



---

---

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

“PLANEACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DEL  
DISTRIBUIDOR VIAL ZARAGOZA”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

BARRIENTOS COLÍN JESÚS EDUARDO

DIRECTOR DE TESIS:

ING. CARLOS MANUEL CHÁVARRI MALDONADO



MÉXICO, D.F. CIUDAD UNIVERSITARIA 2009.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/046/08

Señor  
JESÚS EDUARDO BARRIENTOS COLÍN  
Presente

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

**"PLANEACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DEL DISTRIBUIDOR VIAL ZARAGOZA"**

- I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DISTRIBUIDOR VIAL ZARAGOZA
- II. PLANEACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL DISTRIBUIDOR VIAL ZARAGOZA
- III. PROGRAMA DE OBRA
- IV. 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 27 de Mayo del 2008.  
EL DIRECTOR

MTRO. JOSÉ GONZALO GUERRERO ZEPEDA  
GGZ/RSU/gar.

*GRACIAS A LA UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO,  
POR DARME LA OPORTUNIDAD DE SER PARTE DE  
TU GRANDEZA Y TU INFINITA HISTORIA.*

*A LA FACULTAD DE INGENIERÍA,  
POR OTORGARME LOS CONOCIMIENTOS PARA  
SER UN INGENIERO Y PERMITIR ESTE LOGRO.  
¡ERES Y SEGUIRÁS SIENDO LA MEJOR DE TODAS  
LAS FACULTADES!*

*A TODOS Y CADA UNO DE LOS INGENIEROS QUE  
ME OTORGARON PARTE DE SUS CONOCIMIENTOS  
Y VALORES NECESARIOS PARA MI FORMACIÓN.*

*UN ESPECIAL AGRADACIMIENTO AL  
ING. CARLOS M. CHÁVARRI MALDONADO,  
POR TODAS SUS GRANDES ENSEÑANZAS.*

*A MIS PADRES:*

*JESÚS BARRIENTOS ESTRELLA  
MARÍA DOLORES COLÍN GARCÍA*

*POR APOYARME INCONDICIONALMENTE Y ESTAR  
CONMIGO EN LA BUENAS Y EN LAS MALAS  
¡ESTE LOGRO ES POR Y PARA USTEDES!*

*A MIS HERMANOS:*

*IVONNE KARINA BARRIENTOS COLÍN*

*POR APOYARME Y ESTAR SIEMPRE QUE TE  
NECESITÉ*

*JORGE ALBERTO BARRIENTOS COLÍN*

*POR TU GRAN APOYO*

*USTEDES TAMBIEN SON PARTE DE ESTE LOGRO*

*A TODOS MIS AMIGOS CON LOS QUE CONVIVÍ EN  
LA FACULTAD*

# ÍNDICE

<b>Introducción</b>	<b>3</b>
<b>I. Descripción del Proyecto Distribuidor Vial Zaragoza</b>	<b>5</b>
<b>II. Planeación para la Construcción del Distribuidor Vial Zaragoza</b>	<b>7</b>
<b>II.1 Actividades Previas</b>	<b>7</b>
<b>II.1.1 Podas</b>	<b>7</b>
<b>II.1.2 Señalamiento Provisional</b>	<b>7</b>
<b>II.1.3 Tapiales</b>	<b>8</b>
<b>II.1.4 Preliminares</b>	<b>9</b>
<b>II.2 Construcción de la Cimentación</b>	<b>11</b>
<b>II.2.1 Perforación y Construcción de las Pilas</b>	<b>11</b>
<b>II.2.2 Perforación y Colado de Pilas en Seco</b>	<b>12</b>
<b>II.2.3 Armado y Colado de la Pila</b>	<b>13</b>
<b>II.2.3.1 Inspección y Verificación</b>	<b>16</b>
<b>II.2.4 Perforación para el Hincado de Pilotes</b>	<b>17</b>
<b>II.2.5 Hincado de Pilotes</b>	<b>18</b>
<b>II.2.6 Excavación para Zapatas</b>	<b>20</b>
<b>II.2.7 Rellenos Locales</b>	<b>26</b>
<b>II.2.8 Contención Temporal con Muro Berlín</b>	<b>28</b>
<b>II.2.9 Construcción de Contrafuertes</b>	<b>30</b>
<b>II.3 Construcción de la Estructura y Superestructura</b>	<b>33</b>
<b>II.3.1 Fabricación de Trabes, Cabezales y Columnas</b>	<b>33</b>
<b>II.3.2 Transporte de Trabes, Cabezales y Columnas</b>	<b>38</b>
<b>II.3.3 Montaje de Trabes, Cabezales y Columnas</b>	<b>38</b>
<b>II.3.4 Colado de Nodos</b>	<b>44</b>
<b>II.3.5 Soldadura en Uniones</b>	<b>44</b>
<b>II.3.6 Tensado de Cables de Preesfuerzo en Columnas</b>	<b>45</b>
<b>II.4 Estructura Sobre el Puente</b>	<b>47</b>
<b>II.4.1 Firme de Compresión</b>	<b>47</b>
<b>II.4.2 Parapeto de Concreto</b>	<b>49</b>
<b>II.4.3 Parapeto Metálico</b>	<b>51</b>
<b>II.4.4 Juntas de Calzada</b>	<b>55</b>

<b>II.5 Pavimentos</b>	<b>56</b>
<b>II.5.1 Pavimento Temporal</b>	<b>56</b>
<b>II.5.2 Rehabilitación de Pavimentos</b>	<b>57</b>
<b>II.5.3 Reconstrucción de Pavimentos</b>	<b>63</b>
<b>II.5.4 Pavimento Nuevo</b>	<b>64</b>
<b>II.5.5 Características de los Materiales</b>	<b>66</b>
<b>II.5.6 Terraplén Aligerado</b>	<b>73</b>
<b>II.5.7 Obras Complementarias</b>	<b>75</b>
<b>III. Programa de Obra</b>	<b>79</b>
<b>Especificaciones Técnicas</b>	<b>83</b>
<b>Especificaciones del Concreto</b>	<b>83</b>
<b>Concreto Hidráulico</b>	<b>83</b>
<b>Concreto Premezclado</b>	<b>88</b>
<b>Concreto Preesforzado</b>	<b>94</b>
<b>Morteros con Aditivos Estabilizadores o Expansores</b>	<b>94</b>
<b>Especificaciones del Acero</b>	<b>97</b>
<b>Acero de Refuerzo</b>	<b>97</b>
<b>Acero de Preesfuerzo</b>	<b>100</b>
<b>Acero Estructural</b>	<b>104</b>
<b>IV. Conclusiones</b>	<b>107</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>108</b>

## INTRODUCCIÓN

La población ve afectada su calidad de vida y su economía al padecer el tráfico intenso en la zona oriente de la Ciudad de México, una obra de infraestructura abre un enlace entre el horizonte metropolitano y estados como Puebla, Veracruz, Oaxaca y Morelos, ubicándose dentro de lo más destacado en obras viales de los últimos años. La colaboración conjunta entre el gobierno capitalino y mexiquense llega a buen término para convertirla en la obra metropolitana más grande por su importancia estratégica, magnitud, beneficio e inversión. Sólido ejemplo de trabajo conjunto y visión futura de esta obra que comienza a reportar beneficios.

A inicios del 2006 los mandatarios del Estado de México y Distrito Federal mantenían un plan estratégico para dar solución integral a los conflictos viales provocados constantemente en las calzadas Ignacio Zaragoza, Ermita Iztapalapa y en sus entronques con la autopista México-Puebla y México- Texcoco. La medida contemplaba una estructura vial de alto impacto regional que ese mismo año comenzó a construirse gracias al acuerdo de ambos mandatarios y a la liberación de recursos por parte del Fondo Metropolitano del Valle de México. Éste último gestionado bajo un fideicomiso que participa de forma directa en las obras de infraestructura ubicadas en los límites entre ambas entidades, y con el cual se espera que en los próximos años se inviertan hasta 17 mil millones de pesos en proyectos conjuntos.



Ubicación del Distribuidor Vial Zaragoza

Dado el planteamiento inicial a nivel financiero y constructivo realizado por la empresa Riobó S. A. de C. V. ambas entidades comenzaron con la licitación de dos cuerpos principales: el primero, que contempla la entrada de la ciudad de Puebla hacia México y la calzada Ermita Iztapalapa (Eje A y C) y, un segundo que va de la salida de México y calzada Ermita Iztapalapa hacia Puebla (Eje B y D). Para tal efecto se presentó la convocatoria en julio de 2006 con carácter y presupuesto bianual, resultando ganador del eje B y D la empresa Impulsora de Desarrollo Integral S. A. (IDINSA), en consorcio con Pretencreto (para los prefabricados), y Delta Cimentaciones (cimentación



profunda). Para las obras del Eje A y C, los trabajos fueron adjudicados a Ingenieros Civiles y Asociados (ICA). Además, se anunció que Colinas de Buen se encargaría del estudio de mecánica de suelos mientras que la supervisión de obra sería de Ingeniería Integral Internacional México y Consultoría Integral en Ingeniería, todo ello bajo la coordinación general de la Dirección General de Obras Públicas y la Secretaría de Obras y Servicios de las instancias involucradas.

La solución que dieron los especialistas fue desde un principio delicada, por la estrecha relación que mantenía con los aspectos geotécnicos y las particularidades de la zona. Debemos recordar que la obra se desplanta en dos contrastantes zonas geotécnicas: por una parte, en la mitad o bifurcación del distribuidor hacia la Ciudad de México, donde el terreno es de características lacustres con profundidades arcillosas de más de 50 metros. Se trata de un suelo heterogéneo y con diversos estratos de roca que no estaban considerados en los sondeos iniciales, y que obligaron a realizar obras adicionales a cada 5 metros y cambios en los procesos de construcción de la cimentación. Por lo anterior, se optó por resolver la cimentación con base en pilotes de concreto  $f'c= 250$  kg/cm<sup>2</sup>, con dimensiones de 40 x 40 cms y profundidades variables, en rangos de 26 a 42 mts, sin llegar a estratos duros, para permitir el movimiento de la estructura, a la par del comportamiento de los suelos. La presencia dentro de las arcillas de “lentejas” de materiales, roca fracturada y hasta unos 20 metros de estratos de arena dificultó el hincado de pilotes en la etapa de cimentación de esta franja del distribuidor.

En dirección hacia Puebla se localiza una falda volcánica resuelta por medio de pilas coladas en sitio ( $f'c= 250$  kg/cm<sup>2</sup>) con profundidades que oscilaron entre 10 y 35 mts. En esta zona se encontraron materiales como tezontle, arenas, arcillas, areniscas, entre otros más que motivaron un desplante de la subestructura en roca sólida. Por tal motivo fue necesaria la presencia de un geólogo quien determinó la profundidad óptima de desplante. Una vez que se llegue a la roca sana se perforará diámetro y medio de la pila para que los elementos estructurales queden empotrados.

La Secretaría de Obras y Servicios del Gobierno del Distrito Federal (GDF) indicó en su momento que debido a la partición de los tramos principales y al número de empresas que trabajarían para desarrollar los 1,950 metros de longitud del distribuidor, en cada sentido, la colocación de 20,000 metros cuadrados de pavimento con 4 cms de espesor en la corona de rodamiento más igual cantidad de metro cuadrado para la losa de compresión de 30 cms de concreto, los 3,900 metros lineales de parapeto de concreto y acero, la instalación de 300 luminarias en el sobrepunte y bajopunte, además de los trabajos auxiliares de obra inducida, este proyecto debía basarse en las normas de calidad ISO 9001, para controlar perfectamente los dos tramos, a través de un sistema de trabajo con calidad comprobada.

Las pruebas de calidad del concreto se realizarán a todos los elementos, desde cimentaciones hasta trabes, teniendo un control estricto en las tres plantas que se utilizarán para su fabricación: González Soto en Texcoco, Pretencreto en Toluca y Tecámac.

El objetivo de esta obra es el de transportar y facilitar el acceso y salida de 9,600 vehículos por hora. Se han hecho adecuaciones geométricas, modernizado vialidades existentes y mejorado servicios e instalaciones. Sin duda, La Concordia hace honor al nombre y esperamos que el tiempo también haga honor a sus expectativas.

## I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DISTRIBUIDOR VIAL ZARAGOZA

Este Distribuidor, que se construirá en la antigua zona de la Ciudad conocida como San Lázaro, forma parte fundamental del proyectado corredor vial metropolitano de integración norte-sur, con origen en Ciudad Azteca, Municipio de Ecatepec, Estado de México y con destino en la zona sur de la Ciudad de México, con una longitud de 35 kilómetros; a su conclusión, este corredor vial constituirá una vía alterna a la Avenida Insurgentes, en un recorrido distante en promedio 5 kilómetros de esta Avenida.

El Distribuidor Zaragoza es una estructura vial en tres niveles: el superficial y dos niveles de puentes vehiculares con cuatro carriles de circulación por sentido en cada uno. El nivel superficial soluciona todos los movimientos direccionales de vueltas derechas; el primer nivel (sentido sur-norte) comunica el Eje vial 3 Oriente Francisco del Paso y Troncoso con la Avenida Oceanía, con la Avenida Eduardo Molina y con la calle Emilio Carranza; además comunica la Avenida Oceanía con el Eje vial 1 Norte; el segundo nivel (sentido norte-sur) comunica el Eje vial 1 Norte y la Avenida Oceanía con el Eje vial 3 Oriente Francisco del Paso y con la Calzada Ignacio Zaragoza dirección oriente. Los puentes tendrán un desarrollo de 5 mil 300 metros incluyendo las gazas de incorporación entre vialidades; con velocidad de proyecto de 70 kilómetros por hora y se estima un flujo vehicular promedio de 12 mil 900 vehículos por hora, con lo que se beneficiarán unos 700 mil usuarios cotidianamente.

La estructura se desplanta sobre los carriles centrales y laterales de las avenidas Ignacio Zaragoza y Ermita Iztapalapa con la intersección de las entradas de la carretera libre México-Puebla y la autopista México-Puebla. Dicha estructura está formada por: cimentación profunda, a base de pilotes hincados y pilas coladas en sitio, zapatas de cimentación, columnas, cabezales y trabes cajón prefabricadas, conexiones y postensados en sitio, firmes de compresión, parapetos de concreto armado, parapetos metálicos, estribos de concreto armado, muros de contención, terracerías para conformar las rampas de acceso, pavimentos, obras inducidas, instalaciones eléctricas y señalamiento, así como trabajos complementarios.

Una vez concluido el Distribuidor Vial Zaragoza en el año 2004, la Ciudad contará con 19 kilómetros adicionales de vía de circulación continua, desde la Avenida México en Ciudad Azteca, hasta la Avenida Fray Servando Teresa de Mier.

Los beneficios serán el agilizar el tránsito vehicular en la zona, aumentar la velocidad de operación, la no afectación de predios al construir en el derecho de vía actual y reducir los niveles de contaminación y consumo de combustibles.

### *Principales datos técnicos:*

#### Cimentación

Pilas: 216 ton acero de refuerzo; 1,700 m<sup>3</sup> concreto  $f'c= 250 \text{ kg/cm}^2$

Pilotes: 692 piezas de 55m, concreto  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$

Zapatas: 1,036 ton de acero de refuerzo y 3,183 m<sup>3</sup> de concreto  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$

#### Superestructura

Trabes prefabricadas: 100 piezas concreto  $f'c= 600 \text{ kg/cm}^2$

Columnas prefabricadas: 93 piezas concreto  $f'c= 600 \text{ kg/cm}^2$

Cabezales prefabricadas: 19 piezas concreto  $f'c= 600 \text{ kg/cm}^2$

Firmes de compresión: 388 ton acero de refuerzo 3,320 m<sup>3</sup> concreto  $f'c=300$  kg/cm<sup>2</sup>

Parapetos

Concreto: 3,400 m

Metálico: 3,532 m

La cimentación estará conformada por 51 zapatas, 389 pilas de 80 cm de diámetro y 573 pilotes con sección transversal de 40 x 40 cm y longitudes de 30 a 54 m.

La superestructura contará con 91 columnas prefabricadas, 17 cabezales y 10 traveses tipo cajón, complementándose con 3 estribos.

El distribuidor albergará tres carriles por sentido de circulación en el cuerpo principal y dos en la gaza de incorporación.



Proyección del Distribuidor Vial Zaragoza

## **II. PLANEACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL DISTRIBUIDOR VIAL ZARAGOZA**

### **II.1 Actividades Previas**

#### **II.1.1 Podas**

Reubicación o remoción de árboles, la presencia y maniobras del equipo y maquinaria utilizados en actividades de la construcción etc., son actividades que deben ser analizadas ya que actualmente la conservación del medio ambiente es de suma importancia. Debido a las gasas que conformarán este proyecto existe la necesidad de remover algunos árboles. Aunque se está cumpliendo con el requerimiento de no derribar individuos arbóreos sobre las aceras de la calzada Ignacio Zaragoza, Calzada Ermita Iztapalapa y de la Autopista México-Puebla, en sus dos sentidos de circulación, el derribo se hará solo con las autorizaciones correspondientes de las Delegaciones en lugares específicos.



Derribo de árboles

Se contratarán los servicios de una empresa especializada en el manejo y tratamiento de residuos generados por el derribo de los árboles, para la generación de mulch o composta, de tal manera que el producto será utilizado para las áreas verdes que se crearán dentro del mismo proyecto, así mismo se tendrá especial cuidado en el tratamiento de los residuos provenientes de individuos plagados o enfermos, tal como se establece en la Norma Ambiental para el Distrito Federal **NADF-001-RNAT-2002**.

#### **II.1.2 Señalamiento Provisional**

Se tiene ubicada la señalización correspondiente de acuerdo a la etapa del proyecto que se esté ejecutando.

- Señal baja preventiva.
- Señalamiento vertical restrictivo.
- Señalamiento vertical informativo.
- Señalamiento vertical diverso provisional para protección de obra.
- Seguridad vial.

- Señalamiento puntual, regional y macro-regional.
- Pintura de guarniciones para desvíos viales.
- Señalización provisional preventivo alto.
- Señalamiento provisional macro-regional por desvío de obra.
- Señalamiento vertical diverso provisional.



Señalamiento para desvíos



Trafitambos de seguridad

Colocación de señalamiento para desvíos y control de tráfico, por medio de señalamiento en piso provisional: bolla, malla, dovelas y trafitambos de seguridad provisional vial.

### II.1.3 Tapiales

Se instalarán bardas perimetrales continuas (tapiales de lámina pintro) para impedir el flujo directo de los polvos generados hacia los predios vecinos, funciona como barrera sonora y reduce el impacto generado por el ruido. Las actividades con maquinaria se realizarán durante el día y noche: excavación y demoliciones, retiro de materiales producto de excavación principalmente; sin rebasar las mediciones y los límites máximos permisibles de emisiones sonoras al ambiente.



Tapial de lámina pintro

## II.1.4 Preliminares

Para el inicio de las actividades de la obra, se hace la recepción de las referencias topográficas y centros de columna, teniendo esta información se hace un reconocimiento del proyecto en campo, verificando la compatibilidad con proyecto de gabinete; realizando la verificación de que las dimensiones físicas correspondan a las dimensiones de proyecto, para poder llevar a cabo su ejecución.

Después de la verificación del proyecto y con el objeto de facilitar la construcción de la cimentación, se procederá a trazar en campo la planta de cimentación (zapatas y pilas), con la finalidad de verificar que ninguna instalación municipal (agua, luz, ductos de PEMEX, drenaje, fibra óptica, etc.) interfiera con la excavación y construcción de cada uno de los elementos de la cimentación, en caso contrario será necesario reubicarlas según proyecto y especificaciones de cada dependencia, previa aprobación de la supervisión.

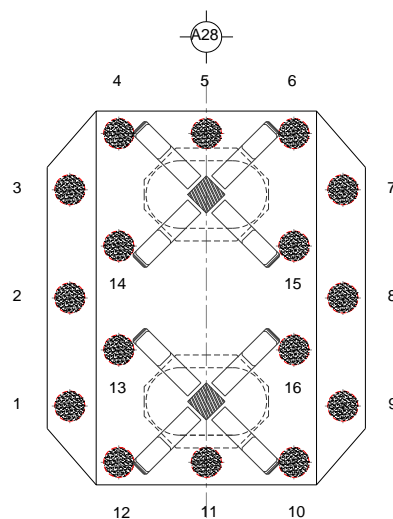
Se efectuará el retiro de banquetas, guarniciones, carpeta asfáltica y terracerías en las áreas que ocuparán las zapatas y pilas de cimentación, así como la demolición y retiro de construcciones preexistentes en su caso.



Despalme de terreno de acuerdo al trazo de la zapata



Trazo de zapata y ubicación de pilotes



Planta de la zapata en el eje A-28, con la numeración de las pilas

Una vez trazada la planta de cimentación, se realiza un seccionamiento del terreno, para realizar el despalme de ésta, a lo que después será nuestra plataforma, necesario para la correcta operación del equipo de perforación, después de la plataforma se procede al trazo y ubicación de cada una de las pilas o pilotes según lo establecido por el proyecto, las cuales para su control se identificaran mediante un consecutivo numérico.

Se retirarán de la zona de perforación todos los materiales y obstáculos, mismos que serán depositados en un lugar estratégico, con la finalidad de facilitar el acceso de los recursos, mano de obra, equipo y herramientas.

El tipo de maquinaria a emplear lo determina el diámetro y profundidad a perforar. En este caso se utilizará una perforadora soilmec a una profundidad que va de los 20m hasta 35m. Deberá utilizarse un equipo de perforación con la herramienta adecuada para garantizar la verticalidad del barreno, minimizar la alteración del suelo adyacente a la excavación, obtener una perforación limpia y conservar las dimensiones de proyecto en toda la profundidad, evitando la sobre excavación lateral y vertical del terreno. El equipo deberá tener la capacidad suficiente para realizar la perforación de un barreno cilíndrico vertical en el subsuelo cuyo diámetro sea de 80 cm., hasta la profundidad de desplante indicada en el proyecto estructural y topográfico.



Preparación del equipo de perforación

Un punto importante antes de iniciar la perforación, es que se debe realizar una verificación de la broca, que cumpla con el diámetro del proyecto (80cm para pilas y 60cm para pilotes), revisar la correcta ubicación con respecto al centro de la pila, también se verifica la verticalidad de la barrena, esto si el equipo no es autonivelante.

Se delimita el perímetro de la zapata según las dimensiones del proyecto, y se marcarán con exactitud la ubicación de los puntos centrales (ejes) de las pilas.

Después de las revisiones necesarias, se inicia la perforación.

## II.2 Construcción de la Cimentación

### II.2.1 Perforación y Construcción de las Pilas

Deberá marcarse con exactitud la ubicación de los puntos centrales donde se construirán las pilas con precisión de  $\pm 1$  cm.

Deberá utilizarse un equipo de perforación con la herramienta adecuada para garantizar la verticalidad del barreno, minimizar la alteración del suelo adyacente a la excavación, obtener una perforación limpia y conservar las dimensiones de proyecto en toda la profundidad, evitando la sobre excavación lateral y vertical del terreno.

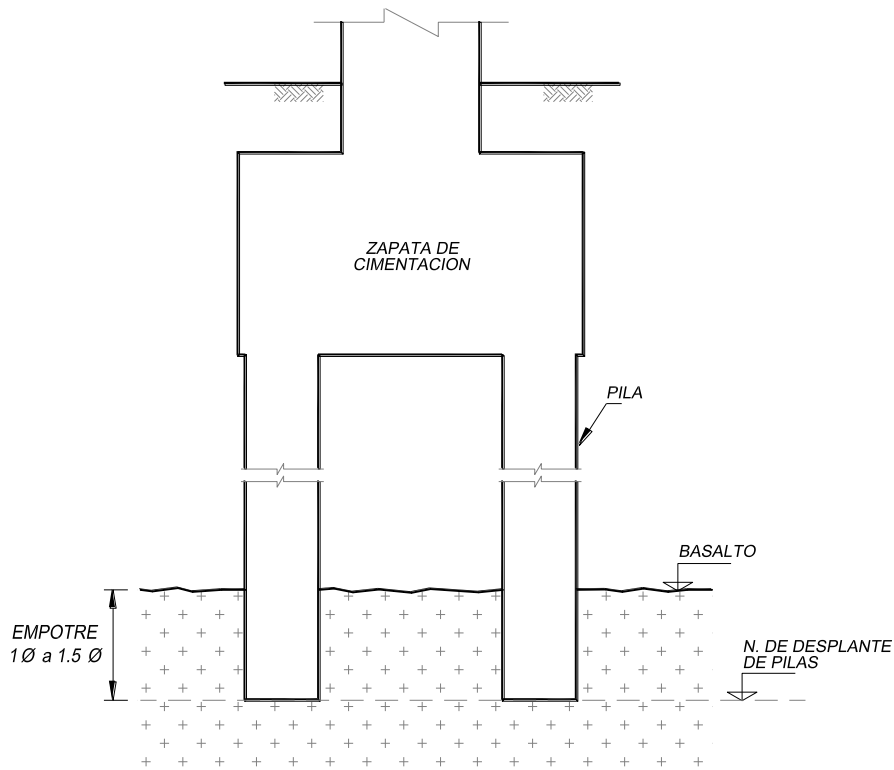


Perforación para pilas

Antes de iniciar la perforación, deberá verificarse la posición de las pilas y las contratrabes, dicha posición no variará en más de 1 cm. con respecto a la de proyecto. Durante la realización de los trabajos se llevará un registro de la localización de las pilas, las dimensiones de perforaciones, las fechas de perforación y de colado, la profundidad y espesores de los estratos y las características de los materiales de apoyo. El equipo deberá tener la capacidad suficiente para realizar la perforación de un barreno cilíndrico vertical en el subsuelo cuyo diámetro sea de 80 cm., hasta la profundidad de desplante indicada en el proyecto estructural y topográfico. Es recomendable que el diámetro de la broca de perforación sea un 10% menor que el diámetro de perforación para no tener sobre excavación.

Se deberá contemplar la perforación en roca basáltica, en una profundidad de 1.0 a 1.5 veces el diámetro de la perforación (fig. 1), lo cual estará en función del grado de fracturamiento de la roca (RQD).





**Figura 1**

Para la construcción de pilas se deberán realizar perforaciones en seco. La perforación en seco se realizará en donde hasta la máxima profundidad de desplante de pilas no se presente el nivel de aguas freáticas.

