

IV.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

IV.1 TRAZO Y NIVELACIÓN

IV.1.1 PLANTA GENERAL DE TRAZO

Este plano muestra en forma general la localización de los ejes de trazo de los cuerpos centrales de los deprimidos y sus vialidades laterales, así como la ubicación de los ejes de las rampas, mediante cadenamientos (Plano PGD-01).

En este mismo plano se ilustran los puntos de tangencia (PC y PT) para determinar el trazo de las curvas, las cuales forman un total de 29.

Posteriormente y basados en los datos de la planta general de referenciación de trazo se procede a la elaboración del proyecto de la planta de trazo en campo en el cual se detallan los puntos mas relevantes del proyecto.

IV.1.2 PLANTA DE TRAZO EN CAMPO

En este plano se definen con dimensiones precisas a puntos relevantes y permanentes en campo, o sea los ejes básicos para apoyar el trazo de los arroyos de las vialidades y de las banquetas. Los puntos a los que se ha referido el eje se denominan Puntos Obligados del trazo y se representan por las siglas PO. Estos puntos son enlazados mediante tangentes y curvas horizontales, dando como resultado lo que se denomina Eje de Trazo.

Los ejes principales de trazo en los deprimidos se han denominado eje 0-0' y eje 3-3' para las vialidades principales, ambos cruzan la carretera Federal México-Toluca.

El eje principal 0-0' se localiza sobre la Av. Carlos Echanove, y el eje 3-3' sobre la calle Lomas de Vista Hermosa; el eje 1-1' para la calle lateral de Carlos Echanove norte; el eje 2-2' para la lateral de Av. Lomas de Vista Hermosa norte; el eje 4-4' corresponde a la lateral de Avs. Lomas de Vista Hermosa sur y Carlos Echanove sur; el eje 5-5' para el retorno a Santa Fe en Av. Carlos Echanove sur y el eje 6-6' para la vuelta derecha en la lateral de Carlos Echanove sur.

En lo que respecta a la parte constructiva del proyecto, se incluyen en el plano todos los datos necesarios para la construcción de los arroyos de las vialidades, banquetas, parapetos y curvas constructivas de las guarniciones (Plano PGD-02).

IV.1.2 PLANTA DE SECCIONES NIVELADAS

Estos planos contienen los niveles definitivos que deberán tener las carpetas y rasantes, así como la corona de guarnición. Sobre el puente y los deprimidos, desde su inicio hasta el término de las rampas.

En ellos se dibujaron las secciones niveladas a cada 10 m. Tanto en los ejes de las vialidades principales como en las vialidades laterales.

Estas secciones están referenciadas al eje de trazo, cadeneando a cada 10.00 m, haciendo la liga correspondiente de los niveles de proyecto con los niveles existentes (Plano PGD-04-A y Plano PGD-04-B).

Como actividad inicial se deberá llevar acabo el trazo del terreno mediante una poligonal de apoyo, esto nos permitirá conocer la trayectoria que van a tomar ambos túneles con cadenamientos y medidas a su vez nos permitirá conocer los límites de nuestra obra en cuanto al terreno se refiere involucrando calles y avenidas sobre las cuales se ejecutarán los trabajos, para esta actividad se deberá contar con una brigada de topografía y el equipo topográfico necesarios.

IV.2 CIMENTACIÓN

La cimentación profunda de los pasos deprimidos en cuestión, fue hecha o se definió esencialmente de dos tipos una para la zona de puente y otra para la zona de rampas, para la primera se proyectaron pilas circulares fabricadas en sitio, las cuales serán capaces de soportar las cargas actuantes debidas a la superestructura. Y para la segunda se diseñaron losas de cimentación, sobre las cuales se desplantaran los muros de contención a ambos lados del eje de trazo.

IV.2.1.- PILAS CIRCULARES

1.-Introduccion

Para proceder a la fabricación de las pilas, se hicieron estudios previos del subsuelo en el lugar donde se efectuaría la obra en cuestión; los estudios revelaron que la zona, se caracteriza por presentar materiales de origen tobáceo con diversos grados de alteración, en estado generalmente compacto. Estos materiales se han clasificado de manera general por una secuencia vulcanoclastica formada principalmente por tobas arcillo-arenosas y areno-arcillosas, capas pumiticiticas y lahares de espesores variables, cubiertos superficialmente por una capa de rellenos que incluye los pavimentos de la vialidad existente, se considera correspondiente a la Zona de Lomas (Zona I), por lo que se propuso como solución un sistema de contención- cimentación, a base de la utilización de una ataguía colada en sitio que contenga el terreno y al mismo tiempo sirva como apoyo para las losas tapa de los deprimidos.

Los elementos estructurales que contendrán los empujes de tierra al realizar la excavación de los pasos vehiculares en zonas de puente, serán una serie alternada de pilas circulares de 80 cm de diámetro, colocadas o ubicadas a cada 1.50 m de separación a ejes de pilas y en ambos lados del eje de trazo; la profundidad de las pilas será variable, garantizando en la mayoría del trazo un empotre de 4 m como mínimo en el terreno sano bajo el nivel de rasante de la vialidad deprimida. Entre las pilas se formará una pantalla de protección del terreno natural mediante la colocación de una malla electrosoldada fijada con anclas de varilla y concreto lanzado formando las paredes del deprimido.

2.- Trabajos Preliminares

Una vez trazada la poligonal de apoyo se procederá a trazar en campo el eje, y la posición exacta donde irá cada una de las pilas, con la finalidad de verificar que ninguna instalación municipal (agua, luz, drenaje, fibra óptica, postes de alumbrado, etc.) interfiera con la excavación y construcción de cada uno de los elementos, en caso contrario será necesario reubicar las instalaciones 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 pilas de cimentación, así como la demolición y retiro de construcciones preexistentes en su caso.

Para dejar el área de trabajo libre se deberá retirar los postes de alumbrado, Telmex y/o cualquier otra interferencia que impida continuar con las actividades

En conjunto con la limpieza de terreno se deberán podar o en caso necesario llevar acabo la tala o banqueo de árboles que interfieran con la colocación de las pilas, cabe decir que antes de llevar a cabo esta actividad se deberá contar con los permisos necesarios de las autoridades competentes para la poda y banqueo de los mismos, adicionalmente la empresa contratista deberá contar con el personal técnico capacitado para realizar estos trabajos con el fin de que se tenga el menor impacto ambiental posible y dañar en menor grado la ecología del lugar.

Una vez realizado lo anterior, se procederá a la perforación de las pilas como se indica a continuación:

3.- Construcción de las Pilas

Con objeto de facilitar la construcción de las pilas, se deberán seguir las siguientes actividades:

3.1 Deberá marcarse con exactitud la ubicación de los puntos centrales donde se construirán las pilas con precisión de más menos 1 cm.

3.2 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.

3.3 Antes de iniciar la perforación, deberá verificarse la posición de las pilas, dicha posición no variará en más de 1 cm con respecto a la de proyecto.

3.4 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.

3.5 El equipo deberá tener la capacidad suficiente para realizar la perforación de un barreno cilíndrico vertical en el suelo cuyo diámetro sea de 80 cm, hasta la profundidad de desplante indicada, las cuales tendrán una longitud variable, en función de su ubicación, que ira de los 12.0 m hasta una longitud máxima de 14.90 m.

3.6 Para la construcción de pilas se deberán realizar perforaciones en seco (la perforación en seco se realizará en donde no se presente el nivel de aguas freáticas), durante los trabajos de exploración no se

detecto la presencia de agua en el subsuelo, razón por la cual se interfiere que esté se ubica muy por debajo del nivel en que pudiera generar efectos de consideración en el proyecto.

