar estas mediciones precisaba echar mano de diferentes instrumentos.

Se dividió el trabajo topográfico en dos actividades: llevar el terreno al gabinete (mediante la medición de puntos o relevamiento, su archivo en el instrumental electrónico y luego su edición en la computadora) y llevar “el gabinete al terreno” (mediante el replanteo por el camino inverso, desde un proyecto mediante puntos sobre el terreno). Los puntos relevados o replanteados tienen un valor tridimensional, lo que quiere decir que se determina la ubicación de cada punto en el plano horizontal (de dos dimensiones, norte y este) y en altura (tercera dimensión).

## 2.2. Obras inducidas

Las obras inducidas son las obras existentes que interfieran en la construcción de la obra y en este punto se realizan planos en donde se determinan la ubicación y trayectoria de las instalaciones que se pueden detectar a simple vista y las que se han localizado a través de la información proporcionada por las dependencias encargadas de las mismas, a partir de esta información y de la localización de los elementos estructurales, se define el desvío de tuberías, estructuras, cableados y canalizaciones, las cuales son las primeras actividades de la obra civil a realizar.

Es determinante en este punto, hacer las supervisiones necesarias y tener muy en cuenta a las diferentes dependencias, ya que el movimiento de estas obras deben de ser de común acuerdo y basadas en las normas de las dependencias sin dejar afuera a las normas de la entidad.



**Imagen 2**

**INSTALACIÓN DE AGUA POTABLE REUBICADA POR INTERSECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN**

Conforme se realizaron los estudios visuales en campo, así como los estudios de los planos de las instalaciones existentes, se llegó a la conclusión que algunos cambios o instalaciones no estaban ubicados en la base de datos ni en los datos existentes por lo que se informó a la dependencia.

Este trabajo estuvo ligado y muy de la mano entre la constructura e institución para tener un informe y un acuerdo en común acerca de la solución de los problemas que atañan en la construcción del Viaducto Bicentenario del Estado de México.



**Imagen 3**

**ELABORACIÓN DE ZAPATA PARA  
LEVANTAMIENTO DE TORRE DE ALTA  
TENSIÓN**

Para la realización de la inspección visual y física se realizaron calas o sondeos simples a cielo abierto, con las cuales se pudo tener en cuenta los niveles de arrastre y trayectorias de instalaciones conocidas.

Se encontraron y dieron respuestas a interferencias de agua potable, anuncios espectaculares, interferencias eléctricas, interferencias de gas, postes eléctricos, instalaciones de telefonía, líneas de drenaje que interfieren en el desplante y construcción del Viaducto Bicentenario del Estado de México.



**Imagen 4**  
**CONEXIÓN DE CABLES ALTA TENSIÓN POR PERSONAL DE CFE**

de Electricidad, imagen 4, dándose como respuesta el subir los cables 2 metros mas, con eso no habría ningún problema con la construcción. La obra civil estuvo a cargo de la constructora, mientras que las conexiones y movilización de cables fue a cargo de la dependencia.

Cabe mencionar un caso muy particular y el que causó problemas. En la entrada del Distribuidor Tereo en el cadenamamiento 0+460, como se ve en la imagen 5, se encontró una torre de alta tensión, la cual iba a interferir en la vialidad por la altura de los cables que iban a causar daños por la altura baja que se encontraba el tirante de las cables. Los cables de alta tensión se encontraban a 20 m de altura (tirante mas bajo). Esto causó una gran expectativa, ya que eran cables de alta tensión con torre. Se trabajó conjuntamente con Comisión Federal



**Imagen 5**  
**INTERSECCIÓN DE CABLES EN VIALIDAD**



**Imagen 6**  
**LEVANTAMIENTO DE CABLES TERMINADO**

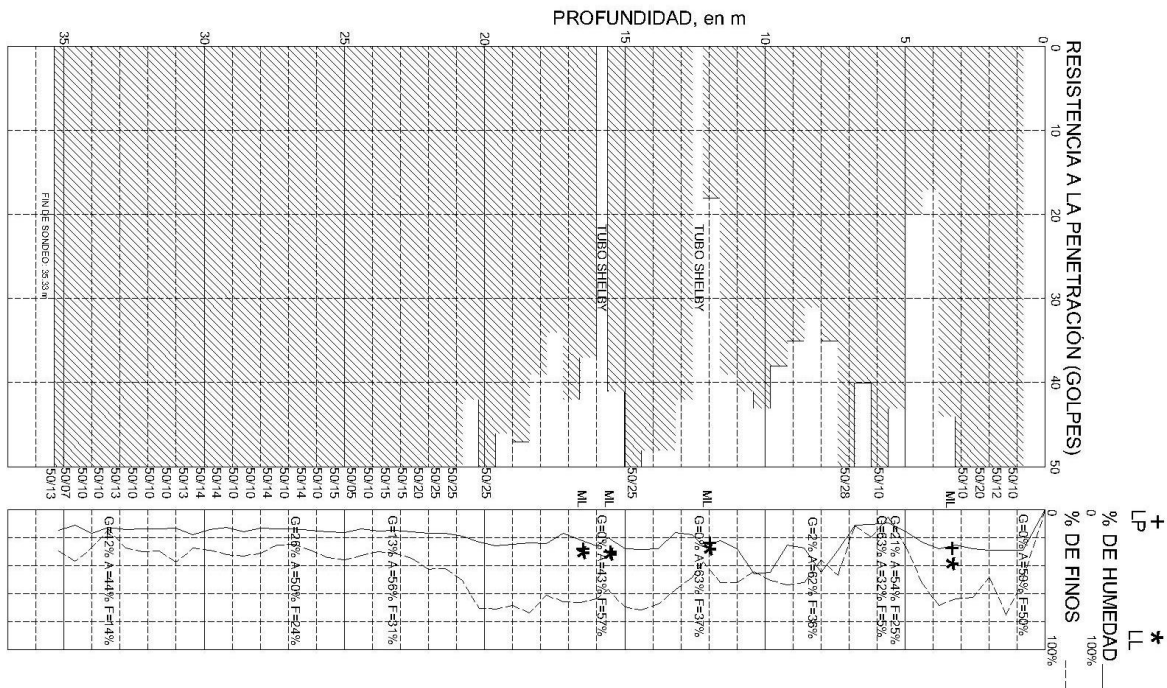
### 2.3. Geotecnia

En esta zona se encontró la siguiente estratigrafía en uno de los sondeos entre el apoyo A 31 y A 32 y fue por medio del método de penetración estandar

Profundidad	Descripción	Color
0.00 a 7.30	Arena limosa de compacidad media a alta, con poca presencia de gravillas	Café claro
7.30 a 11.8	Arena pumítica, con presencia de material limoso	Café claro y tonos blancuscos
11.8 a 17.2	Arcilla limo arenosa de consistencia media a alta	Café claro
17.2 a 21.00	Limo arenoso, de consistencia media, con poca presencia de gravillas	Café claro
21.00 a 35.33	Arena poco limosa, con presencia apreciable de gravillas, material de compacidad alta	Café claro

**Tabla 1**  
**ESTRATIGRAFÍA ENCONTRADA EN SUELO DE OBRA**

La capacidad de carga del suelo fue de 2 ton/m<sup>2</sup>



**Imagen 7**  
**ESTRATIGRAFÍA**



## 2.4. Aforos vehiculares

La saturación de las vialidades genera bajas velocidades.

Se realizó un estudio de tránsito necesario para proyectar la vía de comunicación, para seleccionar, localizar las intersecciones, los accesos y los servicios. Estos dependen de la cantidad de automóviles que utilicen esta vía, el volumen de tránsito que circulan en un intervalo de tiempo dado al igual que su variación, su tasa de crecimiento y su composición. Este estudio trató de ser lo mas preciso posible, ya que errores en este punto determinan problemas de congestión en poco tiempo, ya que no se realizó una previsión de lo proyectado y se tendría que dar otra solución inmediata

El volumen de tránsito es el número de vehículos que pasan por un tramo de vía terrestre en un intervalo de tiempo. Los intervalos mas usuales son la hora, el día, el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) siendo este el promedio de los volúmenes diarios que son registrados con el tiempo.



Imagen 8  
FLUJO DE AUTOS EN AMBAS DIRECCIONES

Para la obtención de información referente a los volúmenes de tránsito existen los métodos de aforo vehicular. El aforo es una muestra de los volúmenes para el periodo en el que se realiza y tienen como objetivo cuantificar el número de vehículos que pasan por un punto, sección de camino o en una intersección

El método utilizado fue el aforo mecánico, el cual se realiza con aparatos que por medio de rayos de luz almacenan datos y registran en unidades especiales que al retirarse del lugar de aforo. Son vaciados directamente a una computadora, dando como resultado volúmenes por periodo de tiempo, velocidades y hasta una clasificación vehicular. Los resultados obtenidos se ven en la tabla 2.

DATO	CANTIDAD	UNIDAD
Extensión vialidad	22	km
Aforo diario promedio	303,000	vehículos
Transporte público	30,000	vehículos
Transporte particular	273,000	vehículos
Promedio velocidad en tramo	10	km/hr
Aforo anual promedio	79,083,000	vehículos
Tasa anual de crecimiento vehicular	9	%
Padrón vehicular registrado en el DF	3,682,026	vehículos

**Tabla 2**  
**DATOS OBTENIDOS EN ESTUDIO DE AFORO VEHICULAR**

## 2.5. Impacto ambiental

Se desarrolla un estudio sobre el medio ambiente y las modificaciones que se generarán con la introducción de un medio externo. “Es importante demostrar a los agentes socioeconómicos, como es el caso de promotores, autoridades, proyectistas y gestores que lejos de un enemigo a vencer, el medio ambiente es un aliado para la mejora del proyecto y de sus efectos en todos los campos, incluido el económico.” (GÓMEZ OREA, 1999)

El medio ambiente es el sistema constituido por los elementos físicos, biológicos, económicos, sociales, culturales y estéticos que interactúan entre sí, con el individuo y con la comunidad en que vive, determinando la forma, el carácter, el comportamiento y la supervivencia de ambos.

En el Estudio de Impacto Ambiental se deben de tener en cuenta los factores ambientales que son:

- El ser humano, la fauna y la flora.
- El suelo, el aire, el agua, el clima y el paisaje.

- Los bienes materiales y el patrimonio cultural.
- La interacción entre los factores antes mencionados.

Los resultados de este estudio fueron contundentes y demostraron que era necesaria la construcción del Viaducto Elevado del Estado de México. Los altos grados de contaminación del aire, las pérdidas de hora-hombre producidas por el tráfico automotriz denso desencadenaban la producción de basura, emisión grandes cantidades de gases producidos por la combustión de los automóviles y descenso en la calidad de vida de las personas que diariamente transitan la zona que ya antes se ha delimitado. Estas problemáticas justificaron el arranque del proyecto Viaducto Bicentenario.

De acuerdo con el programa de Calidad del Aire 2002- 2010, los vehículos automotores de la Zona Metropolitana del Valle de México son la principal fuente de contaminación atmosférica. Para que ese alto impacto ambiental se produzca concurren varios factores: la cantidad de automotores, superior a los tres millones de unidades, la expansión de la mancha urbana la cual impacta en el incremento del kilometraje recorrido por viaje, y la saturación creciente de la red vial que obliga a incrementar el tiempo de operación de los motores en condiciones ineficientes y bajas velocidades de circulación. Por todo ello para satisfacer la demanda de energía de esta flota inmensa, con viajes largos y velocidades lentas se requieren de 4.5 millones de litros de diesel, 18 millones de litros de gasolina y 700 mil litros de gas licuado de petróleo diariamente.

De acuerdo al Inventario de Emisiones de la ZMVM del 2008, del total de vehículos, 94% de ellos utilizan gasolina, el 5% consumen diesel y el 1% gas LP. Del parque vehicular que utiliza gasolina, el 52% de los vehículos son anteriores a 1990, carecen de tecnología ambiental, son altamente emisores y aportan cerca del 68% de las emisiones totales. El 48% restante de los vehículos y que son los de 1991 en adelante, cuentan con tecnología ambiental y participa con el 32% de las emisiones

Cabe destacar que uno de los puntos a favor acerca de la construcción de esta vialidad elevada, es que hay una afectación mínima con respecto al impacto ambiental ya que se utiliza y aprovecha infraestructura ya creada sin afectar el uso de suelo debido a que se trata de aprovechar los derechos de piso ya creados y el impacto ambiental producido por las vialidades existentes ya fueron hechos al inicio de la construcción

Se realizó un inventario de la cantidad de árboles existentes sobre la vía y luego se acordó con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) que por cada árbol deforestado se plantarían cinco árboles más. En algunos casos, la edad de los árboles ameritó respetar el lugar donde estaba plantado. Esta reglamentación con respecto a la tala de árboles está reglamentada en cada estado, siendo la SEMARNAT la vigilante principal del cumplimiento de los estatutos.

La SEMARNAT no regula únicamente la deforestación causada por la

construcción, otros lineamientos que se tuvieron que respetar para la construcción de éste proyecto vial fueron los siguientes:

Los bancos de materiales y tiraderos municipales deben de estar afiliados a la SEMARNAT para poder ser utilizados por el Viaducto Elevado del Estado de México.

### 3. PROYECTO

#### 3.1. Descripción

El proyecto Viaducto Bicentenario inicia de sur a norte en el municipio de Naucalpan de Juárez, en su camino atraviesa los municipios de Tlanepantla de Baz, Cuautitlán Izcalli y Tepozotlán, todos ellos pertenecientes al Estado de México, México.

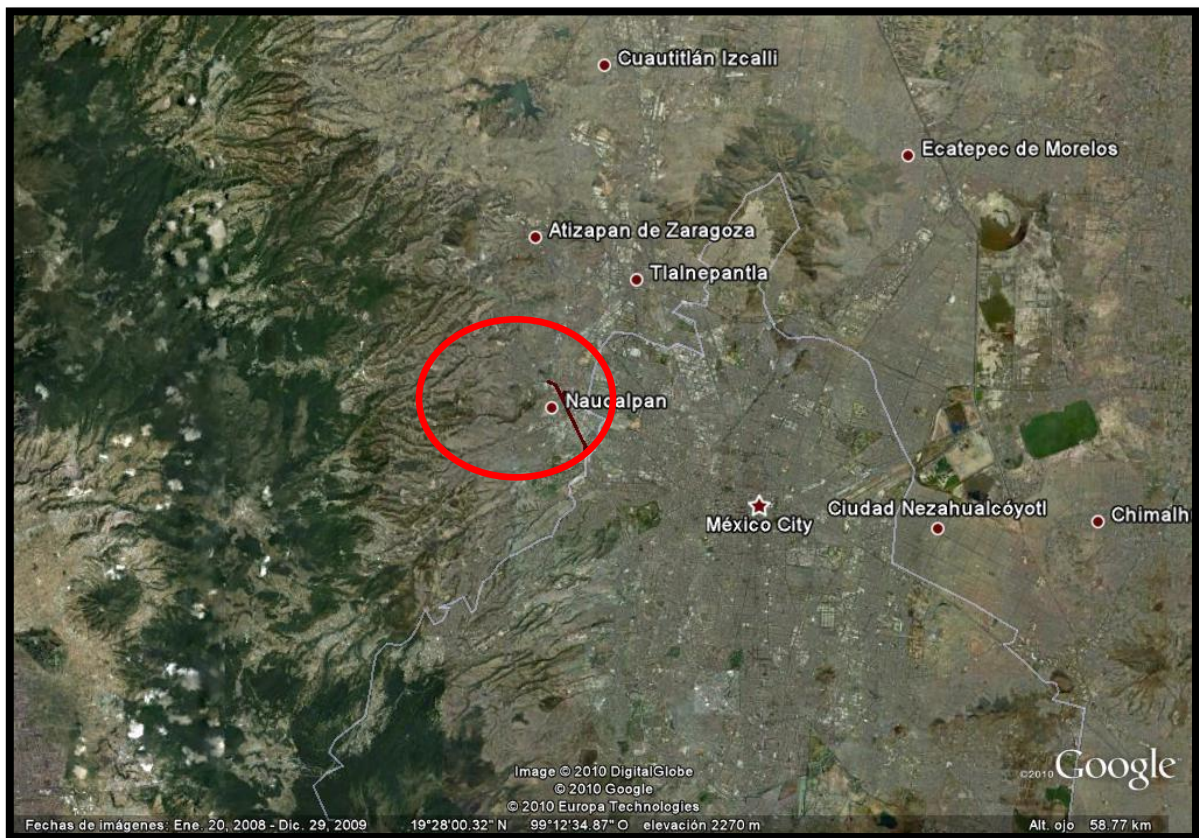


Imagen 9  
UBICACIÓN DEL VIADUCTO BICENTENARIO VÍA SATELITAL

Esta opción vial se desarrollará paralelamente al Periférico Norte y a la carretera México- Querétaro.



El cadenamiento inicial del proyecto se encuentra en el punto con coordenadas de latitud  $19^{\circ} 27'12.55''$  Norte, longitud  $99^{\circ} 13'11.52''$  Oeste, donde se encontraba el Toreo de Cuatro Caminos.



Imagen 10

**VIADCUTO BICENTENARIO UNIRÁ EL ESTADO DE MÉXICO CON EL DISTRITO FEDERAL**

El Viaducto Bicentenario tiene principio en las colindancias del Estado de México y el Distrito Federal como se ve en la imagen 10

El proyecto llamado Viaducto Bicentenario del Estado de México es una vialidad elevada al periférico Norte, inicia en el Estado de México, desde el Terecote Interchange hasta el kilómetro 44 de la autopista México- Querétaro y tendrá una longitud de 32 km. Se construirán dos cuerpos elevados, cada uno con tres carriles de circulación, un cuerpo en dirección Cd. de México-Edo de México y el otro en dirección Edo de México- Cd. de México.



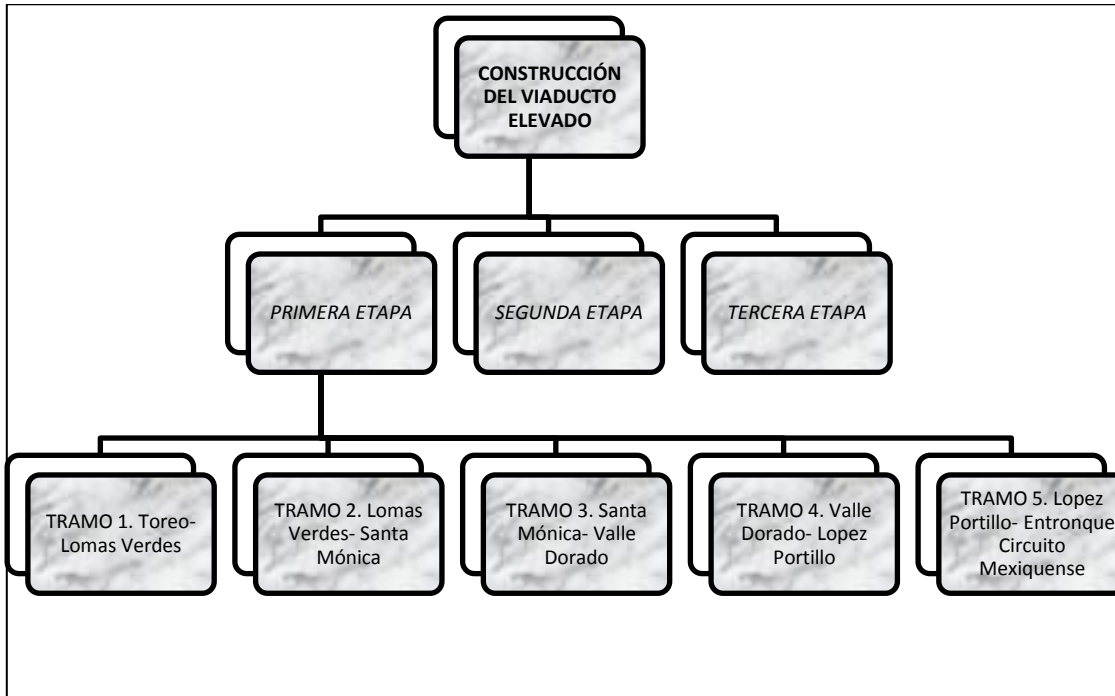
**Imagen 11**  
**ESTRUCTURA GENERAL DEL VIADUCTO BICENTENARIO**

El Viaducto Bicentenario está estructurado en tres etapas de construcción, siendo la primera en el sentido México-Querétaro entre el Toreo y el municipio de Cuautitlán Izcalli de una longitud de 22 km. La segunda etapa se realizará en dirección a la Ciudad de México, con punto de partida en Cuautitlán Izcalli. La última etapa será la ampliación de 10 km. a las dos etapas anteriores.

Esta construcción se encuentra completamente en el Estado de México, atravesará los municipios de Naucalpan, Tlalnepantla, Cuautitlán Izcalli y Tepotzotlán

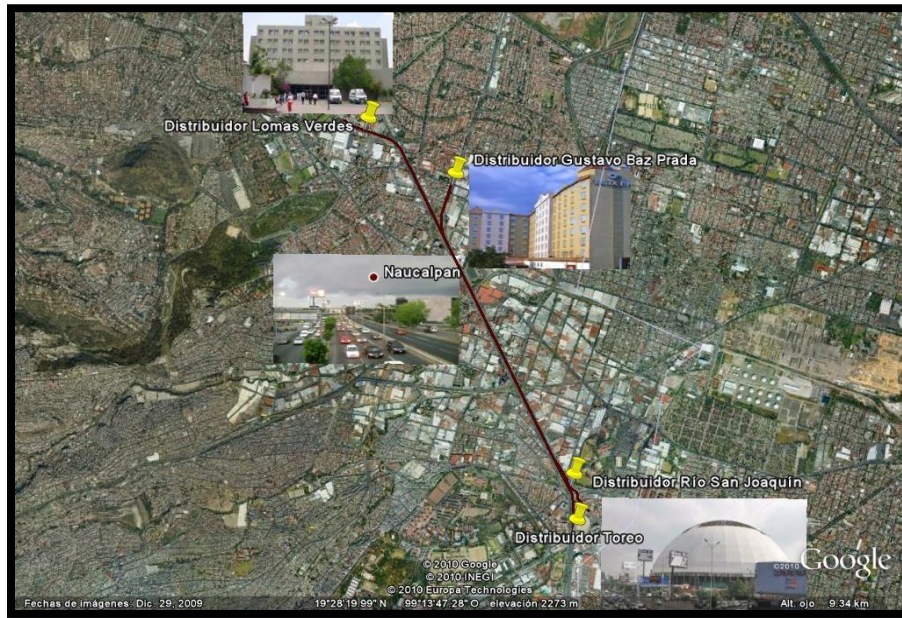
Será una vía de acceso pre-pagado por medio de Telepeaje. Este mecanismo funciona por medio de la compra de un dispositivo electrónico llamado TAG, que se tiene que adquirir para acceder a los distribuidos haciendo el pago a la salida de la ruta deseada, donde el sistema de cobro descuenta de la tarjeta el uso de la vía. El precio de uso de esta vía es de 1.2 \$/km

A su vez, cada etapa está dividida en tramos



**Tabla 3**  
**ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN DEL VIADUCTO BICENTENARIO DEL ESTADO DE MÉXICO**

En este trabajo se desarrollará la construcción del Tramo 1 de la primera etapa, que está constituida por la construcción de la vía elevada desde el Toreo de Cuatro Caminos hasta Lomas Verdes, un total de 4.2 kilómetros.



**Imagen 12**  
**DISTRIBUIDORES VIALES DE TRAMO 1**

Este primer tramo está conformado por un cuerpo elevado que contará con cuatro distribuidores, es decir, entradas y salidas del viaducto. Cada uno de estos distribuidores adopta el nombre de la calle en donde se encuentran, sus nombres son:

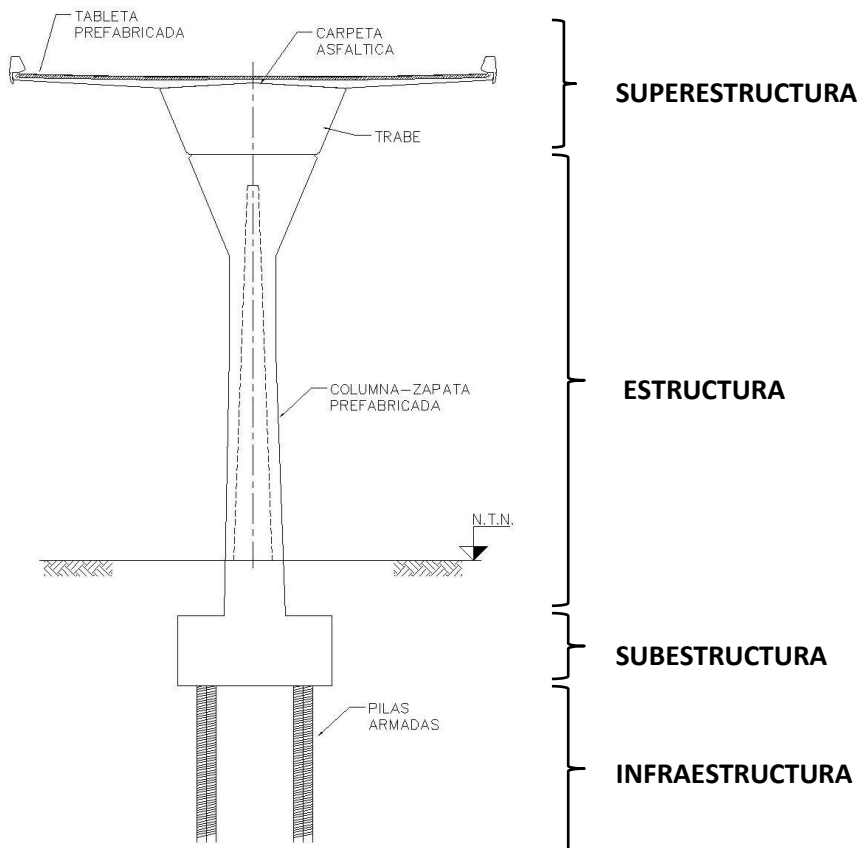
- Distribuidor Toreo
- Distribuidor Río San Joaquín
- Distribuidor Gustavo Baz
- Distribuidor Lomas Verdes

En cada uno de estos distribuidores habrá una zona de peaje o zona de Telepeaje para poder acceder a la vía. Este Telepeaje será por medio de sensores, los cuales al tener el TAG con saldo, abren automáticamente las plumas permitiendo acceso al auto. Este mecanismo representa una mejora en el ámbito del control de vialidades ya que la forma de pago es una de las más modernas ya que disminuye el tiempo de espera de pago, inmediatamente da acceso o no a la vía restando saldo a la tarjeta eliminando el personal de pagos de casetas quitándose las largas filas para poder entrar. Este tipo de cobro disminuye el tiempo de espera para pago, promueve la fluidez del tráfico, hay una eficiencia de los espacios ya que no hay caseta de cobro lo cual da más a la vialidad y por último no hay uso de dinero en efectivo eliminando las filas por el pago y entrega de cambio

La construcción de la vialidad elevada está dividida en superestructura, estructura, subestructura e infraestructura.

- Superestructura (Carpeta asfáltica, parapetos metálicos, guarniciones, losa de

- concreto reforzado y traveses prefabricados)
- Estructura (Columnas prefabricadas, topes antisísmicos, apoyos para neopreno)
  - Subestructura (Zapatatas)
  - Infraestructura (Pilas coladas en situ y ademe)



**Imagen 13**  
**DIVISIÓN DE ESTRUCTURA DEL VIADUCTO BICENTENARIO**

El ahorro en tiempo es un factor muy importante por lo que en esta obra se utilizaron elementos prefabricados por la cantidad de horas-hombre que se pierden al alterar las vías de comunicación con los desvíos. Cada hora que se ahorre en la construcción, representará una gran ventaja a los usuarios y a los constructores de la obra, de lo anterior se desprende que es de vital importancia utilizar elementos prefabricados como lo son en este caso la mayoría de las estructuras, con lo que se logró disminuir los tiempos de construcción.



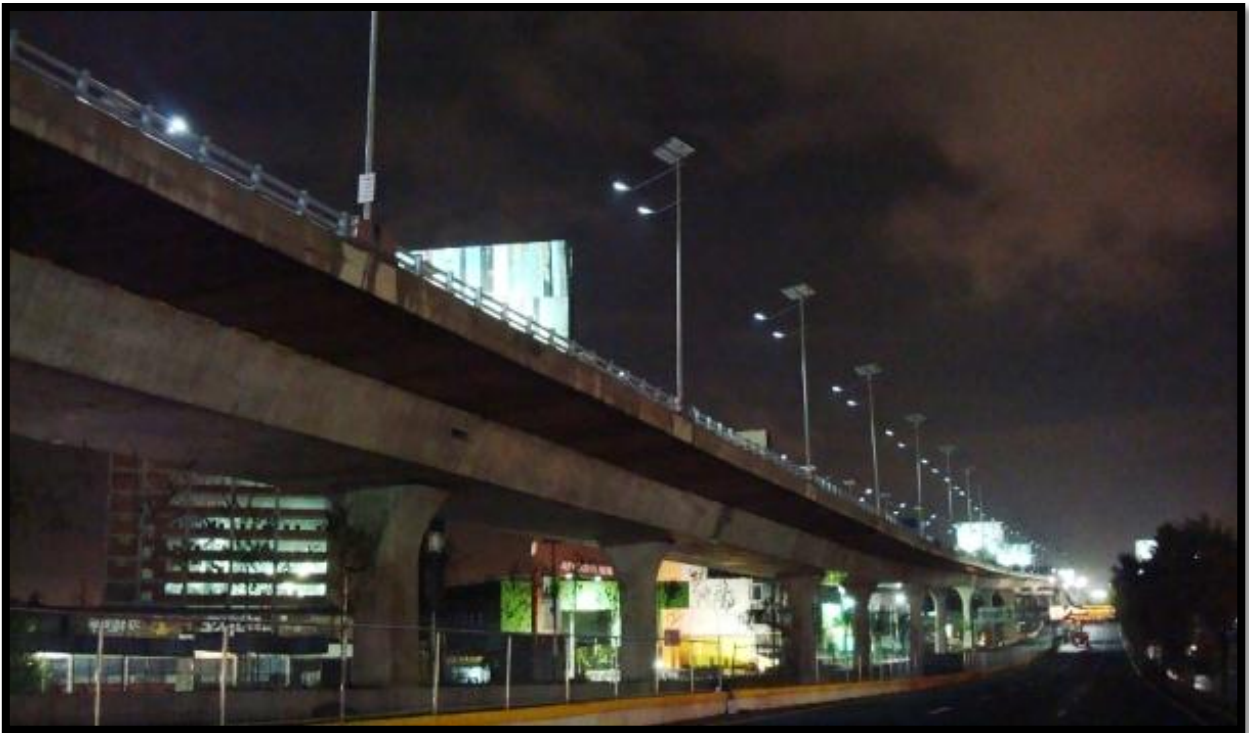
### 3.2. Instalaciones eléctricas

En esta obra la iluminación esta basada en energía solar, lo cual la convierte en una solución autosustentable y responsable con el medio ambiente. El alumbrado fotovoltaico es una propuesta moderna, vanguardista destacada por el enorme ahorro energético que representa y la gran aportación que significa esta iniciativa a la disminución de la huella de carbono donde se construye este viaducto.

El sistema eléctrico de esta obra esta constituido por lámparas con tecnología LED con paneles solares. Este tramo cuenta con 405 postes de nueve metros de alto y 712 luminarios cuyas lámparas funcionan con tecnología LED y son alimentadas con energía solar. La fabricación de los paneles solares fueron por medio de un estudio detallado en donde se tomaron los valores de cada día de los años anteriores con el objetivo de de diseñar paneles precisos para las condiciones de radiación de estos 4.2 kilómetros.

El voltaje con lo que trabajan estas luminarias son de 45 watts y 25 watts, esto es por que en algunos tramos las vialidades son de 2 y otros de 3 carriles.

La forma de operar los paneles es que captan la energía solar la transforman en eléctrica y la acumulan para activarlo en el momento en que se el sol se oculta o cae la noche.



**Imagen 14**  
**INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

Las baterías son de descarga profunda y tiene un controlador de carga que

recibe energía que proporcionan los paneles solares. Cuentan igualmente con un sistema de encendido y apagado inteligente que se programa para que la luminaria opere a partir de una hora señalada y deje de hacerlo en determinado momento

Estos beneficios se ven en el consumo de la electricidad y en que los LEDs garantizan una vida útil de 50 mil horas durante el cual el mantenimiento es mínimo y la vigencia de las baterías puede ser de 7 a 10 años.



Imagen 15  
ILUMINACIÓN POR MEDIO DE PÁNELES SOLARES Y LEDS

En las zonas de peaje, que no es mas que la entrada a la vía, llamados distribuidores cuentan con señalización de iluminación y reconocimiento vía remota de dispositivos TAG con lo que abren, cierran y se paga automáticamente por medio de saldo las entradas y salidas de esta vía. Toda esta infraestructura esta conectada a su vez a plantas eléctricas ubicadas en cada una de las entradas, sirven como plantas de emergencia para las entradas- salidas del proyecto.

### 3.3. Instalaciones hidráulicas

El clima es templado-subhúmedo, con una temperatura media anual de 15° C, una máxima de 32.5° C y la mínima de 3.4° C. Las lluvias acontecen generalmente en

verano.