### **II.2.2 Perforación y Colado de Pilas en Seco.**

En al menos los primeros 3 m ó hasta atravesar totalmente el espesor de relleno artificial, el diámetro de la perforación será mayor con objeto de colocar un ademe metálico (brocal) que garantice la estabilidad en la parte superficial, la calidad de la pila por construir, así como la barrenación en el diámetro indicado.

En los estratos estables que permitan perforar en seco, se colocará solamente el brocal antes citado. Cuando existan suelos granulares no cohesivos (inestables) que produzcan caídos o zonas con mantos acuíferos colgados existentes en este tramo, cuya posición se detecte o verifique durante la perforación, se procederá a profundizar el ademe hasta cubrir totalmente dichos estratos inestables o mantos colgados para continuar con la perforación en seco.

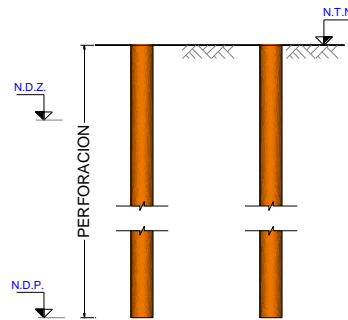
El ademe será retirado hasta que el concreto haya sido colocado en el barreno.

La perforación no deberá quedar abierta por más de 12 horas por lo que cuando se trate de un fin de semana o día festivo, se podrá iniciar dicha perforación, siempre y cuando se tenga previsto el personal y el material necesario para efectuar el colado de la pila.

La verificación de las condiciones de desplante se realizará a través de una plomada de concreto; así como también se deberá verificar la profundidad de perforación y limpieza del fondo (libre de azolves).

Al inicio, reinicio y durante la ejecución de cada perforación deberá verificarse que el barretón o Kelly este perfectamente vertical, revisándolo en dos direcciones ortogonales entre sí, con especial atención al momento de haber pasado algún obstáculo que pudiera desviar la perforación.

Terminada la perforación, y efectuada la limpieza del fondo de la misma, se procederá a la colocación del armado y el colado de la pila, así como la obtención de los niveles de desplante, los cuales se determinan obteniendo la profundidad de la excavación y con el nivel de terreno natural.



### II.2.3 Armado y Colado de la Pila.

Se dispondrá de un área especial para habilitar y armar la jaula de acero de refuerzo de acuerdo con las especificaciones estructurales del proyecto.

El recubrimiento del armado se garantizará mediante la colocación de separadores de concreto con forma de roles (donas) cuyos ejes deberán ser los estribos o zunchos de armado.



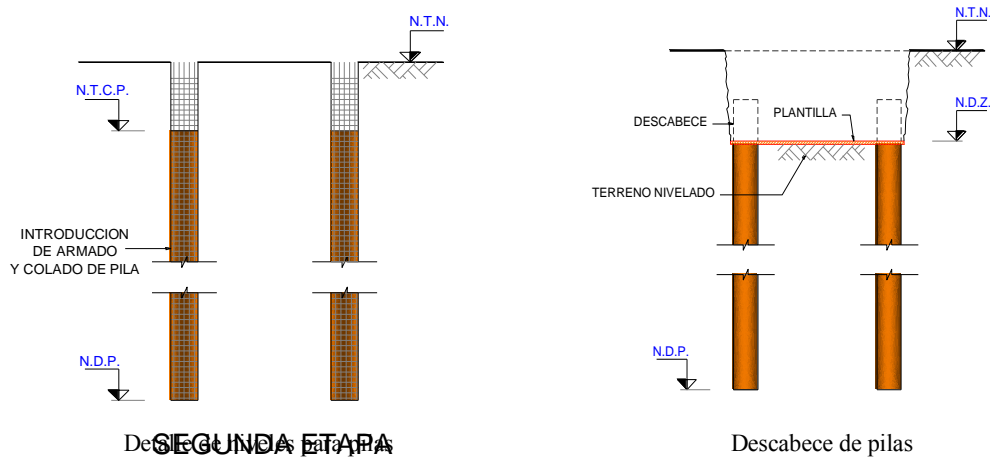
Colocación de acero de refuerzo



Ubicación de roles

Para el colado de la pila se calcula el volumen necesario de concreto, el cual se determina con los niveles: Tope de Colado (se define por el nivel de desplante de zapata mas 50cm), Nivel de Desplante de Pila, y el diámetro de la perforación.

Una vez determinado el volumen de concreto y terminado el armado del acero estructural, se procede a la colocación del acero en su posición correcta, para iniciar el vaciado del concreto en el cual se debe revisar que cumpla con el nivel tope de colado (considerando además, para descabece, de acuerdo a especificaciones 50cm por arriba del nivel superior de proyecto de la pila).



El tamaño máximo del agregado será de  $\frac{3}{4}$ " y el revenimiento de 18 a 20 cm. debiendo mantenerse fluido durante todo el proceso de colocado, lo que puede implicar el uso de un retardante de fraguado.

El colado de la pila se efectuará mediante el uso de una tubería tremie, o trompa de elefante la cual deberá tener un diámetro 8 veces mayor al del agregado grueso máximo, con espesores de pared entre 6 y 8 mm, en tramos no mayores de 3 m; y la tubería deberá ser perfectamente lisa por dentro y por fuera acoplada en toda su longitud, a fin de facilitar el flujo continuo y uniforme del colado y así evitar que dicha tubería atore en el armado previamente instalado.

Una vez instalada la tubería dentro de la perforación y antes de iniciar el colado, se colocará en el fondo de una tolva instalada exprofeso en el extremo superior de la tubería, un tapón deslizante o diablo (pelota de hule inflada o una esfera de polipropileno), cuya función será evitar la segregación del concreto al iniciarse el colado.

Al empezar el colado, el extremo inferior de la tubería deberá quedar arriba del fondo de la perforación una distancia no mayor del diámetro de la tubería para que no permita la salida del tapón y del primer volumen del concreto. Durante el colado, el extremo inferior de la tubería se mantendrá embebida dentro del concreto fresco como mínimo 1.0 m; además, la operación del colado deberá realizarse en forma continua para evitar taponamiento y juntas frías.

El colado de la pila se efectuará hasta 50 cm. por arriba del nivel del proyecto, con el fin de demoler con herramienta neumática, posteriormente esta altura adicional del

concreto contaminado, así como para descubrir el acero de refuerzo y ligarlo con traveses y zapatas, tal como lo indican los planos estructurales correspondientes.



Preparación para colado

La operación del colado deberá ser realizada en forma continua, manteniendo en todo momento embebida la tubería Tremie como mínimo 1.5 m dentro del concreto, llevándose para ello un registro continuo de los niveles reales de concreto alcanzados, especialmente en el momento de acortar la tubería.



Colado de Pila

El colado se suspenderá en el momento en que se garantice que la superficie de concreto sano, se encuentre 50 cm. por arriba del nivel superior de proyecto de la pila.

Deberán evitarse recesos mayores de 15 min. en el transcurso del colado con el fin de eliminar las juntas frías.

El concreto a utilizar, deberá tener un revenimiento máximo de 20 cm. y como mínimo 18 cm., y en su elaboración deberán usarse aditivos para retardar el fraguado durante el colado, así como para manejar las características del flujo.

En tanto no se ejecuten maniobras en el interior de la perforación, ésta deberá estar cubierta mediante una tapa metálica, la cual se retirará 24 h después del colado final de la pila, para posteriormente ser rellenada la parte superior de la perforación con material limo-arenoso (tepetate) en capas de 30 cm de espesor (podrá utilizarse material producto de la excavación previa revisión de la supervisión), con equipo ligero que garantice una compactación del 90% de la prueba Proctor Estándar.

### **II.2.3.1 Inspección y Verificación.**

La finalidad de la inspección y verificación será garantizar que los trabajos se construyan conforme a las presentes especificaciones, para esto será necesario contratar personal con amplia experiencia e interpretación para este tipo de trabajos, dentro del personal se deberá contar con la presencia de un Ingeniero Geotecnista que supervisará los trabajos de manera continua y evaluar de manera continua las condiciones reales del subsuelo.

La inspección y verificación de pilas deberá incluir los siguientes aspectos:

- La corroboración de la localización
- La inspección directa de la perforación
- La protección del agujero y de las construcciones vecinas y públicas
- La verificación de la verticalidad del barreno y de las dimensiones del fuste
- La confirmación de la profundidad de desplante
- La verificación de la calidad de los materiales usados para el concreto y acero de refuerzo.
- La verificación de que los procedimientos de colocación del concreto sean adecuados.

La supervisora deberá entregar un informe diario firmado a la dependencia y al proyectista conteniendo la siguiente información:

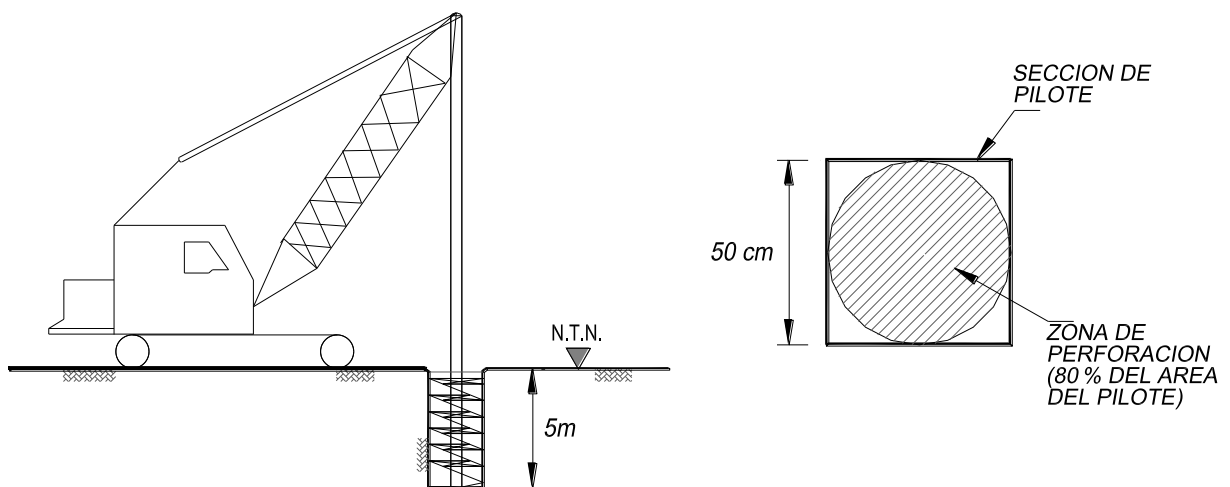
- Localización precisa y dimensiones de los barrenos perforados
- Elevaciones precisas del brocal y del fondo
- Registro de mediciones de la vertical
- Método para la perforación
- Descripción de los materiales del subsuelo
- Descripción del ademe temporal o permanente colocado
- Métodos utilizados para la limpieza de la perforación
- Control de calidad del acero de refuerzo a emplear

- Método de colocación del concreto, registro de carga de altura del concreto durante la extracción del ademe.
- Condición del concreto entregado en obra incluyendo el control del revenimiento, peso volumétrico, aire incluido, ensayos en cilindros en compresión y otras pruebas
- Registro de desviación de las especificaciones y decisiones tomadas al respecto.

#### II.2.4 Perforación para el Hincado de Pilotes.

Con objeto de guiar y facilitar el hincado de pilotes, además de evitar movimientos excesivos en la masa del suelo adyacente deberá determinarse con exactitud mediante estacas y de acuerdo con los planos de construcción, la ubicación de los puntos donde se hincaran los pilotes (misma perforación). Antes de iniciar la perforación deberá verificarse la posición del pilote y la zapata, dicha posición no variará en más de 2 cm. con respecto a la del proyecto.

El equipo deberá tener la capacidad suficiente y la herramienta tendrá que ser la adecuada, para realizar una perforación cuya área sea del 80 % del área transversal del pilote de modo que la perforación quede inscrita en la sección del pilote, con una tolerancia de  $\pm 2.5$  cm. (fig.2)



**Figura 2**

Durante la perforación deberá verificarse la verticalidad de ésta, además de conservar las dimensiones de proyecto en toda su profundidad.

La perforación guía se llevará hasta una profundidad de 5 m en todos los pilotes, con extracción del material. En aquellos pilotes que queden a una distancia menor a 4 m de cualquier instalación hidráulica adyacente, se prolongará la perforación hasta 50 cm por debajo del lecho inferior de éstos, pudiendo realizarse la perforación sin extracción sino por simple remoldeo del material.

El tiempo máximo admisible entre la perforación y el hincado es de 36 hrs.

## II.2.5 Hincado de Pilotes

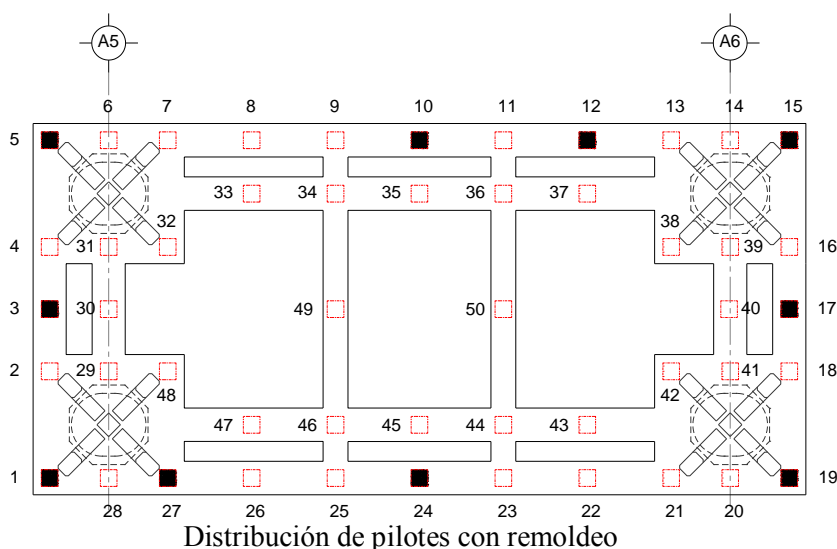
La instalación de los pilotes de concreto, debe efectuarse de modo que garantice la integridad estructural del pilote y se alcance la integración deseada con el suelo, de manera que cumpla su cometido; además no deberán ocasionarse daños a las estructuras e instalaciones vecinas por vibraciones o desplazamiento vertical y horizontal del suelo.

Deberá considerarse las diferentes longitudes de trabajo de los pilotes como consecuencia de la geometría de la zapata.

Todos los pilotes deberán estar perfectamente limpios y su cabeza será perpendicular al eje del mismo.

No deberán hincarse aquellos pilotes que presenten agrietamientos o fisuras.

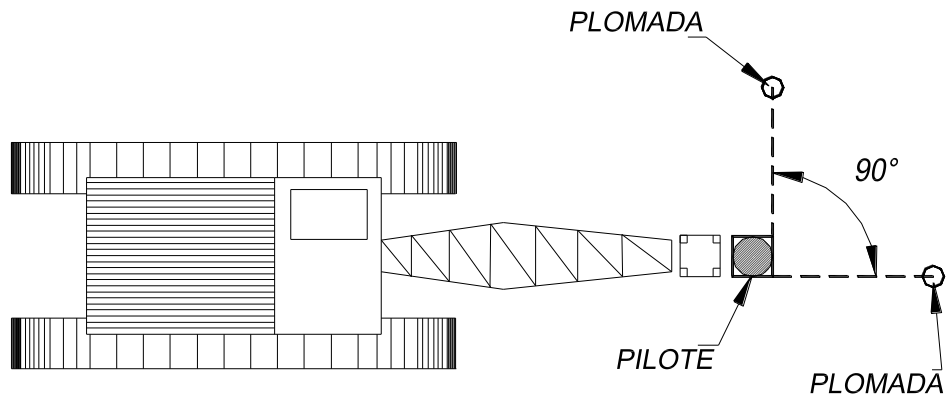
Una vez que los pilotes hayan sido aceptados por la supervisión, es conveniente que se coloquen marcas, para así llevar un registro del número de golpes necesarios por cada decímetro en el tramo de hincado.



Después del manejo e izaje de los pilotes mediante estrobos, se colocarán en la perforación previa, esta maniobra se realizará una vez que los pilotes hayan alcanzado por lo menos el 75 % de la resistencia de proyecto.

El pilote, así como la resbaladera del martillo se colocarán en forma vertical, de caso contrario deberá corregirse la posición de la grúa hasta lograrlo.

Para alcanzar la verticalidad del pilote pueden emplearse dos plomadas de referencia colocadas en un ángulo de 90 grados, teniendo como vértice el pilote (fig.3), o bien otro método que garantice dicha verticalidad, orientando siempre las caras del pilote de tal forma que sean paralelas a las de las contratrabes.



**Figura 3**

La cabeza del pilote deberá acoplarse perfectamente al gorro del martillo piloteador, el cual convendrá una sufridera a base de material plástico o similar; en la parte de contacto con el pilote se colocará un colchón de madera.

Deberá utilizarse para el hincado un martillo pesado con baja velocidad de impacto (carrera corta). El peso del pistón móvil no debe ser menor a 0.3 veces el peso del pilote y la energía del martillo será superior a 0.3 kg-m por cada kilogramo de peso del pilote. En caso de que el peso del pistón sea demasiado grande con relación al del pilote, deberá regularse la energía para no dañar al pilote. La altura de caída se mantendrá del orden de 0.75 a 1.0 m.



Hincado de pilotes

La velocidad del pistón o la carrera se reducirá al principio del hincado cuando se encuentre en la zona alterada de la perforación, además de realizarse con sumo cuidado para minimizar los esfuerzos de tensión.



Los pilotes dañados durante el hincado deberán retirarse y sustituirse por otros en perfecto estado.

Una vez iniciado el hincado de cada pilote no se deberá suspender esta actividad hasta que la punta alcance la profundidad de proyecto, consignado en plano topográfico correspondiente.

En caso de ser pilotes de dos o más tramos, al empalmar se deberán verificar la verticalidad de los mismos en la junta.



Unión de pilotes

Durante el hincado, deberá llevarse un registro del número de golpes necesarios para hincar la totalidad del pilote.

Una vez hincado cada pilote se obtendrá el nivel de la cabeza, verificando nuevamente éste al final del hincado de todos, debiendo corresponder al indicado en proyecto.

La desviación angular máxima admisible del pilote es de 2%, la tolerancia en la profundidad de hincado de  $\pm 1\%$  de la longitud total.

### **II.2.6 Excavación para Zapatas.**

Una vez terminado el proceso de colado de pilas e hincado de pilotes, se procede a la excavación o apertura de la zapata, el primer paso es determinar la sobre excavación con los siguientes datos:

- El nivel promedio de terreno natural, obtenido tomando niveles en la perimetral de la zapata
- El nivel de desplante de plantilla de proyecto

Con estos niveles se determina la profundidad máxima de excavación con lo que se puede iniciar el trabajo, el cual incluye la consideración de una sobreexcavación.



Trazo de perimetral de zapata y sobreexcavación

Se presentan dos casos particulares de cimentaciones:

#### *CASO A)*

Zapatas desplantadas a 3.5 m de profundidad aproximadamente, trabajando en conjunto con pilas. Se considerará esta solución cuando se localice la *Roca Basáltica* a una profundidad mayor de 4 m.

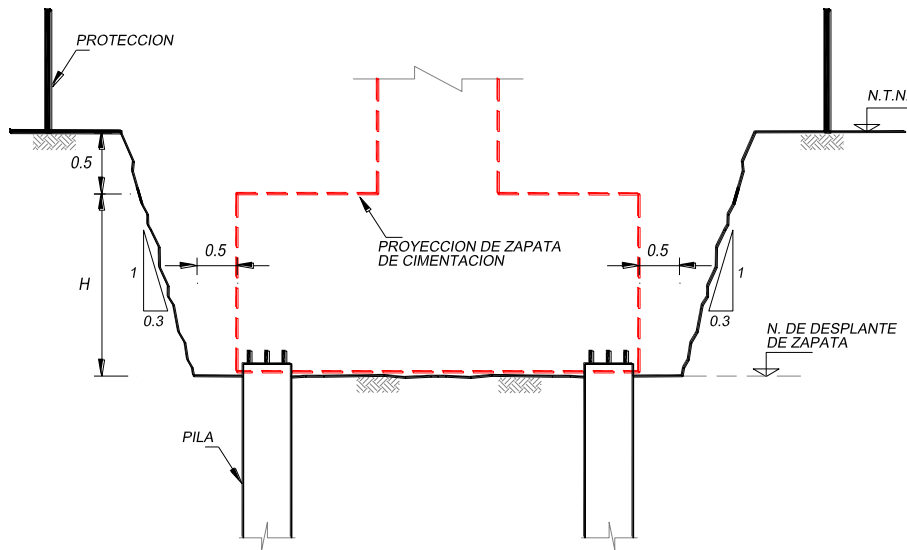
La excavación se realizará en una sola etapa hasta la profundidad de desplante y con la geometría de proyecto.

La excavación deberá observar taludes cuya relación vertical-horizontal sea 1:0.3 y ocupará un área cuyos lados serán de 50 cm. mayores a los de la geometría de la zapata a nivel de desplante (fig.4). La excavación deberá permanecer abierta el mínimo tiempo posible (5 días).

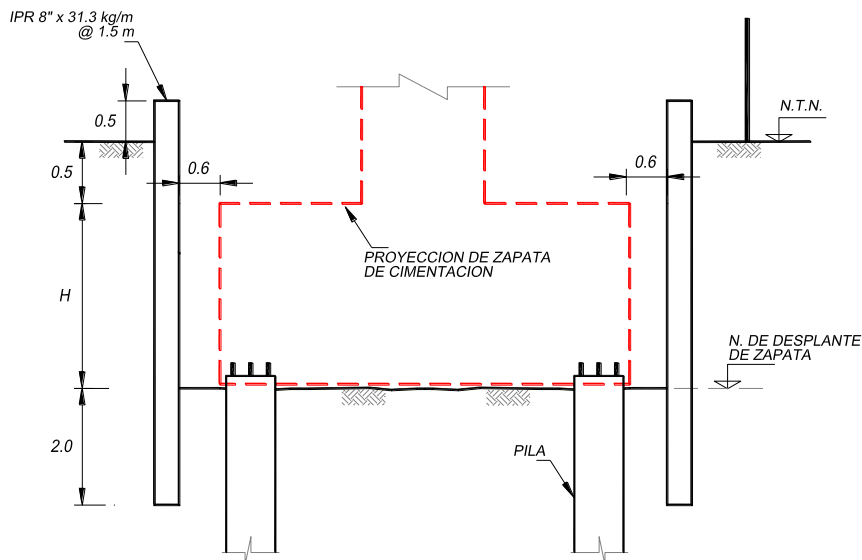
En caso de presentarse grietas longitudinales paralelas a la excavación producto de la presencia de rellenos no compactados, o se localicen suelos limo-arenosos o arcillo-arenosos de consistencia blanda a media o cuando la zapata se localice cerca de alguna colindancia o por condiciones de vialidad, será necesario implementar un sistema de contención (tablestacado) (fig. 5).

Una vez que se tenga el área de la zapata excavada en su totalidad, y al nivel de desplante de proyecto, se colocará una plantilla de concreto pobre ( $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ ) de 5 cm. de espesor que cubra únicamente el área de la zapata. A continuación se cimbrará

en su caso y se unirá el armado de las pilas con el armado de la zapata correspondiente. Finalmente se colará la zapata.



**Figura 4**



**Figura 5**

**CASO B)**

Zapatas superficiales desplantadas a 3.5 m de profundidad aproximadamente, o hasta alcanzar el estrato resistente compuesto por *Roca Basáltica*, se presentan dos casos de excavación:

*Roca basáltica por debajo del nivel de desplante*

En los casos en que la roca basáltica se localice por debajo del nivel de desplante de la zapata, la excavación se realizará en una sola etapa hasta la profundidad de desplante y con la geometría de proyecto.

Deberá verificarse al término de la excavación haber encontrado la roca basáltica, en caso contrario, deberá profundizarse la excavación hasta una profundidad máximo de 4

m, de no detectarse, se deberá reportar a la supervisión y proyecto para tomar la solución pertinente.



Inicio de excavación

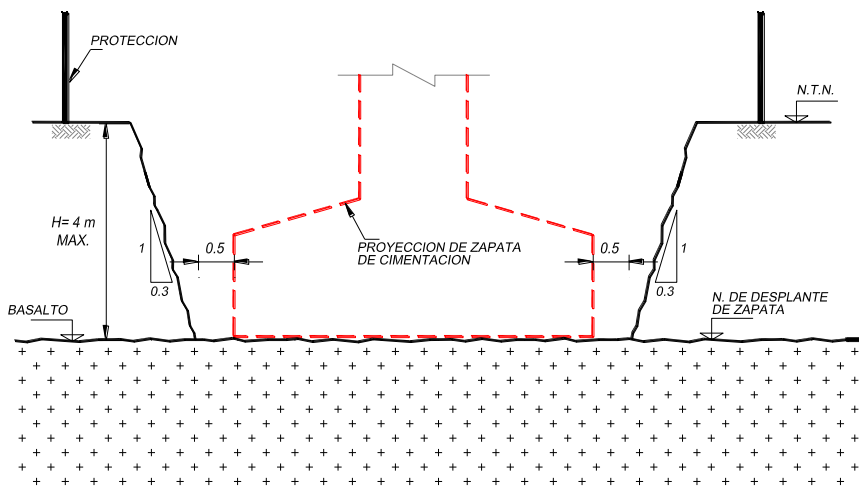
La excavación deberá observar taludes cuya relación vertical-horizontal sea 1:0.3 y ocupará un área cuyos lados serán de 50 cm. mayores a los de la geometría de la zapata a nivel de desplante (fig.6). La excavación deberá permanecer abierta el mínimo tiempo posible (5 días).



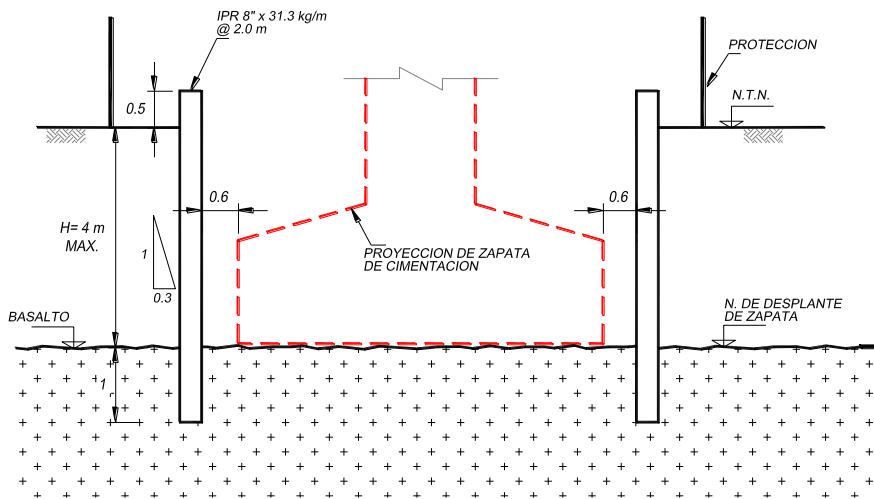
Excavación

En caso de presentarse grietas longitudinales paralelas a la excavación producto de la presencia de rellenos no compactados, o se localicen suelos limo-arenosos o arcillo-arenosos de consistencia blanda a media o cuando la zapata se localice cerca de alguna colindancia o por condiciones de vialidad, se considerará un sistema de contención (tablestacado), con la variación de que los perfiles IPR deberán estar hincados en la roca basáltica mínimo 1 m de profundidad (fig. 7).