3.6.1 Perforación y Colado de Pilas en Seco

En al menos los primeros 3 m o hasta interceptar totalmente el espesor del relleno artificial, el diámetro de la perforación será mayor con el 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, se procederá a profundizar el ademe hasta cubrir totalmente dichos estratos inestables para continuar con la perforación en seco.

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

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).

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.

3.6.2 Armado de 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, en caso de usarse lodos estabilizadores en la perforación también se incluirá un área especial para su fabricación.

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 (Fig.IV.2.1).

3.6.3 Colado de Concreto para Pilas

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 colado, 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 ser 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 ex profeso 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 m; además, la operación del colado deberá realizarse en forma continua para evitar el taponamiento y juntas frías.

El colado de la pila se efectuará hasta 50 cm por arriba del nivel de proyecto, con el fin de demoler posteriormente esta altura adicional del concreto contaminado, con herramienta neumática, así como para descubrir el acero de refuerzo y ligarlo a elementos estructurales tales como losas de techo, muros intermedios o trabes de rigidez que cubrirán los espacios dejados entre pilas.

La operación del colado deberá ser realizada en forma continua, manteniendo en todo momento embebida la tubería tremie como mínimo 1 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.

El colado se suspenderá en el momento en que se garantice que la superficie de concreto sano, sin contaminación de suelo o lodo espontaneo, se encuentre al nivel superior de proyecto de la pila.

Deberán evitarse recesos mayores de 30 minutos 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 deberá 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 o rejilla metálica para evitar posibles accidentes.

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 de 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
- Colocación del concreto entregado en obra incluyendo el control del revenimiento, peso volumétrico, aire incluido, ensayos de cilindros en compresión y otras pruebas
- Registro de desviación de las especificaciones y decisiones tomadas al respecto

La perforación no deberá quedar abierta por mas de 24 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.

Antes de terminar la perforación se deberá tener listo, para colocarse el armado de la pila.

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

El acero de refuerzo especificado para cada pila será de un $f_y=4200$ kg/cm², con 18 varillas # 6 y estribos del # 3 @ 20 cm (Fig.IV.2.1).

El concreto tendrá una resistencia de $f'_c=250$ kg/cm², se empleara concreto clase 1, de acuerdo al RCDDF-2004, con un módulo de elasticidad $E= 1400 f'_c$ kg/cm², y con un peso volumétrico en estado fresco superior a los 2.2 T/m³. Con un tamaño máximo de agregado de 19 mm (3/4"), y un revenimiento máximo de 20 cm, el recubrimiento mínimo libre será de 2.5 cm.

La maquinaria y el equipo que se utilizo para la perforación y construcción de las pilas es el siguiente; perforadora Caterpillar AF-15

IV.2.2.- LOSAS DE CIMENTACION

1.- Trabajos preliminares

Con objeto de facilitar la construcción, se verificara en campo todas las áreas destinadas para el paso a desnivel (zona de rampas), con la finalidad de verificar que ninguna instalación municipal (agua, luz, teléfono, Pemex, etc.) interfiera durante la construcción. Una vez localizadas las instalaciones deberán ser acotadas o señalizadas por medio de pintura o marcas con un sobre ancho de 0.5 m a cada lado de los paños detectados.

En caso de que las instalaciones interfieran directamente, deberán realizarse los desvíos pertinentes, protecciones o recubrimientos de acuerdo al boletín emitido para tal efecto, bajo la supervisión de la dependencia responsable.

Se delimitara la zona de trabajo mediante la colocación de tapias (barda pintora con módulos de malla en nuestro caso) perimetrales, señalamientos preventivos claros y luminosos, que impidan el paso de personal ajeno a la obra.

2.- Construcción de Losas de Cimentación

Con objeto de facilitar la construcción de las losas, se enuncian las etapas que deberá observar el procedimiento constructivo.

2.1 Se referenciará y trazará la obra en sitio

2.2 Se realizará la excavación de la zona de rampas de acuerdo a lo indicado en el proyecto correspondiente.

2.3 Una vez llegado al nivel máximo de excavación y antes del colado de la losa, el fondo de la excavación se recompactará, en un espesor de 5 cm, al 90% de la prueba AASHTO estándar (T-99). Una vez que se tenga el área de la etapa del deprimido en su totalidad y al nivel de desplante de proyecto y efectuada la limpieza del fondo de la misma, se colocará

una plantilla de concreto pobre de ($f'c=100$ kg/cm²) de 10 cm de espesor.

2.4 Se dispondrá de un área especial para el habilitado del acero de refuerzo de acuerdo a las especificaciones estructurales del proyecto. El recubrimiento y separación del armado se garantizará mediante la colocación de pollos de concreto y silletas de acero. También se dejarán las preparaciones del armado de refuerzo para el desplante de los muros de contención sobre la losa de cimentación.

2.5 Se colocaran las cimbras tanto longitudinales y transversales para poder proceder al colado de la losa previa autorización de la supervisión de la dependencia.

2.6 Los agregados gruesos del concreto deberán tener el tamaño adecuado para que estos se introduzcan fácilmente entre el armado de los elementos que formaran la losa (ver planos estructurales).

2.7 El concreto deberá ser colocado y vibrado, incluso contener 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.

2.8 Debido a que la losa de cimentación armada de fondo del deprimido funcionará como superficie de rodamiento o sea la estructuración de un pavimento rígido a todo lo largo del paso vehicular inferior. El colado se realizará preferentemente en forma monolítica, en franjas alternadas con un ancho máximo de 4 m, aserradas para formar tableros cuya relación largo/ancho no sea mayor a 1.2. El corte se ejecutará en un plazo máximo de 24 hrs después del colado y tendrá una profundidad de 2 cm y el espesor de la losa será de 40 cm (Fig.IV.2.2).

2.9 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.

2.10 Deberá preverse la cantidad de concreto por cada elemento, ya que por ningún motivo se suspenderá el colado una vez que de inicio.

2.11 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.

2.12 El acero de refuerzo especificado para las losas de cimentación fue el siguiente; el acero de refuerzo será de grado duro con un $f_y=4200$ kg/cm², con varillas del #8 @15 cm en el acero transversal a todo lo ancho, tanto para el lecho inferior como el lecho superior y varillas del #6 @20 cm en el sentido longitudinal, tanto para el lecho superior como el lecho inferior. En los extremos a ambos lados del eje de trazo se dejarán las preparaciones del armado de refuerzo para el anclaje y

desplante de los muros de contención y muro deflector, los cuales conformaran una estructura en "U". (Fig. IV.2.2).

2.13 El concreto tendrá una resistencia de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$, se empleara concreto clase 1, de acuerdo al RCDDF-2004, con un módulo de elasticidad $E = 1400 f'c \text{ kg/cm}^2$, y con un peso volumétrico en estado fresco superior a los 2.2 T/m^3 . Con un tamaño máximo de agregado de 19 mm ($3/4"$), y un revenimiento máximo de 10 cm , el recubrimiento mínimo libre será de 2.0 cm .

2.14 Maquinaria y Equipo o Herramienta a utilizar; retroexcavadoras, camiones de volteo, bomba de achique, compresor de aire, equipo de oxicorte, planta eléctrica, bomba de concreto, vibradores, compactador de rodillo, herramienta en general.

IV.3 MUROS DE CONTENCIÓN

Como ya se menciona en el inciso anterior debido a las características del suelo donde se desplantarán las estructuras, para dar los niveles de rasante, la solución estructural del proyecto se ha dividido en dos zonas, estructuradas con distinta solución.