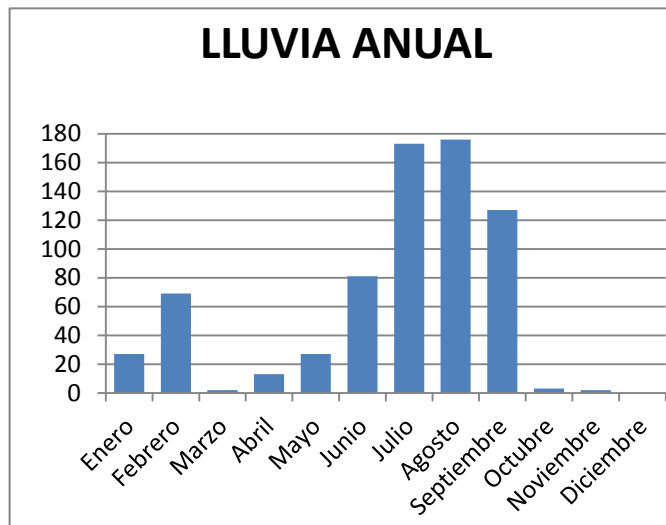
Estudios por parte del INEGI comentan que la precipitación pluvial anual es en su máxima concentración, de 1,244 milímetros, en la media de 807, en la mínima de 570 y el promedio anual de lluvias es de 121 días, esto dice que un tercio del año llueve en esta zona.

Durante el 2011 se depositaron 700 mm de lluvia de la siguiente manera:

MES	mm de lluvia
-----	--------------

Enero	27
Febrero	69
Marzo	2
Abril	13
Mayo	27
Junio	81
Julio	173
Agosto	176
Septiembre	127
Octubre	3
Noviembre	2
Diciembre	0

**TOTAL 700**



**Gráfica 4**  
**LLUVIA ANUAL REGISTRADA EN EL 2011**

La facilidad en este punto es que se encontró drenaje pluvial ya existente y solo fue necesario el estudio de la tubería para poder bajar el agua y no sobrepasar los límites de los drenajes.

El sistema cuenta con rejilla de recolección tubería de acero para la conducción, registro disipador, pozo de visita y disposición final a drenaje.

La rejilla de fierro fundido es con bisagras de dimensiones de marco 67.5 X 55.5 cm y la rejilla será de 57 X 38 cm y un peso de 105 kg.

Se inicia con la rejilla de recolección en la parte superior de la vialidad, cabe destacar que la vía cuenta con mínimo pendientes del 1% con lo que se asegura el no encharcamiento, esta va conectada con tubo de acero de 8" cédula 20 con uniones en la parte de arriba con niple avellanado y roscado en sus extremos y en el superior una contrabrida para la unión mecánica de la tubería para su conducción. Posteriormente



se pondrán uniones y codos soldados para llegar al registro disipador.

El registro disipador 70X70X100 cuenta dentro de él con una barda “plato quiebra de chorro” o muro deflector de una altura de 50 cm para disminuir la fuerza cinética del agua producida por la conducción del agua y poder verterla en condiciones de poca energía de choque al pozo de visita.

El registro disipador será construido con muros de tabique de 0.14X0.28 y el muro deflector será de 50 cm de alto aplanado con mortero, (cemento y arena a relación 1:5).

En donde se va a disponer el registro disipador se hará una excavación por medios manuales a una profundidad de 1m. Se realiza con tabique y concreto mezclado en obra. Al término de la construcción de estas estructuras se acostilla con tezontle de 2”-3” sin finos y una cama de balastro de 2”-3”

### **3.4. Desvíos vehiculares**

Esto es necesario en todas las obras y en especial en este tipo de obra. Se realizaron la menor cantidad de cortes a la vialidad, ya que esta es una vialidad primaria y millones de personas la utilizan diariamente. Fue necesario hacer planes estratégicos para el cierre de Periférico. Una de las cosas importantes de esta obra fue el realizar maniobras y trabajos dentro de los carriles centrales de periférico, lo cual disminuyó el tráfico que iba a ser generado por si se cerraba por completo esta vialidad. La fabricación de pilas y zapatas fueron en áreas confinadas con reducción de 1 a 2 metros de vialidad.



Imagen 16  
CIERRES NOCTURNOS EN VÍAS PARA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS

Construcción de pilotes, vigas y traveses fueron en taller y solo en día de montaje se llevaban a obra.

El desarrollo y planeación de montajes así como obras a realizar fueron fundamentales para no afectar considerablemente la vialidad.

Los trabajos de la subestructura y superestructura eran normalmente realizados en horarios nocturnos por los montajes, en los cuales cada una de las grúas utilizaban dos carriles centrales ya fijas.

El flujo de automóviles por la noche era menor, lo recorrían 188 autos/hora por los dos carriles de la lateral, mientras que por la madrugada eran de 39 autos/hora.

Los cierres a la vialidad se hacían desde las 11 de la noche hasta las 6 de la mañana, en ese transcurso se tenía que hacer sobre todo los montajes.



**Imagen 17**  
**ENMALLADO DE OBRA PARA TRABAJOS EN EL DÍA**

Con respecto a los distribuidores o rampa de accesos, en ellos se trabajaban por el día ya que no entorpecían ninguna vialidad, estaban confinados y tenían muy buen espacio para poder realizar las maniobras, depósito de material y trabajadores realizando sus actividades.

Por medio de empresas destinadas a la vialidad se les daba informes diarios de los cierres en donde estaba involucrado también la policía de vialidad estatal.

Las formas de cierre eran por medio de agujas y señalamientos para reducir la velocidad, como es el caso de señalamientos horizontales, señalamientos con luz, caramelos, trafitambos y por último personal con banderas para ayuda vial.

Los cierres para este tramo empezaban en toreos, en donde se cerraban carriles centrales y se enviaban los autos hacia los carriles laterales hasta entroncar con vialidades importantes como av. Primero de Mayo, Gustavo Baz y Av. Lomas Verdes para la distribución local.



Imagen 18  
CIERRES CON TRAFITAMBOS, MALLAS Y SEÑALIZACIÓN ILUMINADA

## 4. CONSTRUCCIÓN

### 4.1. Cimentación para pilas

El cimiento es un elemento constructivo funcional constituido por dos sub-componentes: el elemento estructural y el terreno.

El elemento estructural, infraestructura o cimiento propiamente dicho tiene como función, recibir, dar respuesta y transmitir al terreno o roca, los esfuerzos que las acciones directas e indirectas, permanentes, variables accidentales o fortuitas, que se ejercen sobre la estructura resistente, originan en ella o en el propio cimiento.

El terreno o la roca son dos sub-componentes que han de soportar y dar respuesta a los esfuerzos que les transmite el cimiento durante toda la vida prevista para la construcción.

El cimiento debe de cumplir su función durante toda la vida prevista para la construcción, con el grado de fiabilidad que las normas señalan.

Terzaghi y Peck dicen *“Un cimiento es superficial cuando su anchura es igual o mayor a su profundidad”*.

Los elementos de la subestructura en ningún caso deben de desplantarse sobre tierra vegetal, rellenos sueltos o desechos, el estudio de mecánica de suelos correspondiente determinará el desplante sobre el terreno natural competente,

rellenos naturales que no contengan materiales degradables debidamente compactados.

Esta cimentación es por medio de zapatas aisladas que son elementos estructurales de base cuadrada o rectangular en los que se apoyan las columnas con objeto de transmitir la carga de la estructura al terreno.

#### 4.1.1. Cimentación profunda y superficial

En este tramo (Toreo a Lomas Verdes) del kilómetro 000+000 al 000+600 será a base de cimentación profunda, mientras que 000+600 al 004+200 será con cimentación superficial a base de zapatas aisladas.

La cimentación profunda esta constituida por pilas armadas, coladas en situ y ademe. El habilitado y armado de estas pilas se hicieron en el espacio confinado para las obras, dejando los tres carriles libres para el tránsito vehicular.

La cantidad de apoyos en este tramo fue de 102, en los cuales las primeras 11 excavaciones fueron de mayor profundidad (cimentación profunda) debido a que el estrato duro se encontraba en promedio a siete metros del terreno natural, mientras que en las 91 restantes fueron en promedio de cuatro metros de profundidad (cimentación superficial).

Cada una de las columnas que conforman la estructura deben de estar bien delimitadas por la topografía y a su vez, el personal de Control de Calidad debe de dar visto bueno a cada una de las fases de la obra. Se revisaron el proyecto ejecutivo con equipos de estación total y distanciómetros electrónicos así como la utilización de equipos auxiliares. Se marcó con precisión de  $\pm 1$  cm la ubicación de los puntos centrales donde se construyeron las pilas.

Se confinó la zona de obra con señalamientos claros y luminosos, evitando el paso de personal ajeno a la misma, así como mantener el tránsito alejado de las zonas de obra.

Cada zapata esta conformada por cuatro pilas de 80 centímetros de diámetro, las cuales fueron señaladas por la topografía con pintura, para poner en obra lo contemplado en gabinete.





**Imagen 19**  
**CONSTRUCCIÓN DE ZAPATAS**

Se debe de tener en cuenta los siguientes niveles:

Nivel de desplante pila.- Normalmente esta medición es el punto final donde se va a hacer la excavación, para este caso este nivel será el nivel de fondo de desplante de la pila.

Nivel de desplante de zapata.- este es la medición en donde va a hincar la zapata, se mueve mayor cantidad de tierra pero a menor profundidad.

Nivel del terreno natural.- Nivel en el que se encuentra el terreno antes de la construcción.

Nivel de rasante.- Margen en la que se va a suspender la superestructura, altura máxima de las columnas.

Se ubicó la posición de las cuatro pilas de la cimentación de acuerdo al trazo. Inmediatamente después se indicaron los niveles de desplante y tope de colado de pilas.

Como trabajos preliminares se pusieron señalamientos preventivos de las excavaciones que se hicieron, para evitar accidentes, demolición de las guarniciones a mano o con retroexcavadora, extracción y reubicación de árboles, alumbrado, postes, despalme del terreno y nivelación del terreno natural para obtener los niveles de diseño y por último el trazo de zapatas y pilas.

En este proceso se empleó equipo de perforación hidráulica con una broca helicoidal (Imagen 20), también se contó con brocas cónicas y botes con dientes duros, en caso de encontrar algunos boleos o estratos duros. Este equipo de perforación debe de tener la capacidad para realizar en una sola etapa la perforación de un barreno cilíndrico vertical en el subsuelo con un diámetro de 80 cm, hasta la profundidad de desplante además de garantizar su empotramiento en los materiales compactos de fondo.



Imagen 21  
EQUIPO DE PERFORACIÓN Y BROCAS



Imagen 20  
PERFORACIÓN EN OBRA

La perforación se ejecutó de manera continua y en una sola etapa. Cuando se detectaron condiciones que no permitieron el buen desempeño se rellenó el barreno con materiales granulares al término de cada jornada.

Durante la perforación se tomaron las medidas necesarias para minimizar la alteración del suelo adyacente al barreno. No se permitió una desviación en la posición mayor a 10 cm ni una sobre-excavación mayor al 10% del diámetro. Durante todo el proceso de la perforación se verificó el desplome debido a la diferente consistencia de los materiales atravesados o cualquier otra razón supere el 1%.

Durante la perforación se llevó un registro detallado de la profundidad, espesor y características de los materiales cortados, detallando en las condiciones de los materiales de apoyo. Se incluyeron además fecha y tiempo empleado en la perforación; con estos datos se construyeron perfiles de profundidad de perforación vs tiempo empleado en esta actividad para cada pila.

En todo el espesor del relleno o en los 3 metros superficiales, lo que resulte mayor, se perforó con un diámetro mayor al de la pila, de tal manera que permitió colocar una camisa o ademe metálico recuperable que garantice la estabilidad del terreno superficial.

En los lugares en donde se encontraron materiales granulares, agrietamientos, blandos o sueltos, presencia de agua, etc., y que provocaría inestabilidad en el barreno, en la perforación se colocaron fluidos estabilizadores. Estos fluidos debieron de cumplir las siguientes especificaciones:

#### Lodo Bentonítico

Para la elaboración del lodo bentonítico se utilizará un mezclador de chiflón, almacenándolos en recipientes adecuados un periodo mínimo de 24 horas previo a su uso. De los recipientes se trasladará el lodo a la perforación de la pila con una bomba centrífuga para lodos.

El lodo podrá reciclarse siempre que cumpla con las siguientes propiedades:

- Viscosidad Marsh 30 a 55 segundos
- Contenido de arena menor de 10%
- Densidad 1.03 a 1.07 t/m<sup>3</sup>
- Ph 7 a 10

El lodo bentonítico de desecho se trasladará a los tiraderos indicados por la supervisión. Se implementará un sistema de recolección y control que garantice que bajo ninguna circunstancia llegue al drenaje urbano.

En tanto no se ejecutaron maniobras en el interior de la perforación, ésta debió estar perfectamente señalada y cubierta mediante una tapa metálica.

Al aprobarse la perforación por la supervisión se procedió a la colocación del armado y colado de la pila conforme a lo indicado en los siguientes puntos.

Se contó en sitio con el armado listo para su colocado en cuanto la perforación haya concluido. Verificadas las condiciones del fondo se introdujo en la perforación el armado estructural de las pilas. Este armado correspondió con el proyecto estructural y estuvo formado por un solo elemento con la longitud de proyecto.





**Imagen 22**  
**ARMADO DE PILAS**

El armado transversal de la pila fue con zunchos con varilla del número 4 ó ½" a cada 10 cm, mientras que longitudinalmente serán 20 varillas del número 8 ó 1" (Imagen 22) . Cada una de las pilas debe de tener una placa embebida en donde va a estar empotrado el tornillo nivelador. Esta placa de acero con dimensiones 24x24x3.8 debe de tener previamente soldada cuatro varillas del número 8 de longitud de 124 cm y en el centro de esta se encuentra la barra de presforzado corrugada de 1 ¼" (3.2 cm) de diámetro tipo Dywidag con  $f_{pu} = 10,500 \text{ kg/cm}^2$  y con longitud de 255 cm. Se colocó el dispositivo previamente armado al centro de la pila (tolerancia +/- 5 cm) tomando como guía una plantilla a base de placa para facilitar la colocación del mismo, este proceso se hizo antes de que inicie el fraguado inicial del concreto, verificando que este en posición y se fijó al nivel especificado en proyecto por medio de una vigueta metálica, retirándose las fijaciones 6 horas después.

El armado contó con elementos que garantizaron la correcta posición en la perforación (centradores) y con las preparaciones necesarias para ligarlo estructuralmente con la zapata correspondiente.



El colado de la pila se hizo en una sola etapa mediante el uso de una tubería estanca tipo Tremie, que facilitó el flujo continuo y uniforme del concreto, la tubería fue metálica, perfectamente lisa por dentro, de 6 mm de espesor mínimo, adicionalmente tuvo un diámetro mínimo de 6" (15 cm). La tubería estará acoplada por tramos con longitud máxima de 3 m hasta alcanzar el fondo de la perforación, en el extremo superior contará con una tolva.



**Imagen 25**  
**PILAS CON TORNILLO CENTRADOR**

Instalada la tubería dentro de la perforación y antes de iniciar el colado, se colocó en el fondo de la tolva ubicada en el extremo superior, un tapón deslizante o diablo (pelota de hule inflada o una esfera de polipropileno) cuya función fue evitar la segregación del concreto al iniciarse el colado.

Al iniciarse el vaciado de concreto, el extremo inferior de la tubería deberá quedar una distancia ligeramente menor al diámetro de la tubería sobre el fondo de la perforación. Durante el colado, el extremo inferior de la tubería se mantuvo embebido dentro del concreto fresco 1 m. como mínimo, llevándose para ello un registro continuo con los niveles de concreto alcanzados, especialmente en el momento de acortar la tubería.

Iniciado el colado, bajo ninguna circunstancia se suspendió por un periodo mayor a 15 minutos hasta que se garantice que la superficie de concreto sano se encuentre 50 cm por arriba del nivel superior de proyecto de la pila.

Las características del concreto que se utilizó y el de sus componentes se indican a continuación:

El concreto utilizado fue de clase estructural, con la resistencia de 400 kg/cm<sup>2</sup>,

con un 80% de su resistencia a 24 hrs.

El tamaño máximo del agregado fue de  $\frac{3}{4}$ ", debido a que fue a tiro directo.

El concreto fresco presentará un revenimiento mínimo de 18 cm, debiendo mantenerlo durante todo el proceso de colado, pudiendo considerar la inclusión de algún aditivo retardante de fraguado.

El colado se realizó inmediatamente después de concluida la perforación y colocación del armado. Se evitó que la perforación permaneciera abierta por un periodo mayor a cuatro horas. Adicionalmente, el tiempo máximo permisible entre el inicio de la perforación y el colado total de la pila no excederá de 18 horas.



**Imagen 26**  
**COLADO DE PILA**

Finalmente la superficie del terreno en cada perforación fue restituida a su estado original, rellenando el espacio sobre las cabezas de las pilas con materiales inertes compactados al 95% de su peso volumétrico seco máximo. Se recomienda el uso de materiales granulares o rellenos fluidos para este fin.

Coladas las pilas de las zapatas, se procedió a la excavación con equipo hasta cierta profundidad es decir, antes de la plantilla de concreto, inmediatamente se continuará con los trabajos de excavación en forma manual hasta la profundidad de desplante. Durante su excavación se metió un ademe metálico con madera. Los perfiles que forman el ademe, se hincan conforme al avance de la excavación y después se instalará la madera y puntales, que servirá de contención junto con los perfiles, hasta la profundidad de proyecto.

La plantilla es de concreto premezclado y simple de resistencia  $f'c= 100$  kg/cm<sup>2</sup> con revenimiento normal, agregado de 20 mm de espesor de 5cm, una vez



nivelado el terreno y con la humedad óptima se procedió al vaciado de concreto determinada por una superficie de reglas y fronteras, las dimensiones de acuerdo a planos de proyecto.

Colada la plantilla se procedió al descabece de la pila con herramienta neumática hasta una altura de 25 cm por debajo del nivel de desplante de la zapata y por último se procedió a hacer limpieza del acero y el habilitado afectado por el descabece.

Terminada la actividad anterior, se procedió al armado de la zapata con acero de refuerzo  $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  de la siguiente manera:

Rectangular de dimensiones 460x360x15 cm con una red en el lecho superior de varillas #4@30 mientras que en el lecho inferior será con varillas #4@20. Dentro de esta red se encuentra dos ejes, uno de zapata y otro de trabe mutuamente perpendiculares en el centro los cuales están constituidos por varillas #3@24. En el extremo de cada uno de estos ejes se colocan una placa base de 50x50x1.27 cm, mientras que en el centro se coloca una placa de 50x50x2.54 cm asentadas en grout de 1 cm de espesor. Cada una de las placas se debe anclar con 2 varillas en U de  $\frac{3}{4}$ "  $\varnothing$  a la plantilla formando en cada una nervadura de rigidez.



Imagen 27  
ARMADO DE PLANTILLA

Se realizaron las pruebas de acero antes de habilitarlo y por cada 10 toneladas de acero que llegó a la obra, se verificó su calidad enviando muestras de acero al laboratorio. El acero debe de estar limpio de grasa, óxido o cualquier material que afecte la adherencia entre el acero y el concreto, se cumplieron con los traslapes, escuadras, silletas y ganchos de acuerdo a las normas establecidas.

La cimbra fue de madera para conservar las dimensiones. Los puntales, rastras, separadores, escuadras fueron rígidamente colocadas de tal manera que garantizaron las dimensiones y formas del concreto durante y después del vaciado.

Las secciones verticales fueron debidamente plomeadas, las aristas vivas con chaflán.

Se solicitó con anticipación la revisión y autorización por parte de la supervisión para proceder al colado de los elementos, tanto de la cimbra como el acero. La superficie donde se colocó el concreto debió de estar limpia y con la humedad adecuada mojándose previamente la superficie.

Se virtió el concreto premezclado con una resistencia de  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ , con un TMA (tamaño máximo de agregado) grueso de  $\frac{1}{2}$ ". Dependiendo al espacio para maniobrar para colocar el concreto, fue a tiro directo ó en caso de que sea muy difícil, fue con la ayuda de bomba estacionaria.



**Imagen 28**  
**VISTA DE PLANTILLA TERMINADA**

Después del fraguado inicial, se procederá al curado del concreto que es el control de la humedad y temperatura, durante 24 horas para que el concreto adquiriera la resistencia proyectada.



FACULTAD DE INGENIERÍA

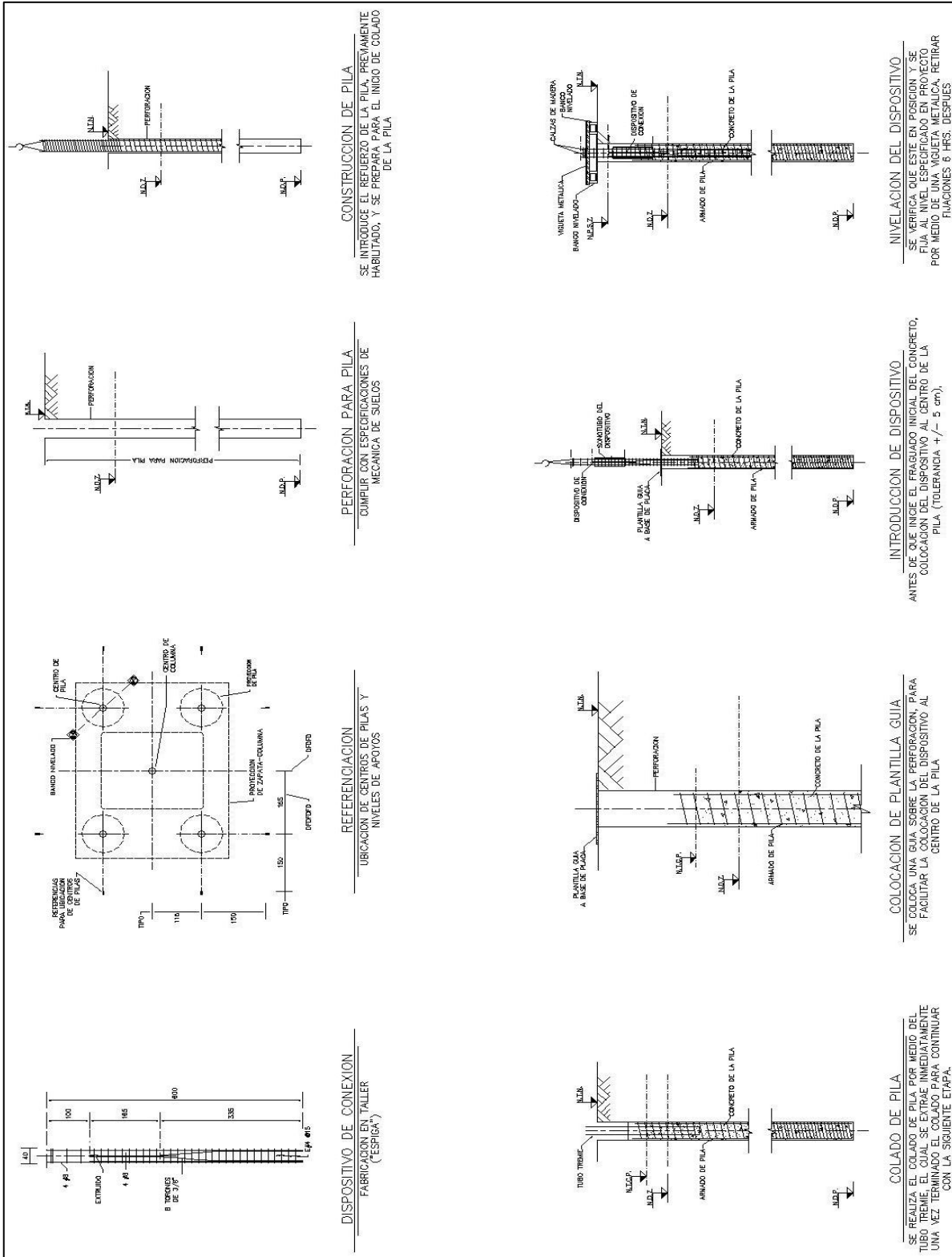


Imagen 29  
PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN DE PILAS

## 4.2. Zapatas columna prefabricadas

En esta obra se utilizaron zapatas columnas prefabricadas, debido al tiempo y espacio necesario, con esto se abatió considerablemente los tiempos de ejecución y sobre todo molestias a la vía de comunicación. El traslado y montaje de estas estructuras fueron principalmente por las noches debido a las dimensiones y disminución de flujo de autos en esta avenida principal.

La excavación se realizó con equipo mecánico, en una sola etapa y con la geometría del proyecto hasta la profundidad de desplante mas una sobre excavación de 25 cm, la cual se pudo realizar de forma manual para evitar excesivos remoldeos. Se deben de observar los taludes cuya relación vertical horizontal sea 1:0.3 y ocupará un área cuyo lados serán de 50 cm mayores a los de la geometría de la zapata a nivel de desplante (figura) La excavación deberá permanecer abierta el mínimo posible (5 días). En caso de presentarse grietas longitudinales paralelas a la excavación, el talud deberá tenderse hasta una relación vertical- horizontal 1:1.

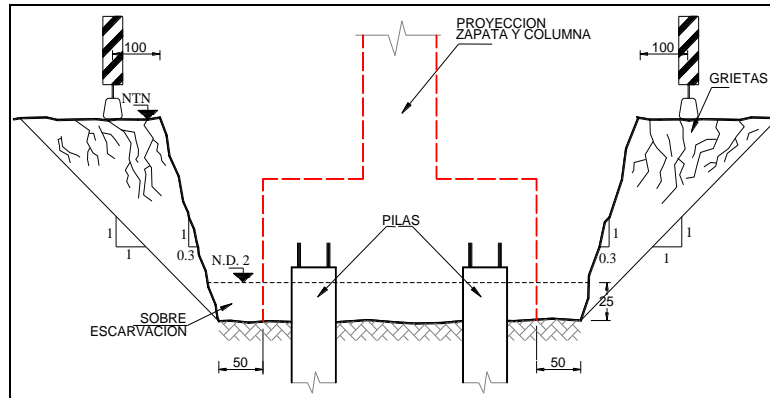
Donde no fue posible tender el talud de inicio debido a condiciones de vialidad o colindancias cercanas (menores de 1 m del hombro del talud) fue necesario implementar un sistema de contención temporal (tablaestacado) como se indica a continuación:

Se trazó la posición del tablaestacado en todo el perímetro de la excavación o bien paralelo a los lados cercanos a las vialidades o colindancias de la excavación según se requirió. Una vez ubicada la posición del ademe, se realizó una perforación previa para el hincado de viguetas de acero tipo IPR-8"X 31.1 kg/m (ligera) a cada 2 m. máximo. Para facilitar el hincado de las viguetas, se realizó una perforación guía son extracción del material, del 80% del área envolvente de la vigueta hasta la profundidad de hincado (2.0 m. por debajo del nivel máximo de la excavación). Las viguetas sobresaldrán 0.5 m del nivel del terreno.

La excavación se realizará en dos etapas en corte vertical y con equipo ligero. La primera etapa de excavación será de 1.5 m, y la última hasta el fondo de la excavación.

Concluida la primera etapa de excavación, inmediatamente se afinarán las paredes y se colocarán entre las vigas IPR, tablonces de 1 ½" de espesor en contacto con el suelo y polines horizontales de 6"X6" a cada 0.80 m de separación con sus cuñas de retaque en sus extremos.

En la primera etapa de excavación a 1.5 m a partir del nivel del terreno se colocará horizontalmente un perfil IPR (viga madrina) 10"x 44.7 kg/m, que se fijarán a las viguetas verticales mediante ménsulas y soldadura formando un anillo en todo el perímetro de la excavación. Posteriormente se continuará con la excavación hasta el fondo de la misma, repitiendo la colocación de tablonces y polines.



**Imagen 30**  
**ÁNGULO DE INCLINACIÓN DEL TALUD**

Deberá verificarse al término de la excavación haber encontrado el estrato de desplante (arenas o limos arenoso, de compacidad densa) en caso contrario, deberá profundizarse la excavación 25 cm más, para colocar un concreto de  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  en toda la profundidad de sobre excavación con equipo ligero (bailarinas) hasta alcanzar una compactación del 85% AASHTO estándar.

En caso de detectarse en el fondo de la excavación material volumétricamente inestable, rellenos vegetales o materia orgánica, se retiró en su totalidad y se sustituyó el volumen desalojado por un concreto de  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ .

Cuando se tuvo el área de la zapata excavada en su totalidad, al nivel de desplante de proyecto, y fraguado el concreto para mejoramiento del fondo de la excavación si fuera el caso, se colocará el armado de la plantilla para posteriormente colocar el concreto de ( $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ ) de 15 cm de espesor que cubra el área de la zapata mas los sobre anchos.

En los casos en los que se encontró que los cimientos se iban a desplantar sobre tierra vegetal, rellenos sueltos o desechos se le puso una capa de concreto de resistencia a la compresión  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ , en un espesor de 1.7m, a partir del fondo de la excavación y hasta alcanzar el nivel de la plantilla de concreto que se coloca para nivelar la zapata, la excavación máxima se llevó hasta una profundidad media de 4.15 m, por lo que en estos casos, se consideró un sistema de contención temporal como el indicado anteriormente.

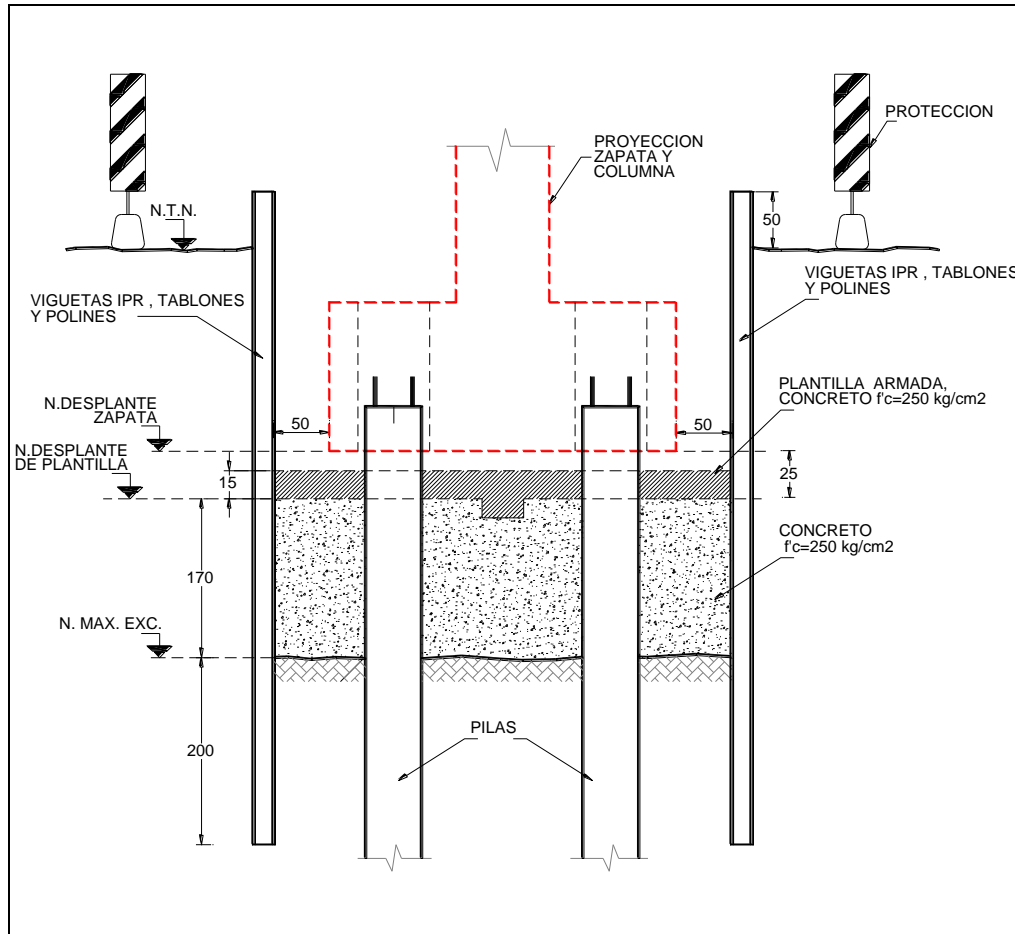


Imagen 31  
RELLENO Y COLOCACIÓN DE VIGUETAS PARA EXCAVACIONES

Fue importante contar siempre durante la etapa de la excavación con un sistema de bombeo de achique que fuera capaz de resolver cualquier eventualidad posible.

Alcanzado el 75% de la resistencia de la plantilla se procedió a realizar las maniobras para la colocación y nivelación de la zapata- columna prefabricada.

Hay cinco tipos de zapatas- columnas en este tramo, en todas ellas las dimensiones del capitel son las mismas de 250x340 cm en la parte superior, la diferencia entre ellas es la dimensión de la base. Dentro de un tipo, se da la variación de la altura total mediante la longitud de la parte central, que es de sección constante.