El fondo de la excavación deberá estar libre de material de rellenos orgánicos. Una vez que se tenga el área de la zapata en su totalidad y al nivel de desplante de proyecto se colocará una plantilla de concreto pobre ( $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ ) de 5 cm. de espesor que cubra únicamente el área de la zapata. A continuación se cimbrará en su caso y se unirá el armado de las pilas con el armado de la zapata correspondiente. Finalmente se colará la zapata.



**Figura 6**



**Figura 7**

### *Roca basáltica por arriba del nivel de desplante*

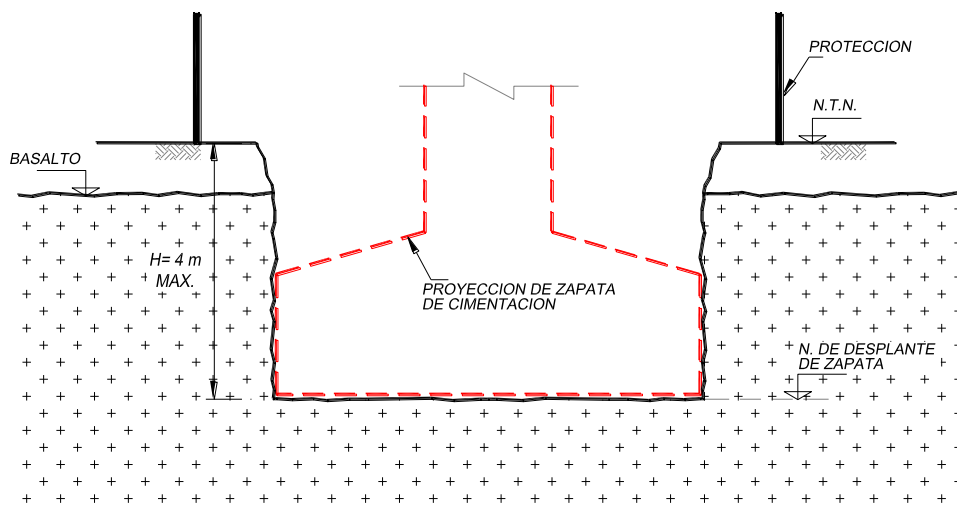
En los casos en que la roca basáltica se localice por arriba del nivel de desplante de la zapata, la excavación se realizará en una sola etapa hasta la profundidad de desplante y con la geometría de proyecto.

La excavación deberá ser en corte vertical, ocupando la misma área destinada para la zapata de cimentación, es decir, las paredes de la excavación servirán como cimbra para el colado (fig. 8).

El fondo de la excavación deberá estar libre de material de rellenos orgánicos. Una vez que se tenga el área de la zapata en su totalidad y al nivel de desplante de proyecto se colocará una plantilla de concreto pobre ( $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ ) de 5 cm. de espesor que cubra únicamente el área de la zapata.

La excavación deberá permanecer abierta el mínimo tiempo posible (5 días)

A continuación se cimbrará en su caso y se unirá el armado de las pilas con el armado de la zapata correspondiente. Finalmente se colará la zapata.



**Figura 8**

En todos los casos, durante toda la etapa de excavación deberá contarse con un sistema de bombeo de achique que sea capaz de resolver cualquier eventualidad posible.

Para garantizar el colado homogéneo de las zapatas, se establece la siguiente metodología:

1. Los elementos constituyentes del concreto no deberán deteriorarse ni modificar sus propiedades con el tiempo y bajo las condiciones a que estarán sujetos, es decir, deberán ser compatibles entre ellos y resistentes al medio que los rodeará.
2. Los agregados gruesos del concreto deberán tener el tamaño adecuado para que estos se introduzcan fácilmente entre el armado de los elementos que formarán la zapata.
3. El concreto deberá ser colocado y vibrado, incluso contener un aditivo fluidificante, de tal forma que se garantice la no existencia de conductos generados por aire, o cualquier discontinuidad por efecto de la segregación o cualquier otro.

4. El colado de las zapatas se realizará en forma monolítica con el fin de eliminar las juntas frías.
5. Deberá preverse la cantidad de concreto por cada elemento, ya que por ningún motivo se suspenderá el colado una vez que de inicio.
6. El área de contacto entre concretos de diferentes edades (junta fría) deberá presentar un acabado rugoso, se humedecerá por un plazo de 24 hrs. previas al colado y se aplicará un aditivo para unir concretos de diferentes edades.
7. El fraguado del concreto se controlará con un método tal que asegure la no generación de grietas, fisuras, etc., pudiéndose obtener mediante un adecuado curado a base de películas o aditivos.

### II.2.7 Rellenos Locales.

Colada y descimbrada la zapata se colocará el relleno (tezontle) en capas de 30 cm. (máximo) en todo el ancho de la excavación y hasta el nivel de desplante de la estructura de pavimento (Fig. 9 y 10).

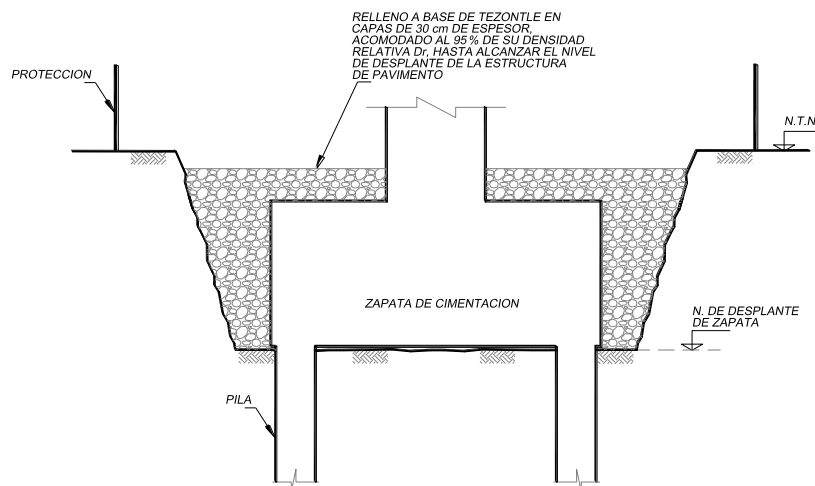


Figura 9

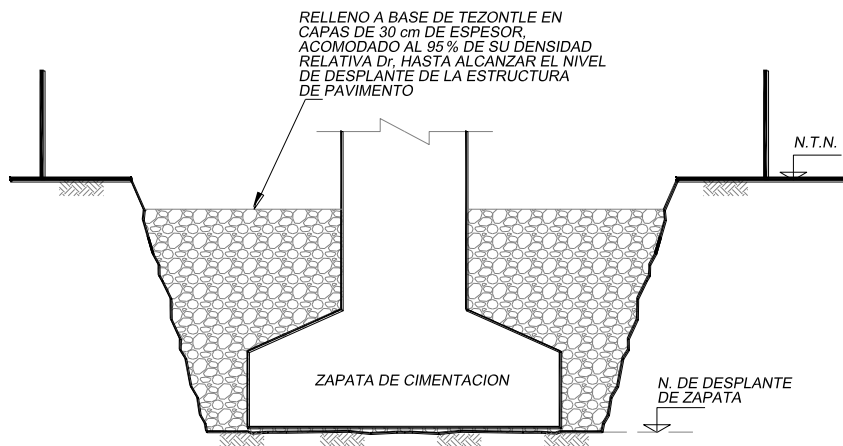
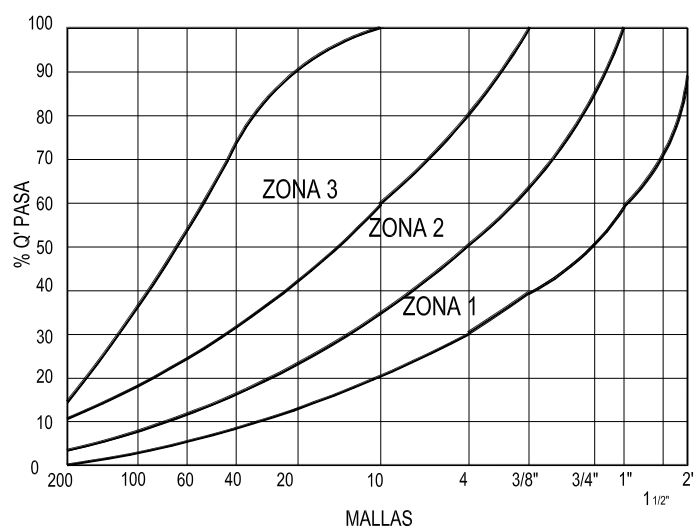


Figura 10

Las características del material y su colocación se consignan a continuación:

1. El tezontle por colocar no deberá contener más del 30% de fragmentos mayores a 4" y no más de 5% de fragmentos mayores de 8", la selección de los materiales podrá ser mediante cribado en banco, o bien, mediante pepena en sitio, no deberá contener partículas plásticas.
2. En el desplante, así como en el límite con la estructura de pavimento se procurará que la granulometría del tezontle sea predominantemente arenosa y preferentemente se ubique dentro del área que marcan las tres zonas de la figura 11, para garantizar un aspecto cerrado en estas superficies.



**Figura 11**

3. El tezontle se colocará en capas de espesor máximo de 30 cm., debiéndose acomodar al 95% (mínimo) de su densidad relativa ( $D_r$ ), determinada con la Norma NOM C-164 (por impacto). Deberá verificarse un valor relativo de soporte de 20% (mínimo). Este acomodo se realizará con rodillo vibratorio ligero.
4. Los rellenos que se coloquen cercanos a las instalaciones hidráulicas deberán ser tendidos con una humedad superior en 2% respecto a la óptima, y ser compactados en capas de 20 cm. al 85% respecto a la prueba citada siempre atendiendo a los criterios fijados por SACM.
5. El material que pase la malla 40 deberá cumplir con lo siguiente:

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



Durante los trabajos de excavación y construcción de las zapatas, deberá preverse un sistema de bombeo de achique con las características necesarias par afrontar cualquier eventualidad probable.

### **II.2.8 Contención Temporal con Muro Berlín.**

Se colocará la contención temporal en aquellas excavaciones que estén a una distancia mínima de una vez la profundidad de desplante del cajón de cimentación, de alguna edificación o vialidad que pueda ponerse en riesgo.

Se trazará la posición del tablestacado ubicando en cuantas caras de la excavación se colocará el ademe temporal o solo las viguetas de reacción, dependiendo las colindancias por proteger.



Colocación de tablestacado en cara de colindancia directa con vialidad

Una vez ubicada la posición del ademe, se realizará una perforación previa para el hincado de viguetas de acero tipo IPR-8"x 31.3 kg/m (ligera) a cada 2 m máximo. Para facilitar el hincado de las viguetas, se realizará una perforación guía sin extracción del material, al 80% del área envolvente de la vigueta y hasta la profundidad de hincado (2.0 m por abajo del nivel máximo de excavación). Las viguetas sobresaldrán 0.5 m del nivel del terreno.

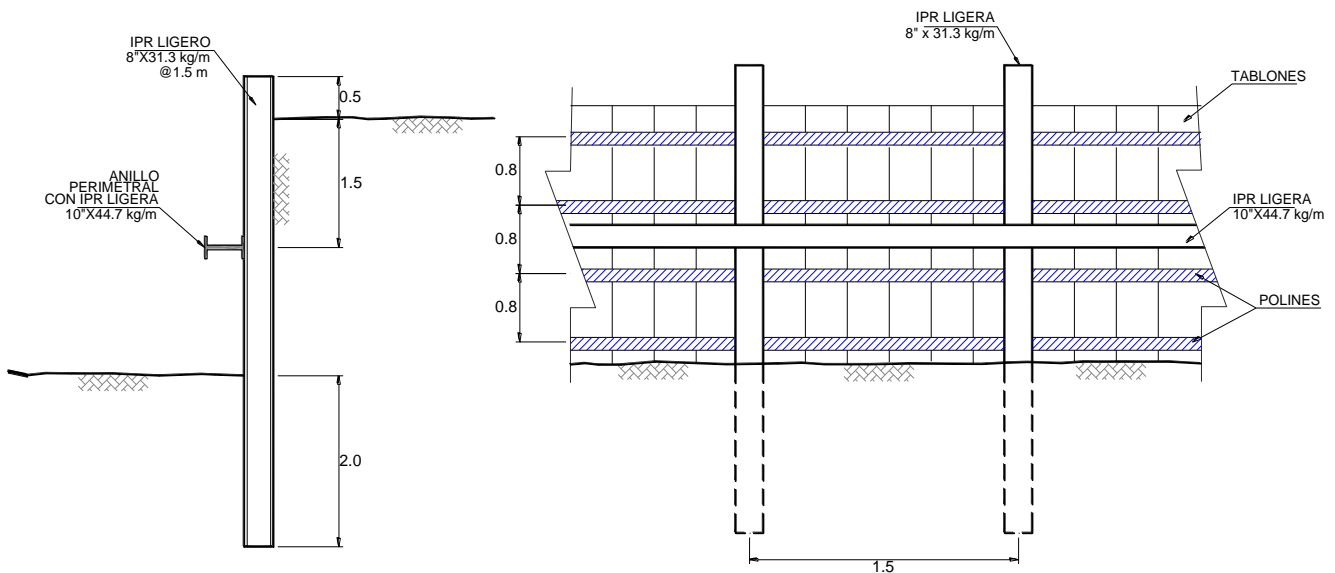
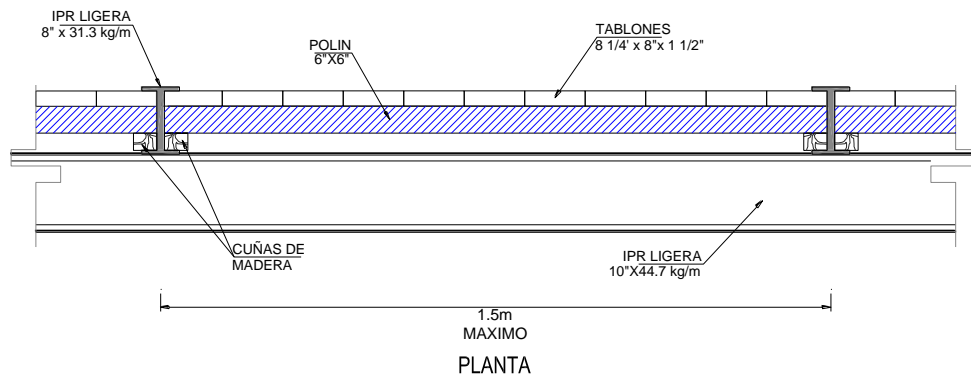
La excavación se realizará en dos etapas y con equipo ligero. La primera etapa de excavación será a 1.5 m, y la última hasta el fondo de la excavación. Si la colocación del ademe es en las cuatro caras de la excavación el corte será vertical, en caso contrario las caras sin contención tendrán que excavar en taludes 0.3:1 (horizontal a vertical).

Concluida la etapa de excavación, inmediatamente se afinarán las paredes y se colocarán entre las vigas IPR, tablonces de 1 1/2" de espesor garantizando el contacto

con el suelo y polines horizontales de 6" x 6" a cada 0.80 m de separación con sus cuñas de retaque en los extremos.

En la 1ª 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, colocadas en el perímetro de toda la excavación, mediante ménsulas y soldadura formando un anillo en todo el perímetro de la excavación.

Deberá garantizarse que las viguetas verticales así como los tablones colocados estén en contacto directo con el suelo por contener, sin holguras, pudiendo utilizar una lechada de mortero para rellenar los huecos entre los contactos.



**Sistema de Tablaestacado**

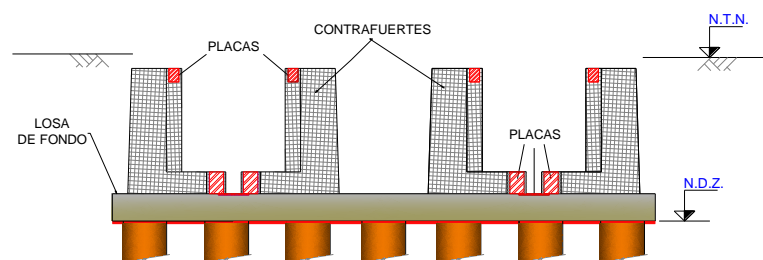
## II.2.9 Construcción de Contrafuertes.

Esta etapa inicia con el trazo del límite de la losa fondo y la ubicación de los contrafuertes, para la correcta ejecución de estos trazos será necesario colocar un punto de apoyo que por lo general será el centro de columna, teniendo estos límites se inicia el tendido del acero, de la losa fondo, de los contrafuertes y para algunas zapatas las traveses y contratraveses; de acuerdo a lo marcado tanto en proyecto como en especificaciones, es decir, que cumpla con la distribución y tipos de acero, posteriormente se procede a realizar el cimbrado para la losa fondo, aquí se debe revisar que el recubrimiento mínimo sea de 5 cm., además de estar centrada sobre los ejes de la zapata, después de verificar esto se hace un alineamiento del acero de los contrafuertes para poder proceder al colado de la losa fondo.



Trazo de contrafuertes

Después de haber colado la losa de fondo, un punto importante en el armado de los contrafuertes es colocar las placas que servirán para el soporte y centrado de la columna, procediendo al cimbrado, donde los puntos por cuidar son la correcta alineación y posición de acuerdo a proyecto y que cumpla con el recubrimiento, después se marcarán los niveles de lecho superior de zapata como guía para poder colocar otras placas que sirven para recibir al dado de la columna y con estas dar el centrado a la columna.



Ubicación de placas en contrafuertes

Luego de haber cumplido con lo anterior se realiza el colado de los contrafuertes, y de acuerdo al procedimiento constructivo se procede al montaje de la columna, en este proceso el punto primordial para cumplir con el proyecto es dejar a la columna al nivel marcado y centrada con respecto a los ejes de la zapata, verificando durante el montaje la alineación de las palomas que marcan los ejes de la misma.



Armado de traves y contratraves



Armado de contrafuertes

Existen zapatas en las que además de la losa fondo y los contrafuertes, se tendrán traveses y contratraveses, todos estos se trazan en conjunto al inicio de los trabajos, procediendo de manera similar al armado del acero, cimbrado y colado de estos elementos, con los mismos puntos a verificar que en las zapatas anteriores. Posterior a esta etapa se puede realizar el montaje de las columnas, pero en algunos casos, no será posible montar el 100% de las columnas por lo que es necesario colar una parte de la losa tapa para apoyo de las grúas y poder completar los montajes.



Colado de contrafuertes



Contrafuertes

## **II.3 Construcción de la Estructura y Superestructura.**

### **II.3.1 Fabricación de Trabes, Cabezales y Columnas**

Para la fabricación de trabes, cabezales y columnas es necesario seguir un procedimiento el cual se menciona a continuación:

#### **1. Limpieza de área de trabajo y de molde**

La limpieza del área de trabajo, se lleva a cabo una vez extraída la pieza anterior y antes de iniciar la fabricación del siguiente cabezal o trabe y consiste principalmente en retirar residuos de concreto del área de trabajo. La limpieza del molde se lleva a cabo al inicio de fabricación de cada pieza y consiste en eliminar residuos de la fabricación anterior. Resanar en juntas y defectos con pasta, en caso necesario. Afinar resanes una vez seca la pasta, para dar el acabado final. Limpiar el molde ya terminados los resanes, esto es, eliminar residuos de pasta.

#### **2. Trazo de la pieza en molde**

Verificar la nivelación, alineación y la relación de centros de gravedad entre mesa y molde para evitar excentricidades fuera de la capacidad de la mesa. Trazar la geometría de la pieza sobre el molde para colocar las fronteras necesarias, verificar los trazos, colocar fronteras (extremos del elemento) y aplicar el desmoldante (de preferencia líquido).

#### **3. Habilitado de acero de refuerzo**

Se hará de acuerdo a lo especificado en el proyecto en base a un estudio que se haga del máximo aprovechamiento de las varillas que se suministran por lo general en una longitud de 12.00 m. en esta etapa se estudian los diferentes problemas que se puedan presentar entre cruzamiento de varillas, accesorios, ductos traslapes, torones, soldadura de varilla, ganchos de izaje, etc. En cuanto a soldadura de varillas (bulbos) se definirá la posición de esta para evitar tener más del 10% en una misma sección así como un mínimo de soldaduras, dar tratamiento a las varillas previa soldadura, que consiste en despuntar las varillas con soplete en forma diagonal (ángulo aproximado de 60 °), se esmerila y se precalienta a una temperatura aprox. de 200 grados, aplicándose a continuación la soldadura, en vez de bulbos también.

#### **4. Habilitado de acero de preesfuerzo**

Cortar el torón considerando la longitud de la mesa dejar una longitud de aprox. 30 cm. de cada extremo para colocación de chucks y tensado. Colocar sobre una cama los torones ya habilitados para que no se contaminen con tierra u otro material nocivo, evitando pasarlos sobre cables de energía eléctrica o de plantas de soldar, ya que un corto provocado por los cables ocasionará que el torón se altere y pueda reventarse en el momento de tensarse. Habilitar ganchos de izaje, los cuales constan de 3 torones encamisados en ducto metálico.

## 5. Engrases (mangueras)

Cortar manguera (que sirva como engrase) de diámetro uniforme (1/2") de acuerdo a la longitud que marca el proyecto, para evitar que se atore con el paso del cable. Formar paquetes de acuerdo a la longitud de los engrases.

## 6. Accesorios metálicos

Los accesorios metálicos se fabricarán de acuerdo a lo que marca el proyecto (planos de accesorios); espesores de cordón, longitud, calidad de soldadura, calidad de perfiles o placas y geometría, habiéndose estudiado esta última en conjunto con todo el armado y los cables de preesfuerzo. Se procede a cortar placa de acuerdo al proyecto y especificación, avellanar la placa, habilitado de anclas y de accesorios para finalmente soldar anclas con placas.

## 7. Cimbra de aligeramiento

Preparar la cimbra recuperable para la zona de aligeramiento de la pieza. Limpiar los módulos que componen el cajón, proceder al armado de este, para lo cual deberá contarse con una estructura auxiliar para mantener en posición los módulos, los bastidores deberán ser atornillables. Sujetar los módulos con un fleje metálico, se dejarán las ventanas para la recuperación de la cimbra, los ajustes extremos de la junta de aligeramiento, se realizará en madera.

## 8. Habilitado de ductos

Habilitar ductos de acuerdo a la geometría que marca el proyecto, siendo de material pvc o metálico. Engrasar y rellenar con cartón los ductos para facilitar su retiro, salvo que el proyecto considere que el ducto lleve una camisa.

## 9. Habilitado de placas guía, tapones y tacones

Las placas guía se harán lo más estandarizado posible para un mayor aprovechamiento de estos, únicamente se habilitarán las placas guía al inicio de producción y se utilizarán 2 placas por cada molde, las perforaciones para el paso del torón se harán con una holgura de 1/16" como máximo para evitar la posición inadecuada de cables. Los tapones se harán lo más estandarizado posible para un mayor aprovechamiento de estos, se habilitarán en pares (2 por cada molde) para trabes que de acuerdo a sus características sea necesario efectuar corte de placa, se efectuará esta actividad únicamente, para trabes que requieran aumento de placa en tapones, se efectuará esta actividad y la siguiente, una vez cortada la placa para dar forma indicada a los tapones, se soldara esta con los tapones. En ocasiones será necesario efectuar ligeros ajustes a los tapones, que puede consistir en corte o aumento de placa. Para los tacones se debe efectuar el corte de placa de acero de acuerdo a planos de trabe y la soldadura en placa de acero para formar el tacón o tacones.

## 10. Armado de acero de refuerzo (principal)

Con anticipación (2 ó 3 días de la siguiente actividad), llevar a cabo el armado fuera de la mesa, tratando de evitar traslados excesivos, poner especial cuidado en zonas donde

existan conflictos y si es necesario se hará una muestra de esa zona y se dejará como patrón. Se colocarán accesorios durante el proceso (estos accesorios son de acuerdo a proyecto: a base de acero estructural A-36 y tomando en cuenta su ubicación exacta). Revisar al final del armado para verificar: cantidad, diámetros de estribos, posición, cantidad y diámetros de varillas longitudinales, traslapes, pasos para ductos, pasos para torón, posición de diafragmas, cantidad y posición de accesorios, recubrimientos tamaño y colocación de piezas para dar el recubrimiento especificado, etc.

#### 11. Colocación de armado dentro del molde

Colocar dentro del molde el armado mediante grúa sobre camión o grúas pórtico auxiliándose con una estructura para evitar que el armado se deforme. Verificar que coincida el armado con los trazos que se hicieron previamente en el molde, ajustar la posición de los accesorios, pasos para ductos, diafragmas y recubrimientos. Antes de colocar el armado con tacón(es), se colocarán también estos.

#### 12. Tensado de cables de preesfuerzo longitudinal

Revisar que los chucks estén en buen estado, retirar al personal que este trabajando cerca de la mesa, ya que podría reventarse un cable y provocar un accidente. Estirar los cables de uno en uno por medio de la unidad de tensado, tensar en forma simétrica tanto en sentido vertical como horizontal manteniendo el centro de gravedad en su posición, ya que de lo contrario podría ocurrir que la placa guía se levante, durante el tensado, se toman lecturas para generar gráficas de tensado. Graficar esfuerzo-deformación para controlar la tensión, si existiera desviación mayor a la tolerable entre la deformación real y la teórica, revisar y ajustar el sistema de medición de unidad de tensado.