IV.3.1 ZONA DE PUENTE

Como referencia en el capítulo anterior de cimentación para la zona de puente se propuso como solución un sistema de contención cimentación a base de la utilización de una ataguía colada en sitio que estará apoyada en el estrato natural, mediante pilas de concreto reforzado de 80 cm de diámetro, colocadas cada 1.50 m de separación a ejes de pilas y en ambos lados del eje de trazo, con profundidades variables de desplante que van de los 12.00 m a los 14.90 m dependiendo del lugar de ubicación, dichas pilas serán los elementos estructurales que contendrán los empujes de la tierra al realizar las excavaciones de los pasos vehiculares inferiores.

1.- Construcción de cabezal o trabe colada en sitio

Una vez construidas las pilas de contención del túnel, se excavará el núcleo en una sola etapa hasta nivel de desplante y de colado de cabezales (2.50 m a 3.00 m de profundidad), a todo lo ancho del área confinada por las pilas, en tramos de 15 m de longitud o dependiendo de la longitud de la etapa correspondiente. La excavación se realizará con taludes cuya relación será 1:0.25 en las paredes laterales y en el sentido longitudinal al eje de trazo se dejarán taludes con relación 1 : 1 pudiendo tener una longitud de 20 m dejando accesos (rampas) adecuados para el equipo y personal que laborará en la obra (Fig.IV.3.1).

Durante la excavación deberá contarse con un sistema de bombeo de achique con capacidad suficiente para resolver cualquier eventualidad.

Se protegerá el talud a base de tela de gallinero, la cual se fijará con varillas de 0.30 m colocadas a tres bolillo a cada 60 cm hincadas a golpes, el espesor del repellado será de 3 cm con una relación cemento-arena 1:5.

En caso de no poder llevarse a cabo una sobreexcavación se ejecutarán los trabajos a plomo protegiendo la zona expuesta con el mismo sistema de repellado.

Una vez alcanzado el nivel de desplante del cabezal, se procederá al descabece de pilas (50 cm aproximadamente), para ligar el armado de la pila con el armado del cabezal. Se deberá habilitar, cimbrar y colar el cabezal, que unirá la parte superior de las pilas de contención (Fig.IV.3.2 y Fig.IV.3.3).

2.- Construcción de losa de fondo

Colados los cabezales a ambos lados del eje de trazo en una longitud considerable (30 m), se procederá a continuar con la excavación de núcleo hasta el nivel máximo de excavación, el frente de avance de la excavación deberá observar un talud cuya relación H-V sea 1:1, pudiendo tener una berma a mitad de la profundidad de la excavación.

Una vez llegado al nivel máximo de excavación y antes del colado de la losa, el fondo de la excavación se recompactará, en un espesor de 5 cm, al 90% de la prueba AASHTO estándar (T-99). Una vez que se tenga el área de la etapa del deprimido en su totalidad y al nivel de desplante de proyecto y efectuada la limpieza del fondo de la misma, se colocara una plantilla de concreto pobre de ($f'c=100$ kg/cm²) de 10 cm de espesor.

Colada la plantilla se procederá a demoler las pilas a nivel de losa de fondo con el fin de abrir caja (20 cm) para anclar el acero de refuerzo de la losa de acuerdo a lo indicado en proyecto. A continuación se procederá al armado, cimbrado y colado de la losa de fondo cuyo procedimiento ya se describió en el inciso anterior (Fig.IV.3.4).

3.-Construcción de losa de techo

Después de colada la losa de fondo, se procederá al montaje de traveses prefabricadas sobre los cabezales colados en sitio (este procedimiento se detallara en el capítulo de prefabricados). Cabe aclarar que en la zona de cruce con carretera, el proyecto indica que una vez colados los cabezales se procederá a la colocación y montaje de las traveses prefabricadas, armar y colar el firme de compresión, realizar los rellenos y la estructura del pavimento flexible con el fin de restituir la vialidad sobre la carretera lo antes posible (para posteriormente realizar la excavación faltante bajo puente mediante el procedimiento de túneleo falso). Esto en caso de que no sea posible bandear el tránsito vehicular sobre la carretera en ambos sentidos con dos carriles por vialidad.

4.- Concreto lanzado

En la zona de túnel, en el lado expuesto de las pilas de contención deberá descubrirse el acero para fijar la malla electrosoldada 6X6-10/10 por medio de sujetadores de alambre recocido, entre pilas la malla se fijara al terreno mediante la colocación de anclas a base de varilla corrugada del #3, en forma de "L", de una longitud de 80 cm, hincadas a golpes, con una separación de 1.5 m en tres bolillo, finalmente se cubrirá esta zona mediante el lanzado de concreto simple ($f'c=150$ kg/cm²), con espesor mínimo de 5 cm, se aplicara directamente contra la superficie por medio de un chorro de aire. El equipo principal para este método de colocación lo constituye una "pistola" o alimentador mecánico, mezcladora y compresor, el aire comprimido y la mezcla seca alimentan la pistola, que los lanza en chorros por una boquilla equipada con un múltiple perforado, el agua que circula por las perforaciones se mezcla con la mezcla seca antes de expulsarla. Debido a que el concreto

rociado puede colocarse con una baja proporción agua-cemento, por lo general tiene alta resistencia a la compresión. Este método es de especial utilidad para conformaciones que no tiene cimbra de un lado, dejando un acabado rugoso que será el acabado que tendrán las pilas de contención en su paño expuesto conformando las paredes dentro del túnel (Fig.IV.3.4 y Fig.IV.3.5).

5.- Muro deflector

Una vez colada la losa de fondo, protegidas las pilas de contención mediante la malla electrosoldada y el concreto lanzado se procederá a armar, cimbrar y colar el muro deflector, a ambos lados del eje de trazo (Fig.IV.3.6).

IV.3.2.- ZONA DE RAMPAS

Las rampas de acceso y salida son estructuras que forman una "U", compuesta por muros de contención y losas de cimentación de concreto armado colados en sitio, cuya finalidad es alcanzar los niveles de rasante requeridos para lograr el paso por debajo de la carretera Federal México-Toluca y a la vez contiene en forma vertical los taludes de los cortes para lograr alojar la vialidad requerida en el espacio disponible, para lograr así la solución de los diferentes deseos de movimientos vehiculares.

1.- Construcción de muros de contención

Una vez construida la losa de cimentación se procederá a desplantar los muros de contención sobre la losa a ambos lados del eje de trazo ligando las preparaciones que se dejaron en la losa con el armado de los muros (Fig.IV.3.7).

El acero de refuerzo que se especifico para los muros es un acero de grado duro con un $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, con varillas del #4 @ 20 cm en el sentido horizontal y varillas del #5 @ 20 cm en el sentido vertical, tanto para el paño interior como exterior, el espesor del muro será de 40 cm y en la parte superior servirá de apoyo para desplantar el parapeto de concreto por lo que habrá que dejar las preparaciones para la liga de éste con los muros, en la parte inferior de los muros en el paño exterior que da a la vialidad del deprimido se tendrán que dejar las preparaciones para el muro deflector (Fig.IV.3.7).

Colocado el armado del acero de refuerzo de los muros se procederá a cimbrado y colado de los muros, lo cual podrá hacerse en una o varias etapas dependiendo de la altura de los muros la cual irá variando de 0.80 a 6.00 m aproximadamente.

El concreto deberá ser colocado y vibrado, incluso contener 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.

El concreto a emplear tendrá una resistencia de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ clase 1, con un peso volumétrico en estado fresco de 2.2 T/m^3 y un tamaño máximo de agregado grueso de 19 mm ($3/4''$), con un revenimiento máximo de 10 cm , el recubrimiento mínimo libre será de 2.0 cm .

Entre los muros de concreto lanzado en la Zona de Puente y los muros de concreto de contención en las Zonas de Rampas tanto de entrada como de salida se deberán construir juntas constructivas (Fig.IV.3.8).