La nomenclatura es de acuerdo a su altura máxima, de cada una de ellas:

CZV06       $2.00\text{m} < H \leq 6.00 \text{ m}$

CZV08       $6.00\text{m} < H \leq 8.50 \text{ m}$

CZV11	$8.50\text{m} < H \leq 11.00\text{ m}$
CZV13	$11.00\text{m} < H \leq 13.50\text{ m}$
CZV16	$13.50\text{m} < H \leq 16.00\text{ m}$

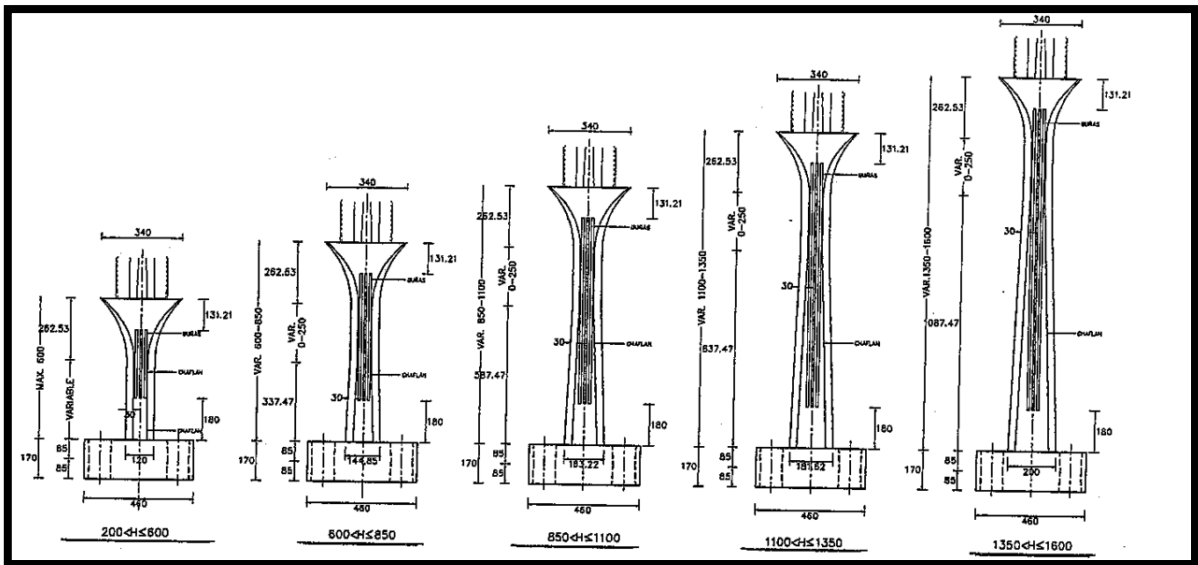
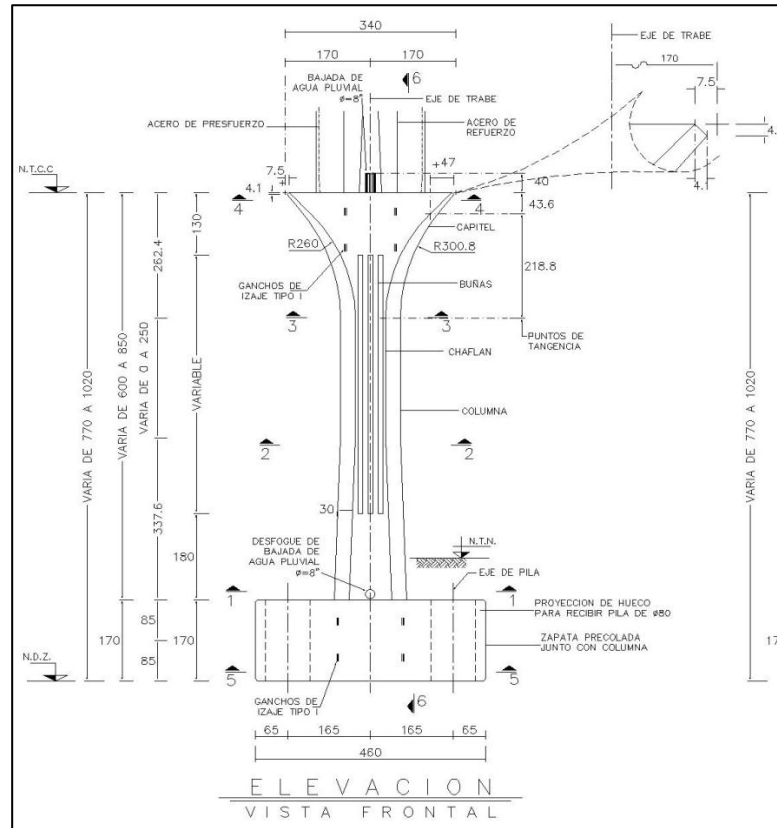


Imagen 32  
TIPOS DE ZAPATAS- COLUMNA

En este tramo se colocaron

CZV06	2
CZV08	1
CZV11	67
CZV13	26
CZV16	6

Cada una de las columnas están formadas por el capitel que es donde se va a asentar las traveses, columna y zapata. Su diseño es estético, tiene chaflán y una reducción notable longitudinalmente aligerando la estructura. El concreto a utilizar es de  $600\text{ kg/cm}^2$  y un módulo de elasticidad de  $318,206.6\text{ kg/cm}^2$ , el recubrimiento mínimo libre será de  $4\text{ cm}$  en columnas mientras que en las zapatas será de  $5\text{ cm}$ , con agregado grueso calizo con TMA de  $\frac{1}{2}''$ . El acero de refuerzo será de  $f_y = 4,200\text{ kg/cm}^2$ , mientras que el acero de presfuerzo longitudinal de  $f_{pu} = 19,000\text{ kg/cm}^2$ , de baja relajación que consistirán en torones de  $\frac{3}{8}''$  de diámetro, área de  $0.55\text{ cm}^2$ . Se tensionaron a  $7,315\text{ kg}$  cada uno. El acero en placas, accesorios metálicos y tensores fueron de  $f_y = 2,350\text{ kg/cm}^2$ .



**Imagen 33**  
**DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATA COLUMNA PREFABRICADA**



**Imagen 34**  
**UNIÓN ZAPATA Y PILA**

Todas las juntas de colado o construcción fueron de acabado rugoso y debieron permanecer húmedas durante 24 hrs, previas al nuevo colado, debiendo usar aditivos



Festerbond o similar.

En la parte superior del capitel se encuentran al descubierto 28 varillas de  $\frac{3}{4}$ " pre-esforzadas las cuales van a funcionar como unión entre la columna y la trabe. Por los lados se anexan cuatro estrobos para su montaje y manipulación.

Siendo prefabricada se debe de tener en cuenta que dentro de esta columna longitudinalmente debe de albergarse un tubo de PVC de 8" para la bajada de agua pluvial.

En la parte inferior se encuentra la zapata que es precolada junto con la columna encontrándose ahí el desfogue de la bajada de agua pluvial de 8", hay 4 estrobos para el montaje e izaje de la columna.

Se hicieron los preparativos para la unión de la zapata columna con la pila vistos anteriormente. Fue necesario poner sonotubo para no dañar el acero colocado que son los accesorios de anclaje del postensado (barra tipo Dywidag)

Para su montaje fueron necesitaron dos grúas GROVE GMK 7450 con capacidad máxima de 450 toneladas, una longitud de pluma de 60 m, velocidad máxima de 85 km/h y un peso bruto de 84 toneladas y se hizo de la siguiente manera.

Al llegar a obra la zapata columna (Imagen 34) se debe de conocer previamente el estudio de montaje de cada columna debido a que se diseñan toda la logística para la colocación, en este caso explicaré el proceso para la columna A-30

La columna es CZV11 con un peso muerto de 130 toneladas fue transportada desde su lugar de fabricación hasta donde se montó. Al llegar estaban ya colocadas las dos grúas, la primera (G1) ya con la pluma principal elevada a 25.68 m, mientras que la otra (G2) con su pluma a 20.85 m. Estas deben de trabajar con un radio de operación de 10 m. La G1 fue colocada a un lado del eje de la columna mientras que la otra estuvo al otro extremo de la columna. Sujetadas las dos grúas a los estrobos, G1 en capitel y G2 en zapatas, con 2 estrobos en canasta de  $2\frac{1}{2}$ "x20 ft cada uno y una capacidad de 108 toneladas cada uno y en los extremos 2 grilletes de 75 toneladas. Se inició el levantamiento cuidadosamente, para evitar cualquier falla.



**Imagen 35**  
**LLEGADA DE ZAPATA COLUMNA A OBRA**

En la tabla 4 se ven los pesos que se deben de levantar para cada una de las grúas

	G1	G2	UNIDAD
PLUMA PRINCIPAL	25.68	20.85	m
PESO COLUMNA	31.53%	68.03%	
PESO COLUMNA	40.989	88.439	Ton
PESO GANCHO	2.5	2.5	Ton
PESO ACCESORIOS	0.5	0.5	Ton
<b>TOTAL PESO</b>	<b>43.989</b>	<b>91.439</b>	<b>Ton</b>

**Tabla 4**  
**PESO A LEVANTAR DE CADA GRÚA**

Se inició el levantamiento cuidadosamente con las dos grúas, teniendo horizontalmente la zapata columna para poder despegarla del vehículo que la trajo a obra elevándola a 2 metros de altura del nivel del terreno natural, (Imagen 35), la G1 empieza a elevarla mas mientras que la G2 queda sosteniéndola (Imagen 36), se giraron las dos grúas para llegar a que la posición de la columna se encuentra

completamente vertical (Imagen 37). Llegando a ese punto se desatornillan los estrobos de la G2 conectadas en la zapata para quedar completamente sostenida por la G1 (Imagen 38). Fue en este punto en donde la única grúa que la sostiene gira hasta quedar por arriba de la excavación y posición final de la columna. Con ayuda de dos hombres y cuerdas se movilizó la zapata suspendida para poder montarla en la excavación y a su vez izar y montar la columna sobre la placa base de la plantilla, introduciendo los dispositivos de conexión en los huecos de la zapata, se usaron los cuatro tornillos perimetrales para el plomeo de la columna. Se colocaron cuatro gatos hidráulicos y cuñas de madera para poder fijar la zapata, verificando con topografía los niveles y posición del capitel con una tolerancia de  $\pm 1$  cm.

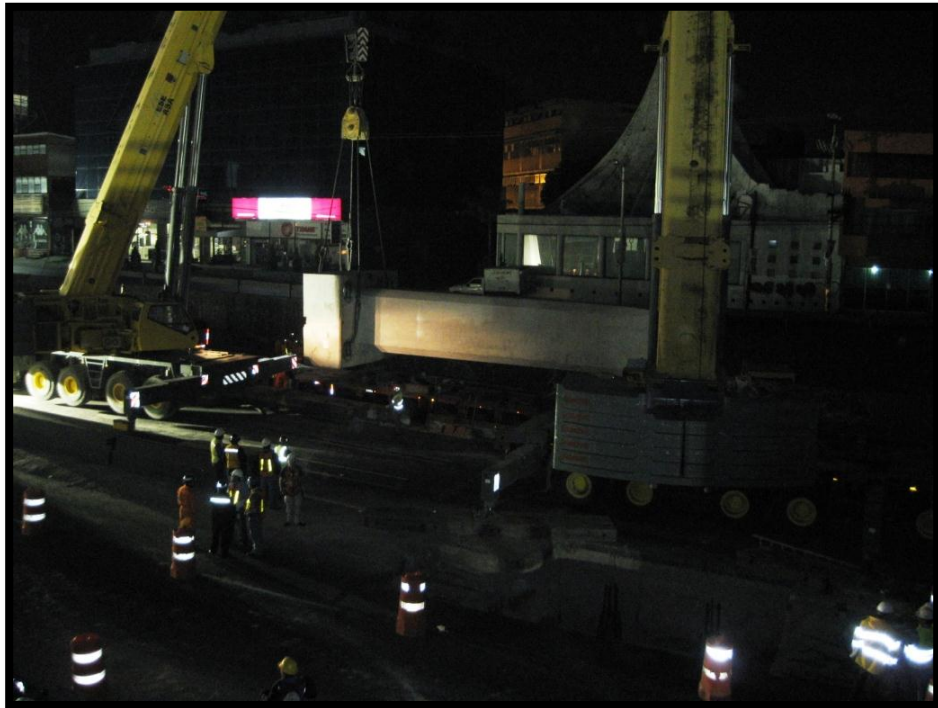


Imagen 36  
INICIO DE MONTAJE



**Imagen 37**  
**LEVANTAMIENTO DE ZAPATA COLUMNA POR MEDIO DE GRÚAS**



**Imagen 38**  
**POSICIÓN COMPLETAMENTE VERTICAL DE ZAPATA COLUMNA**





**Imagen 39**  
**LEVANTAMIENTO CON UNA SOLA GRÚA**

El tornillo central de la columna es para nivelar. Lo que sobresalga el tornillo es de acuerdo a la longitud real de la columna y el nivel del proyecto de los tacones en el capitel.

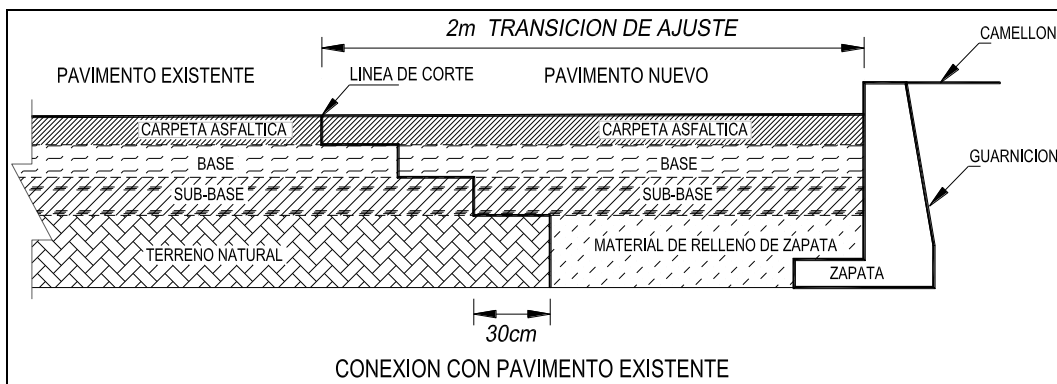
Se retiraron los tornillos perimetrales, se colocó refuerzo complementario en la conexión uniéndolo con los de la columna. Después se hace el colado de la unión con concreto de 600 kg/cm<sup>2</sup> a dos días y una vez habiendo alcanzado el 80% de la resistencia del concreto que es a 1.5 días, se postensa la barra Dywidag, y se cuelan las cajas de postensado.

Una vez colocada la pieza zapata- columna, y realizados los colados adicionales para su conexión a las pilas, se rellenó la parte exterior de ésta con un relleno fluido que deberá cumplir con las siguientes especificaciones técnicas:

- Fluidez equivalente a revenimiento de 23 cm

- Peso volumétrico mínimo de 1,600 kg/cm<sup>3</sup>
- Resistencia mínima a los 28 días como relleno 7 kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de reacción de 50 kg/cm<sup>2</sup> (mínimo)
- Coeficiente de permeabilidad  $K = 1 \times 10^{-7}$  a  $1 \times 10^{-5}$  m/seg
- Tiempo de fraguado de 2 a 8 hrs

En aquellas zapatas que parcialmente invaden la vialidad se deberá restituir el pavimento retirado para la excavación existente. La conexión entre los pavimentos de la vialidad existente con los nuevos, perimetrales al área de la zapata, se realizará de forma escalonada, en una franja de 2 m., conservando cada escalón un ancho mínimo de 30 cm.



**Imagen 40**  
**RESTITUCIÓN DE PAVIMENTO**

### 4.3. Trabes tipo ARTESA

Terminado el proceso de la instalación para cada cuerpo de pilas y un mínimo de 6 columnas, se inició el montaje de trabes tipo artesa. Su procedimiento de montaje se realizará de una forma alternada con el fin de evitar, el desplazamiento de las columnas y después de las centrales.

Son en esencia 6 tipos de trabe ARTESA, con sus variantes para la adaptación de la estructura de acuerdo al trazo:



NOMBRE	TIPO	DIMENSIONES			UNIDAD
		EXTREMO DERECHO	EXTREMO IZQUIERDO	LONGITUDINAL	
<b>TAR</b>	Apoyo	4.80	4.80	45.00	m
<b>TCR</b>	Contacto	4.80	4.80	35.00	m
<b>TA16</b>	Apoyo	8.30	8.30	29.50	m
<b>TC16</b>	Contacto	8.30	8.30	31.50	m
<b>TC16E</b>	Contacto	4.80	8.30	28.25	m
<b>TARE</b>	Apoyo	4.80	4.80	38.40	m

Tabla 5  
TIPOS DE TRABES

Las trabes mas utilizadas durante la construcción fueron las TA y TC que son el cuerpo principal del puente elevado. Las dimensiones de viga artesa de 35.5 m de longitud y 2.10 m de canto tiene un peso estimado de 208 toneladas.

Los plazos de fabricación dados fue que se construirían 2 trabes por día, dando un total de construcción:

TRABE ARTESA: 102 TRABES / 2 VIGAS DÍA = 51 DÍAS / 25 DÍAS APROX. = 2MESES

La tabla de cuantías son

	ARTESA	SEMIARTESA	UNIDAD
CONCRETO	87.82	52.32	m <sup>3</sup> /unidad
ACERO DE REFUERZO	11.42	6.80	Ton/unidad
ACERO DE PREESFUERZO	8.53	5.08	Ton/unidad

Tabla 6  
CUANTÍAS DE MATERIALES POR TRABE

	ARTESA	SEMIARTESA	TOTALES	UNIDAD
CANTIDAD DE TRABES	86.00	15.00	101.00	unidad
CONCRETO	7,552.52	784.80	8,337.32	m3
ACERO DE REFUERZO	981.83	102.02	1,083.85	Ton
ACERO DE PREESFUERZO	733.67	76.24	809.91	Ton

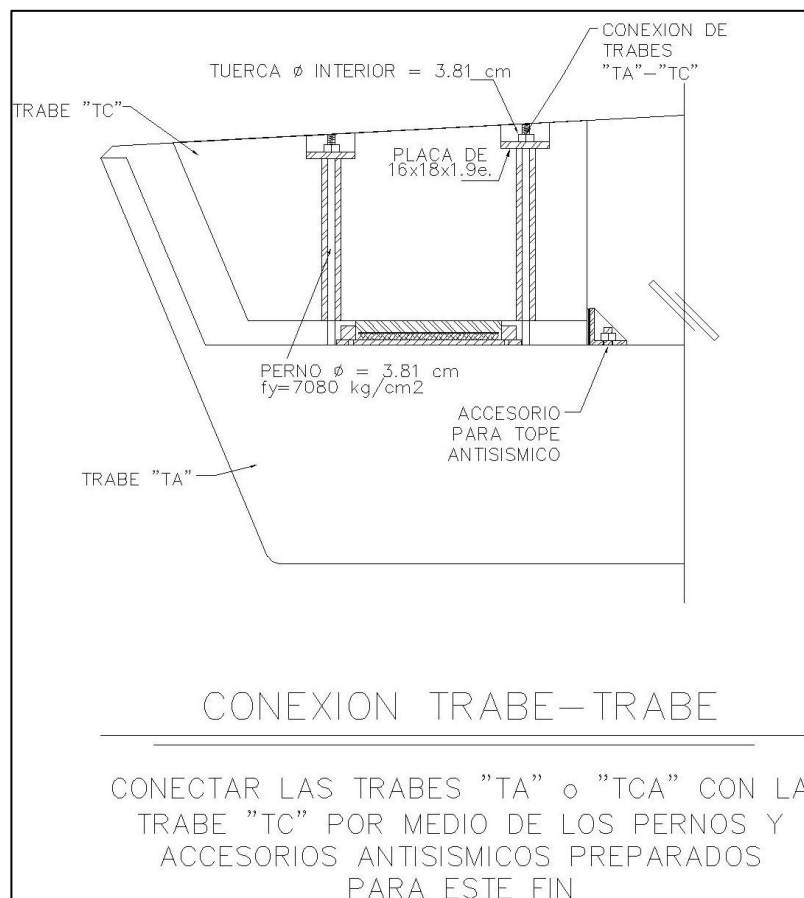
Tabla 7  
CUANTÍAS DE MATERIALES TOTALES

Denominaré a las trabes TA como trabes de apoyo, mientras a las TC como

trabes de centro.

Las trabes de apoyo, así como las de centro cuentan con una ménsula estructural en cada uno de sus extremos, los cuales sirven para apoyo o empalme de las piezas a unir.

Las trabes TA son las que se colocan en dos puntos de apoyo, en los llamados ejes de la columna del puente, se colocan sobre dos columnas ubicadas en diferente eje de apoyo de una zapata, ya que están diseñadas para albergar las varillas o “copetes” de las columnas para hacer las conexiones columna- trabe. También cuentan en cada uno de sus extremos de dos pares de pernos de diámetro de 3.81 cm y un  $f_y = 7,080 \text{ kg/cm}^2$  que van a ser las uniones entre las ménsulas de la trabe de apoyo y las ménsulas de las trabes de contacto.



**Imagen 41**  
**CONEXIÓN DE TRABES**

Las trabes de apoyo cuentan en sus extremos con neopreno encapsulado, previamente revisadas y aceptadas por la SCTM (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) para su uso y colocación. Estos dispositivos de apoyo son del tipo “cubo encapsulado” y habrá para el apoyo con movimiento libre como apoyo fijo. Es un

material macromolecular que admite considerables deformaciones con pequeños esfuerzos que vuelve a su dimensión y forma inicial una vez que deja de actuar ésta.



**Imagen 42**  
**NEOPRENO ENCAPSULADO**

Ahora una descripción de cada uno de ellos

#### *Dispositivo de apoyo de movimiento libre direccional*

- *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 teflon virgen
- *Empaque anular.*- Anillo de bronce o latón recubierto de teflón
- *Pastilla de acero (cápsula).*- Placa circular de acero con su cara superior recubierta de 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 en 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 la placa de acero con su cara expuesta ranurada, provista de anclas

Los requisitos para poder utilizar estos neoprenos son los siguientes:

NEOPRENO ENCAPSULADO- CONFINADO		
REQUISITO	VALOR ESPECIFICADO	NORMA ASTM
<i>Propiedades físicas</i>		
Dureza, durómetro A	60 ± 15	D-2240
Resistencia a la tensión (mínima)	176 kg/cm <sup>2</sup>	D-412
Elongación última (mínima)	350%	
<i>Resistencia al calor (cambio de propiedades originales después de 70 hrs a 105 °C)</i>		
Cambio en puntos, en la duraza shore A	0 ± 15	D-573
Pérdida de resistencia a la tensión (máximo)	-15%	D-573
Deformación permanente bajo compresión	-40%	D-573
Después de 22 hrs a 100° C	35%	D-395

**Tabla 8**  
**REQUISITOS PARA NEOPRENO ENCAPSULADO- CONFINADO**

TEFLÓN VIRGEN ENCAPSULADO		
REQUISITO	VALOR ESPECIFICADO	NORMA ASTM
Gravedad específica	2.17	D-792
<i>Resistencia a la tensión (mínima)</i>		
A lo largo de la fibra	200 kg/cm <sup>2</sup>	D-1457
Normal a la fibra	225 kg/cm <sup>2</sup>	D-1457
<i>Deformación a 141 kg/cm<sup>2</sup> durante 24 hrs</i>		
Deformación total a lo largo de la fibra	14.30%	
Deformación total normal a la fibra	16.70%	
Deformación permanente normal a la fibra	7.90%	
<i>Resistencia a la compresión</i>		
A lo largo de la fibra	70 kg/cm <sup>2</sup>	
Normal a la fibra (0.2 desfasado)	77 kg/cm <sup>2</sup>	
Dureza shore D	51	

**Tabla 9**  
**REQUISITOS PARA TEFLÓN ENCAPSULADO**

<b>TEFLÓN REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO</b>		
<b>REQUISITO</b>	<b>VALOR ESPECIFICADO</b>	<b>NORMA ASTM</b>
Gravedad específica	2.22	D-792
<i>Resistencia a la tensión (mínima)</i>		
A lo largo de la fibra	141 kg/cm <sup>2</sup>	D-1457
Normal a la fibra	155 kg/cm <sup>2</sup>	D-1457
<i>Alargamiento</i>		
A lo largo de la fibra	250%	D-1457
Normal a la fibra	225%	D-1457
<i>Deformación</i>		
A lo largo de la fibra	5.67%	
Normal a la fibra	7.80%	
<i>Deformación permanente</i>		
A lo largo de la fibra	3.77%	
Normal a la fibra	4.90%	
<i>Resistencia a la compresión</i>		
A lo largo de la fibra	120 kg/cm <sup>2</sup>	
Normal a la fibra (0.2 desfasado)	84.4 kg/cm <sup>2</sup>	
Dureza shore D	57	
Factor de desgaste	10%	
Coefficientes de fricción estática a 0.23 kg/cm <sup>2</sup>	0.07	
Higroscopicidad	Debe de absorber menos de 0.01% de agua	

**Tabla 10**  
**REQUISITOS PARA TEFLÓN REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO**



La característica de las traveses TA es que en cada uno de sus extremos se encuentran las ménsulas en la parte inferior lo que sirve para sostener en el momento de la colocación a las traveses TC.

Los accesorios necesarios en las ménsulas para las traveses TA son:

Soporte.- Neoprenos que son los que van a evitar el roce de las dos estructuras, así como disminuir paulativamente los movimientos formados por las fuerzas cortantes y axiales.

Unión.- Perno  $\varnothing = 1 \frac{1}{2}''$   $f_y = 7,080 \text{ kg/cm}^2$  con cuerda estándar (8 cm), tuerca interior de  $\varnothing = 3.81 \text{ cm}$  y placa de  $16 \times 18 \times 1.9e$ . El extremo en donde se une con la estructura que esta embebida se pone una placa de  $10 \times 10 \times 1.27e$

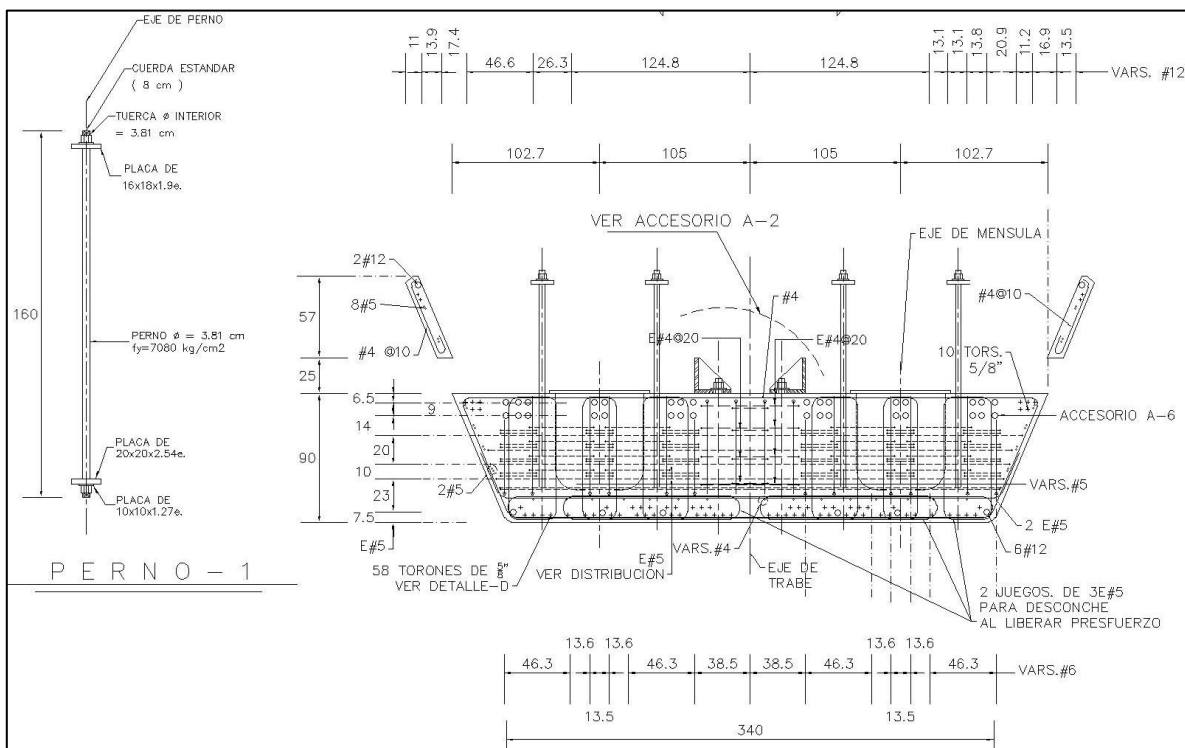
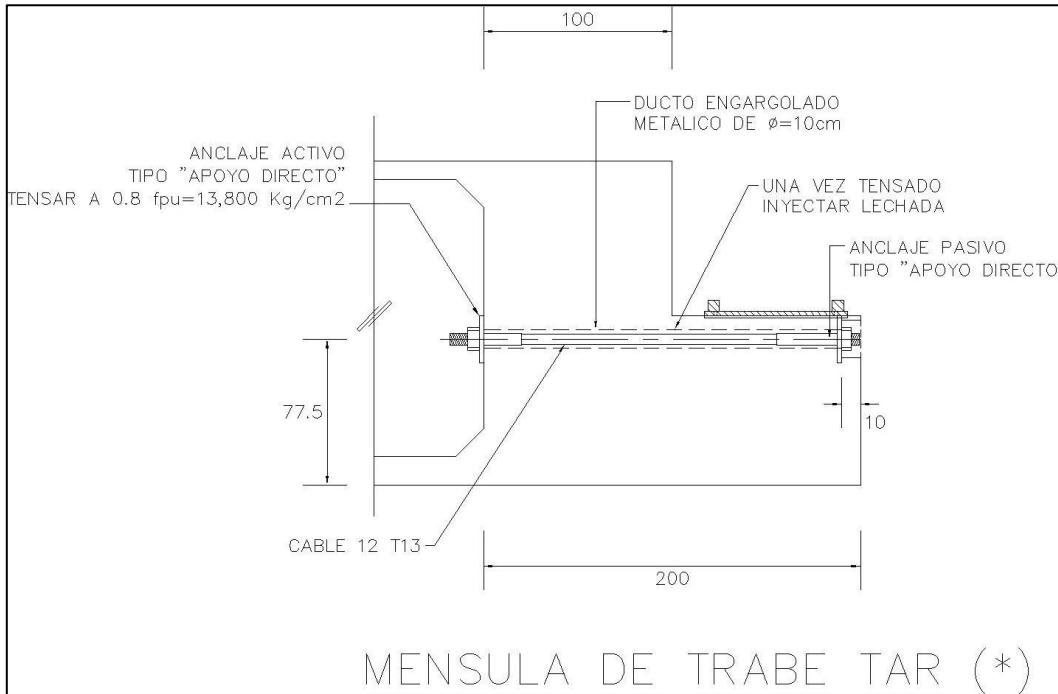


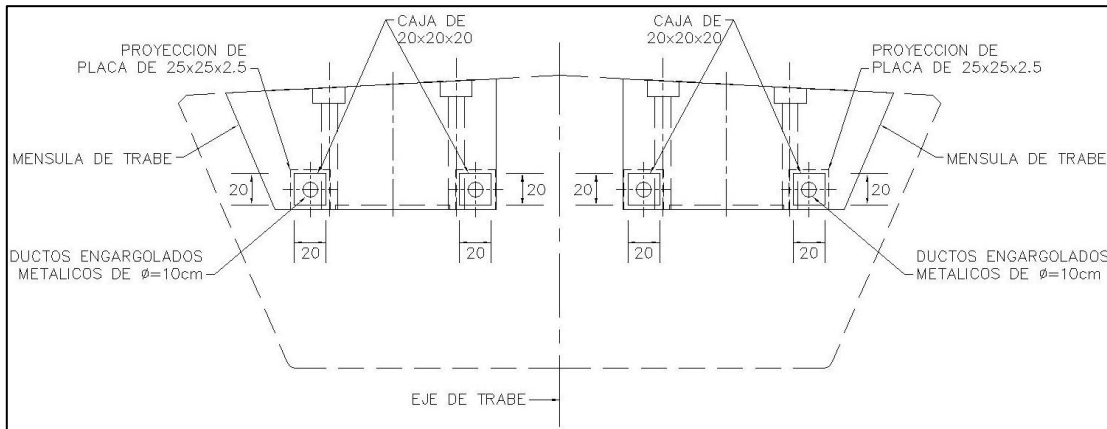
Imagen 43  
UNIÓN POR MEDIO DE PERNOS

Postensado.- Ducto engargolado metálico de  $\varnothing = 10 \text{ cm}$  en donde se va a introducir un cable 12 T13 ; caja de  $20 \times 20 \times 10$  prefabricado; placa de acero ahogada de  $25 \times 25 \times 25$ ;

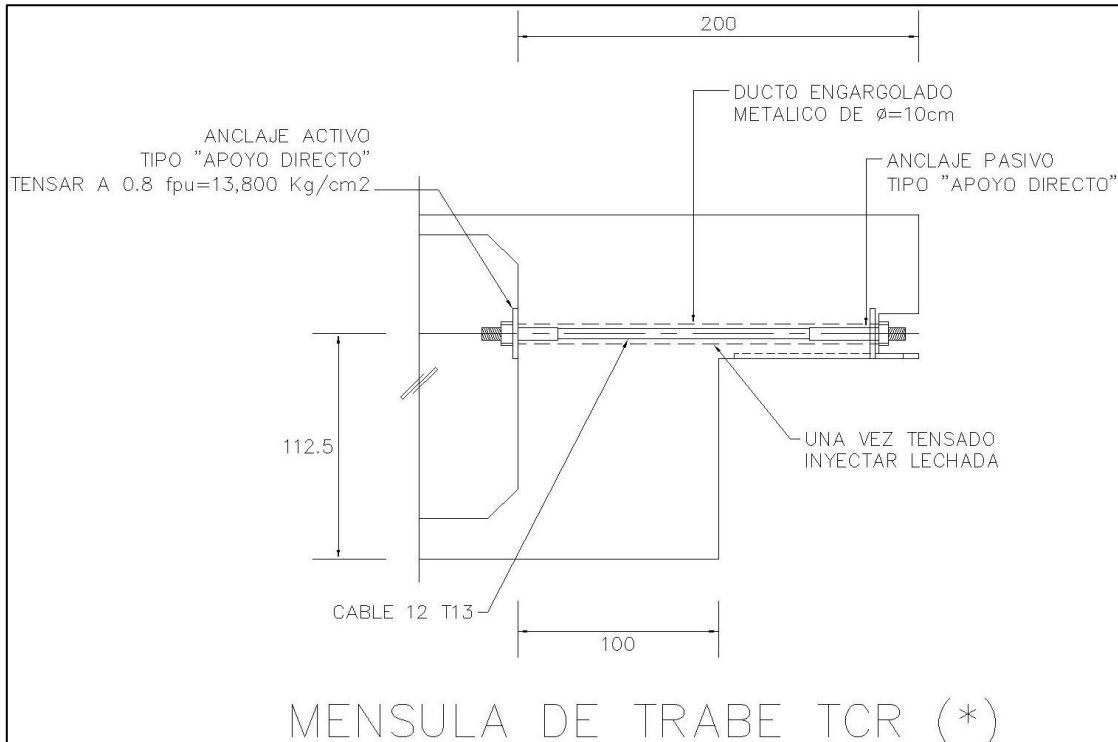


**Imagen 44**  
**POSTENSADO DE PERNOS DE UNIÓN EN TRABE TA**

Las TC están formadas casi de la misma manera, no cuentan con neoprenos por que es en las TA en donde van a estar descansando, las TC tienen un orificio prefabricado en las ménsulas donde va a travesar el perno para poder unirlos y posteriormente postensarlos. Cuentan con el mismo sistema para el postensado de las ménsulas



**Imagen 45**  
**UNIÓN PARA TRABES TA Y TC**



**Imagen 46**  
**POSTENSADO DE PERNOS DE UNIÓN EN TRABE TA**

Terminado el proceso de la instalación para cada cuerpo de pilas y un mínimo de 6 columnas, se iniciará el montaje de traveses tipo artesa. Su procedimiento de montaje se realizará de una forma alternada con el fin de evitar, el desplazamiento de las columnas y después de las centrales.