#### 13. Colocación de aligeramiento y ductos

Colocar aligeramiento del cabezal, puede ser antes o después del tensado: tensar primero y colocar aligeramiento después para poder revisar torones y colocar silletas que soportan el aligeramiento tanto en la parte inferior como en las paredes laterales, las silletas garantizan los espesores de proyecto y se ligan al molde sujetándolas al acero de refuerzo. Detallar y fijar ductos y demás detalles para que no se muevan durante el colado, puede ser con varillas adicionales o al mismo armado.

#### 14. Armado de losa

En elementos que el proyecto solicite dos parillas, (la superior constituida por varillas longitudinales, la inferior por varillas en ambos sentidos), armar primero la parilla inferior, colocando los suficientes separadores para garantizar los recubrimientos, continuar con el enhebrado y por último con la parilla superior, en ésta los cables se dejen libres, esto es, sin amarrarse a varillas longitudinales, por lo que se meterán algunas varillas adicionales para mantener provisionalmente en posición, al acero longitudinal y posteriormente cuando los cables se hayan tensado, se amarrará a estos.



## 15. Tensado de cables transversales en estructura (marco) y colocación sobre el molde (solo trabes)

Revisar que los chucks estén en buen estado enhebrado por medio de dos canales por los cuales se pasarán los torones y se anclarán con sus respectivos chucks, estirar los cables de uno en uno por medio de la unidad de tensado, tensar en forma simétrica manteniendo el centro de gravedad, se tensarán torones de 15 en 15 hasta completar toda la losa. Se toman lecturas para generar gráficas de tensado. Realizar la gráfica esfuerzo-deformación para controlar la deformación, si existiera desviación mayor a la tolerable entre la deformación real y la teórica, revisar y ajustar el sistema de medición de la unidad de tensado. Colocación de estructura sobre el molde. Para este tensado se contara con una estructura en forma de marco, la cual soportará la carga temporal del preesfuerzo que posteriormente y en el momento oportuno se inducirá a la pieza, esta actividad se efectuará fuera del molde, posteriormente se coloca sobre el molde.

## 16. Colado

Dosificación: Una vez estudiada la dosificación para el colado, las cantidades de cemento, agregados y agua, serán determinados por peso.

Revenimientos: Controlar este parámetro para la colocación y resistencia del concreto, el cual deberá andar por el orden de 6 cm. sin aditivo y de 18 a 20 cm. con aditivo.

Colocación: Comenzar por uno de los extremos del elemento, teniendo cuidado de que no se acumule el concreto, revisar el correcto llenado por los orificios que se dejan para tal fin en la cimbra del aligeramiento.

Compactación: Compactar con vibradores de inmersión con un diámetro de cabeza de 50 mm y una frecuencia de 140 a 210 hz. pulir de acuerdo a lo especificado la superficie de la trabe para dar el acabado final (escobillado)

Muestreo: Sacar los especímenes que servirán de referencia para el destensado de los cables y para determinar la resistencia a las diferentes edades, sacar 5 muestras en el extremo, 5 en el centro y 5 en otro extremo, distribuir las pruebas de la siguiente manera (de cada grupo 5): 1 al ciclo, 1 a 14 días, 1 a 28 días y 1 para cualquier eventualidad, realizando pruebas en apego a las normas aci y nmx correspondientes.

## 17. Curado

Cubrir la superficie con lona cuando el concreto haya alcanzado su fraguado inicial (resistencia de 35 kg/cm<sup>2</sup>), a este periodo se le llama reposo y puede alcanzarse aproximadamente a las 3 ó 4 horas dependiendo de la temperatura ambiente y de la cantidad de aditivo que se le aplique, llegando en ocasiones a necesitarse 6 ó 7 horas, si no se cumple lo anterior se puede deshidratar el concreto y en consecuencia obtener una resistencia baja. Inyectar vapor a baja temperatura y baja presión, iniciando con el periodo de calentamiento elevando la temperatura de 22 grados a 33 grados por hora hasta alcanzar una temperatura de 80 grados, se mantiene la vaporización a esta temperatura por un periodo de 4 a 6 horas dependiendo de las características del concreto, después de esto, suspender el vapor conservando cubiertas las piezas hasta que se pruebe la resistencia a la compresión de los especímenes que se tienen para ese fin.

## 18. Prueba de resistencia a la compresión

El resultado de las pruebas se comparará con lo que especifica el proyecto para el destensado, considerando los requisitos que deberá cumplir según la norma NOM-C-155-1987. Los cilindros de prueba deben fallar a la compresión, en caso de presentarse con falla a cortante (falla diagonal a lo largo del cilindro), se verificará el cabeceo de los mismos y su colocación centrada en el cuerpo del cilindro para evitar esfuerzos excéntricos que produzcan una falla prematura del espécimen.

## 19. Extracción

Cortar torones en forma simétrica, al mismo tiempo tanto los extremos como entre pieza y pieza para evitar esfuerzos diferenciales en la mesa. Retirar la estructura del preesfuerzo transversal cuando proceda. Extraer las piezas con grúas. Cuando la resistencia de los cilindros se encuentre dentro del rango que marque el proyecto, inducir el preesfuerzo a los elementos.

## 20. Detallado

Una vez estibado el cabezal se debe revisar para detectar detalles que tengan que corregirse, oquedades, despostilladuras, etc.

Detalles normales a corregir:

a) recorte de puntas de toron con esmeril, cabeceo y terminación de los extremos, para realizar este terminado se tendrá un levantamiento físico de las dimensiones finales de la pieza para poder determinar los ajustes que se tengan que hacer, estos deberán estar dentro de las tolerancias que marca el reglamento PCI y ANIPPAC.

b) resane de pequeñas despostilladuras o golpes: arreglar con Grout no metálico y un adhesivo.

c) limpieza de accesorios

d) colado de trabes de borde

Finalmente se debe recuperar la cimbra de aligeramiento, colado de registros de recuperación, verificar drenes y remarcar identificación y orientación.

## 21. Estibado o almacenamiento de las piezas

Estudiar la ubicación de cada una de las piezas para evitar dobles maniobras y dificultades para realizar el detallado final. Estibar en un terreno firme con los suficientes apoyos.

## 22. Carga

Revisión final de la pieza para indicar en el formato el estado final y tener el visto bueno de producción. Para cargar la pieza se necesitará de tractores, plataformas, estobos, apoyos y arneses adecuados para poder maniobrar con seguridad y sin dañarlas.

### **II.3.2 Transporte de Traves, Cabezales y Columnas**

Para la carga y montaje de traves, cabezales y columnas, se utilizarán grúas con capacidad de 300, 500 y 800 ton. El transporte se efectuará por medio de carros transportadores de 200 ton. de capacidad cada uno, la ruta del sitio de fabricación al distribuidor, será recorrida antes de la ejecución, se utilizarán carros pilotos con torretas y aditamentos apropiados por seguridad.

### **II.3.3 Montaje de Traves, Cabezales y Columnas**

Para el montaje de prefabricados se debe de seguir el procedimiento que se menciona a continuación, pero antes se debe establecer que el cuerpo "A" esta dividido en 2 ejes que están referenciados de la siguiente manera:

#### ***Eje A Autopista Puebla – México***

Este eje constituye uno de los 2 cuerpos principales del Distribuidor vehicular, inicia en la calle Popocatepetl Col. Ampliación los Reyes, Estado de México y termina en la Calle Loyola Ecatepec, Col. Popular Ermita Zaragoza. Es uno de los cuerpos principales que comprende del Eje A1 al Eje A41 donde el sentido de circulación es de Oriente a Poniente, iniciando en la Autopista Puebla – México ascendentemente y descendiendo en la Calzada Ignacio Zaragoza. Está compuesto por columnas, cabezales, traves de apoyo TA, traves centrales TC y traves centrales de ajuste TCA; todas las traves tienen un peralte de 1.60 m. En claros de dos y tres traves en su totalidad. El orden de montaje está en función del programa de trabajo, basado en un procedimiento estructural así como de espacios, estrategias y áreas para realizar cada maniobra. Para el montaje de algunas columnas, cabezales y traves en este eje, será necesario el cierre de la vialidad tanto de la Calzada Ignacio Zaragoza, como la entrada de la autopista México – Puebla y algunos retornos cuando lo amerite, según el programa de montaje.

#### ***Eje C Calzada Ermita Iztapalapa***

Gaza de desincorporación al eje "A", desemboca en la Calzada Ermita Iztapalapa, a la altura de la calle Cárcel de Mujeres Col. Pueblo de Sta. Martha Acatitla, en la Delegación Iztapalapa D. F. Esta gaza comprende del eje C1 al eje C17 donde el sentido de circulación es de Norte a Sur. Esta compuesto por columnas, traves de apoyo y traves centrales, todas de 1.60 m de peralte. En claros de una trabe en su totalidad. El orden de montaje está en función del programa de trabajo, basado en un procedimiento estructural así como de espacios, estrategias y áreas para realizar cada maniobra. Para el montaje de algunas columnas y traves en este eje, será necesario el cierre de la vialidad de la Calzada Ermita Iztapalapa en las dos direcciones.

En todos y cada uno de los procedimientos los equipos de montaje están debidamente calculados de acuerdo a las dimensiones y peso de los elementos por montar; el cálculo involucra principalmente los radios mínimos y máximos con una carga específica, entendiéndose como radios mínimos y máximos la distancia del centro de giro de la grúa al punto de izaje del elemento. Con esta distancia verificamos que peso podremos mover de acuerdo a la tabla de capacidades de cada grúa, tomando en cuenta también la longitud de la pluma.

Para el montaje de algunos elementos, será necesario calzar y descargar elementos sobre algunas áreas verdes de camellón, que serán afectadas durante el proceso de montaje, así como la demolición de guarniciones que obviamente se tendrán que rehabilitar al término de la obra en cada zona en específico. Los montajes se realizarán de acuerdo a los horarios diurnos y nocturnos previamente establecidos en función de las restricciones de las vialidades en comunicación directa con la Supervisión y la Dirección General de Obras Públicas. Es importante recalcar que los balancines están calculados debidamente de acuerdo a los pesos máximos de cada tipo de elemento.

Una de las consideraciones más importantes que se tomara en cuenta para los montajes, es que los equipos se muevan de un claro de montaje hasta que se haya concluido este, para optimizar el avance de la obra. Se realizará una buena planeación y coordinación con la obra civil para que al momento del inicio del montaje, los elementos se encuentren con la resistencia suficiente y optimizar los trabajos. Se contará con todos los elementos necesarios para el montaje, tales como: los estrobos, grilletes, cables de acero, ganchos y demás herramientas para las maniobras, considerando la longitud, peralte y peso de cada elemento. No se indicaran capacidades ni longitudes, pero se mostrará una tabla de capacidades de cables de acero y de grilletes donde nos marca unas especificaciones y sus rangos de seguridad. Todas las maniobras que se mencionen a continuación están calculadas en base a esas tablas.

### ***Montaje de columnas***

Una vez que se autoriza la estrategia de Montaje y programa autorizado, se utilizan tres grúas y en algunos casos grúas con dos balancines para el montaje, una colocada en cada extremo del sentido de cadenamamiento o trazo principal, para el montaje de columnas en Eje A.



Montaje en eje “A”



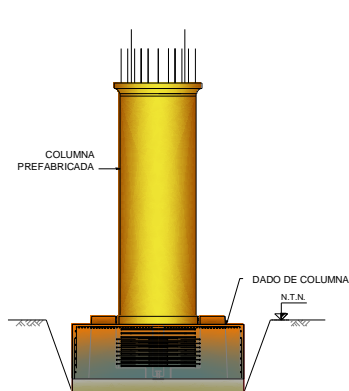
Montaje en eje “C”

Se utilizan dos y tres grúas para el montaje, una colocada en cada extremo del sentido de cadenamiento o trazo principal para el caso de montaje de columnas en Eje C. Se calzan, nivelan y colocan los contrapesos de cada una de las grúas para poder trabajar dentro de la capacidad de la misma de acuerdo al peso de cada elemento, verificar las dimensiones reales y de proyecto de la pieza por parte de las topografías y se coloca el transporte paralelo a las dos grúas principales. Se estroba el elemento con los grilletes y estobos adecuados de acuerdo a su geometría y peso, se inicia el izaje del elemento, liberando el equipo de transporte, para el caso de montaje en Eje A tres grúas pondrán en posición vertical la pieza y para el caso de montaje en Eje C serán dos grúas, hasta que la grúa madrina pueda soltar el dado, y las grúas principales giren la columna hasta el candelero donde se ubicará, se desciende sobre este hasta dejarla en su posición definitiva y finalmente se retira el equipo de transporte.

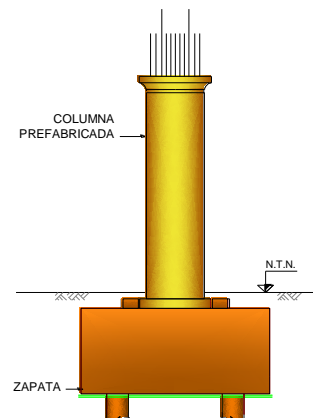
Se verifican los ejes de la columna respecto a los ejes de trazo, avalados por la supervisión y se desestroba el elemento.



Montaje en eje "A"



Armado y colado de segunda etapa

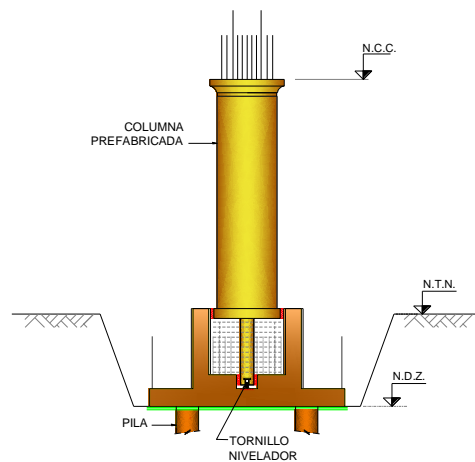


Relleno de zapata



Apoyo sobre losa tapa para montaje

Así mismo se verifican los ejes de trabe con los ejes de las columnas, las cuales reciben la trabe o cabezal. Las grúas permanecerán en el mismo lugar siempre que falte alguna pieza por montar o se desarman sus contrapesos para moverse a otro eje una vez concluido el montaje. Se montarán todas las columnas del mismo eje.



Detalle de montaje de columna

Teniendo la columna en posición, el siguiente paso es colocar el acero de refuerzo de la segunda etapa, para realizar la conexión columna-zapata, procediendo al cimbrado, el cual se revisa con el mismo criterio que se aplicó para la losa de fondo, para finalmente colar la segunda etapa. Para estos casos después del colado, se puede proceder al relleno de la zapata.

### ***Montaje de cabezales***

Una vez que se autoriza la estrategia de Montaje y programa autorizado, se usarán tres grúas para el montaje, en forma paralela al sentido del cadenamiento y en algunos casos como lo indique la Ingeniería correspondiente se colocarán desfasadas de los ejes a las columnas. Verificar las dimensiones reales y de proyecto de la pieza por parte de las topografías, se calzan y nivelan las grúas y se colocan los contrapesos de cada grúa para poder trabajar dentro de la capacidad de la misma de acuerdo al peso de cada elemento. Se coloca el transporte paralelo a las dos grúas principales.

Se estroban los elementos con los grilletes y estrobos de acuerdo a su geometría y peso. Se inicia el izaje del elemento, liberando el equipo de transporte, posteriormente se calza la tercera grúa. Se gira suspendido hasta las columnas para poner en vertical el cabezal, se eleva para ubicarlo en su posición final y se retira el equipo de transporte.

Se verifican los ejes de cabezal con los ejes de trazo avalados por la supervisión, así mismo se verifican los ejes de trabe con los ejes de las columnas, las cuales reciben la trabe o cabezal y se desestroban los elementos.

Las grúas permanecerán en el mismo lugar siempre que falte alguna pieza para cerrar en claro por montar o se desarmen sus contrapesos para moverse a otro eje una vez concluido el claro. Se montarán todos los cabezales del mismo eje.

### ***Montaje de trabes***

#### *Trabes tipo "TA" y "TCA"*

Una vez que se autoriza la estrategia de montaje y programa autorizado, se realizan los preparativos de señalamiento y desvío para el traslado y montaje de la pieza.

Llegada la pieza al lugar de montaje se realiza lo siguiente:

Verificar las dimensiones reales y de proyecto de la pieza por parte de las topografías, se coloca el transporte paralelo al eje de trazo en el lado norte o sur lo más cerca posible de las columnas.

Se utilizarán dos grúas para el montaje, una colocada en cada extremo del sentido de cadenamiento o trazo principal, se calzan, nivelan y colocan los contrapesos de cada una de las grúas para poder trabajar dentro de la capacidad de la misma de acuerdo al peso de cada elemento. Se estroban los elementos con un balancín, los grilletes y estrobos adecuados de acuerdo a su geometría y peso.

Se inicia el izaje del elemento, liberando el equipo de transporte, posteriormente se eleva por encima de las columnas, se gira suspendida la trabe hasta las columnas donde se ubicaría, se desciende sobre estas hasta dejarla en su posición definitiva, se retira el equipo de transporte.

Se verifican los ejes de los la trabe con los ejes de trazo avalados por la supervisión, así mismo se verifican los ejes de trabe con los ejes de las columnas, las cuales reciben la trabe o cabezal, se desestroban los elementos. Las grúas permanecerán en el mismo lugar siempre que falte alguna pieza para cerrar en claro por montar o se desarmen sus contrapesos para moverse a otro eje una vez concluido el claro.

Se liberan los cierres vehiculares, si es que se realizaron para la maniobra de montaje.

### *Trabes tipo "TC"*

Una vez montadas las TA con su respectivo colado de conexión entre columna y trabe se coloca el transporte con la trabe TC en el lado sur entre los ejes por montar, lo más cerca posible a su posición definitiva; existe el caso de que la altura de las TA es tal que permite que el equipo se ubique debajo del claro donde se montara la TC. Se utilizan dos grúas para el montaje, una colocada en cada extremo del sentido de cadenamiento o trazo principal, se deben verificar las dimensiones reales y de proyecto de la pieza por parte de las topografías. Se calzan, nivelan y colocan los contrapesos de cada una de las grúas para poder trabajar dentro de la capacidad de la misma de acuerdo al peso de cada elemento. Se estroban los elementos con los grilletes y estrobo adecuados de acuerdo a su geometría y peso.

Se inicia el izaje del elemento y el retiro del equipo de transporte en su caso, ya que en ocasiones tendrá que esperar a que las grúas se retiren después del montaje. Una vez que supere la altura de las TA's, la trabe comienza a descender hasta llegar a su posición definitiva. Se verifican los ejes de las TC con los ejes de la trabe TA avalados por la supervisión para que se proceda a destrobar el elemento.



Montaje de trabe tipo TA

Para el montaje de la segunda trabe, las grúas deberán retroceder a modo que el transporte quede por debajo del claro a cubrir, se estrobará la pieza, y se izará inclinada para que las TA's no interfieran con el montaje. Una vez superada la altura de las TA's, la pieza descenderá, hasta quedar en su posición definitiva. Se verifican los ejes de la TC con los ejes del capitel y TA avalados por la supervisión y se destroba el elemento. Así mismo se verifican los ejes de trabe con los ejes de las columnas, las cuales reciben



la trabe o cabezal. Las grúas permanecerán en el mismo lugar siempre que falte alguna pieza para cerrar en claro por montar o se moverán según el procedimiento constructivo para el montaje de una pieza para el mismo claro. Una vez concluido el montaje de cada claro, se desarmarán sus contrapesos para otro claro. Verificar que se fabrique, transporte y coloque de acuerdo a lo indicado en proyecto, cumpliendo con las normas, especificaciones que aseguran que se cumpla con la secuencia indicada en el Programa.

#### **II.3.4 Colado de Nodos**

Una vez que se tienen montadas las trabes sobre las columnas se procede a verificar si hubo necesidad de cortar algunas de las varillas del acero de refuerzo de las columnas, de ser así se deberá reparar el acero por medio de bulbos.

Para el colado de nodos se deberá colocar la cimbra en los torones en la parte superior de la trabe y taponar los ductos de los torones para que no se introduzca concreto al momento del colado, mientras se verifica el estado del acero de espera de las columnas para la unión columna – trabe se deberá habilitar el acero de refuerzo de los nodos. A continuación se comienza con el armado del acero de refuerzo en los nodos dejando aislados los torones para el postensado de los mismos y frontereando los espacios que quedan entre la trabe y el capitel de cada columna, se llena una solicitud de colado y se entrega a la supervisión para su revisión y autorización del colado.

Se hace limpieza fina en el elemento y se cuele el nodo con concreto resistencia 600 kg/cm<sup>2</sup>, se espera a que el concreto adquiera la resistencia especificada para la realización del postensado de los torones. Después del colado del nodo se realiza la inyección de lechada de cemento en mangueras de polietileno con equipo de inyección.

#### **II.3.5 Soldadura en Uniones**

La ejecución de las soldaduras también llamadas bulbos, se inicia con el biselado de las varillas a unir mediante el equipo de oxiacetileno o equivalente, estos biseles deben tener una inclinación de tal manera que entre las dos superficies se forme un ángulo aproximado de 45 grados, a realizar el tipo de preparación que indique los planos y/o especificaciones. La superficie por soldar debe estar limpia de escoria y precalentadas, las dos puntas por unir deben tener una separación de 1 a 4 milímetros para la raíz.

Para el inicio de la fusión de los electrodos E-9018, se debe despuntar la primera pieza, es decir, se quema la punta en otro elemento de prueba para poder obtener la temperatura adecuada y con esto evitar defectos como la falta de fusión. La velocidad en la aplicación de soldadura tiene que ser continua de tal manera que permita la fusión homogénea, cuando la velocidad de aplicación es alta, el cordón de soldadura tendrá un aspecto irregular y puede resultar también el defecto de falta de fusión. Si entre la fusión de un electrodo a otro, transcurre un tiempo que permite la formación de la capa de escoria, esta será retirada con el cincel y maceta limpiando la superficie con el cepillo de alambre antes de seguir con la fusión de otro electrodo y con esto se elimina el fenómeno conocido como “inclusión de aire”.

Una vez terminado el bulbo se deja enfriar aproximadamente 1.5 hrs. a temperatura ambiente para que la varilla pueda moverse. El control de calidad se realiza por elemento, teniendo un lote de bulbos, se da aviso al laboratorio de control de calidad, para que cumpla con las normas y con el plan de inspección y pruebas, entregando el reporte correspondiente, ya que se deberán realizar pruebas destructivas de tensión a por lo menos el 2 % de las juntas realizadas y pruebas radiográficas al 3 % de las uniones. En caso de que alguna soldadura no sea tolerable, entonces se procede a su corrección,

cortando o vaciando la soldadura. Se realiza nuevamente la unión, se revisa el proceso de soldadura para su ajuste de tal manera que se evite el defecto reportado, contar con horno para mantener a la temperatura los electrodos ya destapados.

#### *Aspectos de Seguridad*

El personal encargado de estos trabajos deberá utilizar equipo de protección personal como careta, guantes, peto, calzado industrial. Las plantas de soldar deberán conectarse a los tableros mediante los contactos salientes de los interruptores y con clavijas, usar cables de uso rudo, contar con zapatas de conexión, pinzas de tierra y regulador de amperaje. El equipo de oxicorte debe contar con los tanques de gas sobre diablitos y sujetos en posición vertical y extintores. El encargado del área deberá verificar que se lleven a cabo inspecciones visuales en el equipo a utilizar.

### **II.3.6 Tensado de Cables de Preesfuerzo en Columnas**

Posterior al colado del nodo (unión columna – cabezal y/o trabe), se verificará el estado de los cables de preesfuerzo de la columna, a fin de constatar que no hayan sufrido alteraciones físicas, dobleces, corte y/o aplicado calor directamente durante el proceso de la colocación del acero de refuerzo y del concreto en este elemento.

#### *Tensado.*

Se verifica la calibración del equipo de tensado previo al inicio de los trabajos, en caso de estar caducada la calibración esta se realizará nuevamente al equipo. Se procede a la colocación del equipo y accesorios para el tensado de cables de preesfuerzo, previo a la colocación del equipo se revisara la nivelación de la parte superior del colado del nodo, ya que deberá estar nivelada para la colocación de la placa de apoyo para tensión la cual debe de estar perpendicular a los cables por tensar (en caso necesario se incluirá un mortero seco, entre la placa y el colado del nodo con la finalidad de que la placa quede normal al accesorio para el tensado).

Se realiza el acuñado mediante el accionado de la palanca ubicada en el equipo de bombeo, en donde también se pueden observar la presión que registra el manómetro en cada aplicación de presión para el estado del toron hasta alcanzar el tensado de los cables, conforme se indica en proyecto; verificando en cada uno de los cables que no se haya degollado ningún hilo del toron. Durante el tensado de los torones se deberá anotar inmediatamente la lectura del manómetro que indica la presión aplicada, así como registrar su alargamiento de tensado en el formato correspondiente. Con lo anterior se llega a la culminación del tensado de cables y se procederá a la inyección de lechada, sobre la preparación que se acondiciona mediante la colocación de capuchas atornilladas en la placa de reparto.

#### *Inyección.*

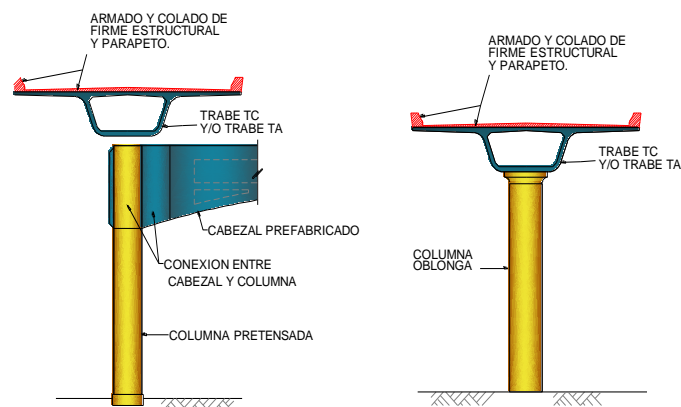
Se instalan dos mangueras: una para inyección y la otra para la expulsión de aire dentro de los ductos de los cables de preesfuerzo, por donde se bombea agua para facilitar el paso de la lechada, al mismo tiempo se prepara la mezcla de agua-cemento- aditivos; con las proporciones que se indican en proyecto para estos casos.

La mezcla del mortero se mantendrá bajo control hasta verificarse que esta no contenga terrones ni burbujas de aire al momento de inyectarse dentro de los ductos que cubren a los cables de preesfuerzo, en donde se vigilará que esta rebose por su misma consistencia en el mismo punto por donde se está inyectando. Al momento de que la pasta rebose se podrá clausurar la boca del ducto, el manómetro deberá alcanzar una presión según proyecto, el bombeo podrá continuar y la pasta se podrá reciclar dentro del mismo contenedor. El cemento que se utilice para la elaboración de esta pasta, deberá cumplir con las normas de almacenamiento y periodo de uso.