IV.4 PREFABRICADOS

1.- Introducción

Para la construcción de los elementos prefabricados, la empresa contratista localizó un predio que contaba con los permisos correspondientes para desarrollar dicha actividad, y con la capacidad suficiente para contar con un área para la ubicación de las mesas de colado para la fabricación de estos elementos y con el espacio para poder realizar las maniobras requeridas para la elaboración de los mismos, así como un área especial para el habilitado y armado del esqueleto o jaula de acero de refuerzo y del acero de pre esfuerzo de acuerdo con las especificaciones de proyecto y otra área para el almacenamiento de las trabes ya fabricadas en lo que estas se trasladaban de acuerdo a la programación y necesidades de la obra. Éste terreno se encuentra ubicado en el km 31+500 de la carretera Federal México-Toluca en la localidad de 3 cruces, Delegación Cuajimalpa en el Distrito Federal.

2.-Preliminares

Se realizó limpieza y nivelación del terreno donde se construyó una mesa de concreto simple con una superficie uniforme con medidas de 46.0 m X 2.95 m que sirvió para la fabricación de las trabes, espacio donde se colocaron tres moldes para la fabricación de las trabes presforzadas los cuales se alinearon, nivelaron y sujetaron para recibir los elementos o materiales que darán forma a la trabe, dichos moldes están fabricados con placa de acero A-36 de ¼", junto con los perfiles estructurales PTR.

3.- Limpieza de molde y aplicación de desmoldante

Una vez instalados los moldes, estos se deberán limpiar con la ayuda de una esmeriladora y carda para el retiro de impurezas u óxidos provocados por el colado de trabes, ésta operación se debe realizar antes y después de cada colado de trabe, ya que el molde se encuentra libre de impurezas en la superficie de contacto se aplicara de manera uniforme un desmoldante para evitar que ya fraguada la trabe se adhiera el concreto con la placa del molde y de esta manera facilitar su extracción y con esto evitar posibles daños a los elementos al momento de la extracción .

4.- Armado de trabes

Preferentemente se deberán tener ya listos armados de trabes de acuerdo a proyecto, para que inmediatamente que estén preparados y habilitados nuevamente los moldes se proceda a colocar el armado del acero de refuerzo dentro del molde colocándole una especie de gancho al armado para que mediante la sujeción del elemento con cables tipo "cascabel" galvanizado G-37 con alma de acero se proceda a izar el armado con la grúa y colocarlo dentro del molde, para proceder al siguiente paso en el acero se deberá verificar las separaciones de los

estribos y demás características que demande el proyecto, el acero de refuerzo especificado es de grado duro con un $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$, con varillas del diámetro del #3 y del #4 según (Fig.IV.4.1).

5.- Tensado de acero de Pre esfuerzo

Para desarrollar esta actividad se colocarán 12 torones de pre esfuerzo con un $f_y=19000 \text{ kg/cm}^2$ y con un diámetro de $\frac{1}{2}$ ", ya colocados los torones de pre esfuerzo se verificará que el número de torones que se encuentran en nuestro elemento sea el correcto, ya verificado esto, se sujetará un extremo de los torones con la ayuda de los anclajes especiales, estos elementos provocan que éste extremo de los torones quede totalmente inmóvil no permitiendo que los torones se deslicen sobre su propio eje y con la ayuda de un gato hidráulico se procederá a aplicarle carga a tensión a los mismos torones en su extremo opuesto dichos torones se introducirán en el interior de los ductos de pre esfuerzo dicha carga será la que marca el proyecto (13,300 KG) verificando la deformación o alargamiento que sufre cada torón al aplicarle la carga tomando las lecturas correspondientes, ya tensado el torón se le aplicará el anclaje correspondiente para mantener la tensión sobre el elemento hasta que el concreto de la pieza concluya su proceso de curado o como mínimo llegue a una resistencia de un 80 % y se encuentre totalmente solida la pieza (Fig.IV.4.1).

6.-Colado de concreto en trabes

Habiendo concluido satisfactoriamente el tensado de los torones se procederá al vaciado del concreto tipo 1 de alta resistencia ($f'_c=350 \text{ kg/cm}^2$), éste vaciado se realizará a tiro directo con canalón, tomando muestras del mismo en el primer fraguado para verificar el laboratorio de la contratista que el concreto cumpla con la resistencia especificada, agregados, revenimiento requeridos en proyecto. A su vez también se verificará que el recubrimiento de la trabe cumpla con lo establecido (2.0 cm). Ya vaciado el concreto se procederá al vibrado del mismo con ayuda de un vibrador de alta frecuencia para eliminar el aire existente en el interior de la trabe y de esta manera evitar posibles fracturas interiores.

El número de muestras de concreto que se obtendrán será de 2 especímenes en zona de curado de vapor y de 4 cilindros en la cámara de curado a vapor en cada colado de trabe, a éstos especímenes se les realizarán pruebas de compresión a las 16 horas, 14 y 28 días respectivamente verificando que el concreto cumpla con la resistencia requerida de proyecto, una vez colado el elemento se procede a la aplicación del curado a vapor, éste procedimiento se detalla en el punto siguiente.

7.- Instalación del equipo para curado de las trabes

El equipo a utilizar será una caldera que trabaja a base de gas L.P, el cual provoca que encienda la flama y por consecuencia la expulsión de vapor de agua, la caldera deberá contar con un regulador eléctrico el

cual nos permitirá modificarla intensidad del calor y los niveles de agua según se requiera.

El curado a vapor se iniciara después de que haya transcurrido el periodo de fraguado inicial del concreto, el cual se considera de dos horas como mínimo, después del colado.

Para la inyección de vapor la caldera deberá contar con tuberías de acero galvanizado con un diámetro de 1 ¼" conectadas en un extremo con el generador de vapor y en el otro extremo con la cámara de vapor, dicha cámara estará formada con una lona de hule la cual envolverá las trabes prefabricadas que se encuentran dentro del molde formando una cámara de curado de vapor, se deberán tener las precauciones necesarias para que el vapor no tenga ningún punto de salida, a su vez dicho vapor deberá hacer contacto con el concreto, este procedimiento se llevará a cabo una vez que el elemento repose durante las dos primeras horas después del colado ya que en dicho tiempo el concreto deberá absorber el agua que trae consigo y después de éste tiempo el concreto necesitará más humedad para su proceso normal de endurecimiento.

El ascenso de temperatura no será en ningún caso mayor de 296°k (23°C) por hora, deberá obtenerse un ascenso promedio de 288 + 4°k (18 + 4°C) por hora.

La temperatura máxima del concreto no excederá de 350°k (77°C) y deberá alcanzarse en cuatro horas a partir del momento en que se inicie el proceso de curado. La temperatura que alcance el concreto no será inferior a 339°k (66°C). La temperatura máxima se mantendrá durante seis horas.

El descenso de temperatura no será mayor de 306°k (33°C), por hora, deberá obtenerse un descenso promedio de 291 + 4°k (18 + 4°C) por hora.

La resistencia a compresión simple del concreto curado a vapor se determinara por medio de muestras representativas obtenidos del concreto utilizado y sometidas al mismo proceso de curado a vapor.

La resistencia que se alcanzara al término del periodo de curado a vapor, deberá ser la que designe el proyecto.

8.- Corte del acero de pre esfuerzo (torones)

Una vez que la trabe prefabricada alcance la resistencia en un 80% de proyecto en su totalidad se procederá al corte de los torones de alta resistencia, esto se realizara de la siguiente manera:

- Como primer paso y con ayuda de un equipo de corte se procede a cortar los torones en el extremo dónde se le aplico la tensión con el gato hidráulico, el punto de corte será unos 30 cm después del paño extremo de la trabe.