Si el trazo del terreno fuera horizontal no se tendría problema con las uniones de las traveses ya que sólo nos preocuparíamos por niveles horizontales y verticales. En este caso debido a sus pendientes, en el trazo, los ejes de las traveses debieron de estar también con pendiente, por lo que el paño superior de la ménsula TA y el paño inferior de la ménsula TC deben de ser horizontales lo cual obliga a dar un giro vertical a los extremos, por lo tanto hubo mucho cuidado ya que los extremos de una trabe no son iguales, dándonos una cantidad de piezas únicas.

Con lo anterior es importante definir con claridad la posición de montaje de la pieza, en la fabricación se indica esto mediante una flecha, la cual siempre apunta hacia la pendiente positiva y esta marcada en el extremo del nivel superior.

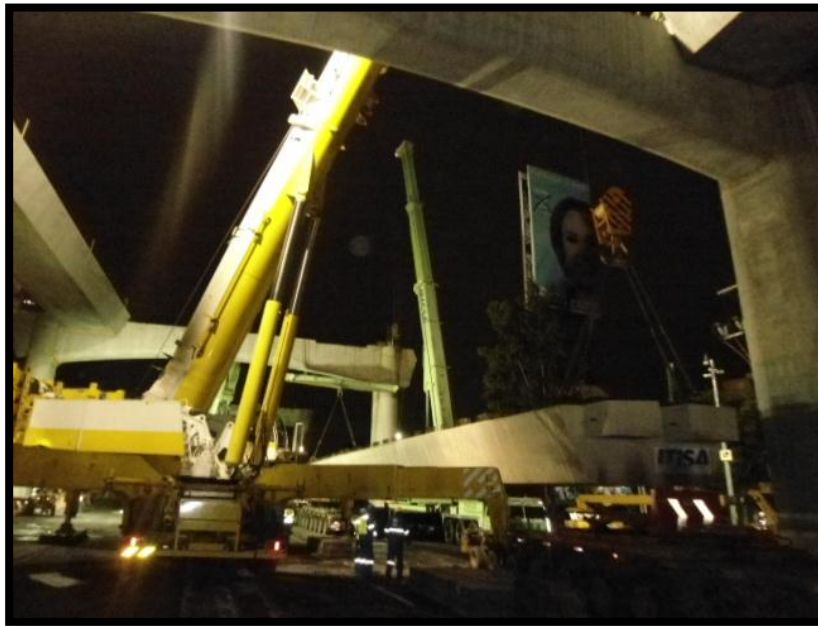
Si por alguna razón se coloca la pieza en posición invertida, el asiento de las ménsulas no es uniforme y los bordes de las traveses se pueden obstruir, este efecto es mayor mientras la pendiente sea más grande.

Al tener en obra la trabe a colocar y checada se inicia el proceso de montaje.

El montaje se hará con dos grúas LIEBHERR LTM 180, cuenta con 4 estabilizadores de piso, su capacidad máxima es a 3 m de distancia y 18 m de longitud con 880 toneladas y su capacidad última es a 60 m de longitud con altura de 54m y un peso sostenido de 23.1 ton. El peso bruto de la grúa es de 96 toneladas y cuenta con sobrepesos de 160 ton, tiene un giro de 360 grados, por lo que es muy útil en esta obra. Las grúas utilizadas deben de tener capacidad para tomar cuando menos un 70% de la carga total.

Se hará mención al montaje de la trabe 1TA16E-6 cuyo peso es de 315 toneladas:

El camión que la transporta debe estar colocado justo por en medio transversalmente a los dos ejes de las columnas sobre las que se va a montar (A104A y A104B).



**Imagen 47**  
**INICIO DE MONTAJE DE TRABE**

Ya estando en posición la trabe, se unen manualmente las conexiones de grúa con trabe, utilizando en cada grúa un gancho para grúa GMK 7450 conformado con 2 estrobos de canasta de 2 ½"x51 ft cada uno, con capacidad de 108 toneladas cada uno, 4 grilletes de 55 toneladas c/u que funge como conexión. Conectando estos accesorios esta listo para el proceso de levantamiento de la siguiente manera.

La G1, ubicada en el apoyo A104A debe de tener un radio de giro de 13.3 m desde el inicio de su colocación con su pluma principal elevada a 31.69 m, mientras que la G2 en el apoyo A104B con un radio de giro de 8 m y su pluma principal elevada

a 30.50 m. Los cables entre grúa y trabe estando en el camión transportador inicialmente tienen una longitud de 22.33 en G1 y 21.63 en G2 (Imagen 46).

Conforme se va levantando la trabe también va girando lentamente para poder maniobrar y evitar posibles interferencias. La altura a vencer es de 14.5 m contando la altura de la columna mas los “copetes” de unión de la columna. Al acercarse las estructuras deben de entrar los pernos de la TA en los huecos para estos pernos de la TC. Al estar completamente montada se ponen las placas de 18x18x1.9e y tuerca de  $\varnothing = 3.81$  cm para terminar el proceso apretándolos por medios manuales (Imagen 47).



**Imagen 48**  
**LEVANTAMIENTO DE TRABE**

Este proceso dura aproximadamente 2-4 horas ya que debe de hacerse con mucho cuidado y evitando cualquier error de construcción.

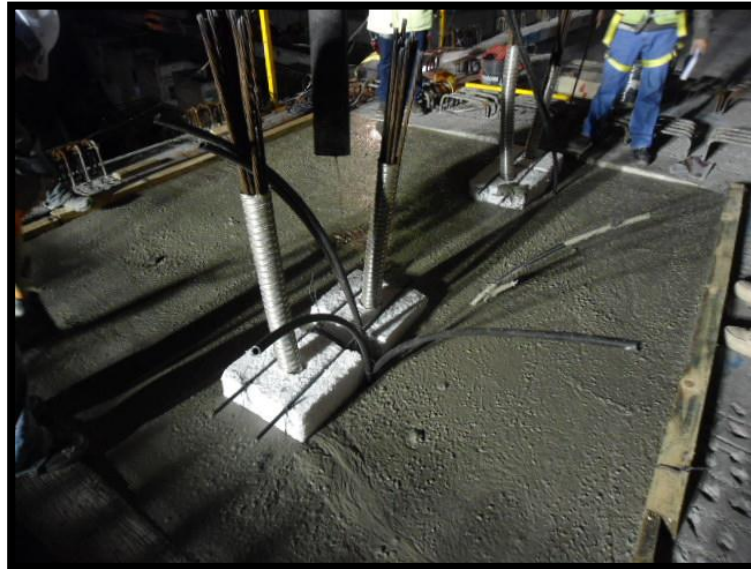
Finalmente, al tener elevada y alineada la trabe a los ejes de la columna, se baja despacio para que entren los “copetes” de conexión a los huecos de la trabe. Es de suma importancia el no cortar ninguna de estas varillas.

El tiempo de montaje será de 6 horas, teniendo en cuenta media hora para cosas inesperadas, por lo que se inicia a las 23 horas la colocación de las grúas y terminará a las 5 de la mañana como se ve en la tabla 11:





de anclaje. Se inserta el cable dentro del ducto por los extremos activos y hacerlo llegar hasta el extremo opuesto cuidando que la cuerda de los casquillos no se dañen. Colocar el dispositivo de inyección en extremo activo, colocando la tuerca, previendo la longitud de sujeción y apoyarla contra la placa de apoyo. Se posiciona el anclaje en el extremo pasivo, considerando que se debe de quedar cuerda suficiente para el ajuste en el extremo opuesto (extremo activo).



**Imagen 49**  
**POSTENSADO DE MÉNSULAS**

Se acopla el extremo del anclaje con el cople tractor de acuerdo al orden indicado en proyecto verificando que el cople tractor se introduzca la longitud necesaria para desarrollar su capacidad de tensado. Se introduce por el otro extremo del cople la barra Tractora y la silleta tractora con la perforación más amplia hacia el anclaje. Colocar el cilindro de tensado con el pistón hacia el lado opuesto del anclaje. Se pone la tuerca tractora ajustándola contra el cilindro, se acciona el cilindro verificando que la tuerca de anclaje se encuentre libre en todo momento para poder realizar su ajuste.

Se tiene que registrar las deformaciones, así como las presiones aplicadas en cada intervalo.

Ajustar gradualmente la tuerca de anclaje hasta alcanzar la tensión de  $0.8 f_{pu} = 13,800 \text{ kg/cm}^2$ . Realizar el ajuste final de la tuerca del anclaje contra la placa de transición. Regresar la carrera del pistón hasta su posición inicial y así liberar todos los accesorios de tensado. Es conveniente que se determine junto al personal de supervisión la periodicidad de verificación de la tensión aplicada, realizando un retensado y registrando la presión a la cual la tuerca es liberada y así determinar la efectividad del sistema aplicado. Continuar con los demás anclajes hasta concluir con

todos los cables de esta ménsula.

Al terminar el proceso de postensado de ménsulas se procede a la inyección de la siguiente manera:

Verificar que la boquilla de entrada, la de salida y en su caso los respiraderos se encuentren sin obstrucción. Instalar el equipo de inyección y realizar conexiones. Lavar y lubricar los ductos con agua limpia, verificando su hermeticidad. Elaborar la lechada de cemento y vaciarla en el depósito. Iniciar la inyección, verificando que el suministro de lechada sea constante comprobando que salga por el otro extremo con la misma consistencia. Finalizada la inyección de este cable se procede a realizar la siguiente o en caso contrario al lavado del equipo. Se deja endurecer la lechada (un día después) y se recortan las mangueras.

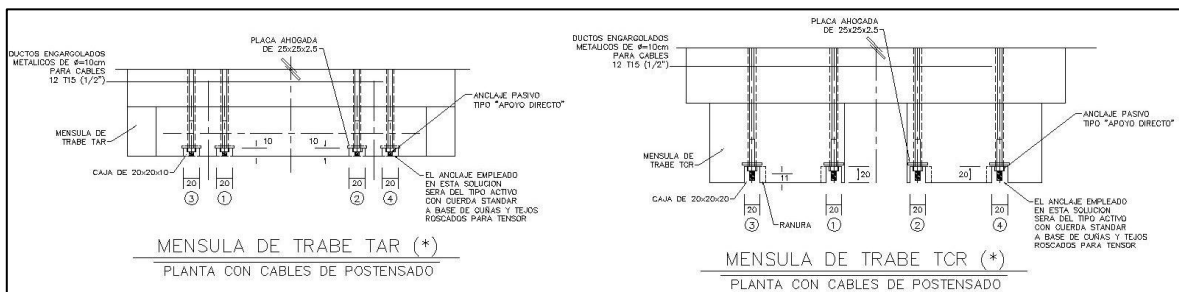


Imagen 50  
CABLES DE POSTENSADO DE TRABES

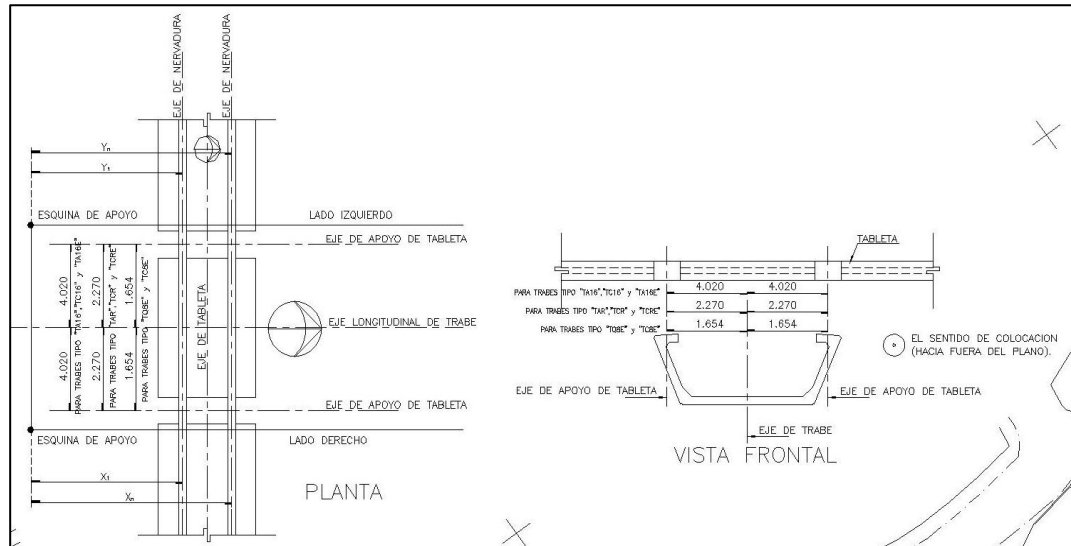
## 4.4. Tabletillas

Son estructuras de concreto armado en la cual se sostiene el firme de compresión y son las que unen estructuralmente a las traveses de la superestructura en el sentido longitudinal. El acero que sobresalió de la superficie de las traveses se hicieron los dobleces necesarios para fijar el acero del firme. Estas estructuras son prefabricadas y llevan un proceso de presfuerzo que consiste en crear deliberadamente esfuerzos permanentes en el elemento para mejorar su comportamiento de servicio y aumentar su resistencia.



Imagen 51  
TRABAJO EN TABLETAS

Gracias a la combinación del concreto y el acero de presfuerzo es posible conducir, en un elemento estructural esfuerzos y deformaciones que contrarresten total o parcialmente a los producidos por las cargas gravitacionales que actúan en el elemento lográndose así diseños más eficientes.



**Imagen 52**  
**TABLETAS**

En la Imagen 52 se muestran los diagramas de momentos debidos a la carga vertical  $W$  y a la fuerza de presfuerzo  $P$  para una viga simplemente apoyada. La carga vertical y la de presfuerzo son las mismas para las tres vigas; sin embargo, los diagramas de momento debido a las diferentes condiciones de la fuerza de presfuerzo difieren entre si. La viga I tiene presfuerzo axial, es decir el centro de gravedad de los torones se encuentra en el eje neutro de la sección. El presfuerzo así colocado no provoca ningún momento en la sección por lo que desde el punto de vista no hay ventajas al colocar presfuerzo axial. En la viga II el presfuerzo produce un diagrama de momento constante a lo largo del elemento a que la trayectoria de la fuerza  $P$  es recta y horizontal, pero esta aplicada con una excentricidad " $e$ ". Con esto se logra contrarrestar el momento máximo al centro del claro provocado por la carga vertical. Sin embargo en los extremos de la viga II el momento provocado por el presfuerzo resulta excesivo ya que no existe momento por cargas verticales que disminuyan su acción. En este caso un diseño adecuado deberá de corregir este exceso de momento. Por último, en la viga III se tiene una distribución de momentos debida al presfuerzo similar a la curva provocada por la carga vertical; el presfuerzo así colocado, con excentricidad pequeña en los extremos y máxima al centro del claro, contrarresta eficientemente el efecto de las cargas en cada sección de la viga.

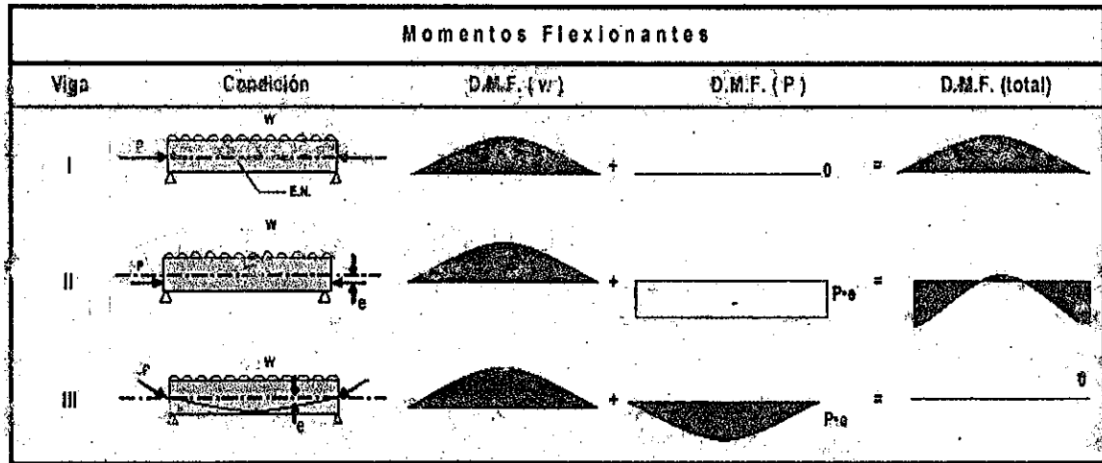


Imagen 53  
MOMENTOS FLEXIONANTES

En la siguiente Imagen 53 se muestran los diagramas de esfuerzo para las secciones al centro del claro y en los extremos correspondientes a las mismas vigas anteriores. Se aprecia que, contrario a lo observado en los diagramas de momentos flexionantes, el comportamiento de la viga I al centro del claro si mejora con el presfuerzo, aunque solo sea axial esto es debido a que el presfuerzo provoca compresiones que disminuyen las tensiones provocadas por W en la fibra interior de la sección. Para las vigas II y III estos esfuerzos de tensión son todavía menores por el momento provocado por el presfuerzo excéntrico; estos esfuerzos son mayores a los de las vigas I y II y en general mayores también que los esfuerzos permisibles.

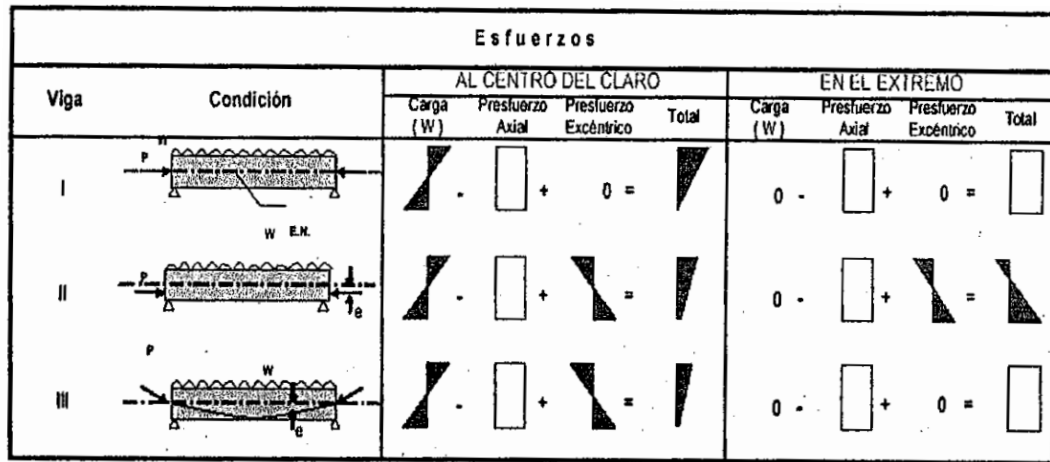


Imagen 54  
ESFUERZOS

La comparación de las vigas I, II y III mostradas en las imágenes anteriores nos permiten concluir que el acero de presfuerzo disminuye tanto los esfuerzos de tensión como los momentos en la sección al centro del claro. Los efectos secundarios del

presfuerzo como los momentos y esfuerzos excesivos en los extremos de la viga. El pueden suprimirse o inhibirse con procedimientos sencillos encamisando los torones o con técnicas similares.

De acuerdo a lo anterior, la deformación y el agrietamiento de elementos presforzados disminuyen con la compresión y el momento producidos por los tendones, lo que se traduce en elementos más eficientes. Esto se aprecia esquemáticamente en la Imagen 54, que muestra la comparación del estado de deformación y agrietamiento de dos vigas, una de concreto reforzado y otra de concreto presforzado, sometidos ante la misma carga vertical.

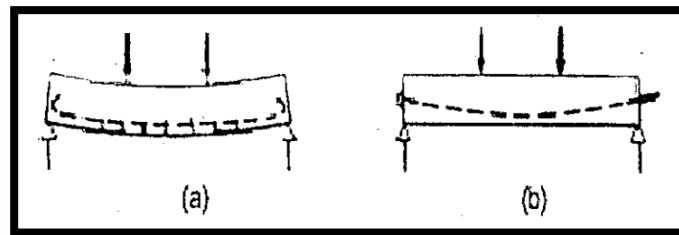


Imagen 55

**DEFORMACIÓN Y AGRIETAMIENTO EN VIGAS DE CONCRETO REFORZADO Y PRESFORZADO**

- a) concreto reforzado.
- b) concreto presforzado.

Algunas ventajas del concreto presforzado son las siguientes:

- Mejor comportamiento ante las cargas de servicio por el control del agrietamiento y la deflexión.
- Permite el uso óptimo de materiales de alta resistencia.
- Se obtienen elementos mas eficientes y esbeltos, con menos empleo de material; en vigas, por ejemplo, se utilizan peraltes del orden de  $L/20$  a  $L/23$ , donde  $L$  es el claro de la viga, a diferencia de  $L/10$  en concreto reforzado.
- La producción en serie de plantas permite mayor control de calidad y abatimiento de costos.
- Mayor rapidez de construcción al atacarse al mismo tiempo varios frentes o construirse simultáneamente distintas partes de la estructura; esto en general conlleva importantes ventajas económicas en un análisis financiero completo.

Ahora, también hay algunos inconvenientes:

- La falta de coordinación en el transporte de los elementos presforzados puede encarecer el montaje.
- En general, la inversión inicial es mayor por la disminución en los tiempos de construcción.
- Se requiere también de un diseño relativamente especializado de conexiones, uniones y apoyos.



- Se debe de plantear y ejecutar cuidadosamente el proceso de construcción, sobre todo en las etapas de montaje y colados en sitio.

Hay cuatro tipos de tabletas, de acuerdo a su longitud y número de apoyos :

- TB12.- Se apoyan en las traveses TAR, TCR, TARE, TQR y TKR, con 2 apoyos. Su longitud total es de 12.18 m.
- TB16.- Se apoyan en las traveses TA16, TC16, TA16T, TQ16 y TK16, con tres apoyos. Su longitud total es de 15.68 y en transición son de 15.68- 12.75 m.
- TB16E.- Se apoyan en la trabe TC16E, con tres apoyos, son de 12.18- 12.75 m.
- TBP.- Se apoyan en las traveses "TCR-TC8E", "TQR- TQ8E", con cuatro apoyos de 15.68- 21.65 m, estas son colocadas en la incorporación de los distribuidores al troncal.

Las tabletas y las traveses deben de estar unidas, para lo cual se dejan unos conectores en las traveses que quedan integradas a las tabletas al hacer el colado del firme de compresión

Las conexiones entre la tableta y la trabe son primero con acero estructural; en los extremos de toda la trabe se encuentran varillas de #4 y #6

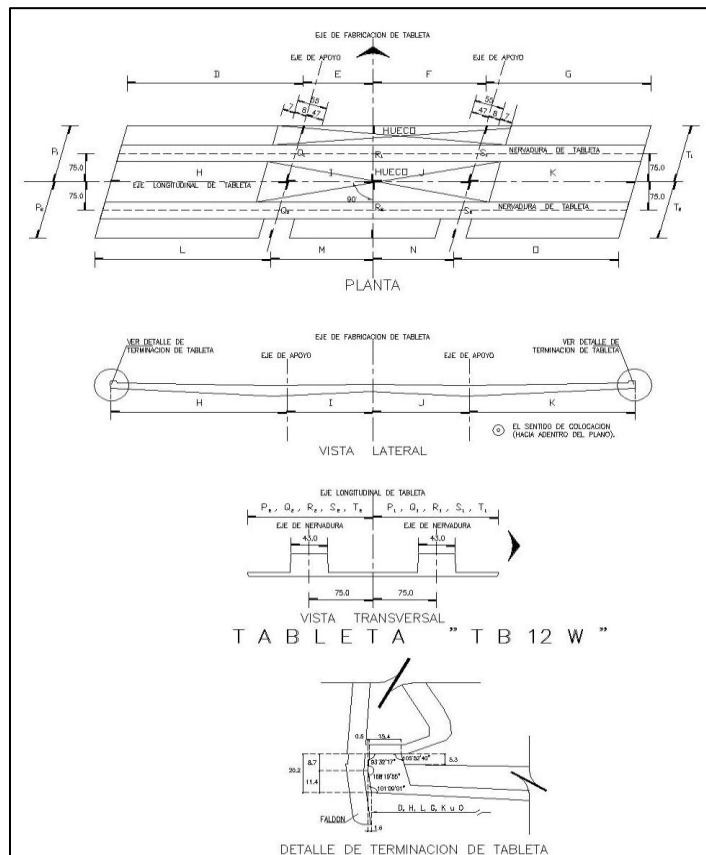


**Imagen 56**  
**TABLETAS PREFABRICADAS**

El defecto de fabricación, en los conectores, es que quedan unas varillas con demasiada longitud y hay que despuntar, otras quedan con poco recubrimiento y hay que doblar las varillas hacia el eje de la trabe, todo lo anterior ocasiona que el montaje no se pueda llevar a cabo; lo recomendable es corregir estos puntos en la fabricación y no en la obra.



**Imagen 57**  
**MONTAJE DE TABLETAS**



**Imagen 58**  
**CONEXIÓN DE TABLETAS**

#### 4.5. Juntas de calzada

Entre las tabletas se hará una conexión con armado para dar continuidad entre ellas y en los extremos de la travesía TA se cambiará este armado para hacer apoyos móviles o fijos.

Se colocarán bastones del #4 en las uniones de las tabletas, en la parte superior e inferior coincidente con el refuerzo de la tableta y colocando en la parte inferior entre las uniones de las tabletas una pieza de durox para que se impida la pérdida y caída de material.

#### 4.6. Firme de compresión

Esta etapa es el complemento para formar la losa, por eso también es conocida como “colado 2da etapa”. Su armado es el de las juntas entre tabletas, el armado descubierto de las tabletas y el refuerzo de conexión con la trabe.

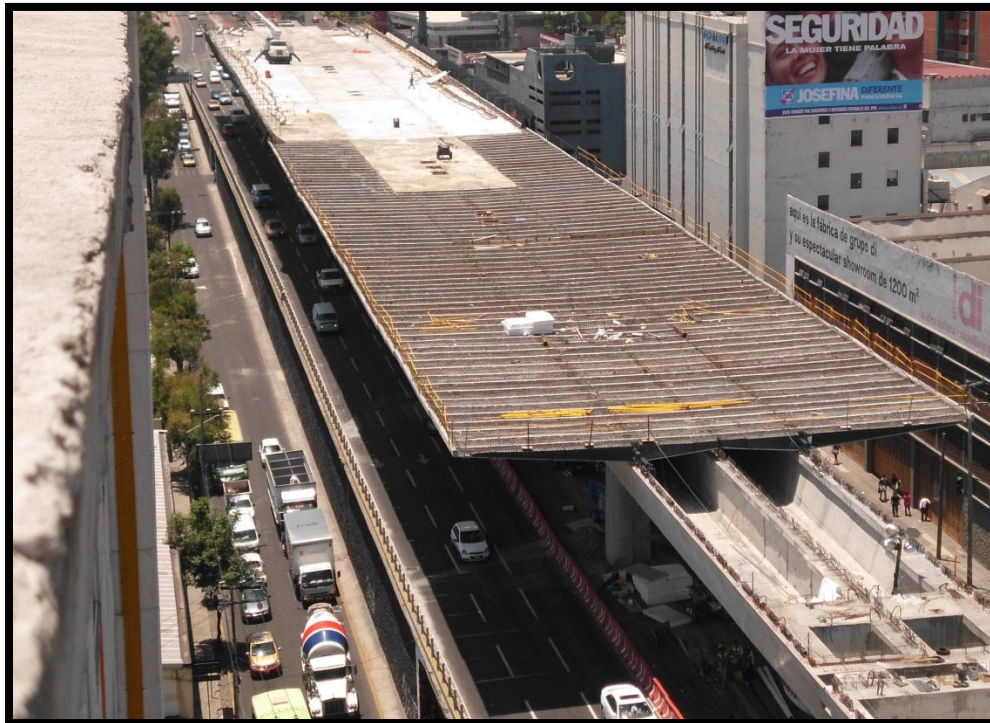


Imagen 59  
VISTA AEREA DE FIRME DE COMPRESIÓN

Las dimensiones del firme es el ancho de la pista de rodadura y su espesor de 8 cm, el cual en realidad se incrementó por el desfase de las losas

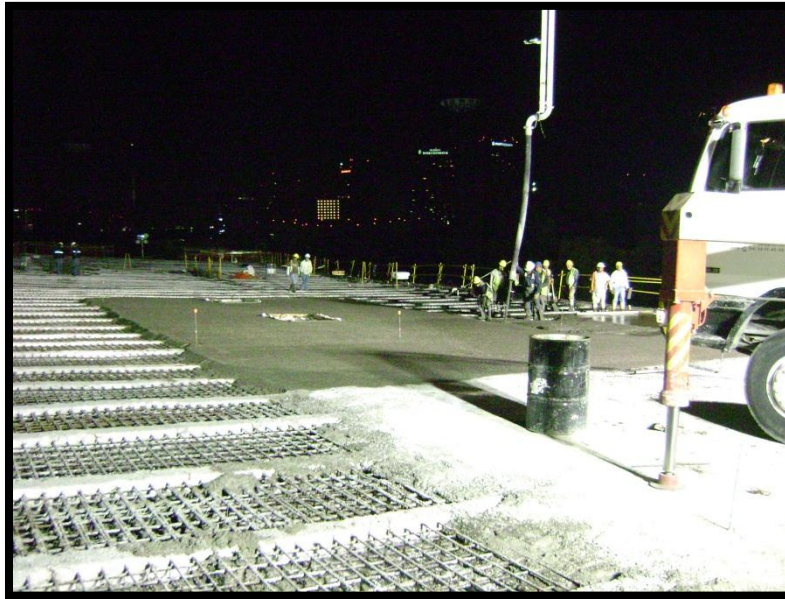


superiores de las traveses para dar el bombeo al centro de la pista de rodamiento o el peralte en la zona de curva.

Este firme formará el cuerpo de la pista de rodamiento vehicular, y será donde asiente la carpeta asfáltica. El proceso constructivo fue el más simple de toda la construcción, consistió en la colocación del armado, colado y curado. Las varillas transversales al puente se colocaron del número 6 a cada 20 cm y las longitudinales del número 4 a cada 20 cm además de un bastón de 1.8 m a cada 20 cm en cada extremo del puente. El colado del concreto es de  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  con estabilizador de volumen e impermeabilizante integral colocado mediante bombas plumas.

En el proceso de pavimentación se hizo en dos etapas: en la primera capa es para la nivelación para darle el perfil mientras que la segunda es el asfalto de rodamiento

La colocación del pavimento o carpeta asfáltica sobre el firme estructural del viaducto elevado se detalla a continuación:



**Imagen 60**  
**COLADO DE FIRME DE COMPRESIÓN**

Pavimento sobre el firme estructural

La superficie de rodamiento sobre el firme estructura se formará con la carpeta asfáltica de acuerdo a las siguientes actividades:

Colocado y fraguado del firme estructura y previa colocación de la junta móvil se procederá a rellenar las fisuras existentes en toda el área con emulsión catiónica de rompimiento medio ECM-65 en una proporción de 0.70 l/m<sup>2</sup> y penetración de 2 mm

mínimo. La emulsión deberá cumplir con las características siguientes:

CARACTERÍSTICAS	CLASIFICACIÓN	
	ECR-65	ECM-65

Contenido de cemento asfáltico en masa; %, min	65	65
Viscosidad Saybolt- Furol a 50° C; s, mínimo	40	25
Asentamiento en 5 días; Diferencia en % max	5	5
Retenido en malla N° 20 en la prueba de tamiz; %, max	0.1	0.1
Pasa malla N° 20 y se retiene en malla N° 60 en la prueba del tamiz; %, max	0.25	0.25
Cubrimiento del agregado seco; %, min	-----	90
Cubrimiento del agregado húmedo; %, min	-----	75
Carga eléctrica de las partículas	(+)	(+)
Disolvente en volumen; %, máx	3	5
Índice de ruptura; %	< 100	80 - 140

**DEL RESIDUO DE DILATACIÓN**

Viscosidad dinámica a 60° C; Pa-s (P <sup>(1)</sup> )	50 ± 10	50 ± 10
	(500 ± 100)	(500 ± 100)
Penetración a 25° C, en 100 g y 5 s; 10 <sup>-1</sup> mm	110 - 250	100 - 250
Ductilidad a 25° C; cm, mínimo	40	40

**Tabla 12**  
**REQUISITOS DE CALIDAD PARA LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS**

De ser necesario, se colocará una capa reniveladora de concreto asfáltico de 1.5 cm de espesor (máximo), cuya finalidad será la de alcanzar los niveles de proyecto, en caso de no ser necesaria, se omitirá su aplicación. Las características de la mezcla serán las mencionadas y se compactará de tal forma que se obtenga una superficie cerrada.