## II.4 Estructura Sobre el Punte

### II.4.1 Firme de Compresión

El primer elemento sobre las traveses es el firme de compresión, para iniciar los trabajos son necesarios: el eje de proyecto sobre el cuerpo del puente, marcar los hombros (izquierdo y derecho) de lo que será la vialidad, al ir realizando esto se van marcando los cadenamamientos, a su vez se toman niveles los cuales sirven como apoyo para poder realizar un chequeo, de los niveles reales con respecto a los definidos de proyecto y tomar las medidas necesarias en caso de haber diferencias, así como el retiro de los ganchos de izaje.



Detalle de Firme de compresión

En la unión de cada trabe se coloca una cimbra con la finalidad de darle continuidad, se coloca el acero de refuerzo que conforma el firme de compresión para que así se coloque el concreto premezclado de  $f'c = 300 \text{ Kg./cm}^2$ .



Acero de refuerzo para firme de compresión

Para el inicio del tendido del acero, se toma de referencia el eje marcado, iniciando también la revisión del acero según lo marcado en las especificaciones, desde su distribución, su posición con respecto a las pendientes de bombeo; posteriormente se procede a la colocación de niveles de referencia para el colado, al momento del cimbrando se dejan libres las áreas de los nodos para los trabajos de postensado.



Colado de firme

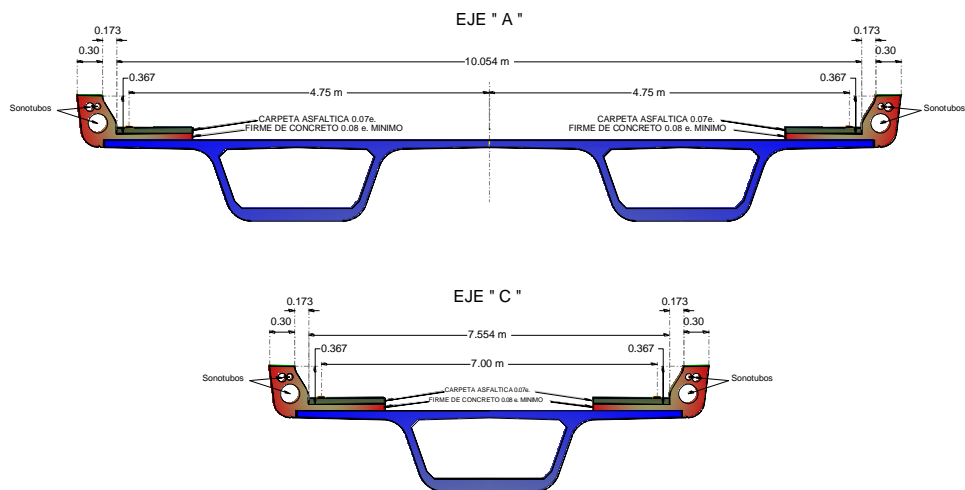


Firme de compresión

Después del colado se procede a realizar una verificación de los niveles del firme con respecto al proyecto. Paralelamente a la ejecución de estos trabajos se realizarán el suministro y colocación de las bandas de neopreno, el poliestileno en las placas de acero en los apoyos, el mortero estabilizador y la instalación de las juntas de expansión para calzada la cual podrá efectuarse antes o después de la colocación de la carpeta asfáltica.

#### II.4.2 Parapeto de Concreto

Después de las actividades del firme de compresión es necesario, remarcar el eje de proyecto ahora sobre el firme, identificar nuevamente los hombros y cadenamientos. Con respecto a los trabajos de parapeto de concreto existen varios puntos a verificar, el primer paso es marcar al ancho de vialidad para referencia de la colocación de acero, se marcan niveles de rasante de parapeto en cada cadenamiento o de acuerdo a los requerimientos del tramo, se revisa la ubicación del acero para que cumpla con los recubrimientos y distancias de proyecto, después de esto se colocan las placas de acero que recibirán al parapeto metálico, estas placas deben cumplir con los requerimientos de anclaje, nivel y alineamiento con respecto al eje, también se debe de colocar el aligeramiento (sonotubos) y en el hombro correspondiente la tubería para el cableado eléctrico (tubo zapa de 38mm).



Distancias principales con respecto al parapeto de concreto

Para la cimbra metálica, la primera en colocarse es la charola exterior verificando que cumpla con el ancho de vialidad más el vuelo de moldura y el ancho de la corona, la charola interior debe cumplir con el ancho de vialidad más el vuelo de moldura. Para darle el acabado requerido, esta cimbra se apoya sobre ménsulas fijadas a las traveses y cabezales, se tiene especial cuidado en la colocación de anclajes, placas y ductos que deban quedar embebidos en estos elementos.

El siguiente paso es poner niveles tope de colado de la corona del parapeto, después del colado se verifican los niveles con respecto al proyecto.

Dentro del proceso de armado de parapeto, se dejarán las preparaciones para bajadas pluviales y las bases para el alumbrado sobre puente ubicándolas a cada 28m, dejando las anclas que reciben la base metálica del poste, verificando su correcta alineación.



Colado de parapeto

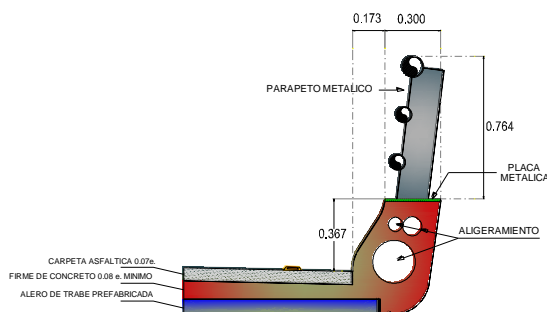


Parapeto de concreto

Para la colocación de las rejillas, su nivel se definirá con el de la carpeta asfáltica, colocándolas unos 2 cm. por debajo, terminada la colocación de la rejilla se harán las conexiones al respectivo registro para la captación de agua pluvial.

### II.4.3 Parapeto metálico

Para poder iniciar con los trabajos del parapeto metálico, se inicia con la Fabricación de placas metálicas de acero A-36 para anclajes, barrenadas y cortadas conforme a las dimensiones de proyecto, estos accesorios se colocan entre los armados de acero de refuerzo previos al colado del parapeto de concreto y simultáneos con la colocación de acero de refuerzo, se deben verificar las placas en las juntas móviles de las trabes (ubicación). El habilitado de placas se realiza cortándolas con equipo mecánico, pantógrafo, para obtener mayor calidad en los bordes, se traza la ubicación de los barrenos conforme al proyecto, y se perforan con el mismo equipo, se realiza un retiro de escoria y se colocan las anclas de varilla de  $\frac{3}{4}$ " previamente habilitadas en las dobladoras con la geometría indicada, se puntean con soldadura serie e-70 xx, se colocan rígidamente en el banco donde se aplica la soldadura perimetral a la varilla en ambas caras de la placa rellenando totalmente el barreno, se colocan los estribos de varilla de  $\frac{3}{8}$ " conformados en las maquinas mínimas o estriberas automáticas. Posteriormente se pasa a la zona de esmerilado donde con disco de desbaste se uniformiza la cara superior, quedando totalmente lisa sin problemas para colocar el poste tubular de 6", después se limpia minuciosamente para retirar la escoria, salpicaduras, grasa o polvo y se aplica una mano de pintura anticorrosiva. Fabricadas las placas metálicas de acero A-36 y correctamente soldadas las varillas de anclaje, se traza en campo su ubicación a cada 2 metros de distancia, marcando el eje de cada placa y ubicación en la cimbra metálica, se nivela en el sentido perpendicular al eje del puente, respetando la pendiente del mismo, se revisa su posición, eje de trazo y nivelación con supervisión y se cuele el parapeto de concreto, verificando posterior al colado nuevamente su posición.



Detalle de parapeto metálico.

La fabricación del parapeto inicia con la requisición y el suministro de material tubular, verificación de dimensiones y certificados de calidad de los materiales, se elabora la plantilla tipo para construir los postes metálicos de 6", se realizan los trazos geométricos necesarios para obtener la muestra y construcción de plantillas de chequeo en banco, aprobada la muestra, se procede a la producción en serie de postes metálicos, se coloca el tubo de 6" con equipo de carga en la banda deslizante de la sierra cortadora, obteniendo secciones del mismo tamaño o secciones diferentes conforme a la solicitud del personal de campo, quien realizará previamente un levantamiento de niveles, con las posibles diferencias ocasionadas por movimientos sufridos en las placas durante el colado y fraguado del concreto, se cortan los ojales trazados con anterioridad en el tubo, se verifica en la plantilla su dimensionamiento y se detalla la simetría del ojal., se traza el corte inclinado y se corta conforme a lo indicado en el plano, se habilita y corta en pantógrafo la placa tapa del poste, aplicando soldadura por



el interior del tubo quedando el hueco para el embone de los tubos horizontales de 4" y 3", los tubos horizontales serán requisitados a las acereras con las características técnicas indicadas en el proyecto (espesores, cédula, con longitudes comerciales y su control de calidad). Posteriormente se realizará el biselado en las juntas.



Soportes Verticales

#### *Montaje de parapeto*

El procedimiento se realiza de la siguiente manera: se transportan los postes metálicos fabricados en taller a obra junto con la tubería negra, con costura y cédula de proyecto, se arma el parapeto en sitio colocando los postes con las alturas verificadas previamente, se vuelven a trazar los ejes de las placas, se realizan los trazos topográficos, para su alineamiento y se colocan hilos de referencia, plomadas y limpieza de placas llenas de concreto, se colocan las plantillas de nivel de cada tubo y se procede a colocar el tubo guía de 4" aplicando solamente puntos de soldadura, se verifica nuevamente su alineamiento y verticalidad con la inclinación de proyecto, en seguida se colocan los dos tubos de menor diámetro cuidando que embonen correctamente en los ojales del tubo vertical; esto se realiza en tramos de doce metros o dos secciones de tubos de longitud comercial de 6.0 metros cada uno, de esta manera se procede a la aplicación de soldadura en cada intersección o nodo cuidando siempre colocar los tubos con la costura hacia la dirección solicitada, la soldadura debe ser aplicada de manera correcta para evitar sobrecalentamiento y posibles deformaciones, en nuestro caso y como primer opción se solicitará soldar de manera definitiva secciones de 12.0 metros sin soldar la base de los postes, a manera de retirar estas secciones ya soldadas, marcándolas y determinando su ubicación en un croquis para después mandarlas a galvanizar en paquetes considerables mínimo de 12 toneladas; se galvanizan los tramos seccionados y se regresan a obra para su colocación definitiva, se seleccionan los tramos marcados y se inicia el montaje con grúa sobre camión (grúa hiab), aplicando soldadura en las uniones de cada tramo y en la base de los postes con

soldadura de 7 mm de espesor perimetral al tubo, se realizará una limpieza detallada de retiro de escoria y se aplicará un galvanizado en frío o zinc en frío, Amercoat 400 ZR, en las partes afectadas por la aplicación de soldadura; es importante cuidar las juntas de calzada y postes de alumbrado donde el parapeto se interrumpe dejando espacios de 5 cm. y 7 cm. a cada lado de los postes, asimismo los detalles de remate y despiece del parapeto en el arranque y final del puente, conforme al plano, que se fabrican en el taller, principalmente las partes curvas de igual forma con el levantamiento topográfico de campo elaborado por la subcontratista y los planos topográficos de proyecto, se determinan los radios de curvatura para el rolado de tubos de 4" y 3" en las zonas que así lo requieran, el rolado se realiza en taller con equipo mecánico especial previo a su colocación, o se ajusta a la curva por medios manuales cuando es posible su manejabilidad.



Colocación de parapeto

#### *Galvanizado de parapeto*

El galvanizado proporciona protección anticorrosiva al acero y es en términos generales, proporcional a la masa de zinc que lleva el recubrimiento, es además muy duradero. El recubrimiento en nuestro caso, galvanizado por inmersión en caliente, es liso y uniforme exento de imperfecciones, con aplicación sumamente rápida, proporcionando a los tramos de parapeto metálico mucho mayor protección, dureza y resistencia a la corrosión del hierro y el acero, el galvanizado por inmersión en caliente, produce una reacción entre el zinc y el acero que da lugar a la formación de capas de aleación de zinc- hierro unidas metalúrgicamente al acero de base, por un efecto de protección catódica, el zinc se corroe muy lentamente y con preferencia al hierro o acero de acuerdo a la serie galvánica.

El material (tramos de parapeto metálico) se sumerge en un baño desengrasante químico con hidróxido de sodio al 17%, se enjuaga con agua neutra, para eliminar la solución alcalina adherida, en seguida los tramos se pasan a un decapado con ácido

sulfúrico, para eliminar los óxidos de la superficie del metal, se vuelve a enjuagar con agua neutra, después se pone en contacto con una solución en caliente de prefúndente de cloruro de zinc y amonio, para mejorar su adherencia con la pieza metálica. El proceso de galvanizado en caliente, se realiza en pailas en contacto con el zinc fundido para lograr su adherencia a una temperatura que oscila entre 450 y 460 grados centígrados, desplazando cada elemento por medio de grúas viajeras y polipastos.



Soldado de parapeto

#### *Colocación de parapeto ya galvanizado*

En la zona de almacenaje los tramos de parapeto galvanizado se detallan y preparan para su transporte nuevamente a la obra, se reciben en el distribuidor y se seleccionan conforme a las marcas que lleva cada tramo, mismo que se respetará para su correcta colocación en el lugar y nivel indicado, conforme a los croquis previamente elaborados. Los tramos son izados con grúa hiab y colocándolos en el frente correspondiente, procediendo a la aplicación de soldadura en las uniones de cada tubo o tramo de 12 m; y de manera definitiva en la base de los postes donde en la primer etapa únicamente se puntearon, de nueva cuenta, se nivelara y alineara conforme a la pendiente y nivel del parapeto de concreto, lo que se realiza con mucho mayor facilidad mejorando considerablemente su presentación final. Finalmente se aplica en todas las soldaduras de campo o zonas donde se unen los tramos de 12 m (tubos horizontales de 4" y 3"), tapas y las bases de postes verticales, un acabado galvanizado en frío Amercoat 400, ZR, que tiene un color mas oscuro, para dar la misma tonalidad del galvanizado en caliente (mas brillante), se aplica de manera manual, esmalte cromo o zinc en frío de secado rápido, quedando con el mismo tono del acabado galvanizado en caliente.



Parapeto metálico

#### **II.4.4 Juntas de calzada**

Para los trabajos de juntas de calzada, se procederá a la limpieza del área, retirando de la zona todos los materiales y obstáculos, mismos que serán depositados en un lugar estratégico, con la finalidad de facilitar el acceso de los recursos, mano de obra, equipo y herramientas. Procedemos a delimitar el perímetro de la junta según las dimensiones del proyecto, y se marcarán con exactitud la ubicación de los puntos centrales (ejes). Siguiendo los señalamientos de los planos y las indicaciones de los ingenieros que participan en la construcción del puente, se realizarán las calas en los extremos de cada junta, próximas a las guarniciones. Las calas permiten centrar el trazo de la junta de calzada para construir en concreto elastomérico dos narices de 3" x 3" y dejar un espacio de 6 cm. para la colocación del Evazote.

Con un tiralíneas se traza el cajón que constituirá la junta de calzada y se realiza el corte del asfalto con una maquina cortadora de disco, el cajón tendrá una profundidad de 21 cm. por el ancho del puente. Con un taladro de desbaste se abre el cajón, retirando el asfalto, hasta descubrir el concreto. El detalle se realiza con herramienta menor para dejar libre de asfalto la superficie de concreto. El cajón es limpiado de todo vestigio de polvo y humedad. Las paredes de asfalto deben quedar ranuradas para asegurar la adherencia del concreto elastomérico al asfalto. La falla debe quedar expuesta para certificar que no existen bloqueos a la libre movilidad de la junta. En estas condiciones se coloca la cimbra sobre un material de unicel de 6 cm. de ancho, que cierra la falla y soporta dicha cimbra que es construida con polines de 6 cm. x 7 cm. cubiertos por material plástico. La cimbra es centrada con largueros o puentes que son fijados al asfalto cada 1.5 metros.

Para el colado de la junta, las dos narices son construidas con concreto elastomérico, el cual se integra de 3 elementos, resina A resina B y agregado. Estos elementos vienen dosificados en kits para garantizar las proporciones constantes de cada elemento en la mezcla. La preparación se realiza en campo, siempre operando por kits o juegos de tres

elementos. La intregación de los tres elementos se realiza con el auxilio de batidoras eléctricas y un tiempo de mezclado de 3 a 7 minutos por lote. El concreto así formado es vaciado en el cajón de la junta el cual previamente ha sido impregnado de primer tanto en la superficie de concreto como en las paredes de asfalto. Para realizar una junta limpia y bien perfilada se colocan tiras de maskingtape sobre el asfalto, siguiendo la junta.

Transcurrida una hora después del colado se podrá retirar la cimbra con la cual quedan expuestas las dos narices para posteriormente colocar el evazote. El maskingtape invariablemente es retirado después de realizado el colado.

El espacio que ocupó la cimbra (polín de 6 x 7 cm.) es limpiado y las paredes expuestas del concreto elastomérico son lijadas para facilitar la adherencia del evazote, este es colocado impregnado de Bonder. La superficie expuesta de evazote es limpiada de todo residuo de Bonder con trapos secos y limpios. El evazote quedará de 1 a 2 milímetros por debajo del nivel del concreto elastomérico. En estas condiciones queda terminada una junta de calzada. Una observación importante es que se deberán cubrir las perforaciones durante el proceso del colado, antes y después para evitar cualquier accidente.

## **II.5 Pavimentos**

### **II.5.1 Pavimento Temporal**

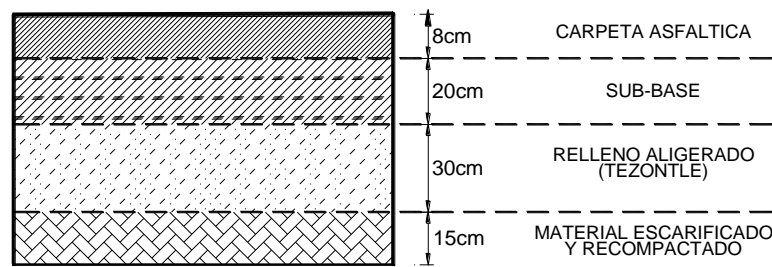
Para las obras de desvío vehicular temporal en la zona de construcción de las cimentaciones, el pavimento que se coloque será de tipo flexible y consistirá en una capa de material aligerado (tezontle), capa de Sub-base y Carpeta Asfáltica que cumplirán con las siguientes indicaciones:

Se deberá excavar toda el área que ocupa la vialidad a 0.5 m bajo el nivel de terreno natural. La excavación se realizará en una sola etapa y con equipo ligero. En caso de existir rellenos no controlados deberán retirarse en su totalidad.

El fondo de la excavación se escarificará a una profundidad de 15 cm., retirando cualquier material que pudiera ser nocivo al comportamiento del pavimento, como materia orgánica, materiales con excesiva humedad y consistencia muy blanda, cascajo y fragmentos líticos mayores a 4", etc. Posteriormente se recompactará al 80% (mínimo) respecto a la prueba AASHTO estándar (T-99), de no ser posible se colocará material de relleno aligerado (tezontle) propiciando la incrustación hasta obtener una superficie de trabajo uniforme

Tiempo seguido, se colocará el tezontle en una sola capa con espesor máximo de 30 cm. en todo el ancho de la vialidad y hasta el nivel de desplante de la capa Sub-base.

El pavimento se construirá sobre el relleno aligerado y estará constituido por capa Sub-base y Carpeta Asfáltica con los espesores mostrados en la figura 12. Las características de los materiales para ambos casos serán los mismos especificados para las dos capas en el punto II.5.5.



SECCION DE PAVIMENTO TEMPORAL

Figura 12

## II.5.2 Rehabilitación de Pavimentos

Previo a los trabajos de rehabilitación, reconstrucción y restitución de los pavimentos se procederá a renivelar todos los brocales de alcantarilla conforme a la rasante de proyecto, así como los registros de instalaciones públicas y municipales, tomando en cuenta todas las especificaciones propias de cada una de ellas.

Adicionalmente deberán realizarse los trabajos de adaptaciones de las áreas de trabajo, trazos y nivelaciones, así como las demoliciones y desmantelamientos para el buen desarrollo de la obra. Por otra parte se deberá tomar en cuenta la realización de calas y pozos para determinar las características de los pavimentos existentes, así como las de terreno natural. Se podrán ejecutar exploraciones adicionales para aclarar o complementar la información de la zona para aplicar adecuadamente las recomendaciones contenidas en estas especificaciones.

Como medida de precaución se deberán marcar sobre la superficie del terreno todas las trayectorias de las instalaciones municipales (luz, agua, drenaje, Pemex, teléfonos, ferrocarriles, etc), con la finalidad de no interferir con ellas durante los trabajos de construcción de los pavimentos.

La rehabilitación consistirá en el reencarpetado y bacheo de los pavimentos. El proceso de reencarpetado consistirá en la sustitución parcial de carpeta existente, de las diferentes áreas que muestren un deterioro en la carpeta asfáltica y consistirá en la sustitución parcial de carpeta existente, y será necesaria en aquellos casos en que la carpeta, evaluada en tramos de 20 m muestre daños severos (calavereo, desintegración de la carpeta, agrietamiento, deformación de la superficie por deficiencia en la estabilidad de la mezcla), cubriendo estos una superficie superior al 20% del área. Además, siempre y cuando las capas inferiores satisfagan con los requerimientos de espesor y calidad.

### *Fresado y limpieza de la carpeta.*

Las áreas a tratar deberán ser barridas y limpiadas de materias extrañas, posteriormente se retirará la parte superior de la carpeta existente en 3 cm. (mínimo) mediante el procedimiento de fresado en frío, a fin de corregir la geometría, eliminar roderas y desprendimientos. Si la superficie fresada aún muestra deterioro considerable, será necesario incrementar el espesor de tratamiento pudiendo llegar incluso al retiro total de la carpeta existente. El equipo a utilizar para el fresado deberá contar con dispositivos automáticos de control de niveles, así como para recoger y cargar producto del corte, la

superficie no deberá presentar depresiones o escalones y se sujetará a las siguientes tolerancias:

- a.- nivel de superficie fresada..... - 0.50 cm.
- b.- ancho del corte del centro de línea a la orilla..... +1.00 cm.

El material producto del fresado será depositado en el sitio que indique el ingeniero residente, la superficie una vez fresada deberá ser barrida utilizando cepillos de cerda dura y chiflón de aire.



Limpieza del firme de compresión

*Riego de liga y carpeta asfáltica.*

Seca y libre la superficie de materiales sueltos se rellenarán con asfalto las fisuras existentes; si la carpeta no presentara una superficie razonablemente nivelada, se deberá colocar una capa niveladora con material de carpeta asfáltica cuyas características se indican en el punto II.5.5. Realizado lo anterior, se aplicará el riego de liga que cumpla con las características indicadas en el mismo inciso en todo el ancho de la calzada.

Inmediatamente se procederá a construir una carpeta de 7 cm. de espesor constante en todo el ancho de la vialidad. El concreto asfáltico deberá cumplir con lo señalado en el punto II.5.5, terminados su construcción de ésta, se colocará en todo lo ancho una capa de mezcla asfáltica de granulometría abierta (open graded) de 3 cm. de espesor, conforme a lo indicado en el punto II.5.5.

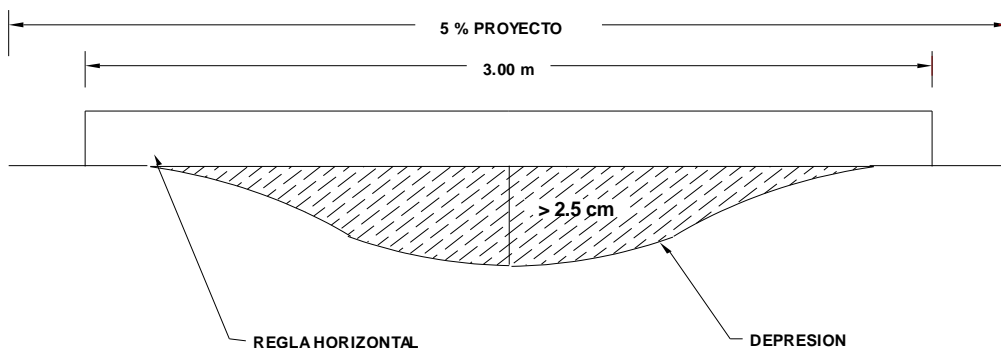


Colocación del riego de liga

### *Zona de bacheo*

En los casos en que la estructura del pavimento muestre daños aislados que se localicen relativamente separados entre sí, se aplicará el bacheo. Para aplicarlo será necesario evaluar, mediante inspección visual y calas el estado que muestre cada capa, poniendo énfasis en la cantidad de grietas y baches que se tengan en la superficie de rodamiento, así como la magnitud de deformaciones.

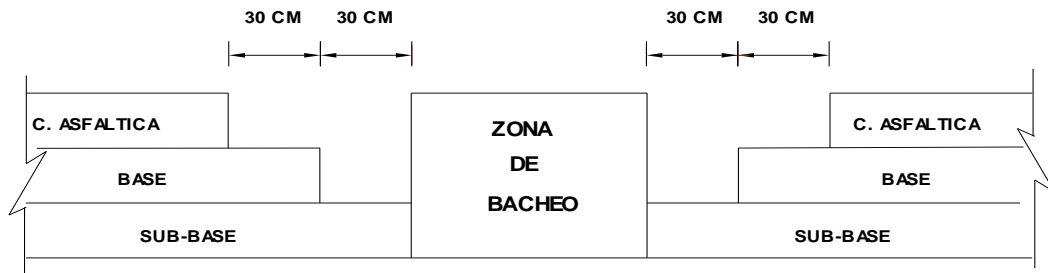
Como criterio general para evaluar la magnitud de las deformaciones admisibles, se considerará indispensable el bacheo cuando existan depresiones mayores a 2.50 cm., medidos con respecto a una regla horizontal de 3 m (fig. 13), debiendo tomar en cuenta las pendientes de proyecto existentes.



**Fig. 13 Depresiones en pavimento**



El bacheo se realizará abriendo caja hasta abarcar la zona y capas dañadas, dando un sobreancho de 30 cm. (fig.14). Cada una de las capas dañadas se sustituirá con materiales que cumplan con las especificaciones aplicables.