- Como segundo paso se cortaran las puntas de los torones a ras de los paños exteriores de la trabe de ambos extremos verificando que el largo de los torones sea el mismo que las vigas de pre esfuerzo.
- Como tercer paso se procederá a la extracción del elemento prefabricado del molde mediante la ayuda de la grúa tipo pórtico.

9.- Detallado final de las trabes

Una vez curado y transferido el pre esfuerzo de la pieza se procede como ya se menciona en el tercer paso anterior a desmoldar la trabe cuidando que salga libremente sin que se dañe por estas maniobras, y se traslada a la zona de almacenamiento donde se entongara y detallara el elemento para que la supervisión pueda hacer su revisión final y dar su visto bueno y autorización mediante los registros y la colocación de un sello para que la trabe pueda ser transportada a la obra por medio de tractocamiónes con plataforma.

10.-Transporte de trabes

Se contará con una grúa con capacidad de 30 toneladas.

Se tendrán las plataformas necesarias para el transporte de los elementos, esto debido a que son 12.5 km de recorrido entre el punto de montaje y el terreno de fabricación y almacén de trabes.

Se colocarán sobre las plataformas los elementos y se asegurarán estos a base de polines verticales y eslingas que evitarán el posible movimiento de las trabes y volteo de las mismas.

Se deberá contar con un auto piloto para acarrear las trabes en el trayecto.

En el caso de que la cantidad de trabes transportada exceda la cantidad de trabes montadas durante la jornada estas se almacenarán cerca de la zona de montaje en estibas máximas de tres piezas calzadas sobre polines.

11.- Montaje de trabes

Para facilitar el procedimiento de montaje de las trabes se deberán realizar las siguientes actividades preliminares:

- Se deberá contar con el despiece marcado en los cabezales para la colocación de los elementos.
- Con objeto de facilitar el montaje se verificara que todas las áreas para esta actividad estén en condiciones óptimas, libres de interferencias y cuidando que el terreno donde apoyarán los estabilizadores de la grúa estén firmes y compactados para la ejecución de los trabajos.

- Se delimitara la zona mediante franjas de seguridad perimetrales que impidan el paso de personal ajeno a estas maniobras.
- Se tendrán los elementos por montar de la etapa correspondiente en la zona de influencia.
- Se trazara en campo el eje y la alineación donde irá cada una de las trabes.

Una vez realizado lo anterior se procederá al montaje de los elementos como se describe e continuación:

- Una vez que se estudiaron las áreas y espacios disponibles para el posicionamiento del equipo de montaje, se procederá a situar y estabilizar la grúa de 100 toneladas de capacidad (en nuestro caso) en el alcance o radio de montaje destinado y propicio para la actividad.
- Se colocarán los neoprenos de soporte en el eje de la trabe correspondiente (Fig.IV.4.2).
- Se descargarán los elementos directamente de la plataforma al área o sitio de montaje.
- Se alineará la trabe de acuerdo al eje indicado del elemento.
- Se troquelará o apuntalará el elemento con madera de acuerdo a la medida que requiera la trabe de acuerdo a las condiciones físicas reales, en lo que se procede al armado y colado del firme de compresión.
- Se cerrarán los espacios entre los nervios de las piezas en ambos extremos.
- De acuerdo a proyecto, se colocará una junta de celotex en ambos lados o extremos de la trabe (Fig.IV.4.3).

12.- Armado y colado de firme de compresión o losa tapa en sitio

Se cimbrará el espacio que queda entre las trabes, dejando el nivel correspondiente entre cada elemento.

Se colocará la junta de celotex entre el cabezal y la trabe como marca el proyecto (Ver Fig.IV.4.3).

Se iniciará el armado con varillas del #3@20 cm en el sentido longitudinal al eje de trazo y del #3@30 cm en el sentido transversal y se cimbrarán las fronteras laterales de la losa.

Para el corte del tramo de losa a colar la cual será de un espesor de 10 cm y de una resistencia de concreto $f'c=250$ kg/cm², se colocara un tapón de cimbra a 45°, así mismo esta área deberá tener la superficie escarificada o martelinada (rugosa), y se le colocará el aditivo

correspondiente para la unión correcta de concretos de diferentes edades (Fig.IV.4.4).

Una vez alcanzada la resistencia de la losa o firme de compresión se procederá a la colocación de los rellenos y la estructura del pavimento.

IV.5 RAMPAS DE ACCESO Y SALIDA

Como ya se mencionó anteriormente la solución estructural que se dio para los deprimidos de las avenidas de Carlos Echanove y de Lomas de Vista Hermosa que formaran el par vial uno en dirección sur y el otro en dirección norte respectivamente, fue resuelto por medio de rampas de acceso y salida formadas por muros de contención de concreto reforzado y losas de fondo que a su vez sirven de cimentación de los muro colados en sitio, formando una sección "U", cuya finalidad es la de alcanzar los niveles de rasante requeridos para lograr el paso por debajo de la carretera Federal México-Toluca y a la vez contiene en forma vertical los taludes de los cortes para lograr la vialidad requerida en el espacio disponible. Este inciso esta íntegramente relacionado con los procedimientos constructivos ya descritos de los incisos IV.2 Cimentación y IV.3 Muros de contención, sobre todo para las rampas de acceso y salida del deprimido de la av. Carlos Echanove y la rampa de salida de la calle de Lomas de Vista Hermosa, ya que la rampa de acceso de este deprimido tendrá un procedimiento constructivo ligeramente diferente o con variaciones respecto a los anteriores por encontrarse este localizado en la vecindad de un corte del terreno, de singular importancia por su altura (del orden de 30 m), sin que se manifiesten daños asociados a su altura y/o tipo de subsuelo en el sitio.

IV.5.1 Rampa acceso deprimido Carlos Echanove

Esta rampa se encontrará localizada en el lado norte de la carretera Federal México-Toluca, entre los cadenamientos 0+040.000 al 0+127.091 con una longitud de 87.091 m.l y un ancho de vialidad de 6.50 m, con una superficie de rodamiento de 556.09 m².

IV.5.2 Rampa de salida deprimido Carlos Echanove

La rampa de salida estará localizada en el lado sur de la carretera México-Toluca libre, en la prolongación de la av. Carlos Echanove hacia la zona de Santa Fe, entre los cadenamientos 0+195.790 al 0+300.000 con una longitud de 104.21 m.l y un ancho de vialidad de 6.50 m, con una superficie de rodamiento de 677.36 m².

IV.5.3 Rampa de salida deprimido Lomas de Vista Hermosa

En la calle de Lomas de Vista Hermosa norte se localizara la rampa de salida con una superficie de rodamiento de 795.60 m², un ancho de vialidad de 6.50 m y una longitud de 122.40 m.l, entre los cadenamientos 3+247.600 al 3+370.000.

El procedimiento constructivo que se seguirá para estas tres rampas será el mismo que se describió para las losas de cimentación y los muros de contención en los incisos IV.2 y IV.3, que son estructuras que forman una "U" compuesta muros y losas de concreto armados y colados en sitio (Ver Fig.IV.2.2).

IV.5.4 Rampa de acceso deprimido de Lomas de Vista Hermosa

Esta rampa de aproximación se encontrara en el lado sur de la carretera Federal México-Toluca con sentido de circulación sur-norte en la avenida prolongación Lomas de Vista Hermosa y se localiza entre los cadenamientos 3+025.000 al 3+117.443 con una longitud de 92.44 m.l, un ancho de vialidad de 6.50 m, y con una superficie de rodamiento de 600.88 m².