La colocación de la carpeta asfáltica sobre el puente deberá cumplir con las características aquí especificadas y se colocará a tope en la zona de junta de calzada, con la salvedad de que ésta tendrá un espesor de 7 cm omitiendo el riego de impregnación de presentar una superficie regular y libre de partículas sueltas.

– Riego de liga:

Treinta minutos antes de la colocación de la mezcla asfáltica, se aplicará el riego de liga una vez que el material penetrado y desfluxado, no deberá existir la posibilidad de lluvia durante la aplicación del riego y mezcla asfáltica, manteniendo en todo momento la superficie de aplicación limpia y seca.

El riego de liga se realizará con una emulsión catiónica de rompimiento rápido ECR-65 con las características que se expresan en la tabla anterior, con una proporción de 0.70 l/m<sup>2</sup> y penetración de 2 mm mínimo.

La base impregnada se cerrará a cualquier actividad por un plazo de 48 horas mínimo y si existe posibilidad de lluvias el riego se pospondrá.

En caso e existir acumulación excesivas de materiales granulares o polvo deberá de retirarse el exceso mediante cepillos.

– Carpeta asfáltica:

Transcurridos 30 minutos del riego de liga se formará la carpeta asfáltica mediante el tendido y compactado de la mezcla elaborada en caliente, en una planta estacionaria , utilizando cemento asfáltico.

La carpeta tendrá que cumplir con las características siguientes:

<b>Espesor</b>	7 cm
<b>Compactación Marshall</b>	95% (mínimo)
<b>Temperatura de colocación</b>	110 - 120 ° C
<b>Temperatura de terminado</b>	70 ° C (mínimo)
<b>Permeabilidad</b>	6% (máximo)
<b>Absorción total</b>	24 h (máximo)

Tabla 13  
CARACTERÍSTICAS DE CARPETA ASFÁLTICA

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

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



- Material pétreo

Material triturado

<b>Granulometría preferente</b>	Zona 1 (figura)
<b>Tamaño máximo</b>	3/4 "
<b>Contracción lineal</b>	2 % (máximo)
<b>Desgaste</b>	40 % (máximo)
<b>Absorción</b>	7 % (máximo)
<b>Partículas de forma alargada</b>	35 % (máximo)
<b>Equivalente de arena</b>	55 % (máximo)

Tabla 14

Cemento asfáltico

<b>CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO ORIGINAL</b>	<b>DEL ASFÁLTICO</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
		<b>AC- 10</b>

Viscosidad dinámica a 60 ° C; Pa-s (P <sup>1</sup> )	100 ± 20 1000 ± 200
Viscosidad cinemática a 136 ° C; mm <sup>2</sup> /s, mínimo (1 mm <sup>2</sup> s = 1 centistoke)	250
Viscosidad Saybolt- Furol a 135 °C; s, mínimo	110
Penetración a 25 °C, 100 g, 5 s; 10 <sup>-1</sup> mm, mínimo	80
Punto de inflamación Cleveland; °C, mínimo	219
Solubilidad; %, mínimo	99

Punto de reblandecimiento; °C	45- 52
----------------------------------	--------

DEL RESIDUO DE LA PRUEBA DE LA PELÍCULA DELGADA	CLASIFICACIÓN
---	---------------

Pérdida por calentamiento; %, máximo	0.5 400 (4000)
Ductibilidad a 25 °C y 5 cm/min;	75
Penetración retenida a 25 °C; %, mínimo	50

Tabla 15

Prueba de la película delgada, 50 cm<sup>3</sup>, 5hr, 163 °C:

<b>Penetración retenida</b>	50% (máximo)
<b>Pérdida por calentamiento</b>	1% (máximo)

Tabla 16

La afinidad con el material pétreo deberá de cumplir con:

<b>Desprendimiento por fricción</b>	25% (máximo)
<b>Cubrimiento con asfalto</b>	90% (mínimo)
<b>Pérdida de estabilidad por inmersión de agua</b>	25% (máximo)

Tabla 17

- 
- 
- 
- 
- Mezcla asfáltica

La mezcla asfáltica deberá de cumplir con los siguientes puntos:

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

Tabla 18

– Riego de sello

Una vez verificadas y cumplidas las características de la carpeta es recomendable aplicar un riego de sello sobre ésta para impermeabilizarla. El riego se realizará con lechada de cemento- agua en proporción de cemento/área de 0.8 l/m<sup>2</sup>.



Imagen 61  
COLOCACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO

## 5. GUARNICIONES Y PARAPETOS METÁLICOS.

Las guarniciones son la unión entre el firme de compresión y el parapeto metálico. Están hechas a base de concreto armado y en esta obra fueron prefabricados.

Embebidas al concreto se encuentran una tubería de PET de 1.5" para poder conectar las luminarias colocadas en todo el trayecto de la vía.

La conexión entre las guarniciones y las tabletas es por medio de varillas del #2 que sobresalen por los extremos desde su construcción en fábrica. Por medio de grúa se levanta la guarnición hasta el nivel de rasante, se conectan las varillas por medios manuales con alambre recocido. Por la parte externa de la vialidad se realiza y monta

cimbra de madera para su buen colado.

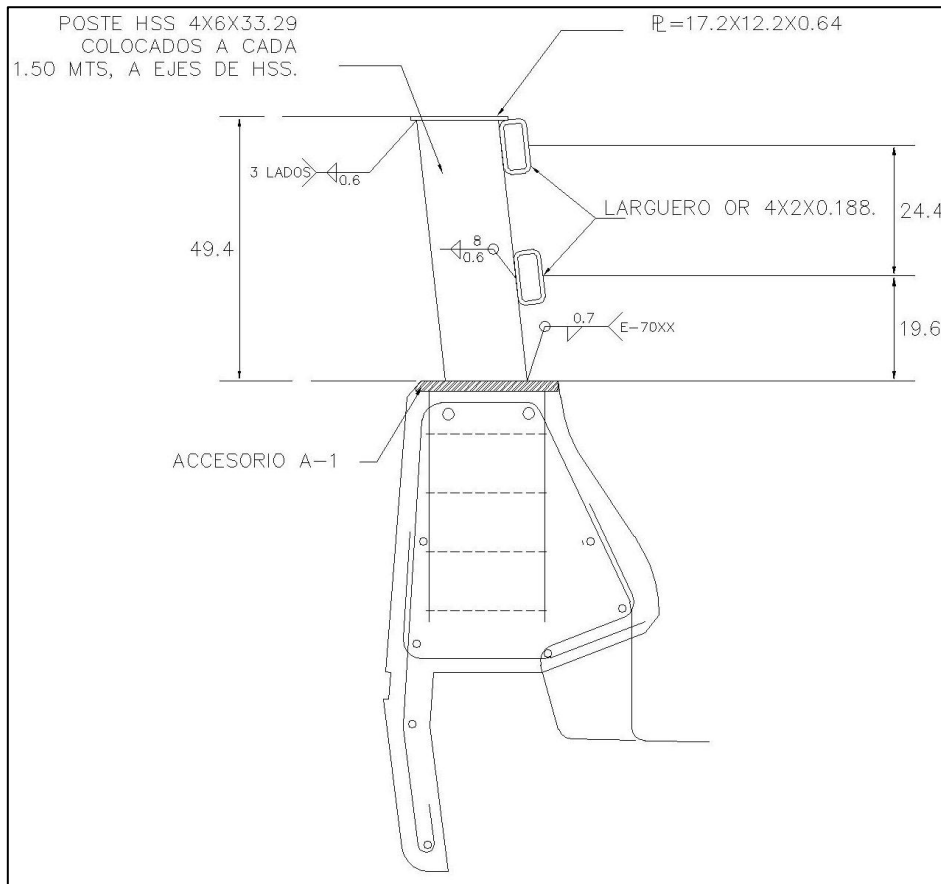


Imagen 62

**CONEXIÓN DE PARAPETO METÁLICO CON GUARNICIÓN**

El colado es por medio de grúa pluma en donde lo amerite, con concreto estructural con  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$  a 1 día el 75% de su resistencia.

Al obtener el 100% de la resistencia el concreto colado se montan los parapetos que son estructuras de acero prefabricadas que resisten el impacto lateral horizontal de 4 Ton por metro lineal de guarnición, lo cual garantiza la seguridad de los automóviles que transitan en la vía.



**Imagen 63**  
**UNIÓN PARAPETO METÁLICO**

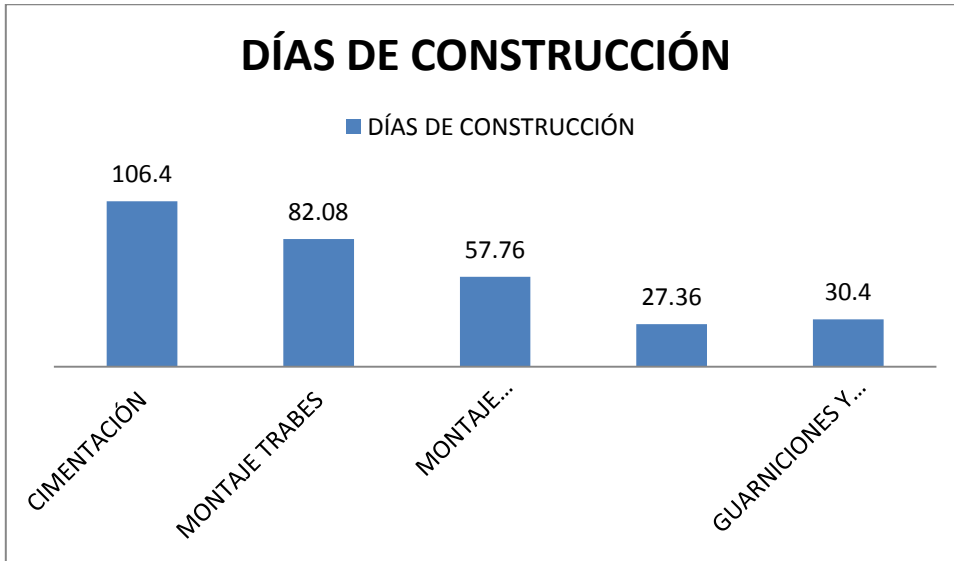


**Imagen 64**  
**GUARNICIÓN Y PARAPETO METÁLICO**

Las guarniciones de concreto cuentan con tornillos embebidos en el concreto para la unión con los parapetos metálicos por medio de tuercas.

## 6. COSTO Y TIEMPO DE EJECUCIÓN

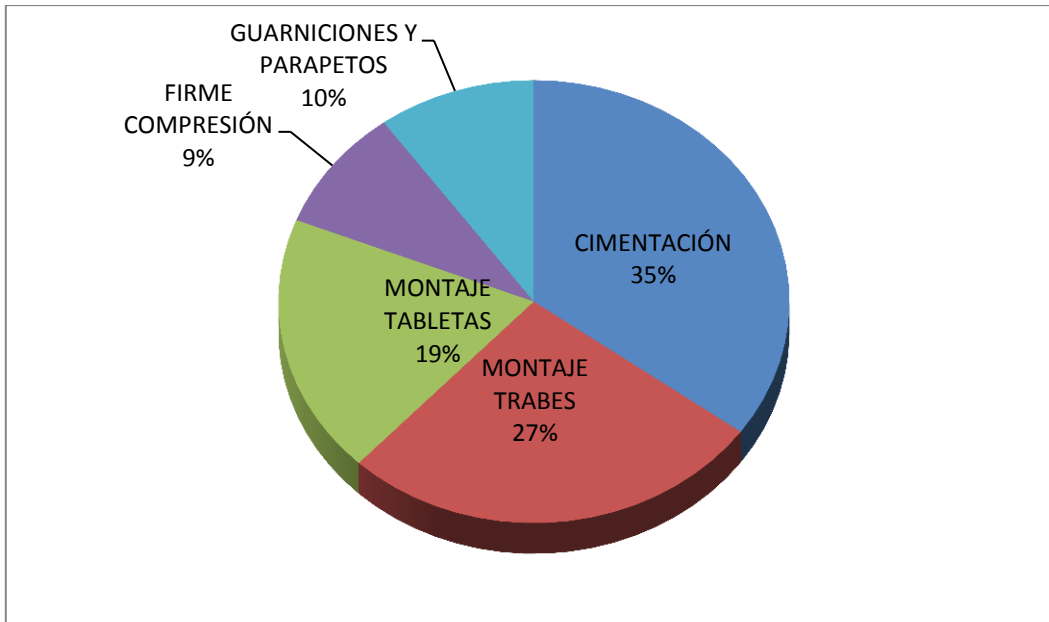
El tiempo de ejecución de esta obra fue de once meses (noviembre del 2008 a septiembre del 2009) 304 días hábiles en los que se construyó esta vía. Hubo algunas demoras en la entrega debido a que las contratistas no terminaron en tiempo y forma lo cual les causaron penalizaciones.



**Gráfica 5  
TIEMPOS DE CONSTRUCCIÓN**

El tiempo de construcción estuvo dividido de la siguiente manera

CIMENTACIÓN	<b>35%</b>
MONTAJE TRABES	<b>27%</b>
MONTAJE TABLETAS	<b>19%</b>
FIRME COMPRESIÓN	<b>10%</b>
GUARNICIONES Y PARAPETOS	<b>9%</b>



**Gráfica 6 PORCENTAJE DE TIEMPOS DE CONSTRUCCIÓN**



Lo más complicado en este tipo de obras es la cimentación y el montaje de las estructuras debido a las dimensiones a manejar y estábamos sujetos a la entrega exacta de las columnas, traveses, tabletas prefabricadas.

Las jornadas de trabajo eran sobretodo nocturnas por el poco espacio en los montajes.

Con respecto al costo de construcción de la primera etapa se presenta en la siguiente tabla.

El costo de esta obra fue absorbido por la constructora y esta vía fue concesionada por 30 años para la explotación, operación, conservación y mantenimiento.

### ETAPA 1a

No	ESPECIFICACIÓN GENERAL Y COMPLEMENTARIA	DESCRIPCIÓN	IMPORTE \$
<b>1a Etapa</b>			
<b>SUR- NTE Km 0+000 a Km 22+000</b>			
		OBRAS DE DESVÍO Y SEÑALAMIENTO PROVISIONAL	3,032,807.04
		OBRAS DE ADECUACIONES GEOMÉTRICAS	5,844,483.79
		LIMPIEZA DURANTE EL PROCESO DE OBRA	2,937,427.32
		TERRACERÍAS	8,422,884.98
		CIMENTACIÓN	101,336,499.10
		SUBESTRUCTURAS	75,719,330.51
		SUPERESTRUCTURAS	462,624,940.36
		PAVIMENTOS	7,092,555.27
		DRENAJE PLUVIAL	6,352,540.07
		ALUMBRADO	17,672,259.21
		SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL	774,201.21
		OBRAS INDUCIDAS	37,700,932.99
<b>SUMA PRIMERA ETAPA</b>			<b>\$729,510,862</b>

Tabla 19  
MONTOS POR OBRA TERMINADA

## 7. CONCLUSIONES

Con este trabajo llegué a la conclusión de que es necesario estudiar y ver las necesidades actuales pero sin perder el enfoque de lo que será necesario en un futuro para facilitar las tomas de decisiones.

Cada una de las etapas de construcción son de suma importancia ya que van ligadas y es necesario el buen comportamiento de las anteriores para tener éxito en las posteriores y así tener un éxito total en construcción. También es necesario llevar el control del tiempo de obra para terminar en lo previsto y poder concluir en el tiempo esperado de la obra para poder así eliminar gastos no previstos y multas.

Esta obra fue la bifurcación de la vialidad en la zona metropolitana debido a que, como lo dicen los estudios previos, son necesarios obras de expansión de la capacidad con respecto al transporte para suprimir el tiempo perdido por transporte de las actividades cotidianas y así poder tener un mejor estilo de vida.

Actualmente ya esta en proceso la extensión de esta vía en el Distrito Federal que llegará desde Toreo hasta la Glorieta de Vaqueritos.

El tiempo de construcción de esta vialidad fue mucho menor debido a que se estudió con anterioridad las opciones (estructura metálica y prefabricados), siendo la construcción con estructuras prefabricadas la mejor debido a que las afectaciones fueron menores en la vialidad primaria y los costos disminuyeron considerablemente debido a que en el ese tiempo fue el alza del acero.

El Viaducto Elevado del Estado de México es una de las soluciones para el tránsito dentro de la Zona Metropolitana, cabe considerar que el mejoramiento de los medios de transporte sería la solución mas óptima de los problemas ya que habiendo una red cómoda y buena distribución de rutas el uso del automóvil disminuiría

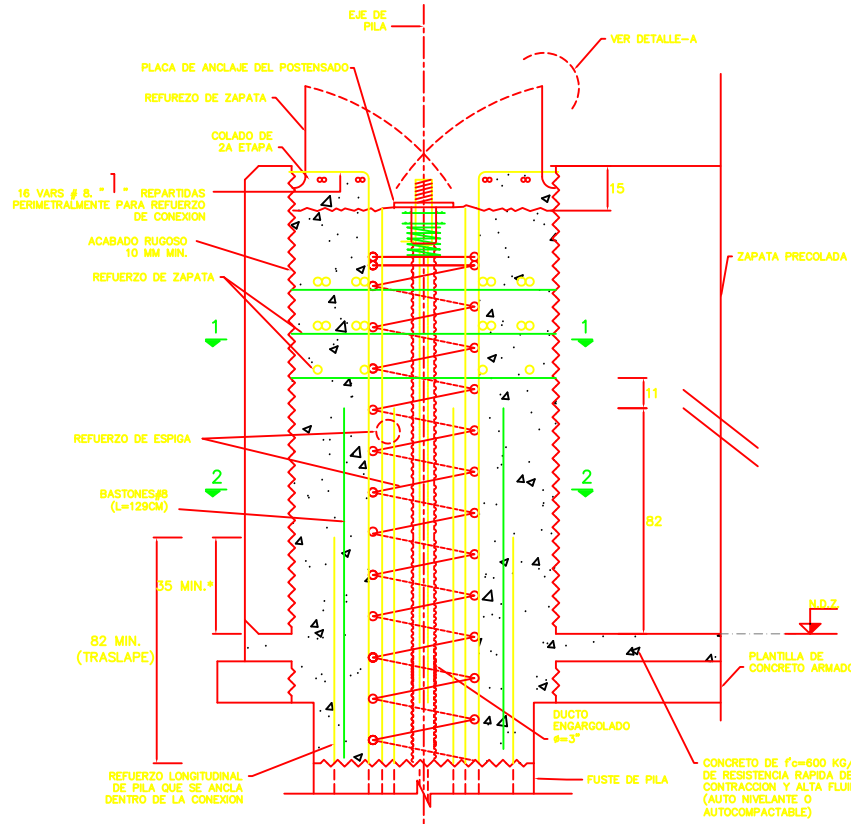
# BIBLIOGRAFÍA

- ⊕ Cal y Mayor Reyes Spíndola , Rafael. *“Ingeniería de tránsito. Fundamento y aplicaciones”*. 8va edición. México D.F.: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A. de C.V. ,enero 2007.
- ⊕ Tomlinson M. J. *“Cimentaciones: diseño y construcción”*, México, Trillas, 1996. 555páginas
- ⊕ Ramírez Pérez, Oscar Miguel. *“Procedimiento Constructivo y estudios Geotécnicos del distribuidor Vial Zaragoza zona A”*. Tesis de Licenciatura. UNAM. México, 2003. Impresa
- ⊕ Eusebio C. Madariaga Soto. *“Descripción del procedimiento constructivo para el puente vehicular ubicado en el cruce de Av. Fray Servando Teresa de Mier y Eje 3 Francisco del Paso y Troncoso”*. Tesis Licenciatura. UNAM. México, 2009. Impresa
- ⊕ Crespo Villalaz, Carlos. *“Vías de Comunicación”*. Limusa, 1996. 717 páginas
- ⊕ Manuales de construcción del Viaducto Bicentenario, Segundo piso Estado de México. México 2008. OHL Concesiones México
- ⊕ Especificaciones de construcción del Viaducto Bicentenario, Segundo piso Estado de México. México 2008. OHL Concesiones México

**NOTAS**

- 1.- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN CENTIMETROS EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
  - 2.- NIVELES EN METROS.
  - 3.- LAS COTAS RIGEN AL DIBUJO, NO TOMAR MEDIDAS A ESCALA.
  - 4.- VERIFICAR GEOMETRIA Y NIVELES EN PLANOS GEOMETRICOS RESPECTIVOS.
  - 5.- ESTAS PIEZAS LLEVAN ORIENTACION, VER PLANO GEOMETRICO.
  - 6.- DEBERA VERIFICARSE EL PESO DE LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS PARA ASEGURAR QUE LAS DIMENSIONES DE LOS ALIGERAMIENTOS CUMPLEN CON PROYECTO Y LAS DENSIDADES DE LOS MATERIALES EMPLEADOS ESTEN DENTRO DE ESPECIFICACIONES.
- CONCRETO**
- 7.- EL CONCRETO TENDRA UNA RESISTENCIA DE  $f_c = 800 \text{ kg/cm}^2$
  - 8.- EL CONCRETO TENDRA POR LO MENOS UN MODULO ELASTICO DE:  $318,206.6 \text{ kg/cm}^2$
- ACERO**
- 9.- EL ACERO DE REFUERZO SERA DE  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .
  - 10.- ESTE PLANO SE COMPLEMENTA CON LOS PLANOS

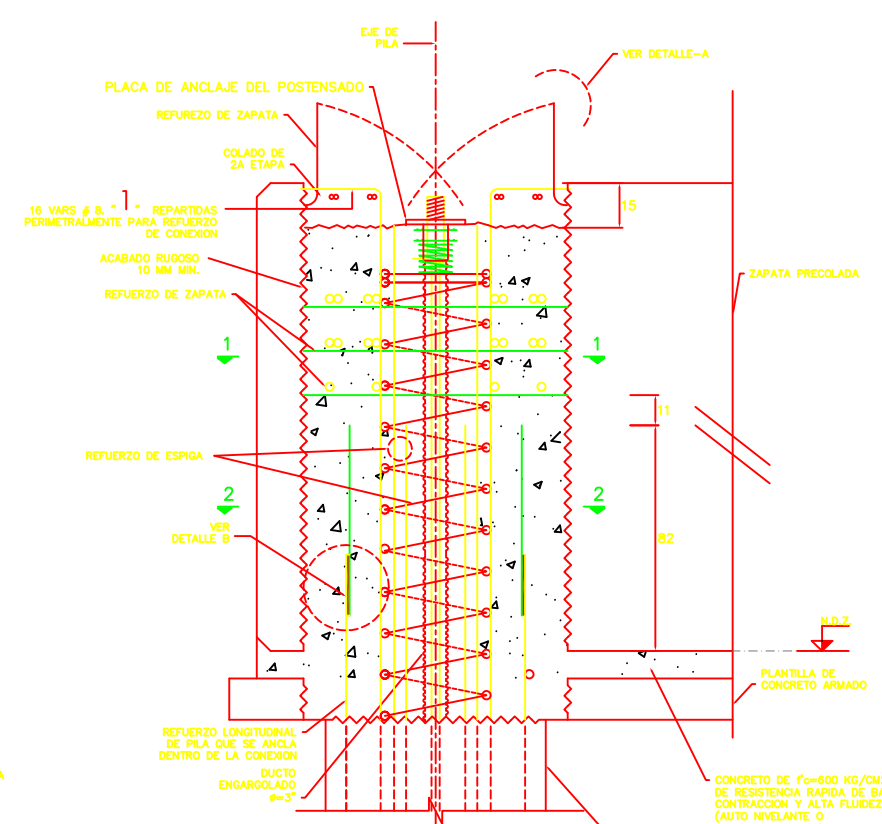
N.T.N. NIVEL DE TERRENO NATURAL  
N.D.Z. NIVEL DE DESPLANTE DE ZAPATA  
N.T.C.C. NIVEL DE TOPE DE COLADO DE COLUMNA



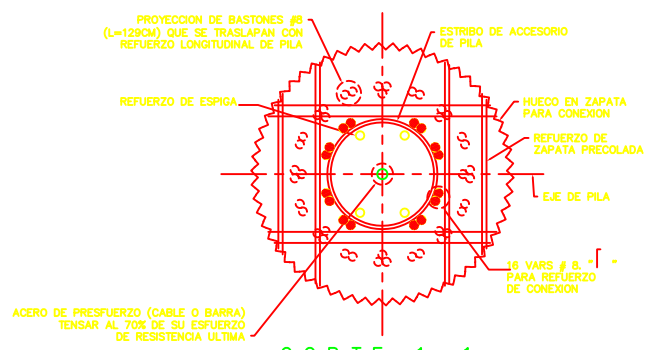
EN ESTA OPCION-A SE DEBERA ASEGURAR UNA LONGITUD DE TRASLAPE DE 82 CM ENTRE LAS VARRILLAS DE REFUERZO LONGITUDINAL DE LA PILA Y LOS BASTONES DEL #8 SEÑALADOS

**ELEVACION FRONTAL**  
CONEXION ZAPATA - COLUMNA  
(OPCION A)

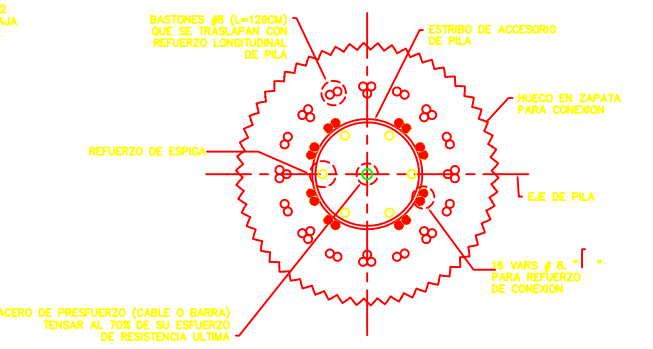
\* LA LONGITUD DEL REFUERZO DE PILA QUE ANCLA DENTRO DE LA CONEXION ESTA DEFINIDA EN PLANOS DE PILAS CORRESPONDIENTES



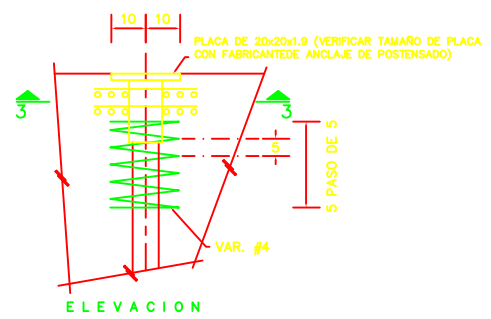
**ELEVACION FRONTAL**  
CONEXION ZAPATA - COLUMNA  
(OPCION B)



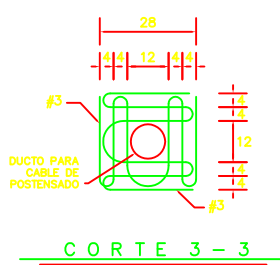
**CORTE 1-1**  
CONEXION ZAPATA - COLUMNA  
EN ESPIGA CON MINIMO 6 VARS.#8



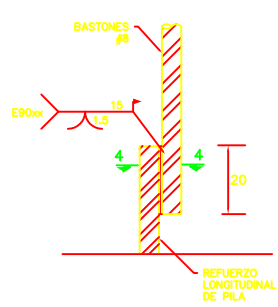
**CORTE 2-2**  
CONEXION ZAPATA - COLUMNA  
EN ESPIGA CON MINIMO 6 VARS.#8



**DETALLE-A**  
ARMADO DE ANCLAJE DE POSTENSADO



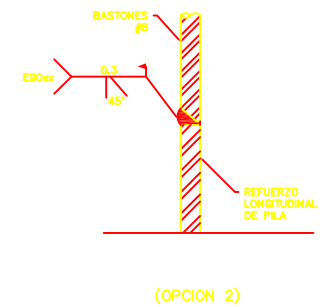
**CORTE 3-3**



(OPCION 1)



**CORTE 4-4**



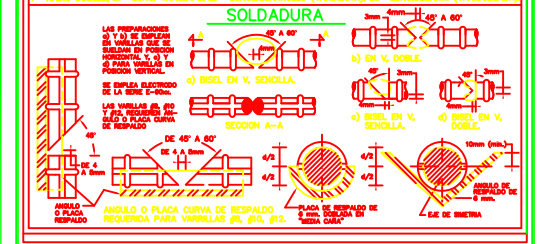
(OPCION 2)

**DETALLE-B**  
REFUERZO DE CONEXION  
PILA ZAPATA

ESA CONEXION DEBERA APLICARSE DE LOS E.JES A241 Y A242

**DETALLES DE REFUERZO**

L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15



**MODIFICACIONES**

Nº	FECHA	DESCRIPCION	APROBADO
1			
2			
3			

Gobierno del Estado de México  
Secretaría de Comunicaciones  
Dirección General del Sistema de Autopistas, Aeropuertos, Semáforos Concesionados y Auxiliares

**Compromiso**  
Gobierno que cumple

LIC. GERARDO RUIZ ESPARZA  
SECRETARIO DE COMUNICACIONES

ING. MANUEL ORTIZ GARCÍA  
DIRECTOR GENERAL

ING. ELEAZAR GUTIERREZ MAGAÑA  
DIRECTOR DE PROYECTOS Y CONTROL DE OBRAS

**Viaducto Bicentenario**  
Grupo OHL

Revisó: ING. ALBERTO BORRERO SÁNCHEZ  
DIRECTOR TECNICO

Autorizó: C.P. RAFAEL SERRANO SALAZAR  
DIRECTOR GENERAL

Revisó: ING. LUIS CABRERA LIEVANO  
CEDULA PROFESIONAL No. 2122215

Autorizó: ING. JOSÉ MARÍA RIBOBO MARTÍN  
CEDULA PROFESIONAL No. 114022

**RIBOBO S.A. DE C.V.**

PROYECTO: VIADUCTO BICENTENARIO  
EL TOREO DE CUATRO CAMINOS - TEPALCAPA - TEPOTZOTLÁN

TRAMO: VIADUCTO

PLANO: CONEXIÓN PILA - ZAPATA, TIPO 3

ESCALA: S/E

CLAVE DEL PLANO: 08-VBEM-EST-930-003-VIA-III-243-P-01

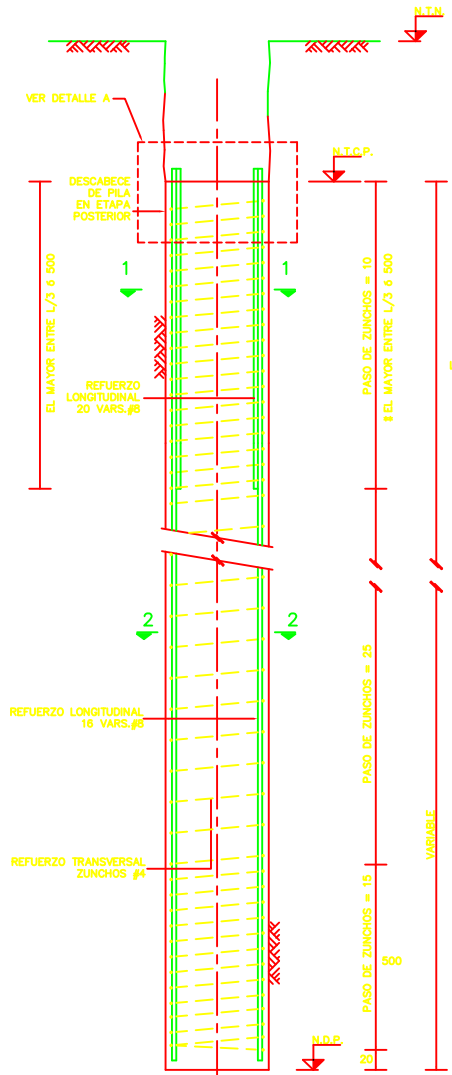
FECHA: REVISION: 1

**NOTAS**

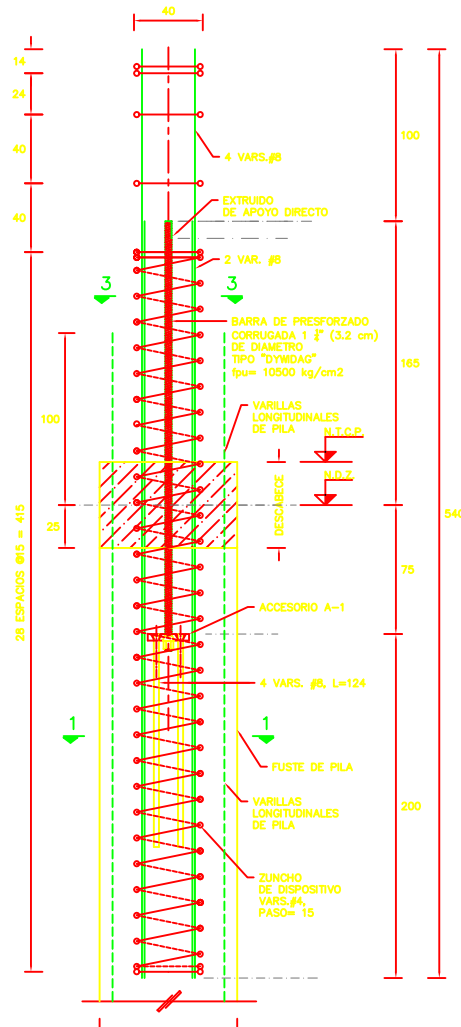
- 1.- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN CENTIMETROS EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA UNIDAD. NIVELES EN METROS.
  - 2.- LAS COTAS ROJEN AL DIBUJO, NO TOMAR MEDIDAS A ESCALA.
  - 3.- EL CONCRETO TENDRA UNA RESISTENCIA DE  $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ .
  - 4.- EL CONCRETO TENDRA POR LO MENOS UN MODULO DE ELASTICO DE  $221,359.4 \text{ kg/cm}^2$ .
  - 5.- EL ACERO DE REFUERZO SERA DE  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .
  - 6.- PARA ANCLAJES Y TRASLAPES VER TABLA DE "DETALLES DE REFUERZO". EN REFUERZO LONGITUDINAL DE LA PILA NO SE ADMITE SOLDADURA COMO SISTEMA DE TRASLAPE, EMPLEAR LA L1 INDICADA EN TABLA COMO SISTEMA DE TRASLAPE, EMPLEAR LA L1 INDICADA EN TABLA.
  - 7.- EN NINGUN CASO SE PODRA TRASLAPAR MAS DEL 33% DEL ACERO DE REFUERZO EN UNA MISMA SECCION.
  - 8.- EL RECUBRIMIENTO MINIMO LIBRE SERA DE 5cm, EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA DIMENSION.
  - 9.- EL AGREGADO GRUESO SERA DE ORIGEN CALIZO Y TENDRA UN TAMAÑO MAXIMO DE  $3/4"$  (1.90cm).
  - 10.- TODAS LAS JUNTAS DE COLADO O CONSTRUCCION SERAN DE UN ACABADO RUGOSO Y DEBERAN PERMANECER HUMEDAS DURANTE 24hrs. PREVIAS AL NUEVO COLADO, DEBIENDO USAR ADITIVO DE DIFERENTES EDADES.
  - 11.- LOS TRASLAPES DE ZUNCHOS TENDRAN UNA VUELTA Y MEDIA, Y SE ANCLARAN EN LOS EXTREMOS DE LA PILA MEDIANTE TRES VUELTAS Y MEDIA.
  - 12.- ESTE PLANO SE COMPLEMENTA, SEGUN SEA EL CASO, CON LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONCRETO, ACERO Y MECANICA DE SUELOS.
- N.D.Z. NIVEL DE DESPLANTE DE ZAPATA  
N.T.C.P. NIVEL DE TOPE DE COLADO DE PILA  
N.T.N. NIVEL DE TERRENO NATURAL  
N.D.P. NIVEL DE DESPLANTE DE PILA

LOS NIVELES DE DESPLANTE DE PILA Y DEMAS NIVELES SE OBTENDRAN DE LOS PERFILES DEL PROYECTO GEOMETRICO. CONSIDERAR EL N.T.C.P. 25 cm ARRIBA DEL N.D.Z.