**Fig. 14 Bacheo**

Para que la vialidad presente una superficie razonablemente uniforme en las zonas restituidas, es conveniente que la mezcla asfáltica se coloque con una sobre elevación ligeramente mayor a la existente en 1 cm.

*Carpeta delgada de graduación abierta (open graded).*

Sobre las áreas de rehabilitación, reconstrucción y de ampliación, la carpeta asfáltica tendrá una carpeta de delgada graduación abierta - open graded- de 3 cm. de espesor en todos los casos. A continuación se dan las características así como su procedimiento constructivo.



Colocación de carpeta reniveladora

### ***Elaboración de la mezcla***

La elaboración de la mezcla asfáltica se efectuará en planta estacionaria, similar a la fabricación de mezcla que se utiliza para la carpeta y la sobrecarpeta. La mezcla se

fabricará con material pétreo de tamaño máximo de 3/8” es decir, de nueve y medio milímetros (9.5) mm y con cemento asfáltico N° 6.

Es importante que las instalaciones de la planta de asfalto y de trituración cuenten con los dispositivos y equipos auxiliares que permitan una dosificación adecuada de los materiales pétreos conforme al Diseño Marshall correspondiente. Al respecto es necesario que el sistema de trituración cuente por lo menos con primario y secundario para una producción suficiente y eficiente de material triturado de 3/8”, de preferencia que cuente también con un terciario.

La calidad de la mezcla asfáltica será juzgada conforme al criterio Marshall, debiendo cumplir con los siguientes requisitos:

### ***Material Pétreo***

MALLA	% QUE PASA
3/8”	100
1/4”	70 - 100
4	30 - 50
10	5 - 20
20	4 - 15
40	3 - 11
60	2 - 9
100	1 - 7
200	0 - 5

Desgaste “ Los Ángeles “	40 % máx.
Equivalente de arena	70 % mín.
Límite Líquido	30 % máx.
Contracción lineal	0.5 % máx.
forma de la partícula (Lajeo y/o alargamiento)	25 % máx.
Partículas trituradas	70 % mín.
Adherencia con el asfalto	buena

### ***Mezcla Asfáltica***

Características físicas elaborando pastillas conforme al procedimiento Marshall, con 75 golpes por cara a una temperatura entre 110 y 120 °C.

Estabilidad, min. kg	20% del diseño Marshall
Vacíos, %	8 - 14
V A M, %	20 min.
Flujo, mm	2.5 - 4.5

### ***Procedimiento Constructivo***

Se tenderá la mezcla con máquina terminadora para proporcionar una superficie uniforme y espesor de 3 cm. de capa compacta. Al respecto esta máquina deberá estar en buenas condiciones del funcionamiento, especialmente su plancha, para no proporcionar arrastre de partículas gruesas que provoque rayado en la superficie tendida; así mismo deberá restringirse el uso de rastrillos.

La compactación se proporcionará con rodillo liso tandem ligero, de 6 a 8 ton., sin aplicar vibración combinando con rodillo neumático ligero, hasta lograr un grado de compactación del 95% respecto al peso volumétrico Marshall obtenido de las pastillas correspondientes.



Compactación

Como se trata de una carpeta delgada la compactación deberá aplicarse de manera inmediata para que la mezcla conserve la temperatura adecuada, y lograr el mejor acomodo y/o el grado de compactación requerido.

Durante la construcción se harán los ajustes necesarios en cuanto a la elaboración de la mezcla y proceso constructivo hasta lograr una calidad uniforme y adecuada. El ancho del tendido de la carpeta delgada será el de la carpeta asfáltica.

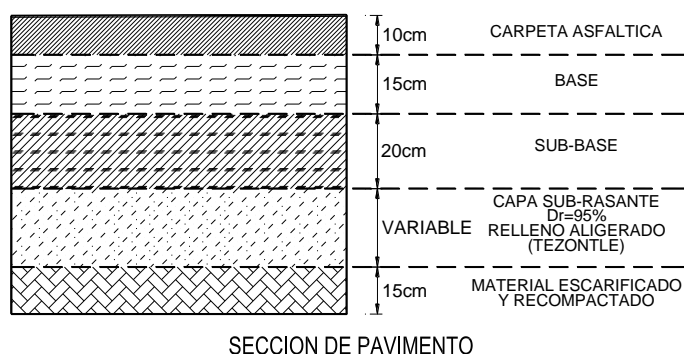
### II.5.3 Reconstrucción de Pavimentos

La reconstrucción del pavimento consistirá en eliminar el pavimento existente y sustituirlo por un pavimento nuevo de tipo flexible, cuyos espesores se indican en la figura 15.

Se procederá a realizar el corte en el pavimento existente, la profundidad del corte será tal para alojar la estructura nueva de pavimento. Para el corte se utilizará un tractor con cuchilla y ripper para romper la carpeta, inmediatamente se utilizará equipo convencional, a base de motoconformadoras, o excavadoras de cucharón. El material excavado producto del pavimento existente será disgregado, mezclado y acamellonado para su posterior utilización como material de sub-base del nuevo pavimento.

Realizado el corte se procederá a escarificar y recompactar la superficie del terreno al 90% de su PVSM determinado mediante la prueba AASHTO estándar, inmediatamente se construirá la capa de sub-rasante mediante un material aligerado con un espesor mínimo de 30 cm. y posteriormente construir las capas de sub-base y base, posteriormente el riego de impregnación y de liga, para finalmente construir la carpeta asfáltica, y sobre ésta una carpeta delgada de textura abierta (open graded), la cual se explica en el punto anterior (II.5.2).

Todos los materiales deberán cumplir con las características indicadas en el punto II.5.5



**Fig. 15 Sección del pavimento**

#### *Pavimentos en zonas de ampliación*

En las zonas de ampliación (camellón, zonas de afectación, etc.), el pavimento tendrá la sección del pavimento existente al que se empalmará.

Se retirará cualquier material que pueda ser nocivo al comportamiento del pavimento, como material producto de la excavación, así como materiales con excesiva humedad, consistencia blanda, cascajo y fragmentos mayores a 4". Las excavaciones se realizarán con retroexcavadora equipada con un cucharón con cuchilla de corte recto, evitando el paso del personal y equipo para no remoldear la estructura del suelo.

Posteriormente la superficie del suelo se compactará al 90% de su PVSM determinado en la prueba AASHTO estándar, debiendo alcanzarse en los 15 cm. superiores.

Sobre el material compactado se construirá la estructura del pavimento con los mismos espesores del pavimento al cual se le empalmará, en caso de no ser así, el espesor de las capas de sub-rasante, sub-base, base y carpeta asfáltica serán los que se indican en la fig. 15. Una vez terminada de construir la carpeta asfáltica en ambos casos se construirá en toda la vialidad la carpeta delgada abierta (open graded) con un espesor de 3 cm. Todas las capas mencionadas se construirán conforme a lo indicado en punto II.5.5.

En caso de requerirse empalmar lateralmente el pavimento nuevo con el existente, será necesario formar un escalón, haciendo un corte de 20 cm. de ancho a partir de la orilla del corte, eliminando la carpeta y el material de base existentes en otro espesor existente, de manera que la nueva capa de base cubra el sobrecancho del escalón. Posteriormente se colocará la el riego de impregnación, liga y carpeta asfáltica.



Capa de rodamiento

La conexión longitudinal con los pavimentos existentes, deberá efectuarse en forma escalonada para cada capa que compone a la estructura. El ancho de los escalones será de al menos 30 cm.

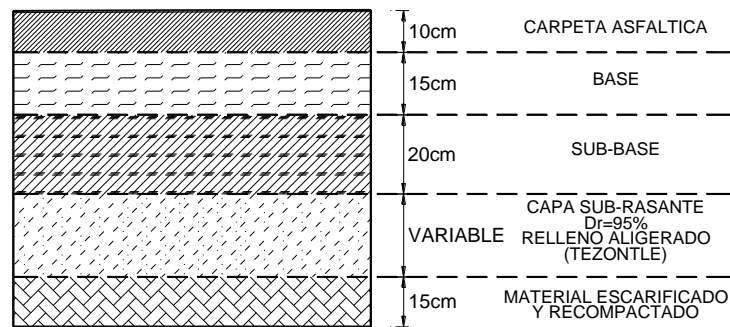
#### **II.5.4 Pavimento Nuevo**

Cuando el pavimento sea nuevo se procederá a abrir caja hasta una profundidad que de cabida a la nueva estructura de pavimento, la excavación se realizará con retroexcavadora equipada con un cucharón con cuchilla de corte recto, evitando el paso del personal y equipo para no remoldear la estructura del suelo. Se retirará cualquier material que pueda ser nocivo al comportamiento del pavimento, como material producto de la excavación, así como materiales con excesiva humedad, consistencia blanda, cascajo y fragmentos líticos mayores a 4".

Posteriormente la superficie del suelo se compactará al 90% de su PVSM determinado en la prueba AASHTO estándar, debiendo alcanzarse en los 15 cm. superiores.

Sobre el material compactado se construirá la estructura del pavimento con las características indicadas en la figura 16, las capas mencionadas se construirán conforme a lo indicado en el punto II.5.5.

El pavimento será del tipo flexible y se construirá sobre la superficie compactada, primeramente por la capa sub-rasante, y sobre esta se construirán las capas de Sub-base, Base y Carpeta Asfáltica (fig.16), hasta la conexión con la vialidad.



SECCION DE PAVIMENTO

Figura 16



Compactación

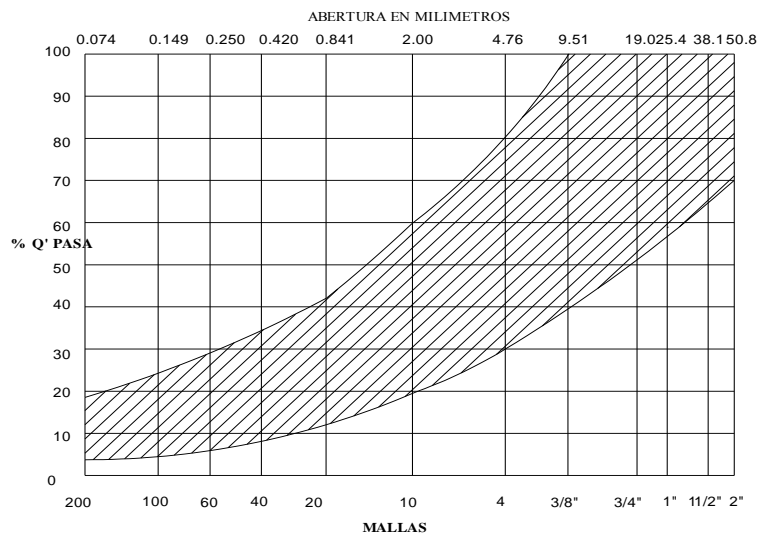
## II.5.5 Características de los Materiales

### *Sub-rasante con material aligerado.*

El material aligerado (tezontle) se colocará en capas de 30 cm. (máximo), compactado por vibración con un rodillo de 4 a 6 ton. de peso y una frecuencia de vibración de 1200 a 1400 rpm, el cual se deberá aplicar seis pasadas por un mismo punto.

El material aligerado no deberá contener partículas plásticas, los fragmentos mayores a 4" no excederán el 30% y no más del 5% de fragmentos mayores a 8". La selección de los materiales podrá ser mediante cribado en banco, o bien mediante pepena en sitio.

Los últimos 10 cm. el tezontle deberá presentar un aspecto cerrado, lográndose mediante una granulometría predominantemente arenosa y que preferente se ubique dentro del área sombreada de la figura 17.



**Fig. 17 Granulometría en relleno aligerado**

El material que pase por la malla 40 deberá cumplir con lo siguiente:

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

En esta capa se colocarán las instalaciones municipales, además de satisfacer los niveles y pendientes de proyecto con el fin de mantener constante el espesor del pavimento.

### *Capa Sub-base.*

Sobre el terraplén aligerado se formará la capa sub-base debiendo cumplir con las características siguientes:

Espesor	20 cm.
Compactación AASHTO modificada (T-180)	95% (mínimo)
Granulometría preferente	Zona 2 (Fig.18)
Tamaño máximo del agregado	1 ½"
Contenido de finos	20% (máximo)
Valor relativo de soporte	80% (mínimo)
Equivalente de arena	35% (mínimo)
Valor cementante	3 Kg/cm. <sup>2</sup>

Características del material que pasa la malla No.40:

Límite líquido	30% (máximo)
Índice plástico	6% (máximo)
Contracción lineal	4% (máximo)

La Sub-base se formará con dos capas cuyo espesor máximo de cualquiera de ellas será del 60% del total, debiéndose compactar con equipo vibratorio.

Para dar por terminada la construcción de la capa Sub-base deberá verificarse el alineamiento, perfil, sección, compactación, espesor y acabado de acuerdo a lo fijado en proyecto con las siguientes tolerancias:

Ancho de sección	+ 10 cm.
Nivel de la superficie	1 cm.
Pendiente transversal	0.5%
Profundidad de depresiones con regla de 3.0 m	1.5 cm.
Espesor	10%

#### *Capa Base*

Habiendo cumplido con las especificaciones para la capa Sub-base, se construirá la capa Base con las siguientes características:

Espesor	15 cm.
Compactación AASHTO modificada (T-180)	100% (mínimo)
Granulometría preferente	Zona 1 (Fig.18)
Tamaño máximo del agregado	1 ½"
Contenido de finos	10% (máximo)
Valor relativo de soporte	100% (mínimo)
Equivalente de arena	40% (mínimo)
Valor cementante	3 Kg/cm. <sup>2</sup>

El material que pase la malla No.40 deberá cumplir con:

Límite líquido	30% (máximo)
Índice plástico	6% (máximo)



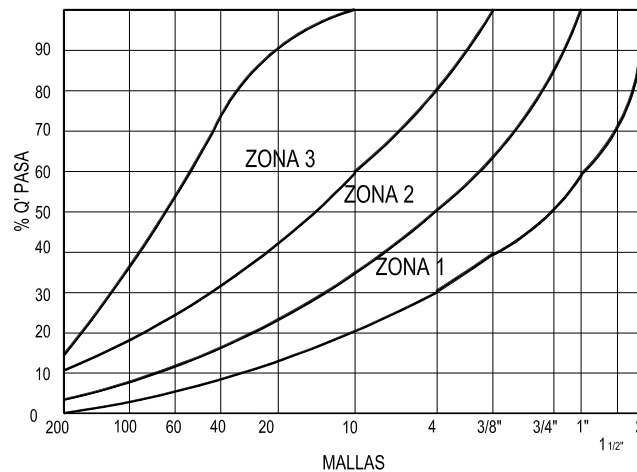
Contracción lineal	3.5% (máximo)
--------------------	---------------

La base se formará con al menos dos capas, cuyo espesor máximo de cualquiera de ellas será del 60% del espesor de la capa y compactarse con equipo vibratorio.

Para dar por terminada la construcción de la capa Base deberá verificarse el alineamiento, perfil, sección, compactación, espesor y acabado de acuerdo a lo fijado en proyecto y con las tolerancias siguientes:

Ancho de sección	+ 10 cm.
Nivel de la superficie	1 cm.
Pendiente transversal	0.5%
Profundidad de depresiones con regla de 3.0 m	1 cm.
Espesor	6%

Se aceptará en la compactación una variación de -2% en el 20% de las calas volumétricas, siempre que el grado de compactación promedio determinado sea mayor que el especificado. Se sugiere realizar una cala por cada 100 m<sup>3</sup> de material colocado.



**Figura 18**

### ***Riego de impregnación***

Una vez que la capa de base haya cumplido con las especificaciones, sobre la base seca, libre de polvo y partículas sueltas, se aplicará un riego de impregnación en base de emulsión catiónica de rompimiento medio RM-2K, en proporción de 0.70 l/m<sup>2</sup>, la emulsión deberá cumplir con las características de la tabla I.

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

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

**TABLA I**

El riego se aplicará durante las horas más calurosas; de existir acumulaciones excesivas de asfalto, se retirarán mediante cepillos. En caso de existir posibilidades de lluvia, esta actividad se pospondrá y la base se protegerá mediante el sellado con rodillo neumático o bien con membranas de polietileno.

La base impregnada se cerrará al tráfico por 48 h (mínimo).



Riego de impregnación

### ***Riego de liga***

Transcurridas 48 h (mínimo) de aplicado el riego de impregnación y 30 min. 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 RR-2K, con las características que se expresan en la tabla I, 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 h (mínimo). En caso de existir posibilidades de lluvia, el riego se pospondrá.

En caso de existir acumulación excesiva de material, deberá retirarse el exceso mediante cepillos.



Riego de liga simultaneo a la colocación de la carpeta

### ***Carpeta Asfáltica***

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

La carpeta deberá cumplir con las características siguientes:

Espesor	8 cm.
Compactación Marshall	95% (mínimo)

Temperatura de colocación	110 - 120 °C
Temperatura de terminado	70 °C (mínimo)
Permeabilidad	6% (máximo)
Absorción total	24 hr (máximo)

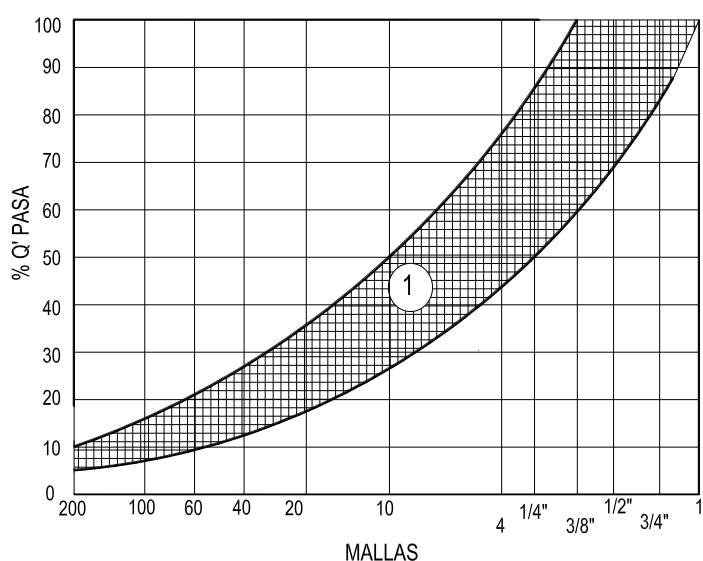
La carpeta se formará en una capa, siempre que se garantice la compactación uniforme.

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

### **Material pétreo**

Material triturado.

Granulometría preferente	Zona I (fig.19)
Tamaño máximo	3/4"
Contracción lineal	2% (máximo)
Desgaste	40% (máximo)
Absorción	7% (máximo)
Partículas de forma alargada	35% (máximo)
Equivalente de arena	55% (máximo)



**Figura 19**

### **Cemento asfáltico**

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

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

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

La afinidad con el material pétreo deberá cumplir con:

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

### **Mezcla asfáltica**

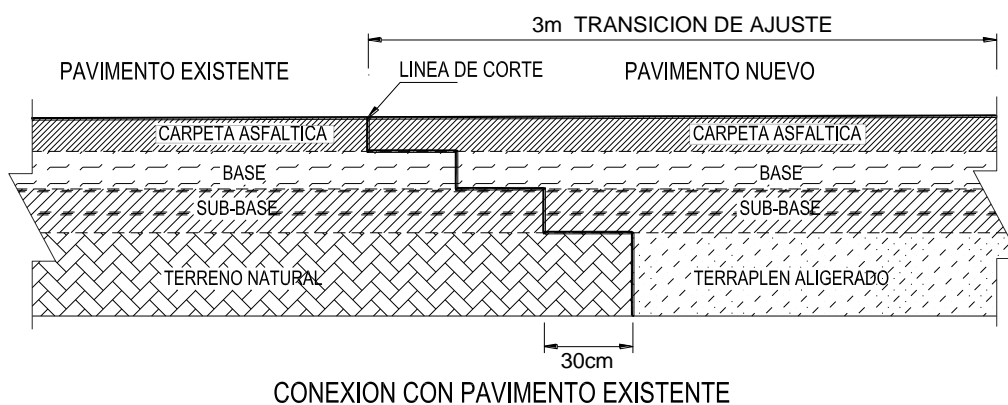
La mezcla asfáltica deberá cumplir con los siguientes puntos:

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

### **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>.

La conexión entre los pavimentos de la vialidad y los del puente ( pavimento nuevo) se realizará de forma escalonada, conservando cada escalón un ancho mínimo de 30 cm (fig. 20).

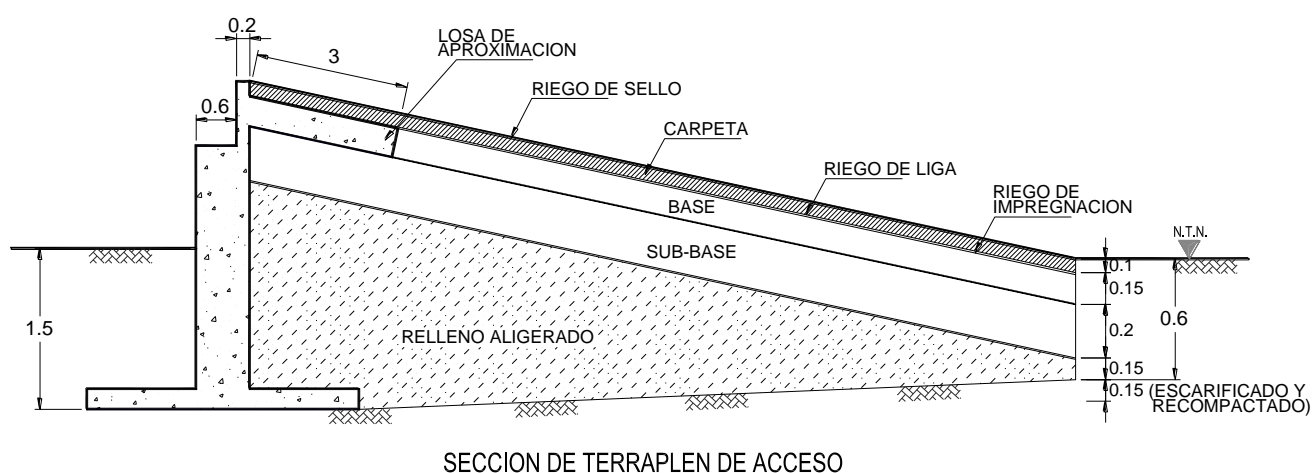


**Figura 20**

En caso de que la estructura nueva presente espesores de capas diferentes a las existentes se deberá considerar una zona de transición con una longitud de 3.0 m (mínimo).

## II.5.6 Terraplén Aligerado

Para la construcción del terraplén que salvará el desnivel entre los estribos del puente y el nivel de la vialidad existente, se deberá excavar toda el área que ocupa el terraplén a 1.5 m y a 60 cm. bajo el nivel de terreno natural, justo junto al estribo y en donde da inicio el terraplén, respectivamente (fig. 21). La excavación se realizará en una sola etapa y con equipo ligero. En caso de existir rellenos no controlados, deberán retirarse en su totalidad.



**Figura 21**

El fondo de la excavación se escarificará a una profundidad de 15 cm., retirando cualquier material que pudiera ser nocivo al comportamiento del terraplén, como materia orgánica, materiales con excesiva humedad y consistencia muy blanda, cascajo y fragmentos líticos mayores a 4", etc. Posteriormente se recompactará al 90% (mínimo) respecto a la prueba AASHTO Estándar (T-99), de no ser posible, se colocará tezontle en greña provocando su incrustación hasta conformar una superficie regular.

Tiempo seguido se colocará el relleno aligerado (tezontle) en capas de 50 cm. (máximo) en todo el ancho del terraplén y hasta el nivel de desplante de la capa de Sub-base del pavimento.

Las características del material y su colocación se consignan a continuación:

El tezontle por colocar no deberá contener más del 30% de fragmentos mayores a 4" y no más de 5% de fragmentos mayores de 8", la selección de los materiales podrá ser mediante cribado en banco, o bien, mediante pepena en sitio, no deberá contener partículas plásticas.

En el desplante, así como en la rasante de la Sub-base se procurará que la granulometría del tezontle sea predominantemente arenosa y preferentemente se ubique dentro del área que marcan las tres zonas de la figura 17, para garantizar un aspecto cerrado en estas superficies.

El tezontle se colocará en capas de espesor máximo de 50 cm., debiéndose acomodar al 95% (mínimo) de su densidad relativa ( $D_r$ ), determinada con la Norma NOM C-164

(por impacto). Deberá verificarse un valor relativo de soporte de 20% (mínimo). Este acomodo se realizará con rodillo vibratorio ligero.

El material que pase la malla 40 deberá cumplir con lo siguiente:

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

Durante esta etapa se deberán colocar las estructuras de drenaje o cualquier otra instalación, así como satisfacer los niveles y pendientes de proyecto a fin de mantenerse constante el espesor del pavimento.

Para la construcción del terraplén se construirán muros de concreto armado laterales bajo el siguiente procedimiento:

Sobre la superficie escarificada y compactada, se colocará una plantilla de concreto pobre ( $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ ) de 5 cm. de espesor, que cubrirá solamente el área de la cimentación. Sobre la plantilla se realizarán las actividades inherentes al colado y construcción.

El muro de contención será de concreto armado, y se considerará como tal cuando presente una altura sobre el nivel de terreno natural igual o mayor a 60 cm., atendiendo a lo indicado en el plano estructural correspondiente, de otra forma se resolverá como guarnición.

Durante la etapa de excavación y colocación del terraplén aligerado deberá contarse en obra con un bombeo de achique que sea capaz de resolver cualquier eventualidad posible. El pavimento será del tipo flexible y se construirá sobre el terraplén aligerado, siguiendo las especificaciones del punto II.5.4.



Carpeta de rodamiento eje "C"

### ***Pavimento del puente vehicular***

El procedimiento para colocar la carpeta asfáltica en la junta (zona de peines), localizada sobre los apoyos móviles del puente deberá contemplar las características del tipo de junta, colocado y fraguado el firme estructural y previa colocación de la junta móvil (ver plano estructural) se procederá a rellenar las fisuras existentes en toda el área, con emulsión catiónica de rompimiento medio RM-2K.

De ser necesario, se colocará una capa reniveladora de concreto asfáltico de 1.5 cm. de espesor (máximo). Las características de la mezcla serán las mencionadas en el punto II.5.5 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 mismas características antes especificadas y se colocará a tope en la zona de la junta de calzada, con la salvedad de que ésta tendrá un espesor de 10 cm. omitiendo el riego de impregnación, únicamente se aplicará un riego de liga sobre el firme estructural que deberá de presentar una superficie regular y libre de partículas sueltas.