Y debido a la proximidad que se encuentra la zona donde se llevara acabo la obra de la rampa, con un corte de terreno existente de una altura aproximada de 30 m, se realizo una exploración geotécnica mediante la ejecución de tres sondeos exploratorios (SE), los cuales se efectuaron hasta una profundidad máxima de 15 m, con el fin de poder conocer las condiciones de la estabilidad de terreno durante la construcción de la obra y posterior a esta. Ver Fig.IV.5.1

De esta manera, para la construcción de la rampa de acceso del deprimido, se propone el empleo de una ataguía, formada por elementos aislados colados en sitio, que contengan el terreno durante la excavación y servicio del mismo en el lado izquierdo al eje de trazo y que además sirva de soporte a las losas de vialidad donde sea necesario.

Los elementos consistirán en una hilera de pilas construidas de manera que la distancia entre sus paños no sea mayor de su diámetro y preferentemente se reduzca al mínimo posible (Fig.IV.5.2).

Estos elementos servirán de apoyo a las losas de la vialidad a nivel, además de formar el sistema de contención (muro-pila), por lo que la profundidad de desplante en esa zona no será menor a 4 m, respecto al nivel de la rasante de la vialidad deprimida. Adicionalmente, deberán preverse en ellos las preparaciones y trabajos necesarios para la liga estructural con las losas de fondo a fin de formar una estructura monolítica.

A continuación se enuncian las etapas fundamentales que deberá observar el procedimiento constructivo:

1.-Trazo

- Referenciación y trazo de la obra en sitio.
- Definición de las áreas de influencia y afectación de la obra.
- Localización y reubicación, cuando sea el caso, de las instalaciones municipales que interfieran con la obra.

2.-Pilas (muros-pila)

- Perforación para la colocación de las pilas principales en un carril de la vialidad cuidando la verticalidad de las mismas y diámetro de proyecto así como la remoción de los azolves del fondo. La perforación se realizar'a en una sola etapa hasta alcanzar la profundidad de desplante.

- Las perforaciones se realizarán de tal manera que la distancia entre centros de las pilas no sea mayor de 1.50 m, adicionalmente, no se permitirá una desviación mayor al 1% de la desviación en la perforación, ni una sobre-excavación mayor al 10% del diámetro.
- En caso de ser inestables las paredes de la perforación, se podrán utilizar encamisados metálicos en superficie y fluidos estabilizadores (mezclas poliméricas o bentoníticas). Alternativamente, puede emplearse la construcción de pilas aplicando el método de barrena continua a fin de eliminar elementos para estabilizar las paredes.
- El armado de las pilas deberá de contar con elementos que garanticen su correcta posición en la perforación separadores o roles (centradores o donas).
- Se verificará que las pilas queden desplantadas en el material de apoyo sin materiales sueltos o azolve en el fondo de las perforaciones una vez que el armado se encuentre colocado.
- Deberá asegurarse la integridad y continuidad del concreto en todo momento, evitando su segregación, mediante el uso de tuberías estancas (tubo Tremie). El colado se realizará manteniendo la punta del tubo Tremie inmersa en el concreto un mínimo de 1 m.
- El colado se realizará en una sola etapa, inmediatamente después de concluida la perforación y colocación del armado. El concreto quedará 50 cm por encima del nivel de liga con el resto de la estructura, provocando que en esta parte queden los concretos contaminados que habrán de removerse.
- El concreto empleado deberá mantener un revenimiento de 18 cm durante todo el proceso de colado, para lo cual es conveniente incluir aditivos fluidificante, retardador de fraguado y estabilizador de volumen.
- El tiempo máximo para la formación de la pila será de 24 horas a partir del inicio de la perforación.

3.- Excavación

- Alcanzada la resistencia del concreto de las pilas o muro pila, se realizarán las excavaciones que darán cabida a la rampa del deprimido en tramos alternados de 50 m como máximo. En la zona donde no exista losa tapa, la excavación se realizará hasta el nivel de anclaje y una vez colocado este se continuará hasta el nivel de desplante de la losa de fondo.
- En un plazo no mayor a tres semanas, los espacios entre pilas se sellarán mediante una capa de concreto lanzado con espesor de

10 cm, reforzado con una malla electrosoldada 6-6/10-10, la cual se fijará con anclas de acero de $\frac{1}{2}$ " de diámetro y 1.0 m de longitud a tresbolillo. Adicionalmente, en esos mismos espacios se construirán drenes ubicados a los tercios de la altura. Estos drenes serán barrenos de 2" con inclinación ascendente de 10° y longitud de 2 m.

4.- Anclas en muro-pila

- Considerando una altura libre h de la contención, será necesaria la colocación de un ancla por pila de longitud h pero no menor a 4 m.
- El ancla se formara por una varilla del #8 (1"), colocada en un barreno de 4", e inyectada a partir del fondo con una lechada de agua:cemento en proporción a/c de 0.6, a una presión de 3 kg/cm², garantizando el completo recubrimiento del acero y rellenado del barreno mediante la colocación de centradores y un obturador a 2 m del brocal del barreno (Ver Fig.IV.5.3). En éstos 2 m superficiales la varilla será enductada y engrasada para inhibir el efecto de corrosivo en el acero, adicionalmente el espacio comprendido entre el barreno y el ancla será rellenado con lechada a gravedad.
- Las anclas se colocaran al centro de la altura libre del deprimido y a cada metro de distancia o centro de ancla (lo que resulte menor) y con inclinación de 10° respecto a la horizontal, debiendo verificar que no interfieran con las instalaciones municipales.
- En el extremo de la varilla se colocara un esparrago, en el cual se colocara la tuerca que reaccionara contra una placa cuadrada de 20 cm por lado y 1" de espesor apoyada contra la pila o muro-pila.
- Cada ancla será tensada con una fuerza $T_a = 7(h-2)$ toneladas.

5.- Pavimentos

- Como superficie de rodamiento se propone la construcción de las losas de fondo de concreto armado, es decir, la estructuración de un pavimento rígido.
- Como primera actividad para formar la estructura del pavimento, se conformará la zona atendiendo a los niveles de proyecto geométrico. Posteriormente, la estructura del pavimento rígido se formará colocando una capa de 20 cm de espesor mínimo de material de sub-base y losas de concreto armado de 40 cm de espesor (Ver Fig.IV.5.4).
- Previo a la formación del pavimento y una vez conformada el área, se recompactará el terreno, en un espesor mínimo de 20 cm, retirando al mismo tiempo todos aquellos materiales que

podrían ocasionar un mal comportamiento de los pavimentos, tales como fragmentos mayores a 3", materiales sueltos o con excesiva humedad.

- En caso de presentarse depresiones mayores a las admisibles, o bien, se requieran rellenos para dar niveles de proyecto, se deberán usar materiales inertes mezclados con cemento tipo I en proporción 95-5% en peso, compactado al 95% de su pvsm.
- El terreno de desplante de los pavimentos deberá cumplir como mínimo con el 95% de su peso volumétrico seco máximo (pvsm) determinado con la prueba que corresponda, además de VRS mayor o igual 20%.
- La capa de sub-base deberá estar formada por grava controlada, compactada al 95% (mínimo) de la prueba AASHTO modificada (T-180), además de alcanzar un VRS de 50% (mínimo).
- Las losas de concreto serán coladas directamente sobre una plantilla de concreto pobre de 100 kg/cm² de 10 cm de espesor.
- Las losas serán coladas en franjas alternadas con un ancho máximo de 4 m, aserradas para formar tableros cuya relación largo/ancho no sea mayor a 1.2. El aserrado se ejecutará en un plazo máximo de 24 horas después del colado y tendrá una profundidad de 2 cm (Fig. a), la junta entre las franjas deberá ser machihembrada (Fig. b). Las juntas entre losas se sellarán mediante un material elástico resistente a los solventes e intemperismo. En las orillas del área por pavimentar o conexiones con pavimentos existentes o banquetas se colará un mayor espesor de concreto generando una junta de borde (Fig. c).
- La construcción de los pavimentos, deberá realizarse una vez que los trabajos de movimientos de tierra y obra negra hayan concluido.

Con objeto de proteger las estructuras e instalaciones colindantes a la obra y evitar cualquier daño en su integridad, deberá realizarse el procedimiento constructivo indicado y en el menor tiempo posible.

Para medir los desplazamientos que ocurran durante la ejecución de la obra, se plantea la instalación de referencias topográficas en los muros de las construcciones e instalaciones próximas que puedan experimentar movimientos a consecuencia de las obras proyectadas. Estas mediciones permitirán detectar oportunamente el desarrollo de condiciones de inestabilidad, o bien, deformaciones inadmisibles. Con base en el análisis del monitoreo se podrán establecer las medidas correctivas que la obra demande y a partir de ellas establecer las modificaciones en el procedimiento constructivo.

IV.6 RELLENOS Y PAVIMENTACIÓN

Con la finalidad de no imponer cargas adicionales a las traveses o tablas que formarán el techo de los pasos deprimidos para el cruce de la carretera en las intersecciones con la Av. Carlos Echanove y la calle de Lomas de Vista Hermosa, los rellenos para alcanzar los niveles de proyecto serán materiales inertes y ligeros (tezontle) y quedarán confinados por cortes del terreno.

El tezontle utilizado, no deberá contener partículas plásticas, los fragmentos tendrán un tamaño máximo de 6" y el contenido de estos no excederá al 30%. En los 60 cm superiores, se eliminarán las partículas mayores a 3".

La selección de los materiales podrá ser mediante cribado en banco, o bien mediante peneo en sitio.

El tezontle se colocará al 95% (mínimo) de su densidad relativa (D_r), determinada con la Norma NOM C-164 (por impacto). Este acomodo se realizará mediante el simple tendido del tezontle con motoconformadora, en capas con espesor de 50 cm, como máximo.

En estos rellenos se deberá verificar un Valor relativo de Soporte (VRS) de al menos el 20%, además de un peso volumétrico que no exceda a 1,350 kg/m³. De esta manera la capa superficial de rellenos podrá constituir la capa sub-rasante de los pavimentos.

Se destaca que únicamente en el cierre de la última capa se utilizará un rodillo liso ligero, con la única finalidad de conformar una superficie regular.

Sobre estos rellenos se formará la estructura de pavimentos (Fig.IV.6.1).

Cabe aclarar que aún cuando las traveses, y en general la estructura de los pasos deprimidos, se haya diseñado explícitamente para un relleno de hasta 3 m con pesos volumétricos de hasta 2.2 t/m³, se podrán emplear rellenos que satisfagan características de subrasante, incluyendo morteros fluidos.

IV.7 ACABADOS

IV.7.1.- ACABADOS EN TÚNEL

Los acabados que se dejaran dentro de los pasos vehiculares deprimidos de Carlos Echanove y de Lomas de Vista Hermosa, en zona de túnel serán los siguientes:

1.- Pisos

Como ya se había mencionado anteriormente la losa de fondo de concreto reforzado de 40 cm de espesor funcionará como superficie de rodamiento dentro del túnel, por lo que el acabado (aserrado) que tendrá será el de un pavimento rígido.

2.- Muros

El acabado que se tendrá en la parte inferior de los muros será la que nos da el muro deflector que tiene una altura de 80 cm y que es un acabado aparente.

En la parte intermedia de los muros se tendrá el acabado que nos deja el concreto lanzado que es un acabado rugoso a lo largo de las paredes del túnel con una altura aproximada de 4.20 m.

En la parte superior de los muros el acabado que se tendrá es el del cabezal o trabe colada in situ que tiene un acabado con cimbra común en la cara expuesta y que tiene una altura de 50 cm, sobre la cual se fijara o adosaran las instalaciones aparentes para el alumbrado de bajo puente.

3.- Techo o losa superior

El acabado que se tendrá a nivel de intradós en la losa de techo es el que nos darán las trabes prefabricadas en su cara inferior y que es el de un acabado aparente.

IV.7.2.- ACABADOS EN RAMPAS

1.- Pisos o losa inferior

Debido a que la losa inferior o de cimentación armada de los deprimidos funcionará como superficie de rodamiento, tendrá la estructura y el acabado de un pavimento rígido a todo lo largo de los pasos vehiculares inferiores.

2.- Muros de contención

Los muros de contención a ambos lados del eje de trazo, de acuerdo a especificaciones tendrán un acabado aparente con modulaciones de cimbra de 1.20 X 2.40 m, en su parte inferior adosado a los muros ira el muro deflector de 80 cm con un acabado aparente y coronando los muros en su parte superior estará el parapeto de concreto con un acabado aparente en sus dos caras, en la parte superior de éste se

dejarán las preparaciones para la colocación del parapeto metálico. Al parapeto metálico y a los postes de alumbrado se les aplicara un acabado con pintura color aluminio No.887-C de acuerdo al código pantone.

IV.7.3.- ACABADOS EXTERIORES

1.- Guarniciones

Se trazara y se nivelara la guarnición con forme lo indique proyecto

Se llevara a cabo una sobre excavación de 60 cm para cimbrar en ambos lados

La geometría de la guarnición será de 15X20X50 cm (Fig.IV.7.1)

Se ejecutara el colado a tiro directo, el cual será colado y vibrado, incluso tener fluidificante, de tal manera que se garantice la no existencia de conductos generados por aire o cualquier discontinuidad por efecto de la segregación o cualquier otro. El concreto será de una resistencia $f'c = 200\text{kg/cm}^2$

La cimbra se llevara a cabo en secciones, por lo cual se harán cortes a 45 grados para dar continuidad a los trabajos previos en la siguiente sección por colar.

En caso de que los tramos excedan los 12 m. Se colocará una junta de construcción para evitar fracturas en el elemento. El cual se hará a base de lamina cal. 16 que se retirará al mismo tiempo que la cimbra.

En áreas peatonales la guarnición tendrá una altura del nivel de la corona del elemento de 20 cm y en pasos vehiculares, será esta altura de 5 cm (Fig.IV.7.1).

2.- Banquetas

Se trazará y nivelará la zona de banqueteta y guarniciones de acuerdo a proyecto.

Las banquetas estarán moduladas con un ancho variable de acuerdo a la zona por construir.

Se dejarán fronteras de cimbra con preparaciones para jardineras, arriates y árboles existentes de 40 X 40 cm con excepción de los individuos arbóreos que excedan de estas dimensiones.

Las banquetas estarán construidas a base de concreto convencional $f'c = 150\text{ kg/cm}^2$ con un espesor de 10 cm.

Se colara el área preferentemente por la mañana para que a lo largo del día fragüe el concreto y se pueda lavar en la zona central que delimita las orillas del volteador (Fig.IV.7.2).

El acabado de esta será con agregado expuesto lavado al chorro de arena con aristas rematadas con volteador y se construirán las banquetas de forma intercalada para evitar grietas, fisuras, etc.

Se rellenara con tepetate el área de banquetas, se nivelara y compactara la zona.

En los cruceros, se construirán rampas para sillas de ruedas con un largo mínimo de tres veces la altura de la guarnición y con una pendiente máxima del 18.5% de acuerdo a proyecto (Fig.IV.7.2)

IV.7.4.- SEÑALAMIENTOS DEFINITIVOS

IV.7.4.1.- Señalamiento Vertical

Este tipo de señales deberán proporcionar al conductor la información necesaria que le permita llegar a su destino, así como advertirle de situaciones que pudieran ser peligrosas si no se toman las precauciones indicadas. Desde este punto de vista existen principalmente tres tipos de señales.

- a) Señales Informativas.- Proporcionan al usuario la información necesaria para llegar a su destino; ruta a tomar, destinos, distancias, puntos de interés e información geográfica o cultural.
- b) Señales Preventivas.- Advierten al usuario de las condiciones del camino, o de obstáculos dentro o adyacentes a el, que representan un riesgo para la seguridad del usuario.
- c) Señales Restrictivas.- Informan como debe ser la actuación del usuario en situaciones específicas para que su viaje sea cómodo y seguro.

Los tableros para señalamiento vertical serán en acabados con material reflejante grado ingeniería total Scotchlite 3M con letra de alta intensidad.

El calibre de las láminas será del No. 14.

En las señales tipo puente se revisara su factibilidad de colocación debido a posibles interferencias como: árboles, líneas de C.F.E., etc.

Todos los señalamientos tendrán una orientación perpendicular al eje de la calle sobre la que se ubican.

Los señalamientos verticales bajos se colocarán en postes de PTR de 2" X 2" X 3 m y los señalamientos verticales altos se colocarán en postes de PTR de 20 X 20 cm, calibre 10 (Fig.IV.7.3).

En total se tendrán 129 señalamientos verticales definitivos que se describen a continuación:

Tipo	Cant.
• Señalamientos informativos de destino	12
• Señales restrictivas	66
• Señales informativas de servicios	2
• Señales de obras y dispositivos diversos	6
• Señales preventivas	43

IV.7.4.2.- Señalamiento Horizontal

Señalamiento horizontal son todas aquellas marcas mediante líneas, palabras, colores u otros dispositivos que se aplican sobre la superficie de rodamiento, guarniciones y estructuras, dentro de o adyacentes a las vías de circulación, colocadas con propósito de regular, prevenir o guiar a los conductores.

Estas marcas, solas o como complemento al señalamiento vertical sirven para que el flujo vehicular se desplace ordenadamente, incrementando la capacidad de la vía y evitando accidentes que ocurrirían sin su presencia. Estas marcas presentan la ventaja de que no distrae la atención de los conductores, canalizándolos e informándoles sobre su situación para mejorar su operación.

Para el acabado que se aplicará al señalamiento horizontal de los deprimidos, se deberá usar una pintura termoplástica de alta calidad con microesfera, el espesor de la película deberá ser de 15 a 20 milésimas de pulgada.

La forma de aplicación deberá ser por medio de una maquina pintarayas, la superficie deberá estar libre de polvo, arena, grava, tierra, aceite, etc.

La pintura deberá ser de color blanco o color amarillo reflejante según se indique en el proyecto.

Su aplicación se realizara de la siguiente manera:

- Raya sencilla continúa con pintura termoplástica en color amarillo de 10cm de ancho para franjas separadoras (1300 ml).
- Raya sencilla continúa con pintura termoplástica en color blanco de 10cm de ancho para separar carriles (990 ml).
- Raya sencilla continúa con pintura termoplástica en color blanco de 10cm de ancho para separar carriles (255 ml).
- Raya sencilla termoplástica en color amarillo de 20cm de ancho para canalizar donde se indique (165 ml).

- Raya en color blanco de 60cm de ancho para marcar línea de alto (60 ml).
- Raya en color blanco de 40cm de ancho para marimbas peatonales (635 ml).

Ver Fig. IV.7.4 y Fig. IV.7.5

- Viales Ray-O-Lite una cara color blanca (634 pzas).
- Boyas de acero con un lado reflejante color rojo (550 pzas).
- Flechas direccionales en el centro del carril en tramo carretero de frente (15 pzas).
- Flechas direccionales en el centro del carril en tramo carretero de vuelta derecha y de vuelta izquierda (4 pzas).

Ver Fig. IV.7.6

- Flechas direccionales en el centro del carril en tramo de avenidas y ejes viales de frente (52 pzas).
- Flechas direccionales en el centro del carril en tramo de avenidas y ejes viales de vuelta derecha y de vuelta izquierda (6 pzas).

Ver Fig. IV.7.6

IV.7.5.- JARDINERIA

En la zona exterior de los deprimidos, en la avenida donde existirá mayor cantidad de arbolado urbano es en la calle de Lomas de Vista Hermosa lado norte esto debido a la existencia del camellón. Y en avenida Carlos Echanove lado sur en el camellón donde se comunicara con la avenida Vasco de Quiroga.

La propuesta que se hizo para la elaboración especificaciones de las especies a colocar es que sean con árboles de entre 2 y 2.5 m de altura, con especies nativas del valle de México con lo que se ayudara a la conservación de la biodiversidad de la región.

Las especies especificadas a colocar serán las siguientes:

- Viburno (*Viburnum SPP*), en envase de 6 litros como mínimo, cepa de plantación de 30 X 30 X 30 cm, suministro de tierra fértil 0.027 cm³ por pieza, tutor de 2 cm de diámetro o bien 3 X 3 X 150 cm.
- Árbol vivo, Aile (*Alnus Jorullensis*), envasado no trasplantado, deberá sembrarse a cada 10 metros uno del otro (localizados exclusivamente en las avenidas de Carlos Echanove norte y sur; así como donde se indique sobre la carretera Federal México-Toluca).
- Arbusto vivo, Pinguica (*Arctostaphylos Pungens*), envasado, no trasplantado, deberá sembrarse a cada metro uno del otro en

sentido longitudinal o a tresbolillo, donde el ancho de la jardinera lo permita (localizados exclusivamente en todas las jardineras de las avenidas Carlos Echanove y Lomas de Vista Hermosa).

- Pasto en rollo Kikuyu.

Para las jardineras en camellón se construirá un bordo con tierra del lugar compactándolo según las propiedades del terreno ya sea con rodillo o pisón a mano en capas mínimas de 20 cm. de espesor hasta alcanzar una altura total de 60 cm., agregando la humedad necesaria en su proceso, finalmente se recubrirá con una capa de tierra vegetal de 20 cm. de espesor para la colocación del pasto (Ver Fig.IV.7.7).

El equipo que se utilizara para el desarrollo y ejecución de estos procedimientos constructivos será:

- Equipo de Perforación o Kelly
- Retroexcavadoras
- Dragas
- Excavadora frontal
- Aplanadoras
- Barredora
- Bomba de achique
- Bomba de concreto
- Bomba de lodos
- Camión petrolizador
- Tractocamión plataforma
- Camión hiab
- Camioneta estacas
- Compactador de neumáticos
- Compactador de rodillos
- Compactador de placa (bailarina)
- Bob cat con martillo y cucharón
- Caldera de vapor de gas
- Generador móvil
- Aliva (concreto lanzado)
- Compresor de aire
- Cortadora de disco (piso)
- Equipo oxicorte
- Grúa tipo pórtico de 30 ton
- Grúa 100 ton
- Grúa con canastilla
- Motoconformadora
- Pavimentadota (Finisher)
- Pipa de agua
- Maquina pinta rayas
- Rompedoras neumáticas
- Soldadora eléctrica
- Planta eléctrica
- Vibrador eléctrico y de gasolina
- Pistola Hiltti
- Herramienta en general

Los materiales que se utilizaran para el desarrollo y ejecución de los trabajos serán:

- Acero de refuerzo de diferentes diámetros
- Alambre recocido
- Acero de preesfuerzo (torones de 1/2" de diámetro)
- Vigas de acero de diferentes espesores
- Placas de acero de diferentes calibres
- Losa-cero cal. 22
- Malla electro soldada 6X6-10/10
- PTR de diferentes calibres
- Triplay
- Barrote
- Polín
- Alambrón
- Clavo
- Desmoldante
- Concreto de diferentes resistencias
- Adhecón
- Curacreto
- Tabique
- Tubería lisa de PEAD diferentes diámetros
- Tubería corrugada de PEAD diferentes diámetros
- Tubería de acero diferentes diámetros
- Arena
- Grava
- Cemento