EN LOS APOYOS QUE LLEVAN CONCRETO CICLOPEO LA DISTANCIA L/3  $\phi$  500 SE PROLONGARA EL ESPESOR DE ESE CONCRETO CICLOPEO



**PILA TIPO**

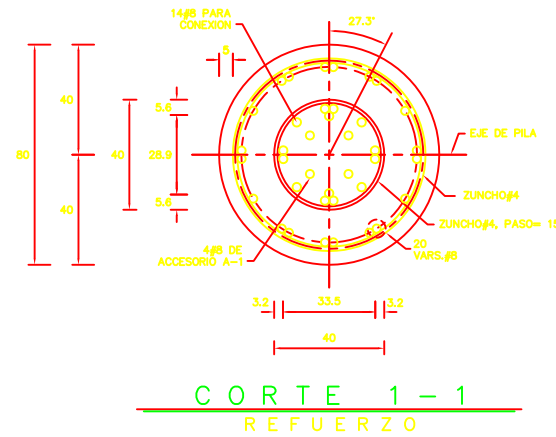


**DETALLE-A**  
DISPOSITIVO DE CONEXION CON PILA

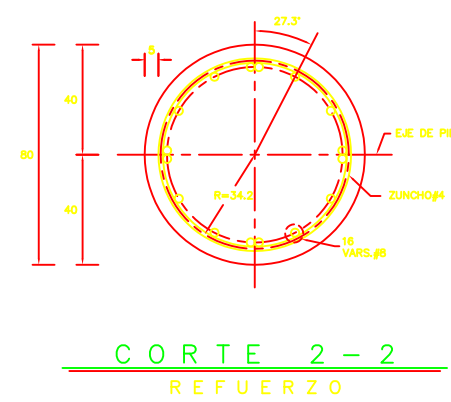
EL REVENIMIENTO SERA MAYOR O IGUAL A 18 CM.

EL CONTENIDO MINIMO DE CEMENTO SERA 375 kg/m<sup>3</sup>, EN CASO DE COLAR EN PRESENCIA DE AGUA O LODOS ESTABILIZADORES.

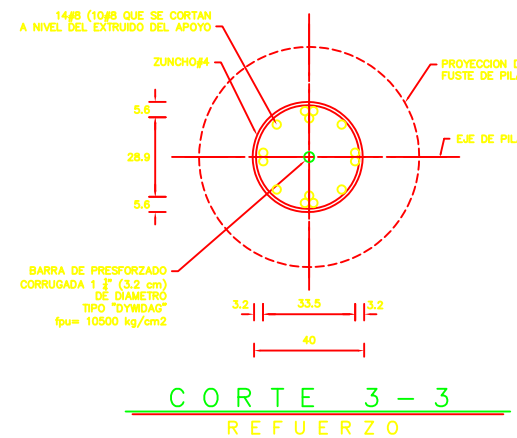
EL COLADO DE LA PILA SERA EN UNA SOLA ETAPA, MANTENIENDO EL REVENIMIENTO ESPECIFICADO EN TODA LA ETAPA DE COLADO (EN CASO NECESARIO UTILIZAR ADITIVO ESTABILIZADOR DE VOLUMEN).



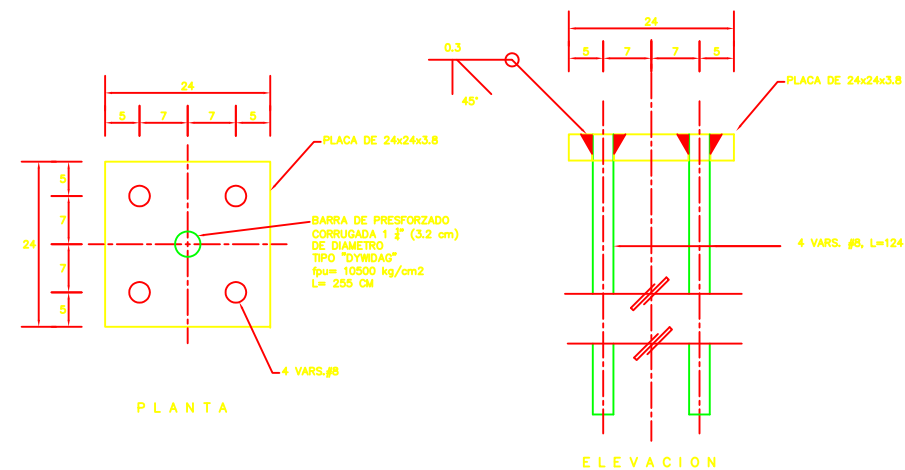
**CORTE 1-1**  
REFUERZO



**CORTE 2-2**  
REFUERZO



**CORTE 3-3**  
REFUERZO

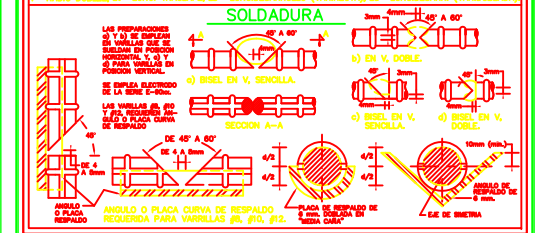


**ACCESORIO A-1**  
REFUERZO

**DETALLES DE REFUERZO**

	L1	L2	L3	L4	L5
1	7	11	14	17	19
2	4	40	30	19	11
3	4	46	32	20	15
4	5	47	32	19	14
5	8	49	38	23	18
6	11	107	81	30	10
7	14	148	126	84	38
8	17	242	182	77	46

FOR L4, P/BARRAS HORIZONTALES CON MAS DE 20cm DE CONCRETO BAJO ELLAS.  
L= RADIO DOBLEZ; L1= LONG. TRASLAPES L1=CONCRETO (L1=RECTA); L2=CONCRETO; (L1=ZONILLA).



**MODIFICACIONES**

Nº	FECHA	DESCRIPCION	APROBADO
01		DISEÑO EJECUTIVO	ING. A.B.S.
02		REVISION GENERAL	ING. A.B.S.

Gobierno del Estado de México  
Secretaría de Comunicaciones  
Dirección General del Sistema de Autopistas, Aeropuertos, Semáforos Concesos y Auxilios

**Compromiso**  
Gobierno que cumple

LIC. GERARDO RUIZ ESPARZA  
SECRETARIO DE COMUNICACIONES

ING. MANUEL ORTIZ GARCÍA  
DIRECTOR GENERAL

ING. ELEAZAR GUTIERREZ MAGAÑA  
DIRECTOR DE PROYECTOS Y CONTROL DE OBRAS

**Viaducto Bicentenario**  
Grupo OHL

Revisó: ING. ALBERTO BORRERO SÁNCHEZ  
DIRECTOR TÉCNICO

Autorizó: C.P. RAFAEL SERRANO SALAZAR  
DIRECTOR GENERAL

Revisó: ING. LUIS CABRERA LIEVANO  
CEDULA PROFESIONAL No. 2122215

Autorizó: ING. JOSÉ MARÍA RIBOZO MARTÍN  
CEDULA PROFESIONAL No. 114022

**RIOBOO S.A. DE C.V.**

PROYECTO: VIADUCTO BICENTENARIO  
EL TOREO DE CUATRO CAMINOS – TEPALCAPA – TEPOTZOTLÁN

TRAMO:

PLANO: PILA TIPO 80-20

ESCALA: S/E

ÁREA ESTRUCTURAS

CLAVE DEL PLANO: 08-VBEM-EST-930-002-DSM-III-009-P-01

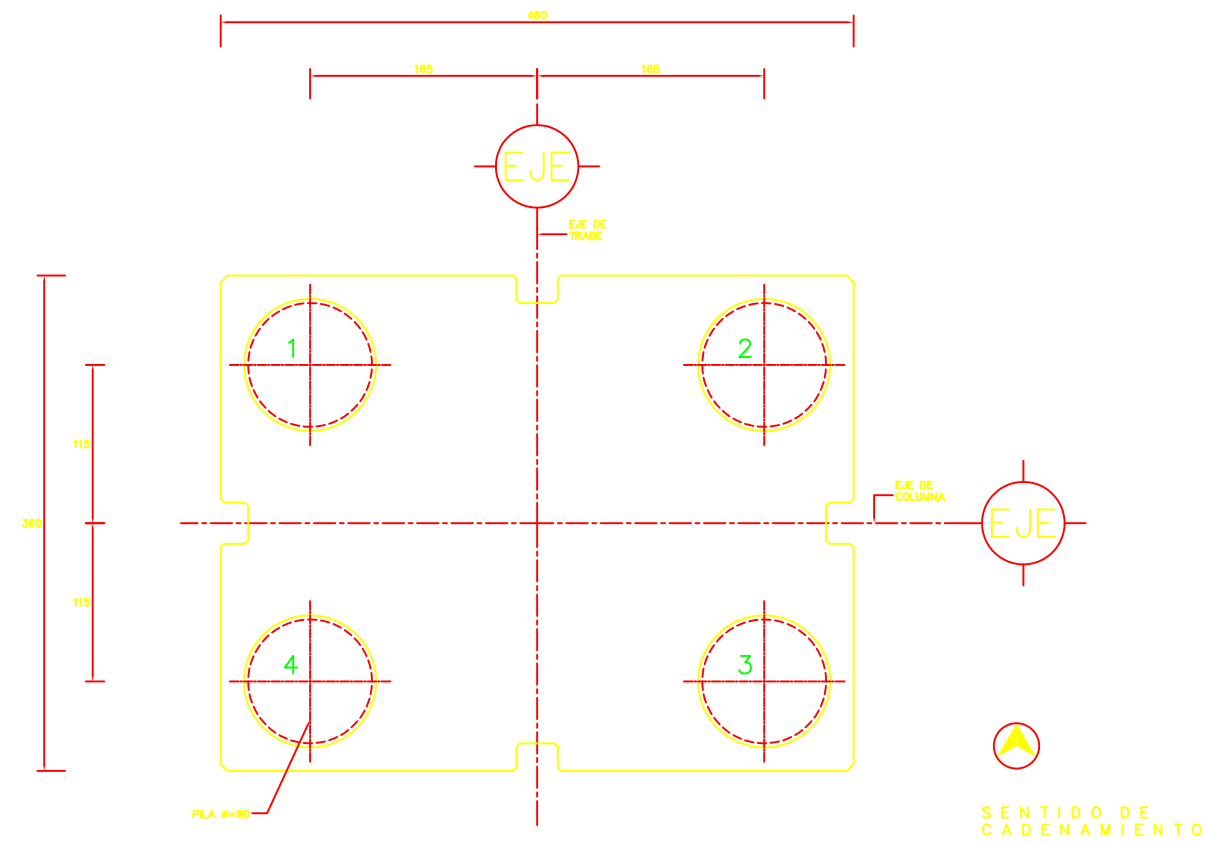
FECHA: REVISION: 1





**NOTAS**

- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN CENTIMETROS EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
- NIVELES EN METROS.
- LAS COTAS RIGEN AL DIBUJO, NO TOMAR MEDIDAS A ESCALA.
- ESTAS PIEZAS LLEVAN ORIENTACION SIMBOLO QUE LA INDICA.
- VERIFICAR TRAZO, CADENAMIENTO Y NIVELES EN PLANOS GEOMETRICOS RESPECTIVOS.



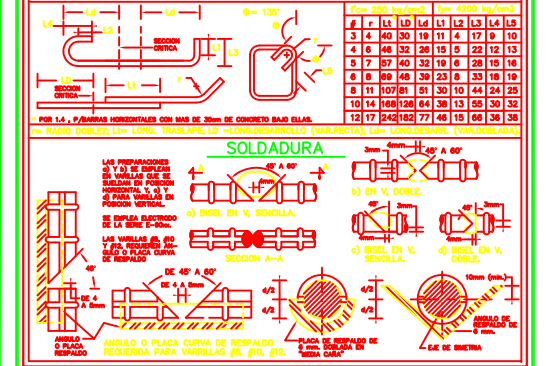
**PLANTA DE ZAPATA**

**TIPOS DE PILA Y ZAPATA-COLUMNA PARA APOYOS EN VIADUCTO (CAD. 10+136.529 AL 11+036.245)**

EJE	ZAPATA-COLUMNA	PILA 1	PILA 2	PILA 3	PILA 4
A259	03CZV11B	PILA 80-20 (*)	PILA 80-20 (*)	PILA 80-20 (*)	PILA 80-20 (*)
A260	03CZV11B	PILA 80-20 (*)	PILA 80-20 (*)	PILA 80-20A	PILA 80-20A
A261	03CZV11B	PILA 80-20 (*)	PILA 80-20 (*)	PILA 80-20A	PILA 80-20A
A262	03CZV11B	PILA 80-20A	PILA 80-20A	PILA 80-20A	PILA 80-20A
A263	03CZV11B	PILA 80-20A	PILA 80-20A	PILA 80-20A	PILA 80-20A
A264	03CZV11D	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A
A265	03CZV11D	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A
A266	03CZV08D	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A
A267	03CZV08D	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A
A268	03CZV08D	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A
A269	03CZV08D	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A
A270	03CZV08D	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A
A271	03CZV08D	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A
A272	03CZV11D	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A
A273	03CZV11D	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A
A274	03CZV11D	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A
A275	03CZV11D	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A
A276	03CZV13D	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A
A277	03CZV13D	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A
A278A	03CZV13D	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A
A277A	03CZV13D	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A
A278	03CZV16D	PILA 80-40	PILA 80-40	PILA 80-40	PILA 80-40
A279	03CZV16D	PILA 80-40	PILA 80-40	PILA 80-40	PILA 80-40
A280	03CZV16A	PILA 80-40	PILA 80-40	PILA 80-40	PILA 80-40
A280A	03CZV16A	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A
A281	03CZV16A	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A
A281A	03CZV16A	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A	PILA 80-32A
A282	03CZV13A	PILA 80-20A	PILA 80-20A	PILA 80-20A	PILA 80-20A
A282A	03CZV13A	PILA 80-20A	PILA 80-20A	PILA 80-20A	PILA 80-20A
A283	03CZV13A	PILA 80-20A	PILA 80-20A	PILA 80-20A	PILA 80-20A

(\*) PILAS CONSTRUIDAS, VER SU UBICACION EN CAMPO.

**DETALLES DE REFUERZO**



**MODIFICACIONES**

Nº	FECHA	DESCRIPCION	APROBADO
01		REVISION EJECUTIVA	ING. A.B.S.
02		REVISION GENERAL	ING. A.B.S.
03		ELIMINAR DEL DISEÑO EL TIPO DE COLUMNA Y COLUMNA DE TIPO A, SE AÑADEN TIPOS DE COLUMNAS	ING. A.B.S.

**LIC. GERARDO RUIZ ESPARZA**  
SECRETARIO DE COMUNICACIONES

**ING. MANUEL ORTIZ GARCÍA**  
DIRECTOR GENERAL

**ING. ELEAZAR GUTIERREZ MAGAÑA**  
DIRECTOR DE PROYECTOS Y CONTROL DE OBRAS

**Viaducto Bicentenario**  
Grupo OHL

Revisó: **ING. ALBERTO BORRERO SÁNCHEZ**  
DIRECTOR TÉCNICO

Autorizó: **C.P. RAFAEL SERRANO SALAZAR**  
DIRECTOR GENERAL

**RIODOO S.A. DE C.V.**

Revisó: **ING. LUIS CABRERA LIEVANO**  
CEDULA PROFESIONAL No. 2122215

Autorizó: **ING. JOSÉ MARÍA RIODOO MARTÍN**  
CEDULA PROFESIONAL No. 114022

PROYECTO: **VIADUCTO BICENTENARIO**  
**EL TOREO DE CUATRO CAMINOS – TEPALCAPA – TEPOTZOTLÁN**

TRAMO: **VIADUCTO**

PLANO: **LOCALIZACION DE SUBESTRUCTURA PARTE 2 DE 3**

ESCALA: **S/E**

CLAVE DEL PLANO: **08-VBEM-EST-930-003-VIA-III-007-P-03**

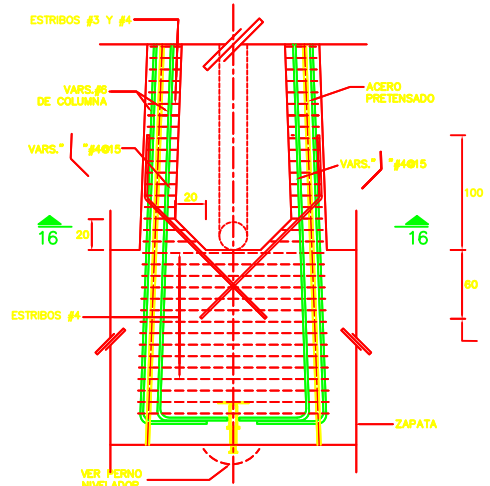
FECHA: **REVISION: 3**

**SAASCAEM**

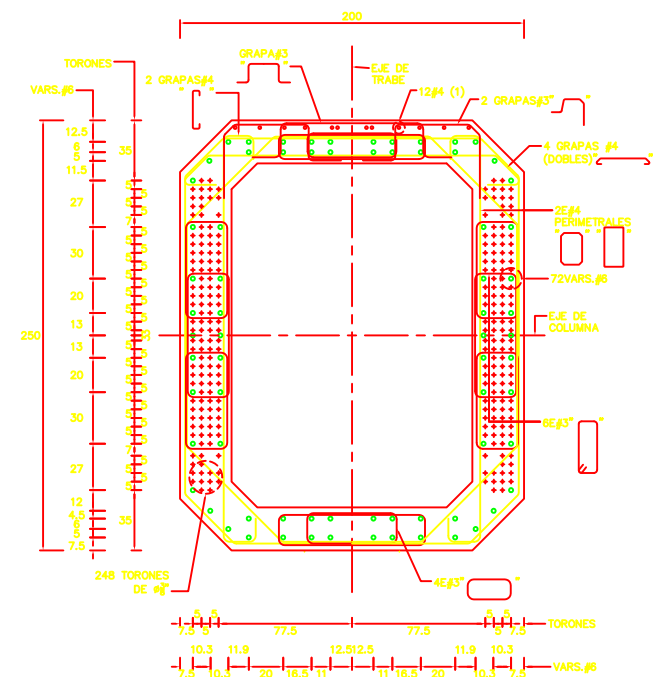
Va. Bo.

**ING. SILVESTRE CRUZ CRUZ**  
SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS Y PROYECTOS GENERALES

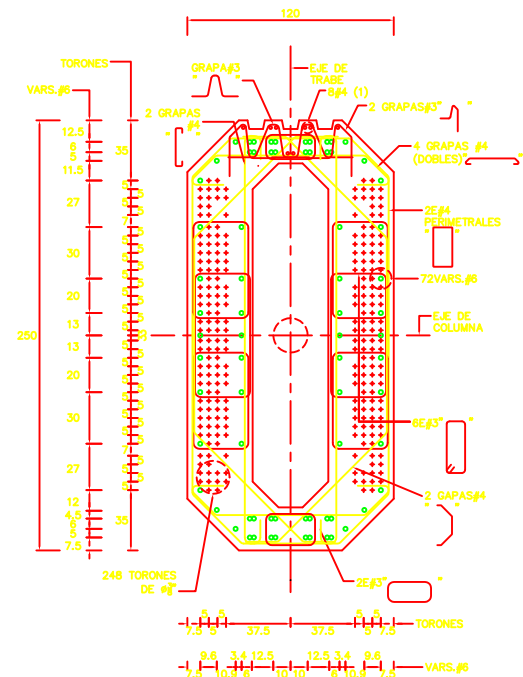
- NOTAS**
- 1.- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN CENTIMETROS EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
  - 2.- NIVELES EN METROS.
  - 3.- LAS COTAS SIGEN AL DIBUJO, NO TOMAR MEDIDAS A ESCALA.
  - 4.- EL CONCRETO TENDRA UNA RESISTENCIA DE  $f'c = 600\text{kg/cm}^2$  Y AL DESTENSAR DE  $F'cd = 480\text{kg/cm}^2$ .
  - 5.- EL CONCRETO TENDRA POR LO MENOS UN MODULO ELASTICO DE  $318,206,6\text{ kg/cm}^2$ .
  - 6.- EL ACERO DE REFUERZO SERA DE  $f_y = 4200\text{kg/cm}^2$ .
  - 7.- ACERO DE PRESFUERZO LONGITUDINAL DE  $f_{pu} = 18000\text{kg/cm}^2$  DE BAJA RELAJACION (CONSISTIRA EN TORONES DE  $3/8"$  DIAMETRO, AREA =  $0,85\text{cm}^2$ ). TENSAR A  $7315\text{ kg c/u}$ .
  - 8.- PARA ANCLAJES Y TRASLAPES VER TABLA DE "DETALLES DE REFUERZO", ADEMÁS, EL REFUERZO LONGITUDINAL DE LA COLUMNA SOLO SE PODRA TRASLAPAR EN SU TRAMO CENTRAL (FUERA DE LAS ARTICULACIONES PLASTICAS).
  - 9.- EN NINGUN CASO SE PODRA TRASLAPAR MAS DEL 33% DEL ACERO DE REFUERZO EN UNA MISMA SECCION.
  - 10.- EL RECUBRIMIENTO MINIMO LIBRE SERA DE  $4\text{cm}$  EN COLUMNAS,  $5\text{cm}$  EN ZAPATAS.
  - 11.- EL AGREGADO GRIOSO SERA DE ORIGEN CALIZO Y TENDRA UN TAMARZO MAXIMO DE  $1/2"$  ( $1,27\text{cm}$ ).
  - 12.- TODAS LAS JUNTAS DE COLADO O CONSTRUCCION SERAN DE UN ACABADO RUGOSO Y DEBERAN PERMANECER HUMEDAS DURANTE 24hrs. PREVIAS AL NUEVO COLADO, DEBIENDO USAR ADITIVO FETERBONO O SIMILAR.
  - 13.- ACERO EN PLACAS, ACCESORIOS METALICOS Y TENSORES SERA DE  $f_y = 2530\text{kg/cm}^2$ .
  - 14.- LA SOLDADURA SERA AL ARCO ELECTRICO Y SE USARAN ELECTRODOS DE LA SERIE E-90x, EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA SERIE.
  - 15.- LOS ELEMENTOS PRESFUERZADOS NO DEBERAN PERFORARSE NI BALACEARSE, SIN PREVIA CONSULTA AL PROYECTISTA ESTRUCTURAL.
  - 16.- VERIFICAR GEOMETRIA Y NIVELES EN PLANOS GEOMETRICOS RESPECTIVOS.
  - 17.- ESTAS PIEZAS LLEVAN ORIENTACION, VER PLANO GEOMETRICO.
  - 18.- ESTE PLANO SE COMPLEMENTA, SEGUN SEA EL CASO, CON LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONCRETO Y ACERO.
  - 19.- SI ES NECESARIO MOVER LOS TORONES DE PRESFUERZO SE PERMITE UN DESVIADO DE  $\pm 2\text{ cm}$ , SIEMPRE Y CUANDO NO ALTERE LA DISTRIBUCION NI EL FUNCIONAMIENTO DEL PRESFUERZO Y APEGANDOSE SIEMPRE A LAS ESPECIFICACIONES DE REGLAMENTO CORRESPONDIENTES.
  - 20.- ESTE PLANO SE COMPLEMENTA CON LOS PLANOS:  
No. 08-VBEM-EST-930-003-VIA-III-033-P-01  
No. 08-VBEM-EST-930-003-VIA-III-034-P-01  
No. 08-VBEM-EST-930-003-VIA-III-035-P-01  
No. 08-VBEM-EST-930-003-VIA-III-037-P-01
- N.T.N. NIVEL DE TERRENO NATURAL  
N.D.Z. NIVEL DE DESPLANTE DE ZAPATA  
N.T.C.C. NIVEL TOPE DE COLADO DE COLUMNA  
N.A.P. NIVEL DE ANCLAJE DE PRESFUERZO



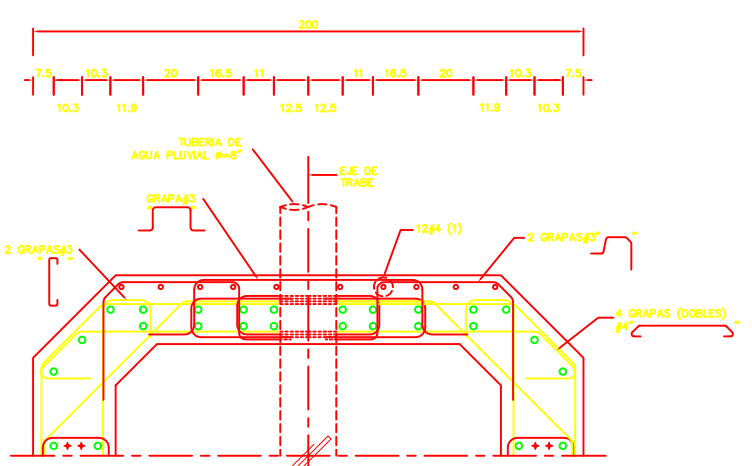
**DETALLE-D**  
REFUERZO EN EXTREMO INFERIOR DE COLUMNA



**CORTE 1-1**  
REFUERZO

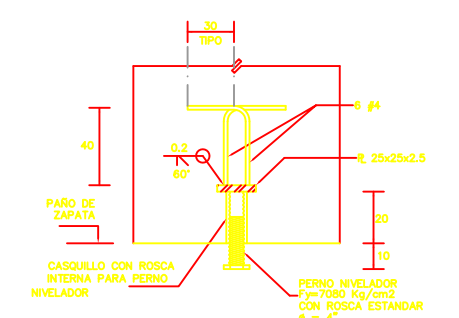


**CORTE 2-2**  
REFUERZO

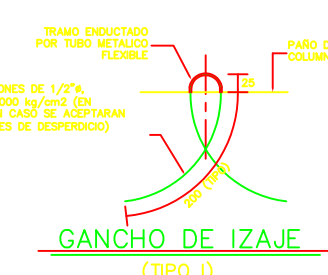


**CORTE 16-16**  
REFUERZO EN BAJADA DE AGUA PLUVIAL

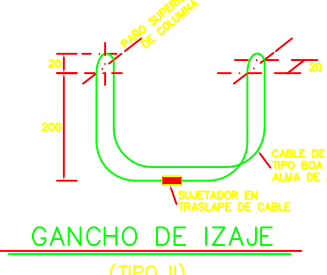
(1) VARILLAS #4 QUE SE CORTARAN A N.T.C.C. Y SE ANCLAN 50 CM A LA ZAPATA



**PERNO NIVELADOR**



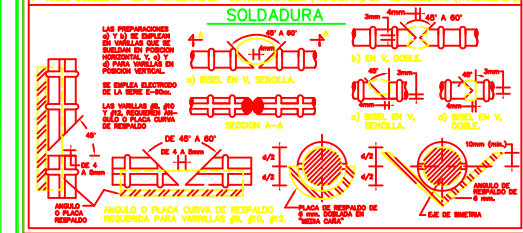
**GANCHO DE IZAJE**  
(TIPO I)



**GANCHO DE IZAJE**  
(TIPO II)

**DETALLES DE REFUERZO**

L	$f'c = 600\text{ kg/cm}^2$					$f'c = 4200\text{ kg/cm}^2$				
	L1	L2	L3	L4	L5	L1	L2	L3	L4	L5
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20



**MODIFICACIONES**

Nº	FECHA	RESPONSION	APROBADO
1			
2			
3			
4			

Gobierno del Estado de México  
Secretaría de Comunicaciones  
Dirección General del Sistema de Autopistas, Aeropuertos, Semáforos, Carreteras y Aviónica

**Compromiso**  
Gobierno que cumple

LIC. GERARDO RUIZ ESPARZA  
SECRETARIO DE COMUNICACIONES

ING. MANUEL ORTIZ GARCÍA  
DIRECTOR GENERAL

ING. ELEAZAR GUTIERREZ MAGAÑA  
DIRECTOR DE PROYECTOS Y CONTROL DE OBRAS

Revisó: ING. ALBERTO BORRERO SÁNCHEZ  
DIRECTOR TECNICO

Autorizó: C.P. RAFAEL SERRANO SALAZAR  
DIRECTOR GENERAL

Revisó: ING. LUIS CABRERA LIEVANO  
CEDULA PROFESIONAL No. 2122215

Autorizó: ING. JOSÉ MARÍA RIBODD MARTÍN  
CEDULA PROFESIONAL No. 114022

PROYECTO: VIADUCTO BICENTENARIO  
EL TOREO DE CUATRO CAMINOS - TEPICZOTLÁN

TRAMO: VIADUCTO

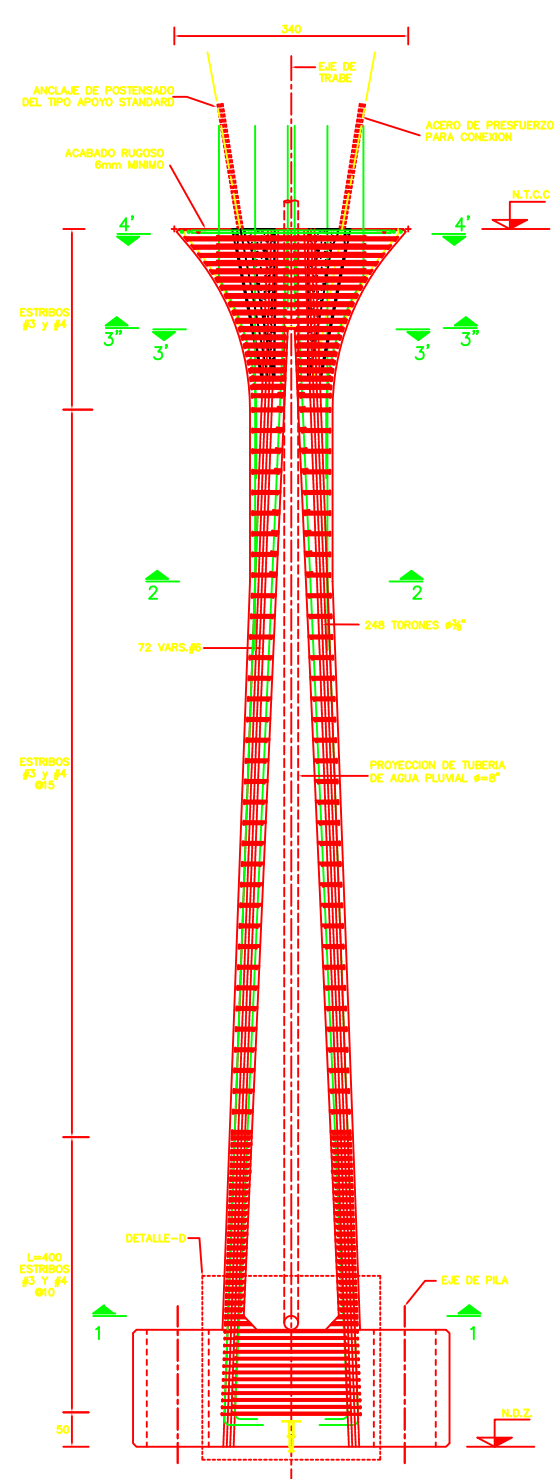
PLANO: SUBESTRUCTURA 03CZV16A, DETALLES 1 DE 2