Carpeta de rodamiento eje “A”

### **II.5.7 Obras complementarias**

#### ***Señalamiento definitivo***

Este señalamiento se ubicará en los lugares indicados en el proyecto, se fabricará, suministrará y colocará, respetando las especificaciones y normas requeridas.

Existen dos tipos de señalamientos horizontal y vertical, en este caso el primero en realizarse será el horizontal, el cual consta del trazo de los carriles, estos se marcarán ubicando el eje para referencia y trazando el hombro izquierdo y derecho de la vialidad,



después los ancho de carril; en el eje “A” serán tres carriles de 3.3 m y en el eje “C” dos carriles de 3.5 m



Pintado de guiones



Guiones

Como parte del señalamiento se colocarán vialetas con reflejante en una cara, de dos tipos: blancas que se colocaron con pegamento epóxico, intermedios a los guiones que serán de 5 m de longitud y a una separación de 10 m, amarillas, se colocaran sobre el hombro de la vialidad a cada 10 m, adicionalmente en el parapeto metálico se colocaran reflejantes; también se pintaran rayas canalizadoras en cuatro agujas: en la entrada por la Autopista Puebla-México, en la incorporación a la gaza que conecta con la Calzada Ermita Iztapalapa, una de salida al final de la gaza y otra mas de salida en el eje “A”, para estas agujas se utilizará pintura termoplástica y pintura tradicional, sobre estas también se colocaran vialetas blancas.



Rayas canalizadoras



Pintado de flechas

En el señalamiento vertical, se colocarán chevrones, reductores de velocidad, señalamiento de velocidad máxima, dos señales elevadas tipo bandera doble, una señal elevada tipo puente, señales preventivas, señales restrictivas, señales informativas, señalamiento elevado, etc.



Señal elevada tipo bandera doble



Colocación de señalamientos

### ***Instalaciones***

De acuerdo con el avance de la construcción de la obra civil y la estructura, se realizarán las instalaciones indicadas en el proyecto como: el alumbrado sobre el puente y bajo el puente, el rehabilitado del alumbrado existente que incluye: las tuberías, las conexiones, los postes, las luminarias, los ductos, cableados, tubos ahogados en firme sobre el puente, tubería conduit, los registros de tabique recocido y de concreto, los interruptores, las acometidas, las tierras físicas, etc.



Colocación de postes

También se incluye la construcción del drenaje pluvial, la construcción y nivelación de pozos de visita, la tubería de concreto simple, la tubería de polietileno, la conexión de atarjeas, la reubicación de coladeras de banquetas, los ductos para acometida, los tubos y varillas para la tierra física, etc. Se tiene especial cuidado para la realización del tendido de firmes y del colado de elementos dejando los pasos y preparaciones correspondientes.



Colocación de rejilla

### ***Albañilería y acabados***

En este rubro se incluye las actividades correspondientes a:

Las guarniciones, las banquetas, las rampas y las cenefas de concreto.

Las guarniciones serán de concreto simple r.n. de 15x20x50 cm. con resistencia de  $f_c=200$  Kg./cm<sup>2</sup>, las banquetas serán de concreto simple r.n. con resistencia de  $f_c=150$  Kg./cm<sup>2</sup> de 10 cm. de espesor, las rampas serán de concreto reforzado con resistencia de  $f_c=150$  Kg./cm<sup>2</sup> de 10 cm. de espesor, reforzado con malla electrosoldada del tipo 6-6/10-10, las cenefas de concreto tendrán una resistencia de  $f_c=150$  Kg./cm<sup>2</sup> de 10 cm. de espesor.

Estos elementos se construirán conforme se avance en los trabajos de terracerías y estructuración. Estarán desplantados sobre material previamente compactado y se verificará su trazo y alineación de cada elemento.

### ***Jardinería***

Se colocará tierra vegetal y se plantará césped kikuyo en rollo cubriendo el 100% de la superficie. El suministro y plantado de arbustos y árboles se realizará con una densidad cuidada de 9 piezas por m<sup>2</sup>. Se incluye el riego y mantenimiento hasta su completa adaptación.

### **III. PROGRAMA DE OBRA**

Todas las actividades que estén contempladas en la realización de un proyecto deben conocerse, esto permitirá identificar todos los detalles de cada una y facilitará su construcción; nos ayudará a determinar el tiempo de entrega de los materiales, la cantidad de mano de obra y la clasificación, el tipo de maquinaria y el tiempo que se empleará. Todos estos factores además nos ayudarán a determinar los costos de la construcción y las posibles contingencias a las que se tuviera que recurrir por cualquier imprevisto. Para construir de manera adecuada desde los puntos de vista técnico y económico, se ha de definir al establecer el proyecto el plazo de duración de la obra, las condiciones que se deben cumplir, que son propiamente las condiciones de proyecto, a fin de elegir correctamente los materiales adecuados, así como la mano de obra y el equipo.

Para el proyecto se analizó el costo de los recursos materiales, humanos, maquinaria y equipo, así como subcontratos, fletes, salarios de la zona, el clima, rendimientos, los cargos por laboratorio y lo concerniente al costo de las actividades durante la ejecución de los trabajos, todo esto para representar lo que sería el Costo Directo.

Para el Costo Indirecto la organización está considerando para el proyecto las prestaciones determinadas para la zona, la logística, las instalaciones, los servicios y la duración de los trabajos en el proyecto. Para la integración de los precios unitarios se consideran los materiales, fletes, y la maquinaria que intervienen en cada uno de ellos.

El Programa de Obra se elaboró para este proyecto por medio de un programa implantado por el cliente tomando como base el tiempo descrito en el contrato para la ejecución de los trabajos. Para los subcontratos se elaboró un programa particular y este se revisa constantemente para analizarlo.

Cada una de las actividades mencionadas en el capítulo anterior, se representan en cantidades de trabajo las cuáles son expresadas con una unidad apropiada, para que de esta manera se pueden estimar con el avance de obra. Con estos datos es posible calcular el tiempo total que se requiere para ejecutar cada actividad, considerando algunos tiempos perdidos como lluvia, alguna falla de maquinaria, ausencia de mano de obra, etc.

Para cada partida con base al alcance especificado y la cantidad de obra a ejecutar, se asignaron los recursos que nos aseguraron que se dará cumplimiento a lo solicitado por el cliente, por lo que se determinó la cantidad de los materiales necesarios considerando sus desperdicios, la mano de obra (también considerando sus rendimientos) y la maquinaria (con sus rendimientos), el equipo de seguridad, laboratorio para las pruebas necesarias y de esta forma se garantizó que se tienen los recursos suficientes para la correcta ejecución de los trabajos. Una vez conocidos a detalle los trabajos a realizar, se iniciará con las instalaciones, para que empiecen a llevarse a cabo las actividades. La primer instalación serán las oficinas donde se llevará el control de cada una de las áreas a vigilar del proyecto, las cuáles quedarán ubicadas cerca de la obra, así como el almacén en donde se encuentran las herramientas de mano y los materiales, equipos de seguridad, etc.



OBRA:		FECHA DE INICIO:		FECHA DE TERMINACION:	
Construcción del Puente que Conectará a la Autopista México-Puebla con la Carretera Ermita Izapalapa (Cuerpo "A" del Distribuidor Vía Zaragoza-Texcoco)		28-Ago-06		28-Jun-07	
UBICACIÓN: Intersección de las Vialidades Caz. Ignacio Zaragoza, Caz. Ermita Izapalapa y Autopista México-Puebla, Deleg. Izapalapa, México, D.F.		DURACION TOTAL DE LOS TRABAJOS: 304 días Naturales			
MAGUINARIA Y EQUIPO		DENOMINACION	UNIDAD	DENOMINACION	UNIDAD
ANDAMIOS		COMPACTADOR NEUMATICO PF300	HRS	BALARINA DE 4.5 HP	HRS
SEGURIDAD, PROTEC. E HIGIENE		COMPRESOR PORTATIL G. DENVER 600 PCM	HRS	BOMBA EMBOLO PARA PRUEBA DE TUBERIA	HRS
HERRAMIENTA MENOR		COMPRESOR PORTATIL G. DENVER 375 P.C.M.	HRS	CAMION CON PIPA PARA AGUA DE 8,000 LTS	HRS
CAMIONETA DE ESTACAS F-350		GRUA HIDRAULICA GROVE MODELO RT755 50 T.	HRS	PETROLIZADORA SEAMAN GUNISON DE 6000LT	HRS
BARREDORA AUTOPROPULSADA RB-4S		COMPACTADORA DE PLACA W 8850Y	HRS	GENERADOR DE VAPOR, CENTHOR PACK	HRS
GENERADOR DE ENERGIA ELECTRICA CON MOTOR GX340C, DE 50 HP, DE 20 KVA		REVOLVEDORA MIPSA DE UN SACO R-10	HRS	TRACTOCAMION ESP.	HRS
CAMION DE VOLTEO 7 M3		MEZ. DE BENTONITA COISA MCO 2.3 X3	HRS	GATO DE TENSADO Y BOMBA	HRS
DRAGA SOBRE ORUGAS 0.57 M3 (314 YD3)		VIBRADOR ELECTRICO WACKER (RFLN57	HRS	GRUA HIDRAULICA LIEBEHR DE 300 TON	HRS
ROMPEDORA DE PAVIMENTO ATLAS COPCO TEX 39		MAQUINA PINTARRAYAS TMT	HRS	GRUA GROVE 6300 300 TON	HRS
PAVIMENTADOR S/O D.F. -140		CORTADORA DE CONCRETO CIPSA CC12K	HRS	GRUA GROVE 7450 500 TON	HRS
SISTEMA ESPECIAL PIPRODUCIR Y RECICLAR LODOOS Y BENTONITA MCA. AMERICAN AUGERS		PLANTA DE ASFALTO P/M3000	HRS	GRUA LIEBEHR LTM1800 800 TON	HRS
GRUA DRAGA S/ORUGAS LINKBELT LS118		EQ. ELECTROGENO MAXLITE III ALLIUMND (OMAC) 4" X 1000 W	HRS	HUMACA	HRS
RETROEXCAVADOR SOBRE ORUGAS CAT320B		CAMION DE REDILAS CON GRUA HIAS 3 TON	HRS	MANOGRIFO	HRS
CARGADOR FRONTAL SINEUM CAT 956-G		CALD. GEN. DE VAPOR CLAYTON EO 1001 1000B	HRS	MANOMETRO ALTA TENSION (210-700 KG/CM2)	HRS
PERFORADORA ROT. AUTOP. WATSON MOD 5000C		GRUA S/CAM HIAS 6 TON	HRS	PLATAFORMAS MODULARES	HRS
MOTOCORFORMADORA CAT 120H		DOBLADORA DE VARILLA DAR 55	HRS	SOLDADORA RECTIFICADORA POWCON	HRS
COMPACTADOR MIXTO CAT C6553C		CORTADORA DE VARILLA ALBA CRM 55	HRS	EQUIPO DE CORTE MARCA SMITH	HRS
MARTILLO PILOTEADOR DELIMAG D30		PLANTA DE SOLDAR COMB. SAE 300	HRS	ESTACION TOTAL SOKKA SET 610	HRS
FRESADORA ASB WIRTGEN 2100-DC		BOMBA LODOOS G. RUPP 1402B 4"	HRS	NIVEL LEICA	HRS
COMPACTADOR TANDEM CB434-C		BOMBA AUTOCEBANTE DE 3" DIAM. 20 MU	HRS		
PLANTA DE LUZ DE 545 KW CATERPILLAR		BOMBA CENT. COMB MCO 27MD 4" BARNES	HRS		

De manera estudiada se realiza la siguiente secuencia constructiva:

Se atacará en 2 frentes simultáneamente, partiendo del centro del puente hacia los extremos, (frente 1 y frente 2), tomando en cuenta lo solicitado en las bases de la licitación, esto para dar tiempo a la liberación de las interferencias existentes, y de ésta manera atendiendo a las actividades principales que forman la ruta crítica del proyecto dándoles prioridad.

Para la ejecución de un trabajo de construcción se tiene la alternativa de utilizar diferentes equipos para su realización y para hacer la elección adecuada se debe hacer el análisis de distintas alternativas, pues el resultado de éste análisis influirá en menor o mayor grado en el éxito de la obra. Actualmente los equipos de construcción buscan la eficiencia, y algunos son proyectados para realizar más de una actividad.

Los factores más importantes para la selección de la maquinaria, son la rapidez, la facilidad y costo con que puedan conseguirse. El empleo de diferentes equipos se puede obtener a través de la propiedad o por alquiler, esto está en función del tiempo en que se va a utilizar ya que si su uso se prolonga lo mejor es adquirirla de lo contrario rentarla es una buena opción.

Dentro de éste proyecto las organizaciones participantes en el proyecto son: El Gobierno del Distrito Federal, La Dirección General de Obras Públicas, Supervisión Externa y la empresa Ingenieros Civiles Asociados S.A. de CV. (Con proveedores y subcontratistas).

Las relaciones entre la parte contratante y la constructora deben quedar establecidas por un documento (Contrato), que sirve de base para fijar las políticas a seguir durante la construcción en el cuál se estipulan los derechos y obligaciones de las partes que intervienen en los trabajos. En el contrato se deben especificar claramente el objeto e importe de los trabajos y formarán parte del mismo todos los anexos como son:

- Planos
- Programas
- Especificaciones
- Y cualquier otro documento necesario para la correcta interpretación de la obra.

Así la contratista se obliga a realizar la obra cumpliendo en todo con los términos y especificaciones de cantidad, calidad y tiempo marcados en el contrato, atendiendo las observaciones del residente de supervisión. Por otro lado, una vez establecido el pacto es necesario tener especial cuidado en la contratación de personal calificado, y así asegurar el cumplimiento del programa.

## **Especificaciones Técnicas**

### **Especificaciones del Concreto**

#### ***Concreto Hidráulico.***

Estas especificaciones regirán los requisitos mínimos que deberán cumplir los materiales, procesos, procedimientos de elaboración y ejecución necesarios para la construcción de elementos y estructuras de concreto del proyecto. Están sustentadas y deben cumplir en orden de prioridad en las siguientes Normas Base:

Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y sus respectivas Normas Técnicas complementarias (RCDF-04).

Especificaciones para el Proyecto y Construcción de las Líneas del Metro de la Ciudad de México (Capítulo 4.01.01.002 - COVITUR).

Normas Mexicanas (NMX).

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).

En estas especificaciones se aplicaron las definiciones que emplean los reglamentos del Instituto Americano del Concreto (A C I-318-1999), y La Asociación Americana de Carreteras Estatales y de Transportación Oficial (A A S H T O 1999, 19<sup>a</sup> Edición).

Los materiales que se emplean en la elaboración de concreto hidráulico serán:

Cemento Pórtland, agregados finos y gruesos seleccionados, agua y aditivos, aprobados por la Dirección de la Obra.

El control de calidad de los materiales empleados, se efectuará por un laboratorio, que esté capacitado para efectuar las pruebas de control. La calidad del concreto endurecido se verificará en un laboratorio acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación (E M A).

#### ***Cemento Pórtland***

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

#### ***Agregados***

Los agregados utilizados cumplirán con las especificaciones señaladas por las Normas Mexicanas (NMX), dichos agregados se obtendrán de los bancos o depósitos aprobados previamente y serán seleccionados solo aquellos que cumplan con los parámetros especificados en Normas Base. Se excluirán los agregados andesíticos. El contratista deberá efectuar su clasificación por tamaños, de acuerdo al tipo de concreto solicitado. Se efectuarán muestreos periódicos a los agregados provenientes de los bancos, a fin de comprobar su uniformidad o variaciones en sus características que pudieran modificar o



anular su utilización. Para los muestreos periódicos se tomara una muestra al inicio del suministro, por banco y tipo de material y posteriormente al menos una muestra por mes por tipo de material y por banco.

Los agregados gruesos serán del tipo calizo o basáltico y cumplirán con las especificaciones de la norma NMX-C-111-1988 y con los valores de densidad, absorción y abrasión siguientes:

Densidad	2.5	Mínimo
Absorción	1.5%	Máximo

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

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

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

### *Agua*

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

### *Aditivos*

En todos aquellos elementos estructurales en los que el proyecto indique el uso de concreto clase I colado en sitio o premezclado deberá usar un aditivo fluidizante que permita el manejo adecuado de la mezcla durante el colado. Se deberá tener cuidado de hacer un diseño de mezcla, tal que considere la presencia de este aditivo a fin de no provocar una disminución de la resistencia solicitada en proyecto. El uso de otros aditivos para el concreto deberá contar con la autorización de la Dirección de la obra, siempre y cuando su uso se justifique plenamente, ya sea por indicaciones en planos, o

por causas de fuerza mayor. Dichos aditivos deberán cumplir con lo señalado en las especificaciones de las Normas Mexicanas.

*Elaboración del concreto.*

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

A) Proporcionamiento de las mezclas.

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

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

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

<i>Resistencia del concreto</i>	<i>Elemento</i>
$f'c = 100\text{ kg/cm}^2$	Plantillas
$f'c = 250\text{ kg/cm}^2$	Pilas
$f'c = 350\text{ kg/cm}^2$	Cimentaciones
$f'c = 600\text{ kg/cm}^2$	Columnas
$f'c = 600\text{ kg/cm}^2$	Cabezal
$f'c = 600\text{ kg/cm}^2$	Trabes
$f'c = 300\text{ kg/cm}^2$	Firmes
$f'c = 350\text{ kg/cm}^2$	Conexión zapata-columna
$f'c = 600\text{ kg/cm}^2$	Conexión trabe-columna

Estos concretos quedan clasificados en:

Concreto clase 1. Cuando la resistencia especificada sea igual o mayor a  $250\text{ kg/cm}^2$ .

Concreto clase 2. Cuando la resistencia especificada sea menor a  $250\text{ kg/cm}^2$ .

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

B) Dosificación.

La dosificación de las mezclas deberá cumplir con lo indicado en el ACI-304-1993 y en el ACI-211.1-1991. Las cantidades de cemento, agregados y agua, serán determinados

por peso. Los dispositivos para pesar serán verificados cada 90 días mediante el representante de la *supervisión* o lo que las Normas Base indiquen.

Los aditivos se añadirán con el procedimiento y tiempo de mezclado aprobados.

El recipiente de mezclado deberá ser lavado en cada cambio de mezclas y al finalizar el turno de trabajo.

#### C) Transporte.

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

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

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

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

Cualquier otro método de transporte de concreto, deberá ser aprobado por el representante de la *supervisión*.

El contratista deberá contar con un sistema de comunicación expedito entre la planta de elaboración de concreto y el sitio de colocación del mismo, de tal manera que se pueda identificar oportunamente las características del concreto que se transporta.

Los sistemas de transporte deberán ser lavados en cada nuevo proporcionamiento del concreto y al finalizar el tramo de trabajo.

#### D) Colocación del concreto.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

E) Colados con temperaturas altas.

No se colocará concreto cuando la temperatura ambiente exceda de 32 grados centígrados. En caso de persistir ésta, el contratista someterá a la aprobación de la *supervisión* un método de colado apropiado.

F) Curado del concreto.

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

Todo el concreto colado deberá ser protegido contra condiciones climáticas adversas. Se prevendrá la rápida evaporación debida por altas temperaturas, viento, o ambas. El concreto elaborado con cemento tipo II, deberá ser curado por un periodo que se adapte a las condiciones del lugar, pero no menor a cuatro ( 4 ) días.

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

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

### ***Concreto Premezclado.***

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

El concreto premezclado deberá cumplir con las especificaciones listadas anteriormente y las especificaciones de las Normas Oficiales Mexicanas ( NMX )

### ***Datos para pedidos.***

Los pedidos de concreto premezclado, deberán incluir como mínimo los datos siguientes:

- Cantidad de concreto fresco, expresada en metros cúbicos.
- Resistencia especificada y edad a la que se obtendrá.
- Clase de concreto.
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Revenimiento en el sitio de la entrada.
- Contenido de aire.
- Tipo de cemento utilizado.
- Aplicación y tipo de aditivo usado.
- Horario de salida de la planta y llegada a la obra.

### ***Aceptación de la planta y control de calidad del concreto.***

El control de calidad y la aceptación de la planta de premezclado, se efectuarán por el laboratorio de la *supervisión*, para lo cual este último visitará e inspeccionará las instalaciones del fabricante. También, aprobará a los fabricantes propuestos por el contratista en caso de cumplir con todas las especificaciones indicadas en Normas Base en la elaboración del concreto.

### ***Pruebas en el concreto.***

Para los requisitos de calidad del concreto, se deberán satisfacer los requisitos señalados en las Normas Base citadas, y con las modificaciones y adiciones siguientes:

#### A) Generalidades.

Concreto fresco es aquel que no ha alcanzado su fraguado inicial, que se define como el lapso que transcurre desde que se agrega agua a la mezcla y hasta que alcanza una resistencia a la penetración igual a treinta y cinco (35)  $\text{kg/cm}^2$ , determinado conforme al método estipulado por la prueba ASTM-C-403-1999 (NMX-C-177-1986).

Para diseñar una mezcla de concreto, se determinarán las siguientes características:

- Tamaño máximo nominal del agregado.
- Consistencia del concreto recién mezclado, definido por su revenimiento.
- Clase y tipo de cemento que se deberá emplear, según se indique en planos, identificando previamente la fábrica de procedencia.
- Clase y tipo de aditivo y los efectos que con su empleo se pretende obtener.
- Relación agua - cemento máxima permisible según Norma Base. En caso de aplicación de aditivo superfluidificante considerarlo en la relación.

#### B) Tamaño máximo del agregado.

El tamaño máximo permisible en los agregados será el más grande que pueda emplearse, sin exceder de los siguientes valores:

- La quinta (1/5) parte de la menor dimensión que vaya a existir entre los lados de las formas del molde del elemento por colar.
- La tercera (1/3) parte del espesor del concreto, tratándose de losas o pisos.
- Las tres cuartas (3/4) partes del espacio libre mínimo que vaya a existir entre varillas individuales contiguas del acero de refuerzo o paquetes de varillas.
- Cuando el concreto se transporta por medio de bomba o equipo neumático se respetarán las instrucciones de fabricación del equipo, pero en ningún caso excederá la tercera (1/3) parte del diámetro de la tubería de conducción o lanzado.

El tamaño máximo nominal del agregado se definirá a partir del máximo permisible, disminuyendo éste para hacerlo igual a la abertura de la malla comercial más próxima.

#### C) Consistencia.

Las mezclas de concreto deberán diseñarse con el revenimiento más bajo que pueda usarse, según el tipo de elemento a colar. En ningún caso los revenimientos podrán exceder de los siguientes:

- Zapatas y muros de cimentación: 10 cm.
- Vigas y muros reforzados: 10 cm.
- Columnas reforzadas: 10 cm.
- Pavimentos y losas reforzadas: 6 cm.
- Pavimentos y revestimientos simples: 6 cm.
- Concreto en masa: 6 cm.
- Elementos preesforzados: 10 cm.

Todos los revenimientos aplicarán antes de agregar aditivo superfluidificante. Cuando se trate de colados sumergidos, deberán realizarse ensayos previos de los materiales

disponibles, con objeto de conocer el revenimiento más bajo posible con el que la mezcla de concreto podrá fluir y adecuarse a las condiciones del sitio de colado. Las tolerancias de revenimiento para la aceptación o rechazo del concreto serán las siguientes:

Para revenimientos especificados menores de 5 cm.	+/- 1.5 cm.
Para revenimientos especificados de 5 a 10 cm.	+/- 2.5 cm.

#### D) Peso volumétrico en estado fresco.

El peso volumétrico del concreto en estado fresco determinado de acuerdo al método de prueba de la norma NMX-C-162-ONNCCE-2000, será superior a 2,200 kg/m<sup>3</sup> para el concreto clase 1, y para el concreto clase 2, debe estar comprendido entre 1,900 y 2,200 kg/m<sup>3</sup>; y la frecuencia del control, deberá cumplir con lo asentado en el (RCDF-97, 11.3.2 ).

#### E) Relación agua-cemento.

Es el cociente del peso del contenido de agua neta de mezclado en una revoltura entre el peso de su contenido de cemento. Para el concreto siempre deberá ser menor que la unidad.

Agua neta del concreto es la cantidad que teóricamente resulta de restar en una revoltura el agua total de mezclado, el agua que puedan absorber los agregados o sumar al agua total de la mezcla, el agua que puedan ceder los agregados.

#### F) Temperatura.

La temperatura del concreto será sujeto a control cuando se efectúen colados a temperaturas extremas o en grandes masas según norma ASTM-C-1064-1999. Temperaturas límites, mínima 16°C y máxima 32°C.

En tiempo caluroso cuando se observe una pérdida de revenimiento o fraguado demasiado rápido, se deberán enfriar los materiales antes de ser mezclados y el agua, se sustituirá por hielo triturado, de un tamaño tal que éste se derrita completamente durante el mezclado.

Alternativamente los colados se podrán efectuar de noche, en las horas de más baja temperatura. Así mismo los bultos de cemento para la elaboración del concreto se almacenarán dentro de una bodega o cobertizo. No se permitirá que estén bajo la acción directa del sol o cubiertos solo con una lona o material similar.

En tiempo frío, se deberá controlar la temperatura del concreto a la salida de la mezcladora y se protege después de colocado hasta que alcance una resistencia mecánica que le permita soportar sin daños las bajas temperaturas.

#### G) Fraguado.

El fraguado inicial del concreto es el lapso transcurrido desde el momento en que se agrega el agua a la mezcla, hasta que el concreto adquiere la rigidez correspondiente a

una resistencia a la penetración de 35 kg/cm<sup>2</sup> determinada conforme lo estipulado en la prueba ASTM-C-403-1999 (NMX-C-177-1986).

La verificación del tiempo de fraguado tiene por objeto comprobar que el concreto se coloque antes de alcanzar su fraguado inicial y que una vez colocado y compactado, no sea sometido a vibración adicional, después del fraguado inicial.

#### H) Resistencia del concreto.

Resistencia a compresión es el esfuerzo de ruptura del concreto endurecido, que se obtiene en especímenes cilíndricos estándar, ensayados a compresión axial, expresada en kg/cm<sup>2</sup>. De acuerdo al método de prueba de la norma NMX-C-083-1997-ONNCCE.

Salvo especificación contraria, todos los ensayos se efectuarán a los veintiocho (28) días de edad del concreto para concreto normal y a catorce (14) días para concretos de resistencia rápida.

Los planos deberán especificar la resistencia a compresión (f'c). El informe de la prueba de cada espécimen deberá incluir los siguientes datos cuando menos:

- Número de identificación.
- Obra de procedencia y lugar del colado.
- Planta mezcladora y número del camión muestreado cuando se trate de concreto premezclado.
- Diámetro y altura del espécimen, si no es estándar, en cm.
- Área de la sección transversal en cm<sup>2</sup>.
- Carga máxima en kg.
- Resistencia a compresión en kg/cm<sup>2</sup>.
- Tipo de falla cuando no se presenta el cono usual.
- Defectos observados en el espécimen o en las cabezas.
- Edad del espécimen en días.
- Revenimiento de la muestra en cm.
- Clase del concreto.

De acuerdo al grado de calidad del concreto, se deben cumplir los siguientes requisitos:

#### *Concreto clase 1*

- No más del 10% de las muestras ensayadas deben presentar una resistencia a la compresión inferior a la especificada ( f'c ).

- Como muestra individual, el concreto debe cumplir por lo menos con la resistencia especificada ( f'c ), menos 35 kg/cm<sup>2</sup>.

- Los promedios de resistencia a compresión de todos los conjuntos de tres muestras consecutivas pertenecientes o no al mismo día de colado, no serán menores que la resistencia especificada ( f'c ).



### Concreto clase 2

- No más del 20% de las muestras ensayadas, deben presentar una resistencia a la compresión inferior a la especificada ( $f_c$ ).
- Como muestra individual, el concreto debe cumplir por lo menos con la resistencia especificada ( $f_c$ ) menos 50 kg/cm<sup>2</sup>.
- Los promedios de resistencia a compresión de todos los conjuntos de siete muestras consecutivas, pertenecientes o no al mismo día de colado, no serán menores que la resistencia especificada ( $f_c$ ).

Cuando el número de pruebas es insuficiente para calcular el promedio de pruebas consecutivas establecidas según la calidad del concreto, el promedio de los resultados obtenidos debe ser igual o mayor que las cantidades indicadas a continuación:

No. de pruebas	Valores de resistencia en kg /cm <sup>2</sup>	
	Concreto clase 2	Concreto clase 1
1	$f_c - 50$	$f_c - 35$
2	$f_c - 28$	$f_c - 13$
3	$f_c - 17$	$f_c$
4	$f_c - 11$	
5	$f_c - 7$	
6	$f_c - 6$	
7	$f_c$	

#### I) Pruebas de corazones.

Si las pruebas individuales de muestras curadas en el laboratorio producen resistencias menores a ( $f_c - 50$  kg./cm<sup>2</sup>) para concreto clase 2, y ( $f_c - 35$  kg./cm<sup>2</sup>) para concreto clase 1, y/o las pruebas de los cilindros curados en campo indican deficiencias de protección y curado, y se confirma que el concreto es de baja resistencia, deben probarse especímenes extraídos de la zona de duda, de acuerdo al método de prueba indicado en la norma NMX-C-169-1996-ONNCCE.

Deben tomarse tres corazones para cada resultado de prueba de cilindros que esté por debajo de la resistencia permisible; si el concreto de la estructura va a estar seco durante las condiciones de servicio, los corazones deben secarse al aire durante 7 días antes de la prueba y deben probarse secos. Si el concreto de la estructura va a estar más que superficialmente húmedo durante las condiciones de servicio, los corazones deben sumergirse en agua por lo menos durante 48 horas y probarse húmedos.

El concreto de la zona representada por los corazones se considera estructuralmente satisfactorio, si el promedio de los tres corazones es de por lo menos el 80% de la resistencia especificada ( $f_c$ ) y si la resistencia de ningún corazón es menor que el 70% de la resistencia especificada ( $f_c$ ).

Se permite probar nuevos corazones de las zonas representadas por aquellas que hayan dado resistencias erráticas.

Si la resistencia de los corazones ensayados no cumplen con el criterio de aceptación que se ha descrito, la Dirección de la obra podrá autorizar la realización de pruebas de carga o tomar las medidas que considere adecuadas.

J) Módulo de elasticidad.

Deben tomarse cilindros adicionales para la determinación del módulo de elasticidad del concreto, de acuerdo al método de prueba descrita en norma NMX-C-128-1997-ONNCCE.

Para el concreto clase 1, el módulo de elasticidad a 28 días de edad, será como mínimo  $14000 \sqrt{f'_c} \text{ kg/cm}^2$  y  $8000 \sqrt{f'_c} \text{ kg/cm}^2$  para el concreto clase 2.

K) Frecuencias de pruebas.

Deberán realizarse determinaciones de la calidad del concreto y sus componentes mediante los ensayos correspondientes, según el tipo de elemento, cada vez que la dirección de la obra lo solicite; pero con una frecuencia no menor a la señalada a continuación:

<b>PRUEBA</b>	<b>FRECUENCIA</b>
Consistencia de las mezclas mediante prueba de revenimiento	1 prueba por unidad premezcladora o por cada 5 m3
Peso volumétrico en estado fresco	1 prueba por día, por planta, por tipo de concreto, pero no menos de una prueba por cada 20 m3.
Resistencia a la compresión	5 cilindros por cada 40 m3 o fracción
Resistencia a la flexión ( módulo de ruptura )	3 vigas cada 40 m3 o fracción (especialmente en pavimentos).
Módulo de elasticidad	1 prueba por mes, por planta, por tipo de concreto
Cemento	1 prueba por mes, por tipo de cemento
Agregado para concreto	1 prueba por mes, por planta
Agua para concreto	1 muestra al inicio del suministro por planta
Temperatura *	Una prueba por cada 40 m3 o fracción para concreto premezclado, o una por día de colado para concreto hecho en obra.
Contenido de Aire **	Una prueba por cada entrega para concreto premezclado, o por cada 5 revolturas para concreto hecho en obra.
Contracción por secado y coeficiente de deformación diferida.	Al inicio de obra y en cada cambio de diseño de mezcla para cada tipo de resistencia.

\* Si la temperatura ambiente es menor de 7 °C o mayor de 32 °C.

\*\* Cuando el proyecto solicite concreto con aire incluido.

## ***Concreto Preesforzado***

### *Materiales*

Los materiales para la elaboración de elementos de concreto, preesforzado y precolado, ya sea en planta o a pie de obra, deberán cumplir los requisitos mencionados anteriormente en esta misma especificación.

### *Concreto*

El concreto a utilizar en elementos preesforzados tendrá la siguiente resistencia:  
Concreto pretensado:  $f'c = 600 \text{ kg./cm}^2$  o el indicado en planos se deberá considerar el uso de aditivo superfluidificante.

### *Mortero para inyección*

Los morteros para inyectado se harán empleando cemento Portland tipo II, aditivo estabilizador de volumen y agua, en donde su relación agua-cemento no exceda de 0.45, ni que el sangrado del dos (2) por ciento después de tres (3) horas de colado o un máximo de cuatro (4) por ciento cuando su medición se haga en laboratorio.

No se aceptará ningún aditivo que contenga cloruros o sulfatos y el empleo de cualquier otro requerirá de la aprobación de la Dirección de la Obra.

### *Elaboración*

La forma y dimensiones de los elementos y de sus componentes, así como la colocación de ductos, cables, refuerzo adicional, dispositivos de anclaje y demás operaciones se harán conforme a lo establecido en los planos.

Es obligación del contratista que durante la ejecución de los trabajos o la obra, disponga de los servicios de un técnico especializado en concreto preesforzado y experto en el sistema a utilizar, para supervisar las diferentes etapas de fabricación, inspección, manejo y montaje de todos los elementos y/o sus partes.

Es obligación del contratista facilitar el acceso a la planta o lugar de fabricación, al personal representante de la *supervisión* para que verifique el cumplimiento del proyecto, los procedimientos de construcción y efectúe el muestreo y las pruebas que se consideren necesarias.

### ***Morteros con Aditivos Estabilizadores o Expansores.***

Esta sección de la especificación trata de los materiales, la elaboración y el proporcionamiento para los morteros que se usarán como relleno bajo superficies horizontales y para el relleno de huecos que alojarán anclas.

### *Materiales*

El cemento, agregados, agua y aditivos, deberán cumplir los requisitos de estas especificaciones.

Cuando se utilicen aditivos expansores o estabilizadores, su proporcionamiento se sujetará a las especificaciones y/o recomendaciones del fabricante.

El agregado fino deberá cumplir con las especificaciones de la Norma ASTM - C33-2001 (NMX-C-111-1988) y el agregado será graduado y de bordes redondeados, conforme se indique en los planos y previa autorización del representante de la *supervisión*. El porcentaje de material que pase la malla No. 200 no excederá del cinco (5) por ciento.

#### *Elaboración de los morteros.*

La mezcla del mortero se elaborará en máquinas revolventoras de la capacidad adecuada, cuyas características serán previamente aprobadas por el representante de la *supervisión*. El mezclado a mano no se permitirá.

Previa a su colocación la superficie que recibirá el mortero deberá estar completamente limpia, dejándola rugosa.

Los huecos para los pernos o anclas, deberán ser limpiados inmediatamente antes de colocar la placa en posición, y antes de colocar el mortero entre las superficies, se limpiará nuevamente y humedecerá en su totalidad; los huecos de las anclas a rellenar deberán estar libres de agua.

El mortero deberá estar colocado en su sitio dentro de los treinta (30) primeros minutos posteriores a su mezclado. El mortero debe colocarse utilizando una varilla de diámetro adecuado o cualquier otro método autorizado por el representante de la *supervisión*, siempre y cuando dicho mortero llene completamente el espacio.

En todos los casos el mortero deberá ser trabajado por un lado determinado y en una sola dirección, manteniendo una secuencia que evite la formación de vacíos. Los morteros con aditivo expansor no deberán ser vibrados.

Deben ser fijadas cimbras alrededor de la placa base y al nivel de la parte superior de ella; el espacio entre la cimbra y la placa base será de setenta y cinco (75) milímetros, pero en el sitio se definirá la distancia exacta.

Las aristas expuestas del mortero se achaflanarán en ángulo de cuarenta y cinco (45) grados.

La cimbra no se removerá antes de veinticuatro (24) horas después de colocado el mortero y se mantendrá húmedo por un período de cinco (5) días.

#### *Proporcionamiento*

La resistencia mínima nominal de los morteros será de 450 kg/cm<sup>2</sup> a los veintiocho (28) días, excepto donde los planos indiquen lo contrario.

Para rellenar superficies donde la dimensión libre mínima es de cincuenta (50) milímetros, el mortero tendrá un proporcionamiento de 1:1.25:1.75 en peso. Su trabajabilidad deberá ser medida mediante el cono de revenimiento y estará entre los

cien (100) y doscientos (200) milímetros. Cuando la dimensión libre entre superficies de contacto sea menor de cincuenta (50) milímetros, el mortero tendrá un proporcionamiento en peso de 1:1.

En ocasiones se usará mortero seco añadiendo a la mezcla, agua suficiente para que el revenimiento no exceda los cinco (5) milímetros. Para dimensiones menores de setenta y cinco (75) milímetros el proporcionamiento de la mezcla será de 1:2 y para dimensiones mayores de setenta y cinco (75) milímetros, la proporción de la mezcla será de 1:1:2 con un solo tamaño de agregado grueso de diez (10) milímetros.

## **Especificaciones del Acero**

### ***Acero de Refuerzo***

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

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

### ***Materiales***

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

En cuanto a la composición química del acero empleado en la fabricación de varillas, y respecto al análisis del colado, el contenido de fósforo en el acero no debe exceder de 0.050%, además el contenido de fósforo en la varilla no debe de exceder a 0.062%, en masa. El fabricante debe proporcionar por colada el contenido de carbono, manganeso, fósforo, azufre y carbono equivalente.

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

El acero de refuerzo, debe llegar a la obra sin oxidación perjudicial; así como exento de aceite o grasas, quiebres, escamas, hojeaduras y deformaciones de la sección. Deberá almacenarse bajo cobertizos y clasificarse según su tipo y sección, protegiéndolo contra la humedad y alteración química.

El contratista presentará la documentación que avale la calidad del acero de refuerzo suministrado a la obra incluyendo análisis químicos y características físicas. El representante del comprador, debe tener libre acceso, al material y a las plantas de fabricación para que se cerciore que la producción este conforme a las normas indicadas en este documento.

Se verificará la calidad del acero de refuerzo conforme a la norma NMX-C407-ONNCCE-2001, siguiendo los procedimientos de muestreo, en planta y por lote, indicados; también se aplicarán los métodos de pruebas definidos para cada muestra. Toda muestra debe cumplir con los requisitos químicos, dimensionales, de corrugaciones, masa, mecánicos y de acabado especificados en estas normas mexicanas.

### *Habilitado.*

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

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

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

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

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

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

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

- Salvo otra indicación, en una misma sección no se permitirá empalmar más del treinta y tres por ciento (33%) de las varillas de refuerzo.
- No deberán traslaparse varillas mayores del número ocho (8).
- En elementos sujetos a flexión, las varillas traslapadas sin contacto entre sí, no deben separarse más de veinte por ciento (20%) de la longitud de traslape ni más de 150 milímetros.
- La longitud de traslape de los paquetes de varillas será la correspondiente al diámetro individual de las varillas del paquete, incrementadas en veinte por ciento (20 %) para paquetes de tres (3) varillas y, treinta y tres por ciento (33 %) para paquetes de cuatro (4) varillas. Dentro del paquete, las varillas que lo forman no se traslaparán.
- Las juntas soldadas a tope deberán tener una resistencia de por lo menos ciento veinticinco por ciento (125 %) de la resistencia de fluencia de las varillas que se suelden. La soldadura para unir varillas de refuerzo debe realizarse de acuerdo a los lineamientos del código AWS (American Welding Society) vigente y Norma Oficial mexicana NOM-H-121-1998.
- Las varillas a tope se soldarán de acuerdo a los detalles que se indiquen en los planos.

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

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

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

### *Colocación*

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

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

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

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

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

#### A) Concreto colado " in-situ ".

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

#### B) Concreto precolado.

- Expuestas al terreno o al intemperismo; varillas No.12, 50 mm; varillas No.6 al No.10, 40 mm; varillas No.5 y menores, 25 mm.
- No expuesto al terreno o al intemperismo. Losas, muros y trabes: varillas No.12, 30 mm; varillas No.10, 15 mm. Vigas, trabes y columnas: Refuerzo principal, diámetro



nominal de una varilla o alambre, pero no menor de 15 mm ni mayor de 40 mm; anillos, estribos o espirales, 10 mm; varillas No.5 y menores, 10 mm.

### *Tolerancias*

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

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

### ***Acero de Preesfuerzo.***

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

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

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

De la misma manera las barras, se clasifican en grado 150 (10,500 kg/m<sup>2</sup>) o especial de grado 160 (11,250 kg/m<sup>2</sup>) y deberán cumplir con las normas ASTM A722 y ASTM A615, así como las especificaciones de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM).

## *Materiales*

### A) Acero de Preesfuerzo.

El contratista proporcionará a la *supervisión* los certificados de calidad que avalen las características del acero de preesfuerzo. Todo el acero de preesfuerzo deberá cumplir invariablemente con las especificaciones de las normas ASTM A-416, ASTM A-421 y/o NOM B-292.

Adicionalmente se debe controlar la calidad de los suministros mediante el ensaye de por lo menos una muestra por cada lote del acero de preesfuerzo.

Serán rechazados todos los alambres y/o torones que hayan sido desenredados. Todos los torones o alambres que se tensen a un mismo tiempo, serán tomados del mismo rollo.

Todo el alambre debe ser autodesenrollable, cuando una muestra de alambre de cinco (5) o siete (7) milímetros de diámetro y cinco (5) metros de longitud, se coloque libremente sobre una superficie plana, la flecha que forme no excederá de doscientos (200) milímetros.

El alambre que vaya a usarse en anclajes tipo botón, debe ser de calidad suficiente para permitir formar éste en frío.

El alambre a utilizar no debe llevar soldaduras o juntas. Cualquier unión que se hubiese efectuado en el proceso de fabricación del alambre deberá eliminarse.

Los torones deben tener un diámetro uniforme, no presentar defectos perjudiciales y tener un acabado compatible con una buena práctica de fabricación. No se permitirá que éstos estén aceitados o engrasados. Asimismo se deberá implementar una pista adjunta al molde en donde se realicen todas las actividades concernientes al corte y enhebrado del torón para evitar su contaminación considerando el periodo de lluvias. Una ligera oxidación, sin que haya causado picaduras visibles a simple vista, no será motivo de rechazo del material. Asimismo una vez tensados se deberán proteger para aplicar soldadura en áreas cercanas.

Tanto los alambres como los torones deberán identificarse con una etiqueta resistente y firmemente adherida en la que se indique la longitud, número de carrete, tamaño nominal y nombre o marca del fabricante.

### B) Alambre y torones.

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

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

### C) Ductos y anclajes.

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

En lo posible, se evitarán las juntas en los ductos. Cuando esto se presente, los traslapes tendrán cuando menos trescientos milímetros (300 mm). En ductos adyacentes, se evitará la introducción de materias extrañas, mediante un buen sellado entre juntas y ductos, y de éste con el anclaje.

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

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

Salvo lo fijado en los planos y/o lo ordenado por la *supervisión*, para el manejo y colocación de los ductos, se tomarán en cuenta las siguientes indicaciones:

- Se verificará la hermeticidad de los ductos y sus accesorios a fin de impedir la entrada de agua o lechada de concreto.
- En la fabricación y colocación no deberán dejarse caer o arrastrarse, quedando en el lugar indicado por el proyecto.
- Se fijarán en la posición indicada en planos, mediante los amarres o tipo de sujeción aprobado, ya sea al acero de refuerzo y/o al molde. No se iniciará ningún colado hasta que la *supervisión* inspeccione y apruebe dicha posición.
- Los ductos serán fijados y alineados con una tolerancia de más-menos doce milímetros (12 mm) en tramos rectos y más-menos veinticinco milímetros (25 mm) en tramos con cobertura. Los anclajes se fijarán con una tolerancia de más-menos doce milímetros (12 mm), el espacio de separación mínima entre dos (2) ductos contiguos será el señalado en los planos.
- Salvo lo ordenado en el proyecto y/o lo ordenado por la *supervisión*, el diámetro interior de los ductos deberán ser como mínimo, cuatro milímetros (4 mm) mayor que el diámetro del cable, pero no mayor de seis milímetros (6 mm).
- Se hará el menor número posible de juntas en los ductos, los que se traslaparán cuando menos trescientos milímetros (300 mm).
- Los ductos de aluminio no deberán ahogarse en el concreto estructural, a menos que se recubran adecuadamente o se pinten para evitar la reacción concreto aluminio, o la acción electrolítica entre el aluminio y el acero.
- Antes de la inyección de la lechada, los ductos deben mantenerse libres de agua si los elementos que van a inyectarse están expuestos a temperaturas inferiores al punto de congelación.

### *Aplicación del preesfuerzo*

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

- Los gatos, manómetros y demás instrumentos necesarios para las operaciones de tensado, serán calibradas y certificadas al inicio de las actividades y posteriormente cada 3 meses, por un laboratorio acreditado. Se deberá implementar por cada pieza por fabricar una gráfica de elongación de torones (relación esfuerzo-deformación), la cual tendrá que ser revisada y aprobada por la *supervisión*.
- En elementos postensados, en ningún caso se hará el tensado inicial antes de que el concreto haya alcanzado cuando menos el ochenta por ciento (80 %) de la resistencia ( $f_c$ ) fijada en los planos y de haberse verificado que los cables deslicen libremente dentro de los ductos. En caso de trabes, el alma deberá estar en posición vertical y con la sujeción lateral necesaria.
- El tensado total se efectuará posterior a que el concreto alcance la resistencia ( $f_c$ ) total estipulada en los planos.
- Para aprobar el tensado de cada cable, deberá comprobarse la correspondencia de la fuerza aplicada con el alargamiento esperado en el extremo del cable. De no satisfacerse esta correspondencia el tensado se suspenderá hasta corregir las causas.
- Después de efectuado el tensado y dentro de un plazo no mayor de veinticuatro horas (24 hrs.), deberán llenarse los ductos correspondientes, inyectándoles a presión el mortero de cemento en la proporción fijada.
- En elementos colados en el lugar, la remoción de la obra falsa, solo podrá realizarse después de aplicado el preesfuerzo inicial o total, según se indique.

### *Habilitado, colocado y tolerancia.*

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

El espacio o separación mínima entre dos ductos contiguos, será el señalado en los planos.

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

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

## ***Acero Estructural***

### *Descripción general*

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

Todo acero estructural se ajustará a la especificación ASTM A-36, excepto donde se indique otro tipo. Todas las superficies expuestas para dar continuidad con soldadura sobre placas de base serán cepilladas. Todos los miembros serán fabricados en el taller con las dimensiones anotadas en los planos, de manera que no haya empalmes en campo excepto en los lugares específicamente indicados en los planos, salvo autorización escrito por la *supervisión*.

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

### *Accesorios*

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

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

Toda soldadura será ejecutada por soldadores que hayan sido calificados por un laboratorio acreditado al (EMA) Entidad Mexicana de Acreditación.

Se llevará a cabo una inspección continua con pruebas no destructivas sobre la soldadura elaborada en planta y en campo.

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

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

## Soldadura

No se ejecutará ninguna soldadura cuando las superficies estén mojadas o expuestas a la lluvia, a viento considerable o cuando los soldadores estén expuestos a severas condiciones ambientales.

Todas las soldaduras a tope serán de penetración completa, precalificadas, de acuerdo a lo indicado en manual "AISC".

Los procesos de soldadura manual que se usen estarán de acuerdo con el Structural Welding Code D1.1-75 su apéndice "E" y su revisión 1-76 de la American Welding Society (AWS). Los procesos permitidos son la soldadura de arco eléctrico con electrodo metálico recubierto y la soldadura al arco eléctrico sumergido. No se podrá usar la soldadura al arco eléctrico en gas inerte. Cualquier otro proceso deberá estar aprobado por escrito por la *supervisión*.

Los electrodos de bajo hidrógeno que cumplan con la especificación A5.1, se comprarán en empaques herméticamente sellados o se secarán durante por lo menos 2 horas a temperaturas desde 230 °C (450 °F) hasta 260 °C (500 °F) antes de que sean usados.

Los electrodos de bajo hidrógeno que cumplan con la especificación A5.5, se comprarán en empaques herméticamente sellados o se secarán durante por lo menos una hora a temperaturas desde 370 °C (700 °F) hasta 430 °C (800 °F) antes de que sean usados.

Los electrodos que se desempaquen o se retiren del horno de secado se almacenarán inmediatamente a una temperatura de por lo menos 121 °C (250 °F). Los electrodos E-70-XX que no se usen dentro de las cuatro horas siguientes después de haber abierto el empaque o haber sido retirados de los hornos, se secarán en la forma descrita. No se permitirá el uso de electrodos que hayan sido mojados o humedecidos.

El precalentamiento y la temperatura entre pasadas estará de acuerdo con la siguiente tabla:

PROCESO DE SOLDADURA	ESPESOR DE LA PLACA MAS GRUESA POR SOLDAR	TEMPERATURA MINIMA	
		°F	°C
Soldadura al arco eléctrico con electrodo metálico recubierto, usando electrodos que no sean de bajo hidrógeno.	Hasta 3/4"	No se requiere *	
	Mayor de 3/4" y hasta 1 1/2"	150	66
	Mayor de 1 1/2" y hasta 2 1/2"	225	107
	Mayor de 2 1/2"	300	150
Soldadura al arco eléctrico con electrodo metálico recubierto, usando electrodos de bajo hidrógeno o soldadura al arco sumergido.	Hasta 3/4"	No se requiere *	
	Mayor de 3/4" y hasta 1 1/2"	50	10
	Mayor de 1 1/2" y hasta 2 1/2"	150	66
	Mayor de 2 1/2"	225	107

\* Cuando el metal base este a una temperatura igual o menor que 0 °C (32 °F), se precalentará cuando menos a 21 °C (70 °F).

### ***Limpieza y protección***

La protección se hará según la secuencia siguiente:

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

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

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

#### **IV. CONCLUSIONES**

La mejor manera de dar solución a los problemas viales que aquejan a nuestra ciudad y zonas metropolitanas es el de seguir una planeación de obras como la aquí presentada, sin embargo, no todas las soluciones se encuentran en obras de gran magnitud, se deben estudiar otros aspectos, tales como: el transporte público, uso del suelo, modernización de ejes viales existentes, entre otros.

Cabe destacar que en muchas de las entradas a la Ciudad de México se encuentran asentamientos de pequeñas poblaciones que están ubicadas en predios irregulares y estos impiden que se puedan realizar obras de modernización o en su caso ampliación de estas vías para lo cual se necesitaría hacer un estudio para ubicar a estas poblaciones y no permitir que estas crezcan o se sigan dando para futuras construcciones, recordando que la población de la ciudad esta creciendo día con día.

Es importante tratar de modernizar nuestros ejes viales principales, dado que estos ya son ineficientes para nuestra ciudad, pues éstos fueron creados para una población menor que la ahora establecida y se necesitan ejes viales más modernos que nos permitan desplazarnos con un grado de libertad aceptable, esto con el fin de hacer más ágil el desplazamiento vehicular tanto en las principales entradas a la ciudad como dentro de la misma.

Por otra parte tenemos que planificar el transporte público, pues esta es una base fundamental para todas aquellas personas que se desplazan dentro y fuera de la ciudad, se debe tener en cuenta que este es uno de los grandes problemas de la ciudad, la cantidad de vehículos de transporte público que se desplazan dentro y fuera, y que entran y salen de la ciudad ha llegado a un punto caótico, se requiere ordenar y reubicar en puntos estratégicos este transporte, así como generar nuevos modelos de transporte y construir o ampliar las líneas de transporte público subterráneo, con todo esto no dudo que llegaremos a un buen orden vial, además de generar un transporte público más eficiente y moderno, con el cual también existiría la posibilidad de viajar más en él, fomentando su uso dando éste un servicio de calidad para disminuir la afluencia vehicular de particulares, con esto ayudaríamos a tener una ciudad con niveles de contaminación más bajos.

Las obras en la Ciudad de México y en las zonas metropolitanas siempre serán de gran importancia, su planificación siempre nos ayudará a resolver problemas actuales y a futuro, dado que la población es cada vez más demandante, se deberá tener en cuenta los beneficios a la población. En este caso el Distribuidor vial Zaragoza cumplirá cabalmente con los objetivos planteados desde su planeación y construcción hasta su operación.



## **BIBLIOGRAFÍA**

Informes de trabajo de obra. ICA