ESCALA: S/E

CLAVE DEL PLANO: 08-VBEM-EST-930-003-VIA-III-036-P-01

ÁREA ESTRUCTURAS

FECHA: REVISION: 1



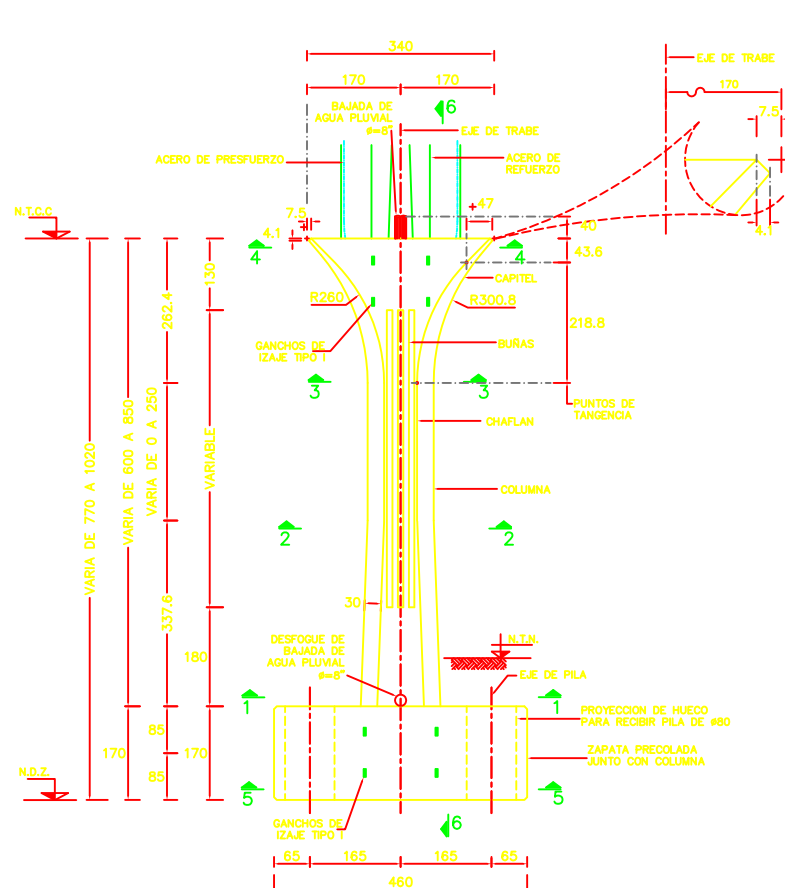
**ELEVACION**

**SAASCAEM**  
Va. Bc.

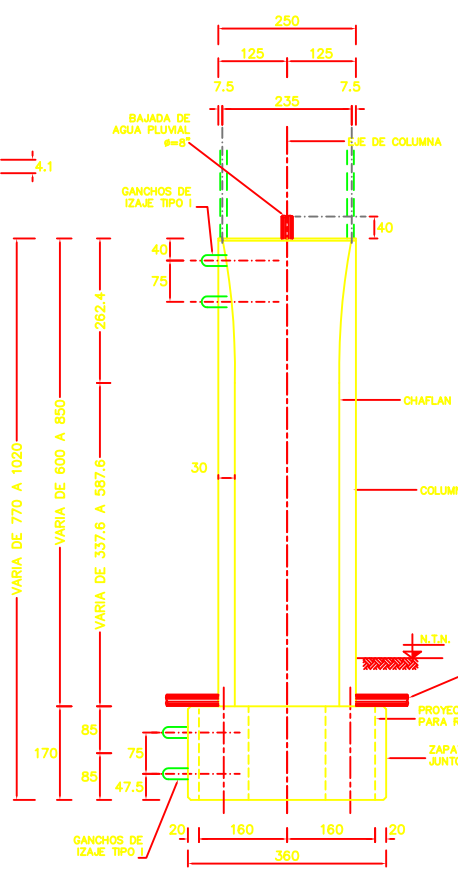
ING. SILVESTRE CRUZ CRUZ  
SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS Y PROYECTOS GENERALES

**NOTAS**

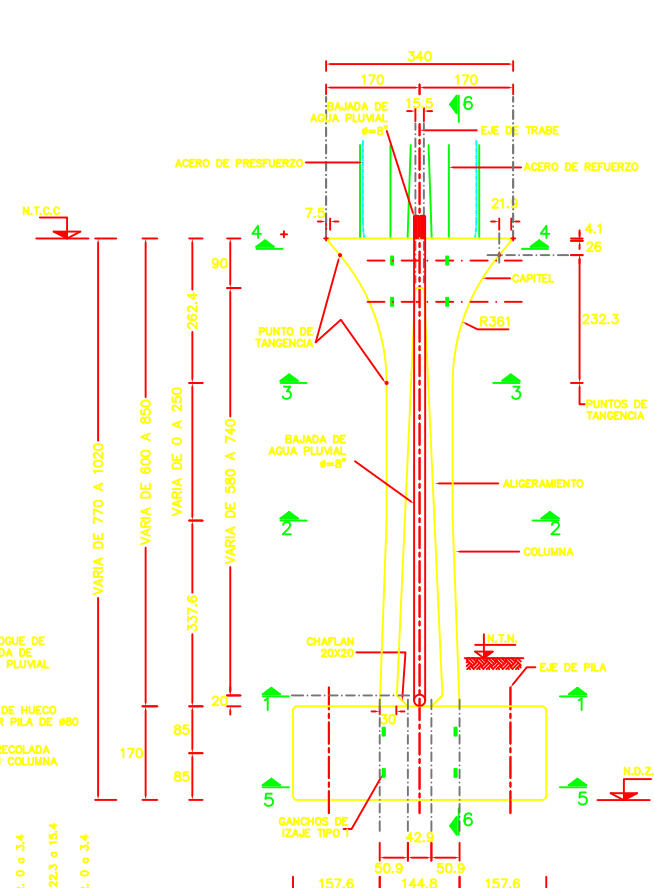
- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN CENTIMETROS EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
  - NIVELES EN METROS.
  - LAS COTAS RIGEN AL DIBUJO, NO TOMAR MEDIDAS A ESCALA.
  - VERIFICAR GEOMETRIA Y NIVELES EN PLANOS GEOMETRICOS RESPECTIVOS.
  - ESTAS PIEZAS LLEVARAN ORIENTACION, VER PLANO GEOMETRICO PARA ASEGURAR QUE LAS DIMENSIONES DE LOS ALIGERAMIENTOS CUMPLEN CON PROYECTO Y LAS DENSIDADES DE LOS MATERIALES EMPLEADOS ESTEN DENTRO DE ESPECIFICACIONES.
- CONCRETO**
- EL CONCRETO TENDRA UNA RESISTENCIA DE  $f'c = 60 \text{ kg/cm}^2$
  - EL CONCRETO TENDRA POR LO MENOS UN MODULO ELASTICO DE  $318,206.6 \text{ kg/cm}^2$
- ACERO**
- EL ACERO DE REFUERZO SERA DE  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .
  - ESTE PLANO SE COMPLEMENTA CON LOS PLANOS:  
No. 08-VBEM-EST-930-002-VIA-III-030-P-01  
No. 08-VBEM-EST-930-002-VIA-III-031-P-01  
No. 08-VBEM-EST-930-002-VIA-III-032-P-01  
No. 08-VBEM-EST-930-002-VIA-III-033-P-01
- N.T.N. NIVEL DE TERRENO NATURAL  
N.D.Z. NIVEL DE DESPLANTE DE ZAPATA  
N.T.C.C. NIVEL DE TOPE DE COLADO DE COLUMNA



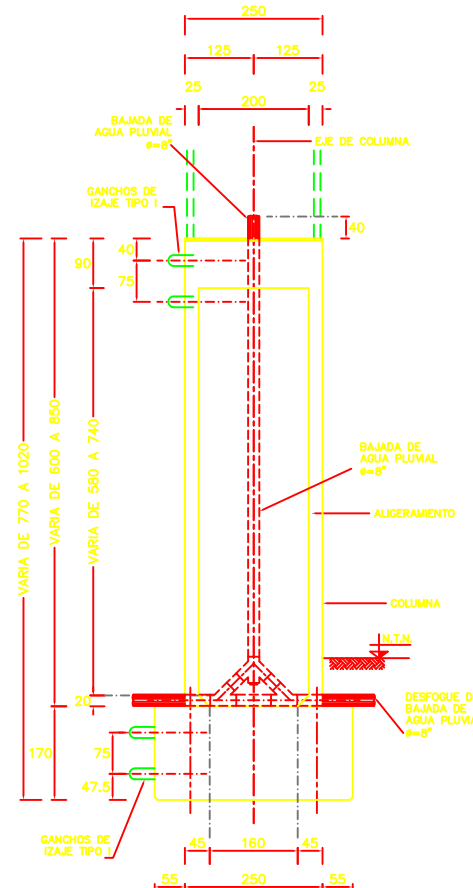
**ELEVACION VISTA FRONTAL**



**ELEVACION VISTA LATERAL**



**ELEVACION CORTE DE ALIGERAMIENTO DE COLUMNA**

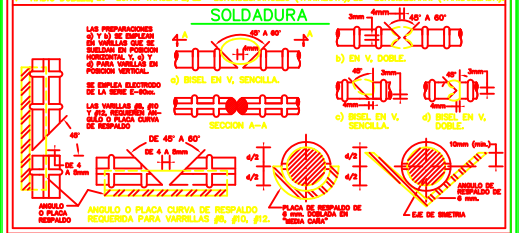


**CORTE 6-6 CORTE DE ALIGERAMIENTO DE COLUMNA**

\* VER ORIENTACION EN PLANOS GEOMETRICOS RESPECTIVOS

**DETALLES DE REFUERZO**

	f'c=60 kg/cm <sup>2</sup>					f'c=4200 kg/cm <sup>2</sup>				
	L1	L2	L3	L4	L5	L1	L2	L3	L4	L5
1	7	11	14	11	7	11	14	11	7	11
2	3	4	4	3	3	4	4	3	3	4
3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
7	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
9	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
11	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
12	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4



**MODIFICACIONES**

Nº	FECHA	DESCRIPCION	APROBADO
1			
2			
3			

Gobierno del Estado de México  
Secretaría de Comunicaciones  
Dirección General del Sistema de Autopistas, Aeropuertos, Semáforos Concesos y Auxilios

**Compromiso**  
Gobierno que cumple

LIC. GERARDO RUIZ ESPARZA  
SECRETARIO DE COMUNICACIONES

ING. MANUEL ORTIZ GARCÍA  
DIRECTOR GENERAL

ING. ELEAZAR GUTIERREZ MAGAÑA  
DIRECTOR DE PROYECTOS Y CONTROL DE OBRAS

**Viaducto Bicentenario**  
Grupo OHL

Revisó: ING. ALBERTO BORRERO SÁNCHEZ  
DIRECTOR TECNICO

Autorizó: C.P. RAFAEL SERRANO SALAZAR  
DIRECTOR GENERAL

Revisó: ING. LUIS CABRERA LIEVANO  
CEDULA PROFESIONAL No. 2122215

Autorizó: ING. JOSÉ MARÍA RIBOBO MARTÍN  
CEDULA PROFESIONAL No. 114022

**RIOBOO S.A. DE C.V.**

PROYECTO: VIADUCTO BICENTENARIO  
EL TOREO DE CUATRO CAMINOS - TEPALCAPA - TEPOTZOTLÁN

TRAMO: VIADUCTO

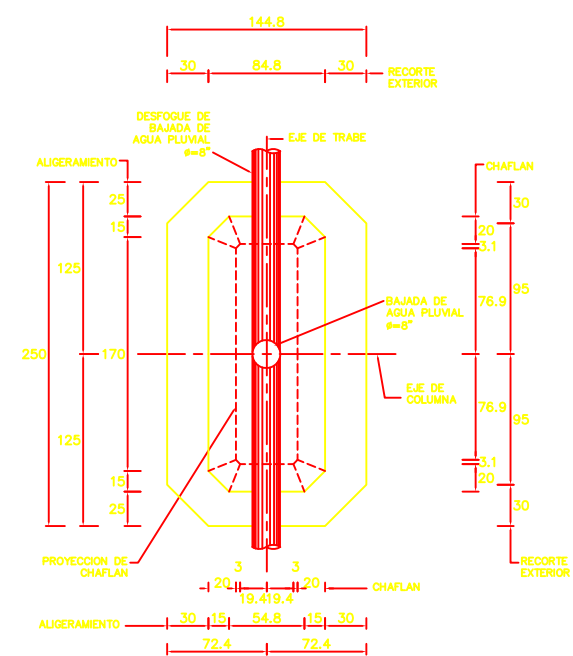
PLANO: SUBESTRUCTURA 02CV08A, GEOMETRIA 1 DE 2

CLAVE DEL PLANO: 08-VBEM-EST-930-002-VIA-III-029-P-01

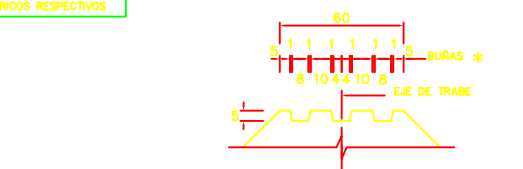
ESCALA: S/E

ÁREA ESTRUCTURAS

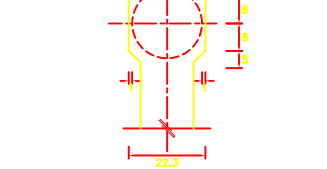
FECHA: REVISIÓN: 1



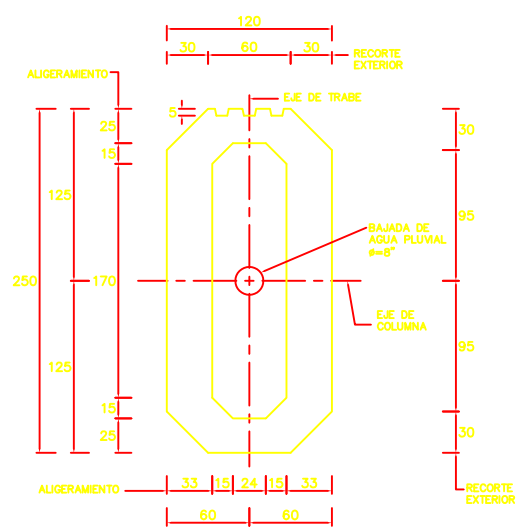
**CORTE 1-1 GEOMETRIA**



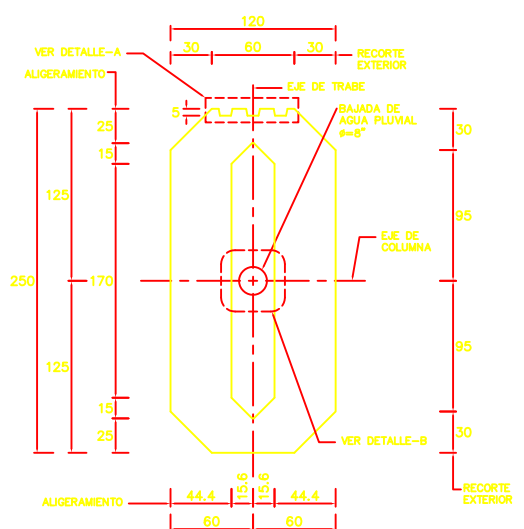
**DETALLE-A GEOMETRIA DE BUÑAS**



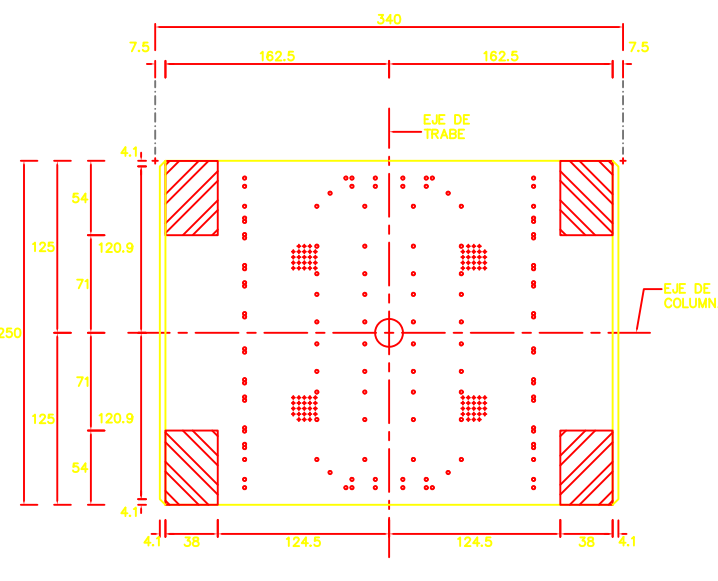
**DETALLE-B ALIGERAMIENTO POR PASO DE TUBO DE  $\phi=8$**



**CORTE 2-2 GEOMETRIA**



**CORTE 3-3 GEOMETRIA**



**CORTE 4-4 GEOMETRIA**

**SAASCAEM**  
Va. Bo.

ING. SILVESTRE CRUZ CRUZ  
SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS Y PROYECTOS GENERALES

**NOTAS**

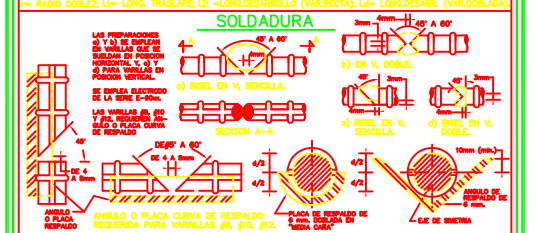
- 1.- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN CENTIMETROS EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
- 2.- LAS COTAS RIGEN AL DIBUJO NO TOMAR MEDIDAS A ESCALA.
- 3.- RECUBRIMIENTO MINIMO LIBRE SERA DE 3 cm EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.

**ESPECIFICACIONES**

- 4.- ESTE PLANO SE COMPLEMENTA CON LAS ESPECIFICACIONES DE CONCRETO, ACERO DE REFUERZO, ACERO DE PRESFUERZO, ACERO ESTRUCTURAL Y NEOPRENOS.
- 5.- LOS ELEMENTOS PRESFUERZADOS NO DEBERAN PERFORARSE NI BALACEARSE, SIN PREVIA CONSULTA AL PROYECTISTA ESTRUCTURAL.
- 6.- VERIFICAR GEOMETRIA EN PLANOS GEOMETRICOS RESPECTIVOS.
- 7.- DEBERA VERIFICARSE EL PESO DE LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS PARA ASEGURAR QUE LAS DIMENSIONES DE LOS ALIGERAMIENTOS CUMPLEN CON PROYECTO Y LAS DENSIDADES DE LOS MATERIALES EMPLEADOS ESTEN DENTRO DE ESPECIFICACIONES.

**DETALLES DE REFUERZO**

L1	L2	f=400 kg/cm <sup>2</sup>					f=430 kg/cm <sup>2</sup>				
		L1	L2	L3	L4	L5	L1	L2	L3	L4	L5
1	3	40	30	15	11	4	16	8	10		
2	4	46	32	19	15	5	21	11	13		
3	5	57	40	24	19	6	26	13	14		
4	6	66	48	29	23	8	32	16	18		
5	8	82	64	38	30	10	42	21			
6	11	125	94	48	38	13	62	26			
7	13	160	120	67	46	15	82	32			



**MODIFICACIONES**

Nº	FECHA	DESCRIPCION	APROBADO
01		MODIFICACION	ING. A.B.S.

Gobierno del Estado de México  
Secretaría de Comunicaciones  
Dirección General del Sistema de Autopistas, Aeropuertos, Semáforos Carreteros y Auxiliares

**Compromiso**  
Gobierno que cumple

LIC. GERARDO RUIZ ESPARZA SECRETARIO DE COMUNICACIONES	ING. MANUEL ORTIZ GARCÍA DIRECTOR GENERAL	ING. ELEAZAR GUTIERREZ MAGAÑA DIRECTOR DE PROYECTOS Y CONTROL DE OBRAS
---	--	---

	Revisó: ING. ALBERTO BORRERO SÁNCHEZ DIRECTOR TECNICO
	Autorizó: C.P. RAFAEL SERRANO SALAZAR DIRECTOR GENERAL

	Revisó: ING. LUIS CABRERA LIEVANO CEDULA PROFESIONAL No. 2122215
	Autorizó: ING. JOSÉ MARÍA RIBOOO MARTÍN CEDULA PROFESIONAL No. 114022

PROYECTO: VIADUCTO BICENTENARIO  
EL TOREO DE CUATRO CAMINOS – TEPALCAPA – TEPOTZTLÁN

TRAMO: VIADUCTO

PLANO: POSTENSADO DE MENSULAS DE TAR Y TCR EN PLANTA DE PREFABRICADOS

ESCALA: S/E  
ÁREA ESTRUCTURAS

CLAVE DEL PLANO: 08-VBEM-EST-930-002-VIA-III-283-P-00

FECHA: REVISIÓN: 0

**PROCEDIMIENTO DE POSTENSADO DE MENSULAS DE TRABES CON CABLES TIPO "APOYO DIRECTO"**

El procedimiento de postensado de ménsulas de traves involucra las siguientes actividades:

- Trabajos previos.
- Prefabricación de cables.
- Instalación en planta prefabricadora.
- Postensado.
- Inyección de ductos.

La descripción de estas actividades se presentan a continuación.

**A) TRABAJOS PREVOS PARA EL POSTENSADO.**

Estando definida la solución, se procede a realizar los siguientes trabajos:

- Verificar en los planos el tipo de anclaje a utilizar, así como su distribución, cantidad y capacidad.
- Conocer la fuerza de tensado solicitada en el proyecto, para cada tipo de anclaje.
- Conocer las longitudes teóricas de cada uno de los tipos de cables del proyecto.
- Tener el módulo de elasticidad considerado en el proyecto.
- Obtener el área teórica de acero de presfuerzo considerada en el proyecto.
- Definir la deformación estimada para cada tensión indicada en el proyecto.
- Solicitar los certificados de calidad del acero de presfuerzo colocado en cada cable y ubicar el módulo de elasticidad y el área de acero real.
- Definir las longitudes reales de cada cable.
- Realizar los cálculos pertinentes para obtener la deformación real en función de las condiciones reales de aplicación.
- Resolver cualquier discrepancia entre la deformación teórica esperada y la real.
- Establecer los intervalos para la lectura de deformaciones.
- Establecer la deformación esperada en campo.
- Establecer las tolerancias.
- Considerar las maniobras en campo.
- Establecer el frente de trabajo para iniciar el procedimiento de tensado.
- Continuar con el procedimiento de tensado.

**B) PREFABRICACIÓN DE CABLES.**

Después de todos los trabajos previos:

- Habilitar el torón de presfuerzo en planta de postensados de acuerdo a la información obtenida en los trabajos previos.
- Extruir los anclajes para sujetar el torón de presfuerzo de cada uno de los cables.
- Identificar cada tipo de cable y en todo caso etiquetar para su envío a obra.

Dicha prefabricación de cables se puede realizar con suficiente anticipación, ya que el sistema es capaz de absorber diferencias considerables en los prefabricados, ajustando con una sobre longitud de torón.

**C) INSTALACION DE CABLES EN OBRA.**

Después de trasladar los cables al sitio, se procede:

- Limpiar las placas de apoyo donde se apoyará la tuerca de ajuste de los casquillos de anclaje.
- Verificar y en su caso limpiar los ductos para permitir el peso de los cables.
- Insertar el cable dentro del ducto por extremo activo y hacerlo llegar hasta el extremo opuesto cuidando que la cuerda de los casquillos no se dañen.
- Colocar dispositivo de inyección en extremo activo.
- Colocar la tuerca en el extremo activo, previendo la longitud de sujeción y apoyarla contra la placa de apoyo.
- Posicionar anclaje en el extremo pasivo (en su caso), considerando que debe quedar cuerda suficiente para ajuste en el extremo opuesto (extremo activo).

Después de este proceso se continúa con la siguiente actividad.

**D) POSTENSADO.**

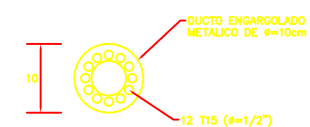
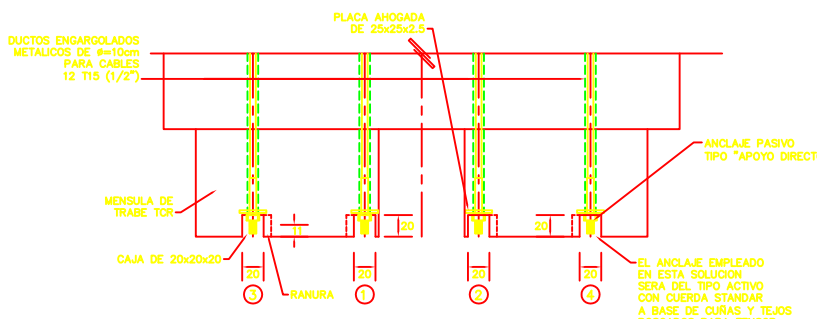
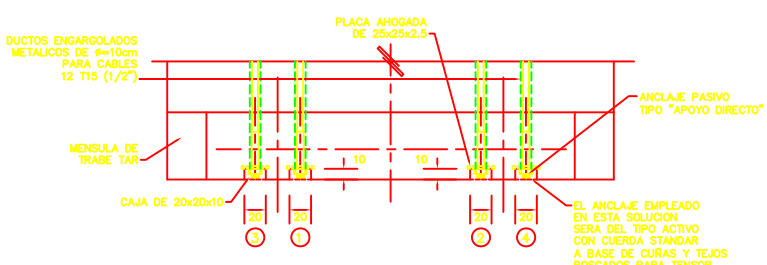
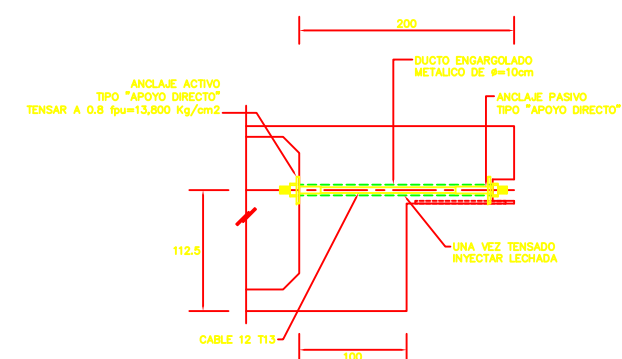
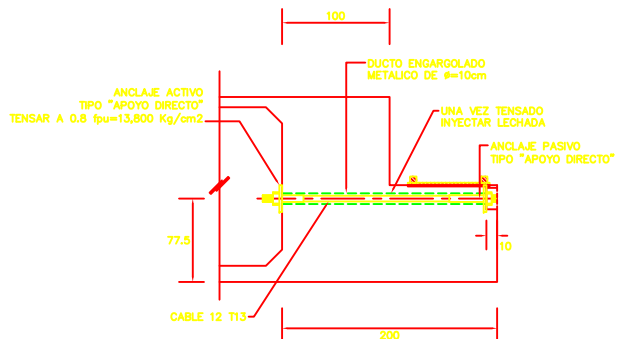
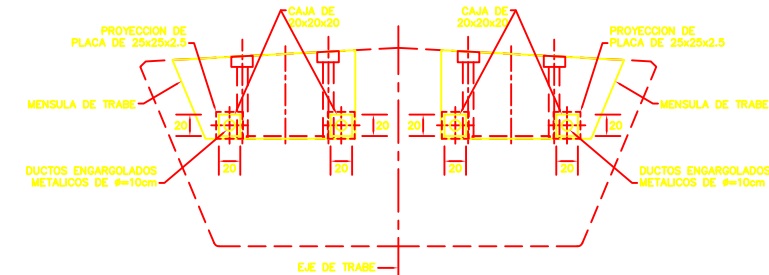
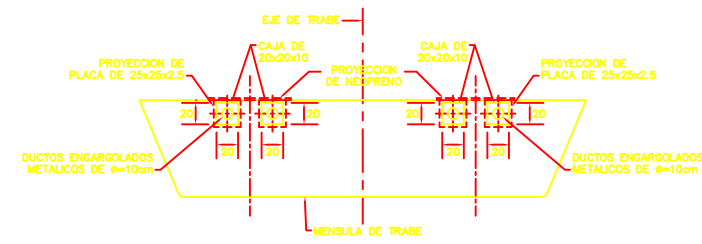
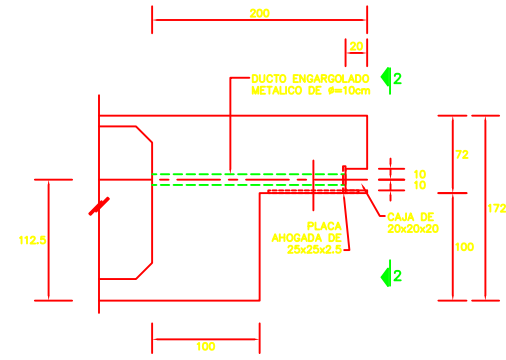
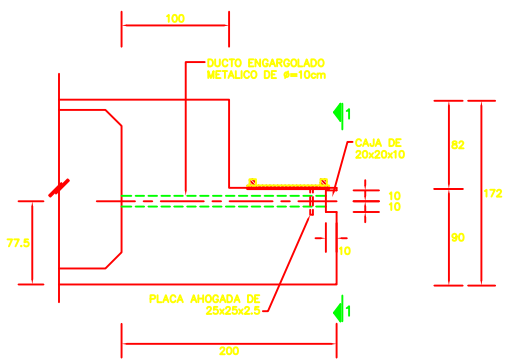
- Verificar que la ménsula de la trabe corresponda con el tipo de cable colocado, según proyecto.
- Verificar que la nomenclatura del cable corresponda para la unión a postensar.
- Acoplar el extremo del anclaje con el Copie Tractor de acuerdo al orden indicado.
- Verificar que en el Copie Tractor se introduzca la longitud necesaria para desarrollar su capacidad de tensado.
- Introducir por el otro extremo del copie la Barra Tractora hasta la longitud indicada.
- Colocar la Sillita Tractora con la perforación más amplia hacia el anclaje.
- Colocar el Cilindro de Tensado con el pistón hacia el lado opuesto del anclaje.
- Poner la Tuerca Tractora ajustándola contra el cilindro.
- Colocar la Bomba Hidráulica en la plataforma de trabajo.
- Realizar las conexiones de la bomba hidráulica al cilindro.
- Accionar el cilindro, verificando el correcto apoyo del gato sobre la placa de la sillita.
- Verificar que la tuerca del anclaje se encuentre libre en todo momento para poder realizar su ajuste.
- Registrar las deformaciones, así como la presión aplicada en cada intervalo.
- Ajustar gradualmente la tuerca del anclaje.
- Continuar hasta alcanzar la tensión indicada en el proyecto.
- Realizar el ajuste final de la tuerca del anclaje contra la placa de la transición.
- Liberar la presión en el cilindro, revisando que la tuerca del anclaje se apoye totalmente sobre la placa de la transición.
- Regresar la carrera del pistón hasta su posición inicial y así liberar todos los accesorios de tensado.
- Comparar esta deformación con la de proyecto, en caso necesario realizar los ajustes correspondientes por medio de un retensado o destensado según convenga, de lo contrario retirar todos los accesorios de tensado para poder continuar con el anclaje siguiente de acuerdo al orden indicado.
- Es conveniente que se determine junto con el personal de supervisión la periodicidad de verificación de la tensión aplicada, realizando un retensado y registrando la presión a la cual la tuerca es liberada y así determinar la efectividad del sistema aplicado.
- Continuar con los demás anclajes hasta concluir con todos los cables de esta ménsula.

**E) INYECCIÓN**

Habiendo quedado sellado el cable se procede a la inyección, como sigue:

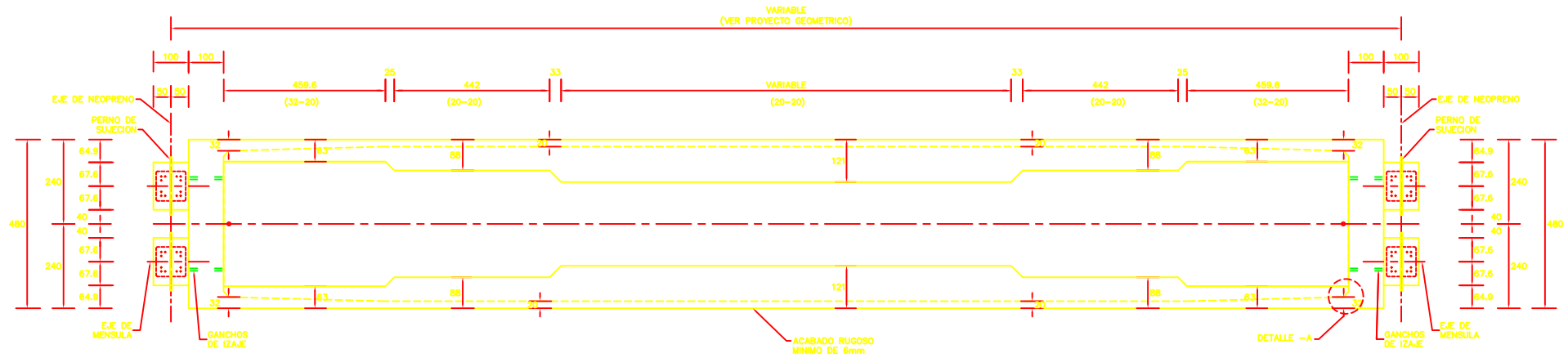
- Verificar que la boquilla de entrada, la de salida y en su caso los respiraderos se encuentren sin obstrucción.
- Instalar el equipo de inyección y realizar sus conexiones.
- Lavar y lubricar los ductos con agua limpia, verificando la hermeticidad de estos.
- Elaborar la lechada según requerimiento.
- Vaciar la lechada en el depósito.
- Iniciar la inyección, verificando que el suministro de la lechada sea constante.
- Comprobar que la lechada salga por el extremo con la misma consistencia.
- Doblar la manguera de la salida y sujetarla para evitar la expulsión de la lechada.
- Doblar la manguera de la entrada y sujetarla para evitar la expulsión de la lechada.
- Finalizada la inyección de este cable se procede a realizar la siguiente o en caso contrario al lavado del equipo.
- Dejar que endurezca la lechada (un día después) y recortar las mangueras.

Con esta actividad se da por concluido el postensado e inyección de Cables de Presfuerzo.

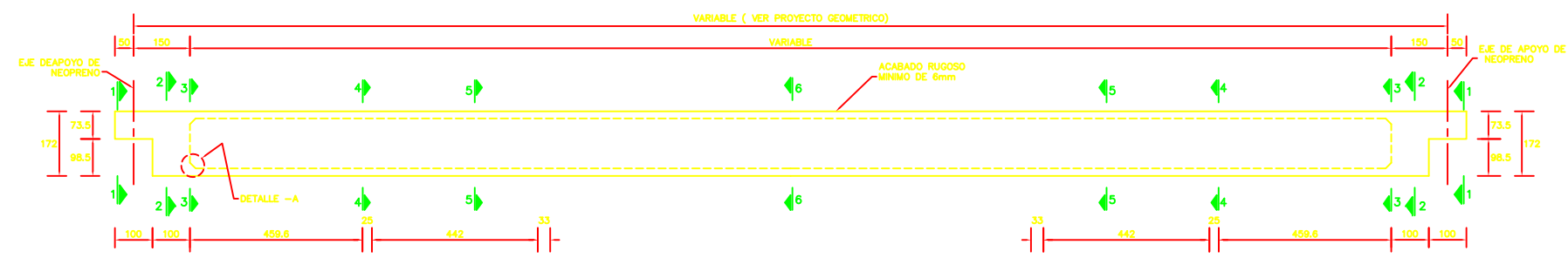


(\*) VER PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

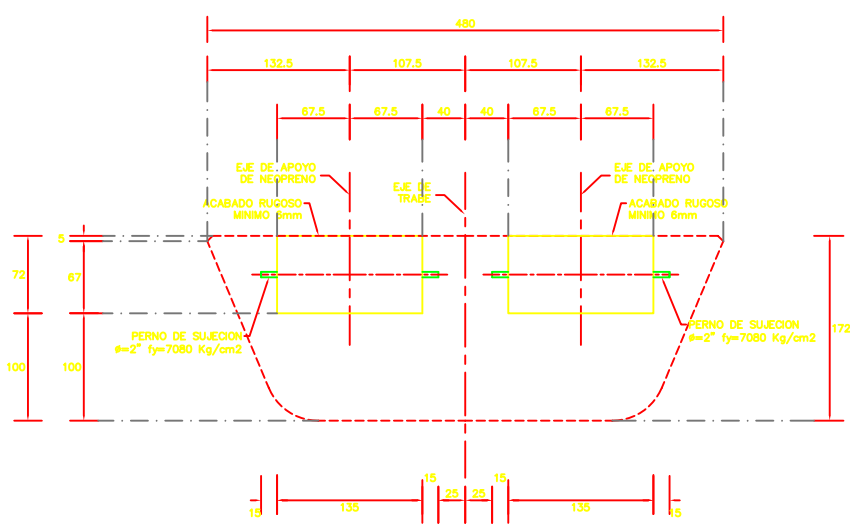




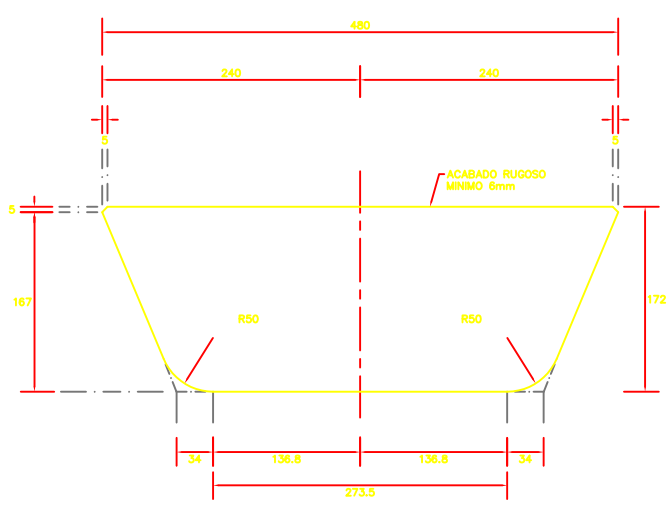
**PLANTA**  
GEOMETRIA



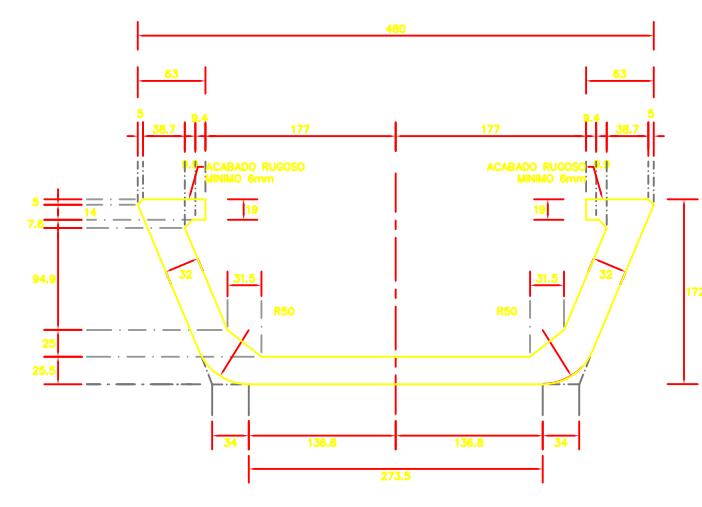
**CORTE LONGITUDINAL**  
GEOMETRIA



**CORTE 1-1**  
GEOMETRIA



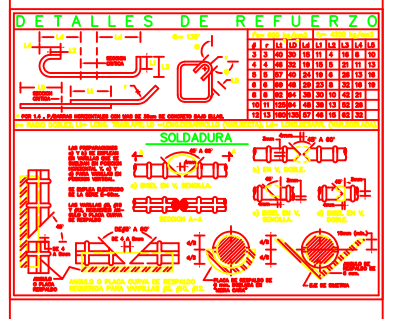
**CORTE 2-2**  
GEOMETRIA



**CORTE 3-3**  
GEOMETRIA



- NOTAS**
- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN CENTIMETROS EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
  - LAS COTAS REDON AL DIBUJO NO TOMAR MEDIDAS A ESCALA.
  - RECORRIMIENTO MINIMO LIBRE SERA DE 3 cm EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
- ESPECIFICACIONES**
- ESTE PLANO SE COMPLEMENTA CON LAS ESPECIFICACIONES DE CONCRETO, ACERO DE REFUERZO, ACERO DE PRESFUERZO, ACERO ESTRUCTURAL Y NEOPRENOS.
  - EL CONCRETO TENDRA UNA RESISTENCIA DE  $f_c=400 \text{ kg/cm}^2$  Y AL DESTENSAR DE  $f_{ct}=40 \text{ kg/cm}^2$ .
  - EL CONCRETO TENDRA POR LO MENOS UN MODULO ELASTICO DE  $318,206.6 \text{ kg/cm}^2$ .
  - ACERO DE PRESFUERZO LONGITUDINAL DE  $f_{pu}=18000 \text{ kg/cm}^2$  (CONSISTIRA EN TORNOS DE  $1/2"$ ,  $AREA=0.987 \text{ cm}^2$ ).
  - LOS ELEMENTOS PRESFUERZADOS NO DEBERAN PERFORARSE NI BALACEARSE, SIN PREVIA CONSULTA AL PROYECTISTA ESTRUCTURAL.
  - VERIFICAR GEOMETRIA EN PLANOS GEOMETRICOS RESPECTIVOS.
  - DEBERA VERIFICARSE EL PESO DE LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS PARA ASEGURAR QUE LAS DIMENSIONES DE LOS ALERAMIENTOS CUMPLAN CON PROYECTO Y LAS DENSIDADES DE LOS MATERIALES EMPLEADOS ESTEN DENTRO DE ESPECIFICACIONES.



LIC. FERNANDO ABOITIZ SARO  
SECRETARIO DE OBRAS Y SERVICIOS

ING. ALFREDO HERNANDEZ GARCIA  
DIRECTOR GENERAL DE OBRAS CONCESIONADAS

Revisó: ING. CARLOS G. GOMEZ SANCHEZ  
DIRECTOR TECNICO

Autorizó: ING. IGNACIO GARCIA GONZALEZ  
DIRECTOR GENERAL

PROYECTO:

TRAMO: **VIADUCTO**

PLANO: **TRABE TCR 3 CARRILES 1 DE 2**

ESCALA: **1/20**

CLAVE DEL PLANO: **EST-001-VIA-III-187-P-00**

FECHA: **15/05/2018**

REVISION: **0**

MODIFICACIONES	No.	FECHA	APROBO RIBOO	APROBO CLIENTE	DESCRIPCION
		0		ING. L.C.L.	
	1		ING. L.C.L.		REVISION GENERAL

CORRESPONSABLE DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL  
C/SB-0038

PROYECTISTA Y D.J.O. 0141

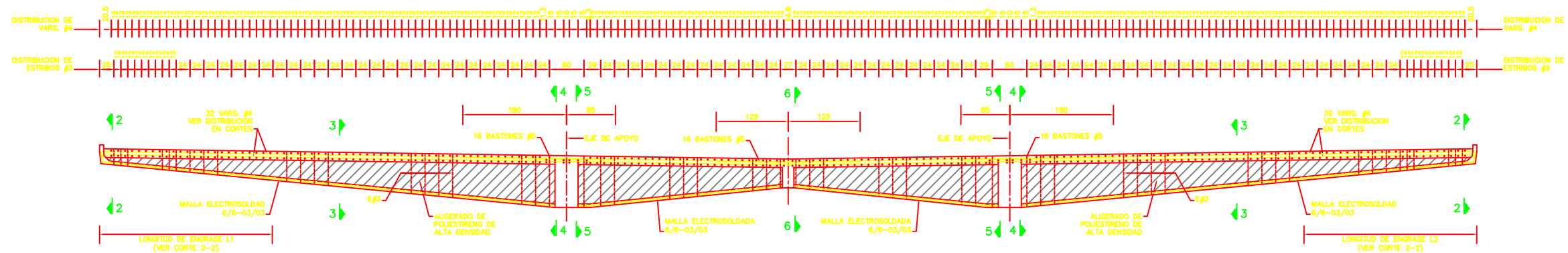
APROBO: **ING. JOSE MARIA RIBOO MARTIN**

APROBO: **ING. FRANCISCO MORINEAU DIAZ**

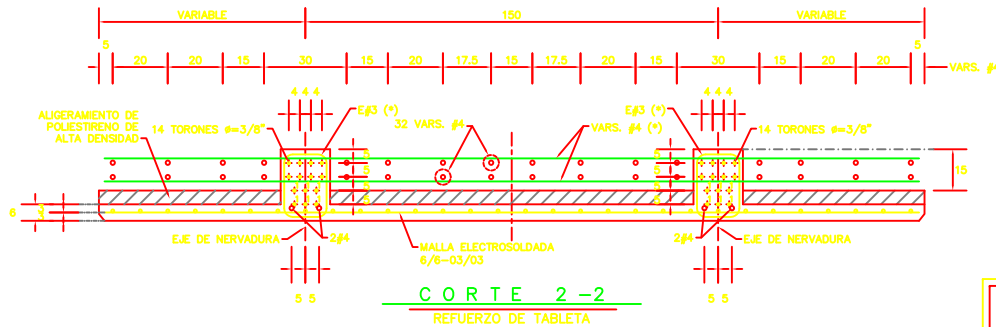
**IPISA**

Vo. Bo.

**ING. FERNANDO RAMIRO LALANA**  
DIRECTOR DE SUPERVISION



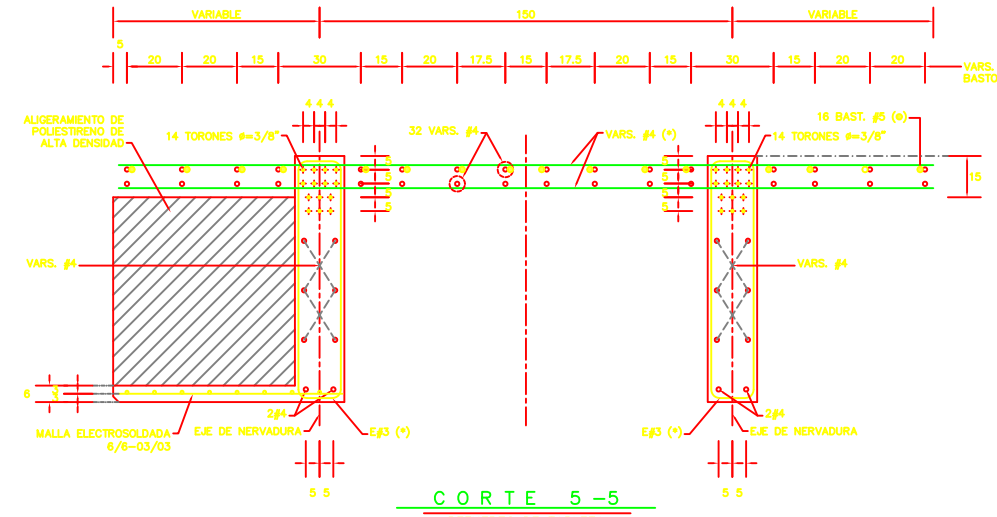
**CORTE LONGITUDINAL**  
REFUERZO DE TABLETA



**CORTE 2-2**  
REFUERZO DE TABLETA

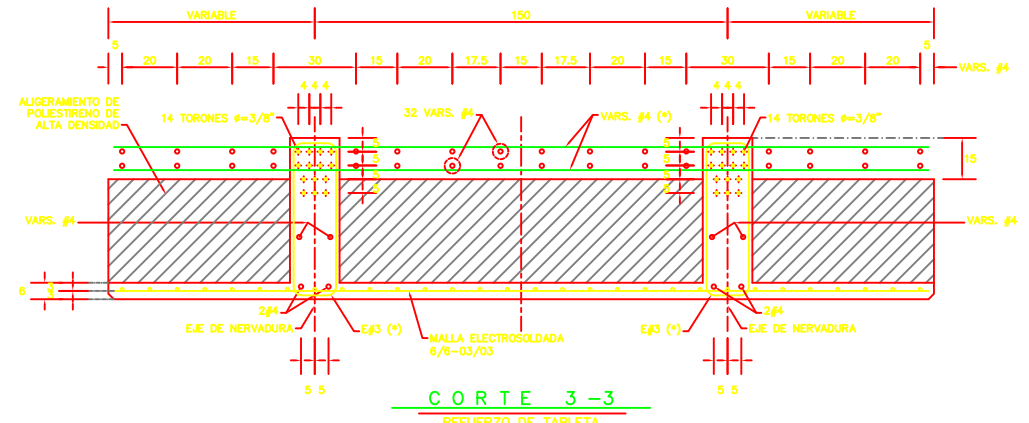
LONGITUD DE ENGRASE EN CM		
TORON #	L1	L2
1	300	300

(\*) VER DISTRIBUCION DE VARILLAS #4 Y ESTRIBOS #3 EN CORTE LONGITUDINAL

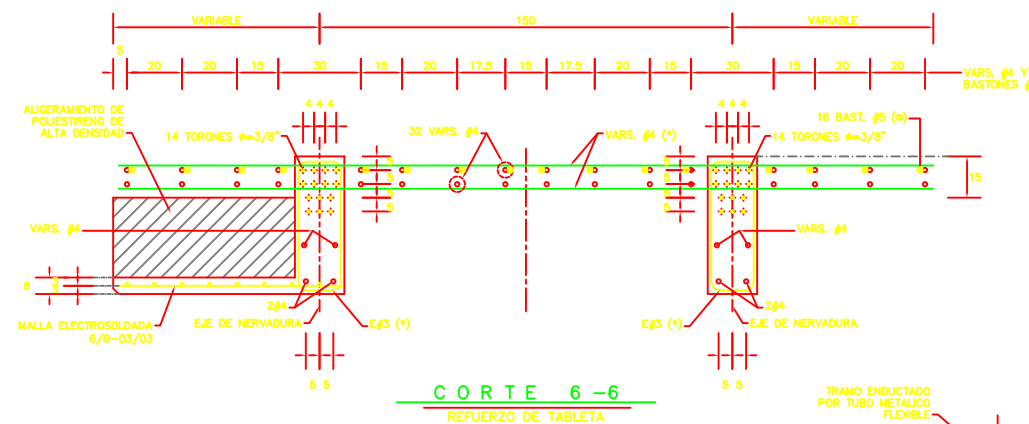


**CORTE 5-5**  
REFUERZO DE TABLETA

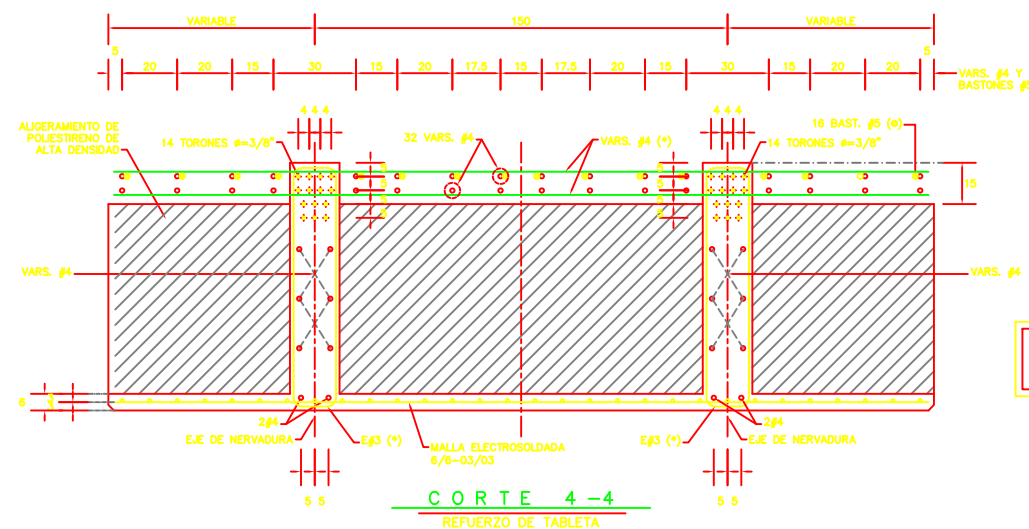
(\*) VER DISTRIBUCION DE VARILLAS #4 Y ESTRIBOS #3 EN CORTE LONGITUDINAL



**CORTE 3-3**  
REFUERZO DE TABLETA

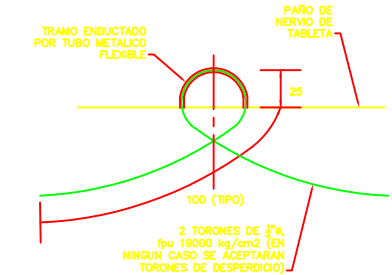


**CORTE 6-6**  
REFUERZO DE TABLETA



**CORTE 4-4**  
REFUERZO DE TABLETA

(\*) VER DISTRIBUCION DE VARILLAS #4 Y ESTRIBOS #3 EN CORTE LONGITUDINAL

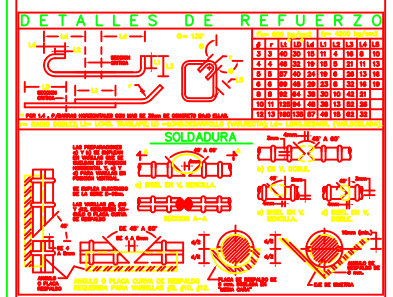


**DETALLE - 1**  
GANCHO DE IZAJE

MODIFICACIONES	DESCRIPCION			
	Nº	FECHA	APROBO PROYECTO	APROBO CLIENTE
0			ING. L.C.L.	
1			ING. L.C.L.	
2			ING. L.C.L.	



- NOTAS**
- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN CENTIMETROS EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
  - LAS COTAS RIGEN AL DIBUJO NO TOMAR MEDIDAS A ESCALA.
  - RECUBRIMIENTO MINIMO LIBRE SERA DE 2.5 cm EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
- ESPECIFICACIONES**
- ESTE PLANO SE COMPLEMENTA CON LAS ESPECIFICACIONES DE CONCRETO, ACERO DE REFUERZO, ACERO DE PRESFUERZO, ACERO ESTRUCTURAL Y NEOPRENOS.
  - EL CONCRETO TENDRA UNA RESISTENCIA DE  $f_c=600 \text{ kg/cm}^2$ .
  - ACERO DE PRESFUERZO LONGITUDINAL DE  $f_{pu}=19000 \text{ kg/cm}^2$  DE BAJA RELAJACION (CONSISTIRA EN TORONES DE  $1/2"$ ,  $AREA=0.99 \text{ cm}^2$ ).
  - LOS ELEMENTOS PRESFORZADOS NO DEBERAN PERFORARSE NI BALACEARSE, SIN PREVIA CONSULTA AL PROYECTISTA ESTRUCTURAL.
  - VERIFICAR GEOMETRIA EN PLANOS GEOMETRICOS RESPECTIVOS.



LIC. ADRIAN MICHEL ESPINO  
Oficial Mayor

LIC. FERNANDO JOSE ABOITIZ SARO  
Secretario de Obras y Servicios

ING. ALFREDO HERNANDEZ GARCIA  
DIRECTOR GENERAL DE OBRAS CONCEJONADAS

ING. JORGE HERNANDEZ ESCOBAR  
Director de Evaluacion de Proyectos

ING. FERNANDO RAMIRO LALANA  
ING. JOSE LUIS RIVERA FERNANDEZ

ING. DOMINGO CONTRERAS PEÑA  
ING. GUILLERMO L. CERVANTES HERNANDEZ

ING. JOSE GUAYM REYES MARTIN  
ING. EDUARDO GARCIA GONZALEZ

ING. CARLOS GERARDO GOMEZ SANCHEZ

PLANO: **TABLETA 03TB6W\_W, REFUERZO**

FECHA: 2011 ACOTACION: CENTIMETROS

ESCALA GRAFICA: SIN ESCALA

CLAVE DEL PLANO: **AUN-EST-003-VIA-IV-210-P-02**



**NOTAS**

- 1.- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN CENTIMETROS EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
- 2.- LAS COTAS RIGEN AL DIBUJO NO TOMAR MEDIDAS A ESCALA.
- 3.- RECUBRIMIENTO MINIMO LIBRE SERA DE 3 cm EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.

**ESPECIFICACIONES**

4.- ESTE PLANO SE COMPLEMENTA CON LAS ESPECIFICACIONES DE CONCRETO, ACERO DE REFUERZO Y ACERO ESTRUCTURAL.

**CONCRETO**

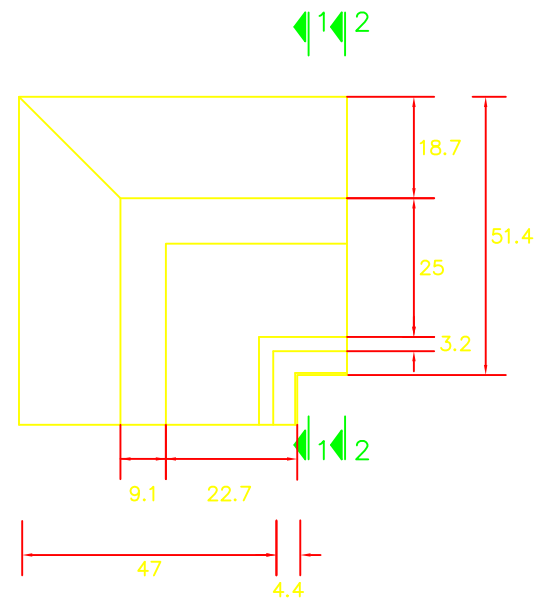
- 5.- EL CONCRETO TENDRA UNA RESISTENCIA DE  $f_c=300$  kg/cm<sup>2</sup>.
- 6.- TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADO GRUESO SERA 1/2" (1.27 cm).

**ACERO**

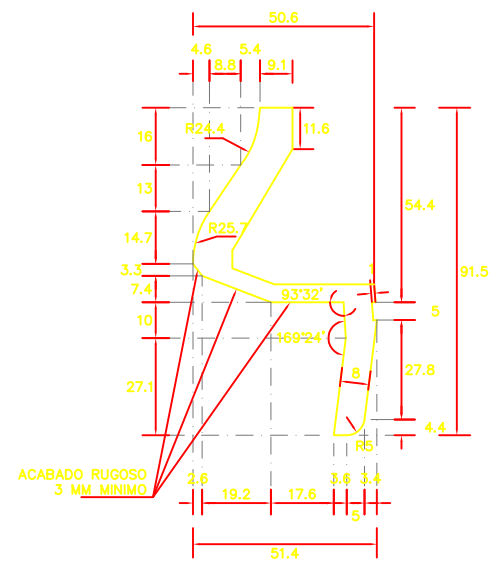
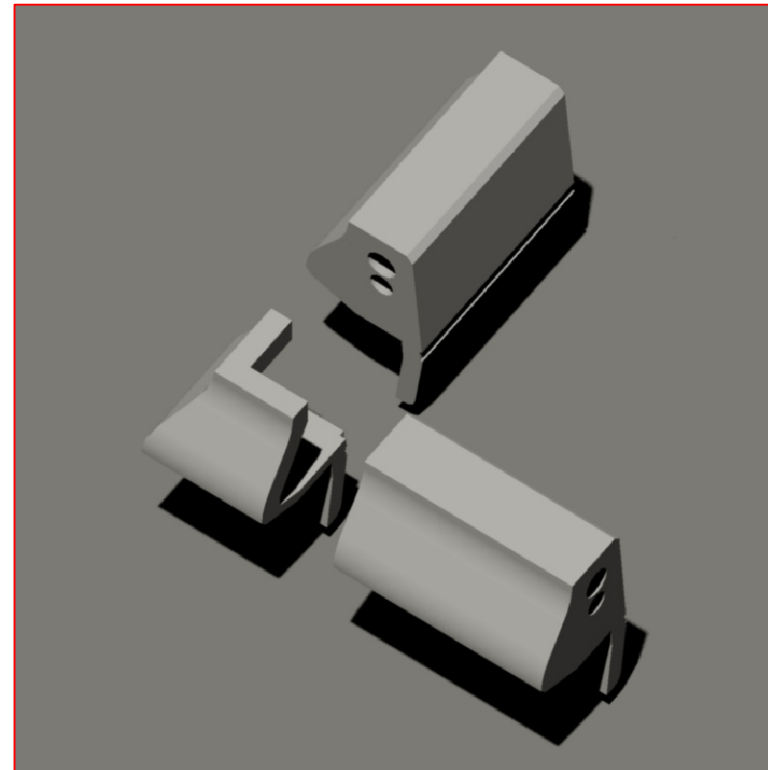
- 7.- EL ACERO DE REFUERZO SERA DE  $f_y=4200$  kg/cm<sup>2</sup>.
- 8.- PARA TRASLAPES Y UNIONES ENTRE VARILLAS VER "TABLA DE REFUERZO".
- 9.- EN NINGUN CASO SE PODRA TRASLAPAR MAS DEL 33% DEL ACERO DE REFUERZO EN UNA MISMA SECCION.
- 10.- ACERO EN PLACAS Y ACCESORIOS METALICOS DE  $f_y=2530$  kg/cm<sup>2</sup>.
- 11.- LA SOLDADURA SERA AL ARCO ELECTRICO, SE USARAN ELECTRODOS DE LA SERIE E-90x ENTRE ACEROS DE  $f_y=4200$  kg/cm<sup>2</sup> Y DE LA SERIE E-70x CUANDO INTERVIENEN ACEROS DE  $f_y=2530$  kg/cm<sup>2</sup>.
- 12.- VERIFICAR GEOMETRIA EN PLANOS GEOMETRICOS RESPECTIVOS.

**JUNTAS DE CONSTRUCCION**

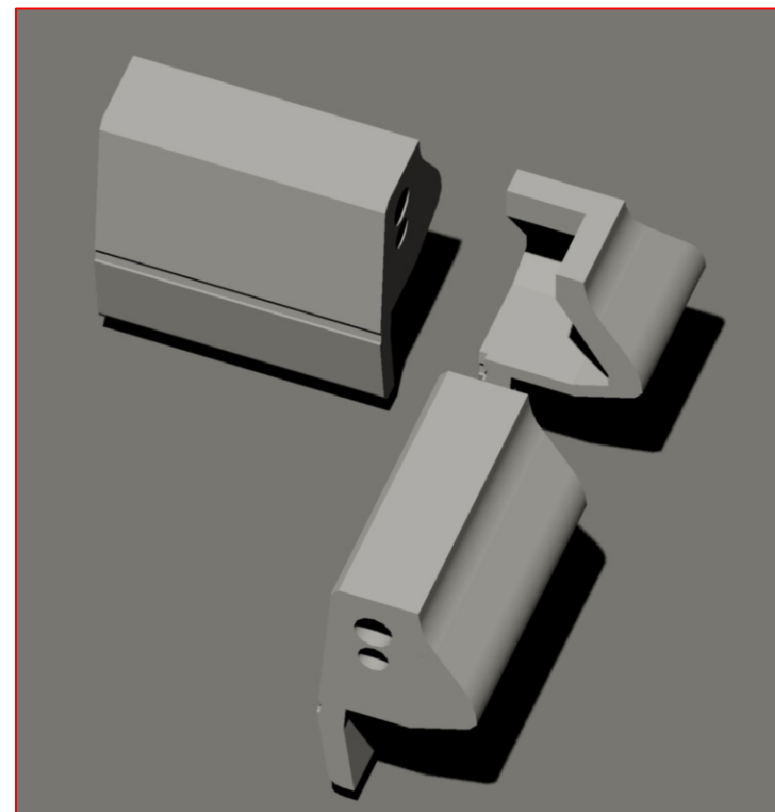
- 13.- TODAS LAS JUNTAS DE CONSTRUCCION SERAN DE ACABADO RUGOSO Y DEBERAN PERMANECER HUMEDAS DURANTE 24 hrs, PREVIAS AL NUEVO COLADO, DEBIENDO USAR ADITIVO PARA UNIR CONCRETO DE DIFERENTES EDADES.



**PLANTA**  
DIMENSIONAL



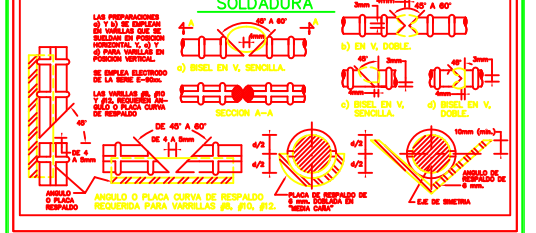
**CORTE 1-1**  
DIMENSIONAL



**DETALLES DE REFUERZO**

L1	L2	L3	L4	L5	$f_c=300$ kg/cm <sup>2</sup>					$f_c=4200$ kg/cm <sup>2</sup>									
					L1	L2	L3	L4	L5	L1	L2	L3	L4	L5					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

FOR L1, 2 VARILLAS HORIZONTALES CON MAS DE 20cm DE CONCRETO BASTO ELAS.  
L1= RADIO DOBLE; L2= LOMO; TRASLAPES; L3= HORIZONTEALIZADO (VARILLAS); L4= LOMO; L5= LOMO (VARILLAS).



**MODIFICACIONES**

Nº	FECHA	DESCRIPCION	APROBO
0		VERSION EJECUTIVA	ING. A.B.S.
1		VERSION GENERAL	ING. A.B.S.
2		DETALLE PARAMETO METALICO	ING. A.B.S.



**Gobierno del Estado de México.**  
Secretaría de Comunicaciones,  
Dirección General del Sistema de Autopistas, Aeropuertos,  
Servicios Conexos y Auxiliares

LIC. ENRIQUE PEÑA NIETO  
GOBERNADOR CONSTITUCIONAL DEL ESTADO DE MÉXICO.

LIC. GERARDO RUIZ ESPARZA  
SECRETARIO DE COMUNICACIONES.

ING. MANUEL ORTIZ GARCIA  
DIRECTOR GENERAL.

VIADUCTO BICENTENARIO - TRAMO "TIPO"  
CUATRO CAMINOS - TEPALCAPA - TEPOTZOTLAN

PLANO No. **PARAPETO GEOMETRIA Y ARMADO**

DICTAMEN:	DIBUJO:	ESCALA:	ACOTACIONES:
FECHA:	REVISO:	SIN	EN CENTIMETROS
	APROBO:	MODIFICACION:	No. FECHA: