



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA**



**“PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES
UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA
SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO”**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIEROS CIVILES

PRESENTA

SALCEDO CAMPOS MARÍA DEL ROCÍO

MUÑOZ AZUARA CARLOS FERNANDO

DIRECTOR DE TESIS: M.I SERGIO MACUIL ROBLES

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

Introducción.....	4
I. Antecedentes	7
1.1 Tipo de elementos Estructurales utilizados en proyectos carreteros.....	7
1.2 Trabes	8
1.3 Columnas.....	11
1.4 Diafragmas	14
1.5 Firmes de compresión.....	16
II. Características de los elementos estructurales utilizados en la construcción de carreteras.	27
2.1 Elementos Convencionales	28
2.2 Elementos Presfuerzo	32
2.3 Elementos Postensados	38
III. Descripción del proyecto Autopista Urbana Sur.....	52
IV. Procedimientos constructivos en la colocación de elementos mayores en el Proyecto Autopista Urbana Sur.....	72
4.1 Carga.....	76
4.2 Transporte	78
4.3 Llegada a la obra	88
4.4 Colocación	91
V. Descripción del equipo utilizado para el montaje, transporte y sujeción de elementos estructurales mayores.....	100
Conclusiones.....	119

Introducción

La Autopista Urbana Sur (ASUR) es una obra de ingeniería realizada por la constructora ICA. La ASUR debido a la demanda de infraestructura vial de la Ciudad de México y su área conurbada es una de las más amplias y con mayor crecimiento, ya que vialidades como Anillo Periférico se han vuelto insuficientes. La Autopista Urbana Sur está construida sobre el Anillo Periférico de la Ciudad de México, comienza a la altura de la zona de San Jerónimo y termina en Muyuguarda.

De acuerdo con la Secretaría de Transportes y Vialidad del Distrito Federal (SETRAVI), la Ciudad de México tiene una alta concentración de automóviles, su cifra asciende a más de 5.5 millones de unidades, tan solo la tercera parte del parque vehicular del país se encuentra solamente en la Ciudad de México. Se estima que en menos de diez años, según SETRAVI se tendrán un poco más de 10 millones de vehículos.

El Anillo Periférico es una vía de circunvalación que rodea gran parte del Valle de México siendo una de sus principales vialidades. Tiene una longitud total de 58.83 km. En la zona Sur o bien Sur-Poniente abarca delegaciones como Benito Juárez, Álvaro Obregón, Magdalena Contreras, Tlalpan, Coyoacán y Xochimilco.

Diariamente circulan por esta vía alrededor de 65000 personas en transporte privado y 94000 en transporte público. Por esto mismo se cree que si no se proponen nuevas vialidades la zona sur-poniente colapsará en menos de cinco años. Actualmente la velocidad promedio de circulación para los automóviles de la zona es de 32 km/hr y el 60% de los traslados tardan más de dos horas y media.

Por ello, el Gobierno de la Ciudad de México ha reconocido la necesidad de contar con vialidades eficientes que permitan hacer frente a esta situación. Tal es el caso de la Autopista Urbana Sur.

Como antecedente se construyó el segundo nivel del Anillo Periférico desde la zona de San Jerónimo hasta San Antonio. Se estableció de esta forma para dar salida y entrada al viaducto y los ejes 5 y 6. Se propuso teniendo en cuenta que existiría una segunda etapa, en la que se seguiría la construcción del segundo nivel hasta la zona de Muyuguarda.

La Autopista Urbana Sur, una vialidad elevada que recorre San Jerónimo a Muyuguarda, forma parte del Plan integral de Vialidades y Transporte Público denominado Autopista Urbana, el cual busca ofrecer una alternativa de movilidad vial en el eje Querétaro- Ciudad de México-, Toluca- Cuernavaca. De esta forma, se enlazará con las vías elevadas del Anillo Periférico Norte, el Sistema vial de puentes, túneles y distribuidores sur-poniente de la Ciudad de México.

Se propone la Autopista Urbana Sur, como solución a los problemas de vialidad de la zona de San Jerónimo hasta Viaducto Tlalpan. Cubriendo las delegaciones de Magdalena Contreras, Álvaro Obregón, Coyoacán y Tlalpan .El proceso constructivo que se proyecta para Autopista Urbana Sur tendrá una duración de 19 meses y consta de nueve subprocesos.

Gracias al sistema de construcción con base en prefabricados el tiempo de realización del proyecto se ve reducido en comparación al sistema de construcción en sitio como fue el caso del distribuidor San Jerónimo- San Antonio. Los prefabricados reducen las afectaciones viales ya que el transporte y montaje de las piezas se realiza de noche.

Este proyecto es, sin duda, una muestra máxima del nivel y calidad de la ingeniería mexicana. Esta impresionante estructura contará, aproximadamente, con 19,614 piezas prefabricadas. La construcción estuvo a cargo de ICA y por otro lado, PRET que pertenece a ICA, que participo a través de su sistema de construcción a base de prefabricados, dando más calidad, procesos más rápidos y eficientes.

Su primer etapa será de San Jerónimo a Viaducto Tlalpan, con una longitud total de 11.3 km. y se podrá hacer en un tiempo promedio de 13 minutos. Se conectará con el

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA
AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO
Segundo Piso del Periférico Sur, a la altura de San Jerónimo. Dará continuidad a la
vialidad elevada, desde San Antonio

Es así como se edifica la Autopista Urbana Sur, a través de procesos constructivos rápidos y eficientes que sustentan el desarrollo del país con infraestructura vial que responde a las necesidades de la ciudadanía.

Por medio de esta tesis, se mostrará el proceso constructivo de los elementos mayores de la Autopista Urbana Sur, entendiendo por elementos mayores las columnas y trabes. Se explicará la diferencia entre elementos estructurales convencionales, los de prefuerzo y los potenzados. Se explicará paso a paso los procesos de Carga, Transporte, Llegada a Obra y Colocación.

I. Antecedentes

1.1 Tipo de elementos Estructurales utilizados en proyectos carreteros

Elemento estructural es cada una de las partes diferenciadas aunque vinculadas en que puede ser dividida una estructura a efectos de su diseño. El trazo de estos elementos se lleva a cabo siguiendo los principios de la resistencia de materiales y de la ingeniería estructural. Cada uno de los elementos estructurales poseen nombres propios que los identifican.

Estos elementos se pueden clasificar siguiendo los tres criterios principales, que son:

Elementos Estructurales Lineales, también son llamados prismas mecánicos o unidimensionales. Son alargados y son sometidos a un estado de tensión plana. Los más comunes dependiendo su forma y su posición son:

- Horizontales, flexionados y rectos, en donde se puede apreciar zapatas corridas, vigas, etc....
- Verticales, comprimidos y rectos, como son los pilares, las columnas, y los pilotes.
- Flexionados y curvos, donde entran los arcos continuos y las vigas balcón.
- Diagonales y rectos, que corresponden a las barras diagonales de una celosía, a las barras de arrojamiento de cruces, etc.

Elementos Estructurales Bidimensionales, que poseen una dimensión o espesor menor que los elementos lineales. Estos se dividen según su forma en:

- Horizontales, flexionados y planos, que corresponden a las plateas, a las losas de cimentación y a los forjados.
- Flexionados y curvos.
- Verticales, flexionados y planos, que involucra a los muros de contención.
- Traccionados y curvos.

Elementos Estructurales Tridimensionales los cuales poseen estado de tensión biaxial o triaxial. En estos se pueden distinguir las zapatas y las mensuras de sustentación. Todos estos elementos estructurales son diseñados atendiendo una serie de criterios como; los de resistencia, los de estabilidad, los de funcionalidad, y los de rigidez.¹

La estructura está formada por elementos de concreto armado, ubicadas sobre los ejes de apoyo donde se encuentran los cajones de cimentación

1.2 Trabes

La trabe es un sistema estructural que distribuye las cargas a través de sus miembros verticales y horizontales. Los miembros horizontales o bien llamados vigas o trabes son elementos que resisten el volteo y dan equilibrio

La transmisión de cargas a través de un sistema de trabes y columnas es usualmente el método más satisfactorio y eficiente

Las cargas también pueden ser distribuidas a lo largo de toda la trabe. Esta es la situación más común de transferencia de cargas. Estas cargas uniformes son distribuidas a cada una de las columnas, por lo tanto las columnas tienen un mismo tamaño²

Si las cargas desiguales son distribuidas a lo largo de la viga, la distribución de las cargas de las columnas es desigual y el tamaño de la columna debe de variar. Todas las cargas verticales aplicadas en la viga serán iguales a la carga total que la columna pueda soportar y transferir al terreno. La sumatoria de todas las fuerzas verticales que actúan hacia abajo debe ser igual a la sumatoria de todas las fuerzas verticales que actúa hacia arriba, así la estructura permanecerá en equilibrio.

El centro de la columna soporta la mayor carga, haciendo que cada una de las columnas soporte la misma carga siendo del mismo tamaño

¹ María de la Luz Velázquez Luna, *Elementos Estructurales Construcción 1*, disponible en <http://www.buenastareas.com/ensayos/Elementos-Estructurales/722358.html>

² Ana García, *Trabes Armadas*, disponible en arquitectura y construcción, www.arqhys.com/construccion/trabes-armadas.html

Las vigas o trabes son elementos estructurales que reciben carga perpendicular a su eje de posición horizontal o ligeramente inclinadas, de claro libre y que apoyan sus extremos en columnas o muros; son elementos peraltados, es decir, que su peralte resalta de la losa con una dimensión mayor que su ancho. Dentro de las características geométricas de refuerzo se tienen las siguientes:

- Pueden estar construidas de un tramo o de varios según su número de apoyos.
- Su ancho será al menos la mitad de su peralte total (que incluye el espesor de la losa).
- El refuerzo longitudinal, paralelos al eje de la viga se coloca en dos lechos: inferior y superior.
- La cantidad de refuerzo en toda la longitud de la viga no es constante; se deben colocar al menos dos varillas del mismo diámetro en cada lecho.
- En la parte central de su claro suele haber más refuerzo en el lecho inferior, en sus extremos cerca de los apoyos suele haber más esfuerzo en el lecho superior. La variación del refuerzo se ejecuta con tramos de varilla que se denominan “bastones”. En un plano se indican los ejes donde se ubica la viga, se le da un nombre y se acota, indicando número y diámetro de las varillas.
- El refuerzo transversal o perpendicular al eje o al refuerzo longitudinal de la viga se habilita en forma de estribos.
- Cuando son vigas de marcos, las aristas del lecho inferior se achaflanar.
- Todo el refuerzo longitudinal de las vigas de un marco deben pasar entre el refuerzo longitudinal de las columnas

Las trabes de la Autopista Urbana Sur son elementos prefabricados de concreto de gran capacidad.

Este tipo de productos son utilizados para el soporte de las losas de entrepiso y azoteas. Tienen como ventajas:

- Elemento estructural prefabricado
- Gran capacidad para soportar entrepisos

- Se pueden fabricar diferentes anchos, largos y peraltes
- Concreto de alta resistencia
- Comportamiento estructural más dúctil
- Mejora las características geométricas del proyecto
- Resiste las acciones de las cargas vivas y muertas

Se usan para la construcción de:

- Entrepisos
- Cubiertas
- Edificios
- Cualquier estructura de concreto

Las traveses armadas son vigas de acero compuesta que requiere un modulo de sección mayor que el de las vigas laminadas. La forma más común consiste en dos placas pesadas o patines entre las cuales se suelda una placa de alma relativamente delgada. En puntos de carga o reacción concentrada las almas de las traveses armadas deben ser usualmente reforzadas por atiesadores de apoyo para distribuir las fuerzas locales concentradas en el alma³. Pueden agregarse atiesadores intermedios y longitudinales para servir una función muy diferente principalmente incrementa la resistencia al pandeo y mejorar así la efectividad del alma en resistir los esfuerzos cortantes, de flexión o combinados. Los atiesadores longitudinales permiten alturas mucho mayores del alma y claros correspondientes mayores, con espesores del alma relativamente pequeños la reducción del espesor requerido para el alma ha resultado también del concepto de campo de tensión que permite la utilización de la resistencia posterior al pandeo del alma de la trabe. Las traveses armadas son particularmente apropiadas para puentes carreteros, porque permiten una visión ilimitada y minimizan los problemas de altura libre. Las traveses armadas suelen usarse para casos de soporte lateral del patín de compresión, también se usa para evitar el pandeo torsional lateral y en resistir

³ Alejandro Pérez Mendoza, *Proceso Constructivo del Puente Vehicular en Av. Plan de Muyuguarda y Anillo Periférico, al Sur de la Ciudad de México en las Delegaciones Xochimilco y Tlalpan*, (Tesis de Licenciatura), México, UNAM, 2005

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO

cargas laterales. Esto se debe a su mayor resistencia y rigidez en torsión y en flexión respecto al eje débil. Para seleccionar la placa del alma de la trabe implica:

- Escoger una altura para el alma con relación al claro
- Escoger el espesor mínimo de la razón permisible altura/espesor

1.3 Columnas

La columna es el elemento estructural vertical empleado para sostener la carga de la estructura en diseño. Es utilizado por la libertad que proporciona para distribuir espacios así como su función de soportar el peso de la construcción; es un elemento fundamental en el esquema de una estructura y la adecuada selección de su tamaño, forma, espaciamiento y composición influyen de manera directa en su capacidad de carga. La columna como elemento de un pórtico es el elemento donde la compresión es el principal factor que determina su comportamiento. Hay que destacar que la columna es un elemento estructural de gran importancia en una construcción civil ya que estas son las que transmiten las cargas de la estructura al suelo, y son el soporte de dicha estructura ante fuerzas sísmicas y del viento.⁴

En materia de construcción existen dos tipos de columnas las de acero y las de concreto armado, las de acero la construcción de una edificación se hacen más rápido ya que estas vienen prefabricadas de fábricas, por lo contrario las de concreto armado son más lentas de construir pero son mas económicas y por eso son las más comunes a la hora de construir.

Según el uso actual de la columna como elemento de un pórtico, no necesariamente es un elemento recto vertical, sino es el elemento donde la compresión es el principal factor que determina el comportamiento del elemento. Es por ello que el predimensionado de columnas consiste en determinar las dimensiones que sean capaces de resistir la compresión que se aplica sobre el elemento así como una flexión que aparece en el diseño debido a diversos factores

⁴ Alejandro Pérez Mendoza, *Proceso Constructivo del Puente Vehicular en Av. Plan de Muyuguarda y Anillo Periférico, al Sur de la Ciudad de México en las Delegaciones Xochimilco y Tlalpan*, (Tesis de Licenciatura), México, UNAM, 2005

Cabe destacar que la resistencia de la columna disminuye debido a efectos de geometría, lo cuales influyen en el tipo de falla. El efecto geométrico de la columna se denominan esbeltez y es un factor importante, ya que la forma de fallar depende de la esbeltez, para la columna poco esbelta la falla es por aplastamiento y este tipo se denomina columna corta los elemento más esbeltos se denominan columna larga y la falla es por pandeo. La columna intermedia es donde la falla es por una combinación de aplastamiento y pandeo. Además, los momentos flectores que forman parte del diseño de columna disminuyen la resistencia del elemento tipo columna

Dentro de los requisitos fundamentales de una estructura o elemento estructural están: equilibrio, resistencia, funcionalidad y estabilidad. En una columna se puede llegar a una condición inestable antes de alcanzar la deformación máxima permitida o el esfuerzo máximo. El fenómeno de inestabilidad se refiere al pandeo lateral, el cual es una deflexión que ocurre en la columna cuando aparece incrementa el momento flector aplicado sobre el elemento, el aumento de la deflexión agranda la magnitud del momento flector, creciendo así la curvatura de la columna hasta la falla; este caso se considera inestable. Por ello la resistencia de la columna sometida a compresión tiene dos límites, el de resistencia para columnas cortas y el de estabilidad para columnas largas. La estabilidad es así el nuevo parámetro que define además de la resistencia y la rigidez, las dimensiones de la columna

Las columnas de la Autopista Urbana Sur son prefabricadas y aligeradas en su interior, estos elementos varían de tamaño de acuerdo a la disposición de los ejes de cada cuerpo.

Son de gran importancia estos elementos ya que son los que transmiten las cargas a la subestructura, el diseño estructural de estos elementos tiene como finalidad absorber los movimientos horizontales a los que está sometida la estructura y las cargas que sobre ella actúan, ya que aparte de someter a la columna a carga axial y a flexiones también son sometidos a torsión, de esta manera podemos comprobar que los materiales huecos presentan mayor comportamiento en comparación con un elemento macizo

La sección transversal de las columnas es de tipo oblonga desde la base hasta el capitel de las mismas de sección variable con la particularidad de que dicho capitel aumenta de tamaño sin tener una transición con la figura geométrica distinta en la parte más alta de la columna.

En la parte central de la base de las columnas se localiza el perno nivelador constituido por un casquillo metálico que contiene un tornillo con cuerda estándar, dicho tornillo se colocó antes de colocar la columna en posición final adentro del candelerero con el objeto de proporcionar adecuadamente las cotas indicadas en el proyecto

Las columnas son macizas en la base de las mismas, aligerándose posteriormente en un tramo de 3 metros en el desarrollo vertical del elemento, continuando la sección maciza hasta llegar al tope del capitel.

Para las maniobras como son sacar las columnas del molde para entongarlas en un patio de maniobras y posteriormente programar su traslado a la obra para finalmente levantarla e izarlas, las cuales fueron eliminados con equipo de corte de oxiacetileno previo a la colocación definitiva de las mismas

Los factores que influyen en la magnitud de la carga crítica son la longitud de la columna, las condiciones de los extremos y la sección transversal de la columna. Estos factores se conjugan en la relación de esbeltez o coeficiente de esbeltez, el cual es el parámetro que mide la resistencia de la columna. De esta forma para aumentar la resistencia de la columna se debe buscar la sección que tenga el radio de giro más grande posible, o una longitud que sea menor, ya que de ambas formas se reduce la esbeltez y aumenta el esfuerzo crítico⁵

Cuando la carga no se aplica directamente en el centroide de la columna, se dice que la carga es excéntrica y genera un momento adicional que disminuye la resistencia del elemento, de igual forma, al aparecer un momento en los extremos de la columna debido a varios factores, hace que la carga no actúe en el centroide de la columna. Esta

⁵ Manuel Moreno Echandia, Gino Granado Paucar, *Columnas Armadas*, disponible en <http://es.scribd.com/doc/114975611/Columna-Armada>

relación del momento respecto a la carga axial se puede expresar en unidades de distancia según la propiedad del momento, la distancia se denomina excentricidad. Cuando la excentricidad es pequeña la flexión es despreciable y cuando la excentricidad es grande aumenta los efectos de flexión sobre la columna. El momento es igual a una fuerza multiplicada por la distancia.

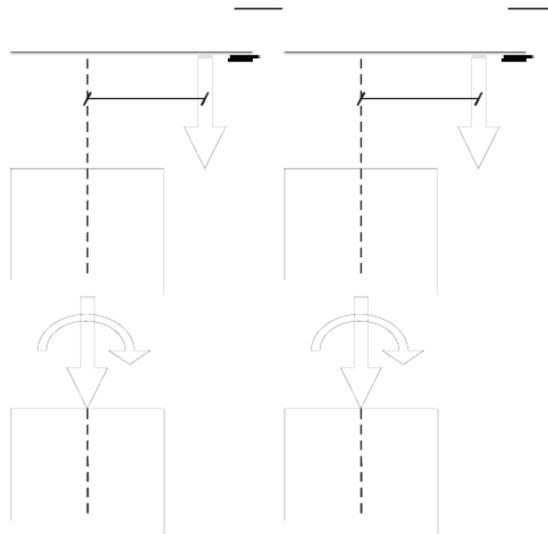


Ilustración 1. “Carga no aplicada directamente sobre el centroide”

1.4 Diafragmas

La viga diafragma es un elemento que brinda a la superestructura una conectividad importante entre las vigas principales y hace posible que esta funcione como un conjunto. Es importante señalar que las vigas diafragma proveen la resistencia necesaria a las fuerzas laterales y excéntricas que actúan sobre la superestructura. Aún así, las vigas diafragmas pueden ser omitidas en el diseño, si es que el análisis estructural muestra un adecuado comportamiento de los elementos principales sin ellas. Una viga no es más que un elemento estructural lineal al que se le aplica cargas perpendiculares a lo largo de su eje; a tales cargas se les conoce como carga flexión⁶. La flexión es la tendencia que presenta un elemento a arquearse como resultado de las cargas aplicadas perpendiculares a lo largo de su eje. La flexión causa que una cara del elemento se estire y la otra se contraiga.

⁶ Alejandro Pérez Mendoza, *Proceso Constructivo del Puente Vehicular en Av. Plan de Muyuguarda y Anillo Periférico, al Sur de la Ciudad de México en las Delegaciones Xochimilco y Tlalpan*, (Tesis de Licenciatura), México, UNAM, 2005

Y como los esfuerzos de tensión y compresión ocurren en paralelo se presentan también esfuerzos cortantes. Una viga es el ejemplo más común de un elemento estructural en flexión. Es la solución más directa a los problemas estructurales más comunes de transferencia de cargas horizontales de gravedad a los elementos de carga.

La viga diafragma es un elemento estructural lineal con dos dimensiones mayores al ancho en dirección perpendicular. La anchura mínima de la sección está limitada por el riesgo de la inestabilidad lateral

Las vigas diafragma son aquellas cuya relación claro-peralte es del orden de 4 o menor, aquellas que sean menores a 2 se trata de simplemente apoyadas. Para el estudio de los diafragmas existen dos maneras para representar el mecanismo de acción de las fuerzas dependiendo de su estado de carga, con fuerza cortante y fuerza uniforme distribuida

Son elementos de alta rigidez que se emplean cuando es necesario transferir grandes cargas concentradas de una a otra posición, pueden ser usados en edificios de varios niveles que permitan el desplazamiento de ejes de columnas, en silos, muros de cimentación, tanques y muros de cortante

A causa de las proporciones de sus dimensiones, su resistencia tiende a ser controlada por cortante, como consecuencia de los altos esfuerzos cortantes, se presenta un alabeo significativo de la sección transversal. La resistencia a cortante puede ser hasta dos a tres veces mayor a la que se obtienen en las normas técnicas complementarias para elementos con dimensiones normales.

El acero principal a flexión se coloca cerca del borde de tensión, pero debido a la altura de la zona de tensión se recomienda distribuir el acero sobre el tercio inferior del elemento. Es de importancia la adición de estribos pero es más efectivo el acero del alma ya que actúa de manera perpendicular aumentando la transferencia de cortante

1.5 Firmes de compresión

Es la capa constituida por uno o más materiales que se colocan sobre el terreno natural o nivelado, para aumentar su resistencia y servir para la circulación de personas o vehículos. Entre los materiales utilizados en la pavimentación urbana, industrial o vial están los suelos con mayor capacidad de soporte, los materiales rocosos, el concreto y las mezclas asfálticas

Es un componente de flexión que distribuye la carga horizontalmente a una o más direcciones dentro de un solo plano. Mientras que la resistencia a la flexión de una losa es parecida a la de una viga, difiere de la de una serie comparable de vigas independientes en si continuidad en ambas direcciones. Si esa serie de vigas independientes y paralelas está sujeta a una sola concentración de carga, solo la viga bajo la carga se reflectará. Pero como las vigas que forman una losa están unidas y actúan integralmente cuando se aplica una carga en un punto, las partes adyacentes de la losa se activan para contribuir a su resistencia a la flexión.

La carga es distribuida lateralmente dentro de la losa como resultado de la resistencia de cortante entre la parte cargada y las áreas adyacentes. En consecuencia, las cargas concentradas dan como resultado una flexión perpendicular localizada en la primera dirección de extensión causando torsión en la losa. Existen varios tipos de losas clasificadas normalmente por la configuración del soporte, el cual determina su conducta de flexión:

- Losas en una y dos direcciones
- Losas planas (placas planas)
- Losas nervadas
- Viguetas
- Losas reticulares
- Vigueta isostáticas

Las losas se consideran como uno de los elementos más delicados en la construcción de edificaciones, ya que una colocación incorrecta del acero de refuerzo puede llevarla

al colapso sin necesidad de que sobrevenga un sismo o alguna otra carga de tipo accidental. Cada paso que se realice durante el proceso constructivo será determinante en el futuro comportamiento de la losa, es por ello que se debe realizar siguiente las especificaciones técnicas que contempla la Norma para tal fin.

La etapa de construcción de la losa es tan importante como todas las anteriores y su correcta realización va a garantizar que el desempeño de la misma sea el esperado para el cual se diseñó.

Siempre se debe contar con la ayuda de los planos estructurales de la losa para realizarla, siguiendo las indicaciones y las especificaciones que da el calculista a cabalidad de manera que una vez finalizada la obra se hayan obtenido las características que se desean en toda losa:

- Capacidad portante
- Solidez
- Capacidad de aislamiento acústico
- Capacidad de aislamiento térmico
- Resistencia al fuego
- Resistencia a las sacudidas sísmicas, etc.

Se deben armar los encofrados para darle la forma deseada a la losa y apuntalarlos adecuadamente de manera que se resistan las cargas durante la construcción hasta que se alcance la resistencia propia de cada elemento.

El encofrado es la estructura temporal que sirve para darle al concreto la forma definitiva. Su función principal es ofrecer la posibilidad de que el acero de refuerzo sea colocado en el sitio correcto, darle al concreto la forma y servirle de apoyo hasta que endurezca, está constituido por el molde y los puntales, que pueden ser metálicos o de madera.

Existen una gran cantidad de tipos de encofrado, de distintos materiales y de distintas formas, cada uno es utilizado para un fin específico, y así como se explicó

anteriormente en éste capítulo existen encofrados que no son removibles, es decir que pasan a formar parte de la estructura después del vaciado. El material más usado es la madera pero también los hay metálicos y de plástico.

Los tableros de madera presentan la ventaja de que pueden ser cortados para darles la forma deseada, sin embargo esto genera desperdicios de material que en ocasiones no se puede reutilizar. Para alargar la vida útil del encofrado y que se pueda reutilizar en distintas obras se le debe dar un cuidado especial como se indica:

- Se deben limpiar retirando el concreto adherido inmediatamente después del desencofrado, con agua a presión y cepillo de cerdas plásticas blandas.
- Se deben retirar todos los dispositivos flojos, las varillas de amarre, clavos, tornillos, residuos de lechada o polvo.
- Una vez usados se deben limpiar y retirar clavos, tornillos, pasadores, abrazaderas, alambres, etc.
- Se debe controlar el uso excesivo de martillo metálico durante el vaciado y el desencofrado pues el golpearlos con esta herramienta los deteriora.
- No deben almacenarse a la intemperie al sol y al agua, porque se tuercen y se deteriora su superficie.
- No debe abusarse del uso de clavos y tornillos pues se debilita la madera.
- Se deben pintar periódicamente con pinturas resistentes al agua para evitar cambios volumétricos por absorción de agua.
- No deben someterse a cargas y esfuerzos excesivos, ni emplearse para usos diferentes a los previstos, para evitar su deterioro y deformación.

Los encofrados metálicos presentan un desgaste mínimo con un manejo adecuado. Al igual que los de madera deben ser tratados de manera especial:

- Se deben limpiar bien luego de usarlos, e impregnarlos con un producto desmoldante comercial: aceite, petróleo o gasoil con parafina al 50%, dependiendo del acabado que se quiera lograr.

- Se debe evitar la oxidación protegiéndolos periódicamente con pintura anticorrosiva, sobre todo si van a estar mucho tiempo a la intemperie.
- Debe protegerse también de los rayos del sol y de la lluvia.
- Se debe almacenar en sitios cubiertos y secos, debidamente codificados, colocado verticalmente o ligeramente inclinado cuando se recuesten sobre un muro y levantados del piso sobre zancos o tacos.
- Las piezas o componentes defectuosos se deben reparar o reemplazar debida y oportunamente.

Encofrados plásticos son los más usados para el vaciado de losas nervadas y reticulares ya que vienen con formas y dimensiones predefinidas para tal fin. Su principal ventaja es que son muy fáciles de manipular y colocar en sitio debido a su ligereza. Se deben manipular con igual precaución que los encofrados de madera y metálicos para prolongar su vida útil. En nuestro país se le conoce con el nombre de Casetones.

Luego de haber encofrado y apuntalado correctamente la losa se procede a la colocación del acero de refuerzo de la misma. Es evidente que previamente se debió haber cortado y doblado las cabillas de acuerdo a los planos del despiece.

Es importante que las barras se fijen firmemente en su posición para evitar que se muevan cuando se esté vaciando el concreto, también debemos respetar los recubrimientos que deben tener, si es necesario se pueden apoyar sobre tacos de concreto que tengan una altura igual a la del recubrimiento y una resistencia mayor o igual a la del concreto que se vaciará en la losa.

Se deben utilizar los amarres de alambre adecuados para fijar las barras ortogonales y los estribos en caso de que los haya. También se deben dejar los arranques de cabilla con longitudes adecuadas de los elementos que no serán vaciados junto con la losa.

La estructura de un pavimento es considerada como un sistema de capas múltiples y los materiales de cada una de ellas se caracterizan por un módulo de elasticidad, también llamado dinámico en las mezclas asfálticas y un módulo de resiliencia para los

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO

materiales granulares sin tratar. Las características de resistencia de los suelos que componen la subbase y base, deben ser consideradas.

Elementos que integran la estructura de un pavimento:

La subrasante es la capa del terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento. Se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga que corresponde al tránsito previsto. Esta puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.

El espesor del pavimento dependerá, en buena parte, de la calidad de la subrasante, por lo que es recomendable que sea resistente, incompresible e inmune a cambios por humedad. Son ideales los materiales granulares, con porcentajes de hinchamiento que cumplan con la AASHTO T 193. Durante la construcción, un espesor equivalente a la subrasante deberá escarificarse, homogenizarse, mezclarse, conformarse y compactarse totalmente, hasta alcanzar la densidad máxima definida en la AASHTO T180.

La subbase se encarga de soportar y distribuir uniformemente las cargas aplicadas en la rodadura de pavimento. Debe por lo tanto ser capaz de controlar los cambios de volumen y elasticidad, que puedan dañar el pavimento. Sirve como capa de drenaje y controla la ascensión capilar, lo que protege la estructura de pavimento. En su construcción se recomienda el empleo de materiales granulares. En los pavimentos flexibles esta capa sirve como material de transición.

El material de la subbase debe tener un CBR mayor que el de la subrasante y su espesor puede variar por tramos, de acuerdo con la calidad de la subrasante. Para su construcción se verificará que los materiales cumplan con la AASHTO T-193 sobre una muestra saturada según AASHTO T180, sin bloques mayores que 2/3 del espesor de la capa, verificando el IP según AASHTO T-90 y límites según AASHTO T89, además de

estar libre de impurezas. Se colocan en capas de 20 cm máximo, homogenizadas, conformadas y compactadas, hasta alcanzar su máxima densidad.

La base es la que distribuye las cargas a la subbase, por lo que se la debe construir con piedra de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno, o bien con suelo y grava. Su estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión, por lo que el material debe cumplir con las normas AASHTO T193, AASHTO T180 y AASHTO T 193; estar libre de impurezas orgánicas, y la porción retenida en el tamiz N° 4 debe cumplir con la prueba de desgaste AASHTO T96. Por su parte, el porcentaje que pasa la malla N° 40 debe cumplir con los límites indicados en AASHTO T90 Y T89 y el porcentaje que pasa la malla 200 debe ser menor que la mitad del porcentaje que pasa el tamiz No.40.

Durante su construcción, si el espesor de la base es mayor que 20 cm, la compactación se hará por capas no mayores de 20 cm ni menores a 10 cm, humedeciendo la superficie de contacto entre ellas.

En el caso de los materiales estabilizados, sus características mecánicas cambian y se incrementa significativamente el módulo de resiliencia. Se deberán realizar estudios de laboratorio para determinar las cantidades y límites razonables a utilizar.

Una base estabilizada se compone de grava, materiales de relleno y productos estabilizadores que pueden ser:

- **Cemento Portland:** Se estudiará la cantidad que se utilizará para que no se presenten grietas debidas a problemas de contracción.
- **Cal:** Es un buen material que no alcanza la resistencia ni grado de rigidez del cemento. Su porcentaje varía entre 2% y 6% en peso del material a estabilizar. Puede usarse cal hidratada o viva pulverizada, con un contenido mínimo del 87% de sólidos, en masa de óxidos de calcio y magnesio. En la ejecución, el grado de

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO
lechada 1, tiene contenido de sólidos no mayor de 31% de la masa total. Grado 2 indica un contenido de sólidos no mayor de 35%.

- **Materiales bituminosos:** Son cementos asfálticos de alta penetración, asfaltos rebajados, entre 3.5% a 7.5% con respecto al peso seco del material a estabilizar. El máximo espesor de capa estabilizada con material bituminoso es de 15 cm.

Cuando no se cuenta con suelos adecuados para la estructura de pavimento, tales como subrasantes, subbases y bases, se debe recurrir al uso de productos estabilizadores. Es conveniente que los materiales de cada una de las capas estén acordes con la capacidad de esfuerzo de las contiguas, ya que no es conveniente que una sea rígida y otra flexible, o que una impermeable quede bajo una permeable.

Tipos de pavimento

Los pavimentos pueden ser flexibles o rígidos. En los rígidos se produce una buena distribución de las cargas, debido a la consistencia de la superficie de rodadura, lo que da como resultado tensiones muy bajas en la subrasante. Lo contrario sucede en un pavimento flexible, donde la superficie se deforma, por tener menos rigidez y genera mayor tensión.

Pavimentos flexibles

Se construye sobre la capa subrasante de un camino, y dicho pavimento está compuesto por sub-base, base y carpeta asfáltica. El pavimento flexible debe proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y a otros agentes perjudiciales, así como transmitir a las terracerías los esfuerzos por las cargas de tránsito. Están constituidos por lo general por una capa asfáltica y una capa de material granular. En las capas superiores donde son mayores los esfuerzos se usan materiales con mayor capacidad de carga y en las capas inferiores donde los esfuerzos son menores se coloca materia de menos capacidad. Está constituido por materiales débiles

y menos rígidos que el concreto, más deformables que se transmiten a la subrasante las cargas de manera más concentrada distribuyendo el total de la carga en menos área de apoyo, por lo tanto el pavimento flexible requiere más capas y mayores espesores para resistir la transmisión de cargas a la subrasante.

- Mezclas asfálticas en frío

El material bituminoso para la fabricación de la mezcla será emulsión asfáltica o asfalto rebajado, que cumpla con la norma AASHTO M140 y M208. Los agregados serán rocas o gravas trituradas, limpios densos y durables, libres de contaminación, que reúnan los requisitos de abrasión, equivalente de arena, límites y desintegración al sulfato, de las normas AASHTO T96, T176, T90, T89 Y T104.

- Mezclas asfálticas en caliente

En este caso se emplean materiales aglomerantes bituminosos mezclados, con procedimientos controlados en caliente. El cemento asfáltico o modificado con polímeros debe cumplir con alguna de las siguientes especificaciones de acuerdo con su graduación por viscosidad: AASHTO M226, M20 o MP1.

El agregado grueso debe ser limpio, compacto y durable, con un desgaste inferior al 40% a 500 revoluciones del método AASHTO T96. No podrá perder más de 12% de peso en ensayos con sulfato de sodio según AASHTO T104; en el caso de la grava triturada, no menos del 50% del peso de las partículas retenidas en el tamiz No.4, debe tener dos caras fracturadas y no más del 8% pueden ser planas o alargadas.

- Riegos asfálticos

Son riegos sucesivos y alternos de material bituminoso y agregados triturados compactados, hasta lograr un acomodo más denso, ya sea en la forma de un tratamiento simple, doble o triple. Se empleará cemento asfáltico de penetración 120 a 150 según AASHTO M20, con graduación por viscosidad AC según AASHTO M26 o

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO

emulsiones RS 1, 2 y CRS-1 y CRS-2 según AASHTO M140. Deben aplicarse de 0.2 a 0.4 galones (EUA) de asfalto residual por metro cuadrado a una temperatura entre 140° y 177° para el material AC 20, 75° a 130° para RS1 y CRS1 y de 110° C a 160° C para RS2 y CRS2 rebajados.

- Sellos asfálticos

Se trata de un revestimiento con emulsiones asfálticas y agregado fino, destinado a impermeabilizar una superficie asfáltica existente, por medio del llenado de vacíos y grietas, para evitar la desintegración de superficies asfálticas desgastadas, mejorar su resistencia contra el deslizamiento y aumentar la durabilidad del pavimento. Se pueden usar como sellos la lechada asfáltica y los micro aglomerados.

- Adoquines

Son bloques de concreto contruidos con material pétreo y cemento, que pueden tener varias formas regulares y se colocan sobre una cama de arena de 3 a 5 cm de espesor, cuya función es absorber las irregularidades de la base y proporcionar a los adoquines un acomodo adecuado y uniforme. Igualmente drena el agua que se filtra por las juntas, con lo que protege la base.

Para la cama se deberá utilizar arena natural de río, volcánica o mineral; libre de arcilla, materia orgánica u otra que interfiera con la función de drenaje. Deberá ser almacenada de forma tal que mantenga un contenido de humedad uniforme. La arena de sello que se use para llenar las juntas puede ser la misma usada para la cama.

Un adoquín de calidad tiene medidas uniformes con aproximación de cerca de 1 milímetro, una absorción tal que sea comparable a la de una muestra ensayada de alta resistencia, una pérdida volumétrica en desgaste que no exceda 15 cm³/50 cm² y una disminución de espesor no mayor que 3 cm.

Pavimentos rígidos

Estos pavimentos son los de concreto y difieren mucho de los de tipo flexible, Los pavimentos de concreto reciben la carga de los vehículos y la reparten a un área de la

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO
sub-rasante. La losa por su alta rigidez y alto modulo elástico tiene un comportamiento de elemento estructural de viga. Absorbe prácticamente toda la carga.

Se integran por una capa (losa) de concreto que se apoya en una capa de subbase, constituida por grava; esta capa descansa en una capa de suelo compactado llamada subrasante. La resistencia estructural depende principalmente de la losa de concreto.

Los materiales de la subrasante y la subbase deben cumplir con las características de resistencia antes indicadas para pavimentos flexibles, aunque su espesor puede variar en función del diseño.

La capa de rodadura está construida con concreto hidráulico, por lo que la rigidez y el módulo de elasticidad se basan en la capacidad de soporte de la losa, más que en la de la subrasante, dado que no se emplea base, por lo que, en general, distribuye mejor las cargas hacia la estructura del pavimento.

Los pavimentos rígidos se pueden dividir según tres tipos de concreto:

- Hidráulico simple: No contiene armadura en la losa y el espaciamiento de juntas es de 2.5 a 4.5 metros. Puede tener o no dovelas en las juntas.
- Hidráulico reforzado: Tiene espaciamientos entre las juntas, de entre 6.1 y 36.6 metros. Su armadura, distribuida en la losa, controla y mantiene cerradas las fisuras de contracción.
- Concreto hidráulico reforzado continuo: Cuenta con una armadura continua longitudinal y no tiene juntas transversales, excepto las de construcción. La armadura transversal es opcional. Utiliza acero de alta densidad y mantiene un espaciamiento adecuado entre fisuras manteniéndolas cerradas.

El cemento que se emplea en su elaboración debe ajustarse a las normas AASHTO M85, para los Portland y a las normas AASHTO M240 para los hidráulicos mezclados. Deberá igualmente cumplir con las normas T89, T105, T06, T107, T127, T131, T137, T153, T154, T186.

Si no se especifica el tipo de cemento, este deberá cumplir al menos con una resistencia de 28 MPA.

Los agregados finos deberán cumplir con las normas AASHTO M6, clase B. Los agregados gruesos pueden ser gravas, piedras trituradas o sin procesar, de acuerdo con la norma AASHTO M80. El agua será de preferencia potable, limpia y libre de contaminantes y el aditivo debe cumplir con las normas AASHTO M295, en el caso de mezclas con ceniza volante. Si es químico debe cumplir con las normas AASHTO M159, para inclusores de aire y M194 para reductores de agua y acelerantes.

Como parte de los procedimientos de diseño es necesario realizar un estudio del costo y ciclo de vida de las alternativas de pavimentos, que permitan al profesional tomar una decisión sobre el tipo de pavimentos más conveniente.

II. Características de los elementos estructurales utilizados en la construcción de carreteras.

Las carreteras nacionales se han desarrollado a lo largo de décadas, comunicando así, a casi todas las poblaciones y comunidades del país. Las carreteras principales son las que registran el mayor afluente de vehículos de turismo y de carga, las cuales constituyen corredores carreteros a lo largo de todo el país.

Hay carreteras que están a cargo del gobierno federal, muchas son tramos libres y muchas son de cuota, proporcionan acceso y comunicación a fronteras sur y norte, puertos marítimos y a las principales ciudades del país.

Al igual que para el gobierno están a cargo las carreteras federales, existen también las carreteras estatales las cuales como su nombre lo indica están a cargo de los gobiernos de cada entidad federativa y constituyen carreteras pavimentadas, caminos rurales y brechas.

La república Mexicana cuenta con 355 796 km de carreteras. Cabe mencionar que la evolución en la construcción de carreteras ha ido decreciendo, comparado con el ritmo que existía entre los años cincuentas y setentas.

En total se pueden considerar actualmente 14 corredores carreteros que comunican las principales zonas de producción industrial y agropecuaria, así como las más importantes localidades urbanas y centros turísticos.

Estos ejes registran volúmenes diarios entre 2 mil y 30 mil vehículos.



Ilustración 2. “Principales corredores carreteros en México”

2.1 Elementos Convencionales

Elementos prefabricados de concreto.

Un producto prefabricado de concreto es una pieza fabricada en una planta de producción fija, empleando concreto como material fundamental. Dicho elemento es el resultado de un proceso industrial realizado bajo un sistema de control de producción definido.

Una vez fabricada y todos los controles satisfechos, esta pieza se puede almacenar hasta el momento de su entrega en obra donde, junto con otras piezas, conformarán el proyecto constructivo final, en este caso la autopista urbana sur. Las etapas de dicho elemento de concreto son: fabricación - almacenamiento - transporte - montaje

Las soluciones constructivas con productos prefabricados de concreto se pueden utilizar en cualquier proyecto (edificación, comercial, infraestructura...) y en cualquier momento dentro de un proceso de construcción, aunque la mejor forma de optimizar resultados y sacarle todo el provecho a las ventajas de esta solución es diseñar directamente pensando en concreto prefabricado.

Actualmente existen empresas que cubren las necesidades de los proyectos en cuanto a prefabricados se trata, como por ejemplo:

- Cerramientos
- Cimentaciones
- Elementos lineales (vigas, columnas)
- Mobiliario urbano
- Elementos para obra civil (puentes, dovelas, marcos, muros de contención, etc.)
- Tuberías y canalizaciones
- Pavimentación
- Edificación

Gracias a las modernas técnicas de producción y al uso de programas informáticos en el diseño y fabricación, se consiguen unas tolerancias dimensionales muy bajas y las propiedades mecánicas están totalmente garantizadas.

Además, la baja relación agua/cemento utilizada en la fabricación de los concretos empleados y la optimización de los métodos de compactación y curado confieren a los elementos Prefabricados de Concreto unas excelentes propiedades en acabados, resistencia y durabilidad en comparación con otras formas de construcción tradicional. La colaboración entre la constructora y el fabricante permite obtener la mayor optimización de recursos en todo el proceso constructivo; aspecto que hace de la Construcción Industrializada el método con mayor proyección de futuro.

Los elementos convencionales utilizados en carreteras son los siguientes:

PILAS: Son los apoyos intermedios de los puentes de dos o más tramos que deben soportar la carga permanente y la sobrecarga sin asientos, al igual que ser insensibles hasta cierto límite a la acción de agentes naturales como viento, sismo e inundaciones principalmente.

PILOTES: Son los apoyos de cimentación largos pueden ser de madera, concreto armado o acero que se hincan verticalmente en el terreno para formar un sistema de cimentación. Su función es transmitir de forma puntual las cargas en este caso de las columnas a un estrato profundo del terreno con una capacidad de carga suficiente.

Sus diámetros son variables, desde 50cm hasta 1m, pueden alcanzar profundidades superiores a los 30m, la diferencia entre pila y pilote es que la pila puede ser más grande y es colada en sitio, a diferencia de los pilotes que son prefabricados y regularmente son de diferentes materiales (acero, concreto y madera)

ZAPATAS: Las zapatas son elementos de cimentación que se apoyan directamente sobre el terreno, generalmente a una profundidad reducida y de forma variable pero preferentemente cuadrada, rectangular o circular. En la mayor parte de los casos, por no decir prácticamente en todos, se realizan de concreto armado.

COLUMNAS: Las columnas se definen como elementos que sostienen principalmente cargas a compresión. En general, las columnas también soportan momentos flexionantes con respecto a uno o a los dos ejes de la sección transversal y en esta acción de flexión pueden producirse fuerzas de tensión sobre una parte de la sección transversal.

CABEZAL: Los cabezales se definen como los elementos fabricados especialmente para unir, en este caso la columna con la trabe ballena, en las columnas de la autopista urbana sur estos cabezales viene integrados a la columna junto con la zapata.

TRABES (BALLENAS): es un elemento prefabricado de concreto presforzado la cual es hueca a lo largo y únicamente maciza en sus extremos, permitiendo reducir considerablemente su peso en función de su longitud. Debido a sus propiedades geométricas proporciona gran estabilidad y resistencia en claros grandes siendo su principal aplicación en la formación de superestructuras para puentes vehiculares.

FIRME DE COMPRESIÓN: Es un elemento estructural que sirve para soportar la acción de los vehículos que circulan sobre él, proporcionando en todo instante una superficie de rodadura cómoda segura y duradera.

PARAPETOS: Son elementos que se construyen o colocan longitudinalmente en una obra vial o sus inmediaciones para una mejor conducción de los vehículos logrando mayor seguridad y protección. Puede servir para prevenir caídas indeseadas sobre el borde o puede ser una característica defensiva, de la construcción o estilística.

MURO ESTRIBO: Son los elementos que sostienen los terraplenes que conducen al puente, estos reciben además de la superestructura el empuje de las tierras de los terraplenes que conducen al puente , en consecuencia trabajan también como muros de contención, están compuestos por un muro frontal que soporta el tablero y muros en vuelta que sirven para la contención del terreno.

TIERRA ARMADA: Es una asociación de tierra y elementos lineales capaces de soportar fuerzas de tensión, estos elementos suelen ser tiras metálicas o de plástico. El refuerzo de tales tiras da al conjunto una resistencia a tensión de la que el suelo carece en sí mismo, con la ventaja adicional de que la masa puede reforzarse única o principalmente en las direcciones más convenientes.

La fuente de esta resistencia a la tensión es la fricción interna del suelo, debido a que las fuerzas que se producen en la masa se transfieren del suelo a las tiras de refuerzo por fricción.

APOYOS DE NEOPRENO: Se utiliza en los puentes como medio para la transferencia de la carga. Cuando soporta cargas de compresión la placa de hule, absorbe las irregularidades de la superficie y de esa manera las imperfecciones salientes como las hundidas que tiene la superficie de concreto todas soportan la carga.

2.2 Elementos Presfuerzo

DEFINICIÓN DE PRESFUERZO

El presfuerzo significa la creación intencional de esfuerzos permanentes en una estructura o conjunto de piezas, con el propósito de mejorar su comportamiento y resistencia bajo condiciones de servicio y de resistencia.

Los principios y técnicas del presforzado se han aplicado a estructuras de muchos tipos y materiales, la aplicación más común ha tenido lugar en el diseño del concreto estructural.

El concepto original del concreto presforzado consistió en introducir en vigas suficiente pre-compresión axial para que se eliminaran todos los esfuerzos de tensión que actuarán en el concreto.

Con la práctica y el avance en conocimiento, se ha visto que esta idea es innecesariamente restrictiva, pues pueden permitirse esfuerzos de tensión en el concreto y un cierto ancho de grietas.

A diferencia del concreto armado ordinario, las armaduras no están directamente en contacto con el concreto en el momento del colado, ya que de lo contrario le transmitirían la tensión de tracción por adherencia entre la armadura y el concreto.

Es por ello que las armaduras se colocan dentro de ductos de plástico o metal. Estos ductos se posicionan dentro del encofrado (el molde) formando una línea curva definida en la fase de diseño, en función de la forma de la pieza y de las cargas a las que estará sometida.

Una vez que se les ha aplicado la tensión de trabajo a las armaduras, se anclan a la estructura mediante piezas especiales en sus dos extremos. Finalmente, caben dos opciones:

- En el sistema "adherente", se rellena el interior de los ductos con mortero de alta resistencia a presión, de manera que la armadura queda adherida al concreto formando una sección monolítica. A su vez, el mortero asegura la protección del acero frente a la corrosión.
- En el sistema "no adherente", los ductos no se rellenan, por lo que el único contacto entre el cable y el concreto se produce a través del cabezal de anclaje.

El concreto postensado suele requerir además cierta cantidad de armaduras pasivas (sin tensión aplicada), como se explica más adelante.

El ACI propone la siguiente definición:

“Concreto presforzado: Concreto en el cual han sido introducidos esfuerzos internos de tal magnitud y distribución que los esfuerzos resultantes debido a cargas externas son contrarrestados a un grado deseado.”

En elementos de concreto reforzado el presfuerzo es introducido comúnmente tensando el acero de refuerzo. Dos conceptos o características diferentes pueden ser aplicados para explicar y analizar el comportamiento básico del concreto presforzado.

Es importante que el diseñador entienda los dos conceptos para que pueda proporcionar y diseñar estructuras de concreto presforzado con inteligencia y eficacia.

Primer concepto - Presforzar para mejorar el comportamiento elástico del concreto. Este concepto trata al concreto como un material elástico y probablemente es todavía el criterio de diseño más común entre ingenieros.

El concreto es comprimido (generalmente por medio de acero con tensión elevada) de tal forma que sea capaz de resistir los esfuerzos de tensión. Desde este punto de vista el concreto está sujeto a dos sistemas de fuerzas: presfuerzo interno y carga externa,

con los esfuerzos de tensión debido a la carga externa contrarrestados por los esfuerzos de compresión debido al presfuerzo.

Similarmente, el agrietamiento del concreto debido a la carga es contrarrestado por la pre compresión producida por los tendones. Mientras que no haya grietas, los esfuerzos, deformaciones y deflexiones del concreto debido a los dos sistemas de fuerzas pueden ser considerados por separado y superpuestos si es necesario.

Segundo concepto - Presforzar para aumentar la resistencia última del elemento. Este concepto es considerar al concreto presforzado como una combinación de acero y concreto, similar al concreto reforzado, con acero tomando tensión y concreto tomando compresión de tal manera que los dos materiales formen un par resistente contra el momento externo (Figura). Esto es generalmente un concepto fácil para ingenieros familiarizados con concreto reforzado.

En el concreto presforzado se usa acero de alta resistencia que tendrá que fluir (siempre y cuando la viga sea dúctil) antes de que su resistencia sea completamente alcanzada. Si el acero de alta resistencia es simplemente embebido en el concreto, como en el refuerzo ordinario de concreto, el concreto alrededor tendrá que agrietarse antes de que la resistencia total del acero se desarrolle.

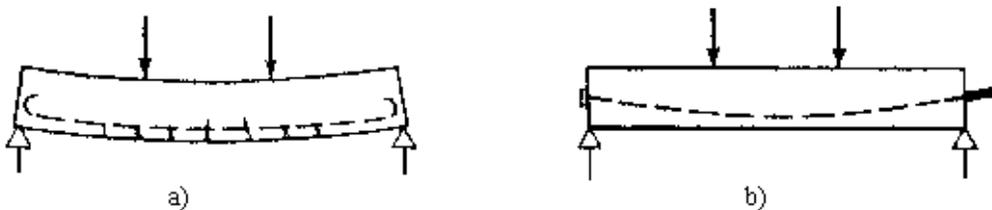


Ilustración 3 "Viga de concreto

- a) Simplemente reforzada - grietas y deflexiones excesivas
- b) Presforzada – sin grietas y con pequeñas deflexiones

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CONCRETO PRESFORZADO

Ventajas

- Se tiene una mejoría del comportamiento bajo la carga de servicio por el control del agrietamiento y la deflexión
- Permite la utilización de materiales de alta resistencia
- Elementos más eficientes y esbeltos, menos material
- Mayor control de calidad en elementos pretensados (producción en serie). Siempre se tendrá un control de calidad mayor en una planta ya que se trabaja con más orden y los trabajadores están más controlados
- Mayor rapidez en elementos pretensados. El fabricar muchos elementos con las mismas dimensiones permite tener mayor rapidez

Desventajas

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

CLASIFICACIÓN Y TIPOS

Pretensado

El término pretensado se usa para describir cualquier método de presforzado en el cual los tendones se tensan antes de colocar el concreto. Los tendones, que generalmente son de cable torcido con varios torones de varios alambres cada uno, se re-estiran o tensan entre apoyos que forman parte permanente de las instalaciones de la planta, como se ilustra en la Figura. Se mide el alargamiento de los tendones, así como la fuerza de tensión aplicada por los gatos.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO

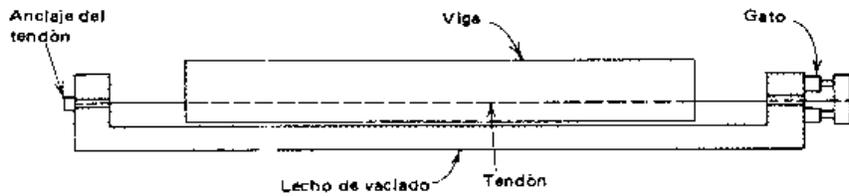


Ilustración 4. "Fabricación de un elemento pretensado"

Con la cimbra en su lugar, se vacía el concreto en torno al tendón esforzado. A menudo se usa concreto de alta resistencia a corto tiempo, a la vez que curado con vapor de agua, para acelerar el endurecimiento del concreto.

Después de haberse logrado suficiente resistencia, se alivia la presión en los gatos, los torones tienden a acortarse, pero no lo hacen por estar ligados por adherencia al concreto. En esta forma, la forma de presfuerzo es transferida al concreto por adherencia, en su mayor parte cerca de los extremos de la viga, y no se necesita de ningún anclaje especial.

Se requiere de anclajes y moldes (bloques de concreto enterrados en el suelo) que sean capaces de soportar el total de la fuerza de presfuerzo durante el colado y curado del concreto antes de cortar los cables y que la fuerza pueda ser transmitida al elemento.

Características:

- Pieza prefabricada
- El presfuerzo se aplica antes que las cargas
- El anclaje se da por adherencia
- La acción del presfuerzo es interna
- El acero tiene trayectorias rectas
- Las piezas son generalmente simplemente apoyadas (elemento estático)

Postensado

Contrario al pretensado el postensado es un método de presforzado en el cual el tendón que va dentro de unos conductos es tensado después de que el concreto ha fraguado. Así el presfuerzo es casi siempre ejecutado externamente contra el concreto endurecido, y los tendones se anclan contra el concreto inmediatamente después del presforzado.

Éste método puede aplicarse tanto para elementos prefabricados como colados en sitio. Generalmente se colocan en los moldes de la viga conductos huecos que contienen a los tendones no esforzados, y que siguen el perfil deseado, antes de vaciar el concreto, como se ilustra en la siguiente figura:

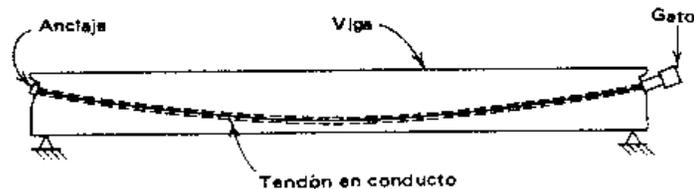


Ilustración 5. "Fabricación de un elemento postensado"

En otras palabras se denomina concreto postensado a aquel concreto al que se somete, después del vertido y fraguado, a esfuerzos de compresión por medio de armaduras activas (cables de acero) montadas dentro de ductos.

A diferencia del concreto pretensado, en el que las armaduras se tensan antes del colado, en el postensado las armaduras se tensan una vez que el concreto ha adquirido su resistencia característica.

Al igual que en el hormigón pretensado, la ventaja del postensado consiste en comprimir el hormigón antes de su puesta en servicio, de modo que las tracciones que aparecen se traducen en una pérdida de la compresión previa, evitando en mayor o menor medida que el concreto trabaje a tracción, esfuerzo para el que no es un material adecuado.

Características:

- Piezas prefabricadas o coladas en sitio.
- Se aplica el presfuerzo después del colado.
- El anclaje requiere de dispositivos mecánicos.
- La acción del presfuerzo es externa.
- La trayectoria de los cables puede ser recta o curva.
- La pieza permite continuidad en los apoyos (elemento hiperestático).

2.3 Elementos Postensados

Hay ocasiones en que se desean aprovechar las ventajas de los elementos pretensados pero no existe suficiente capacidad en las mesas de colado para sostener el total del presfuerzo requerido por el diseño del elemento; en otras, por las características particulares de la obra, resulta conveniente aplicar una parte del presfuerzo durante alguna etapa posterior a la fabricación.

Al menos ante estas dos situaciones, es posible dejar ahogados ductos en el elemento pretensado para postensarlo después, ya sea en la planta, a pie de obra o montado en el sitio.

El postensado es el método de presfuerzo que consiste en tensar los cables y anclarlos en los extremos de los elementos después de que el concreto ha fraguado y alcanzado la resistencia necesaria.

El empleo del concreto postensado suele reducirse a estructuras sometidas a grandes cargas y con grandes separaciones entre apoyos, en las cuales la reducción del coste de los materiales compensa el aumento de la complejidad de ejecución.

La técnica del postensado se utiliza generalmente in situ, es decir, en el mismo emplazamiento de la obra

VENTAJAS DEL SISTEMA POSTENSADO

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO

- Acortamiento significativo de plazos de ejecución de la obra gruesa gracias a rápidos y eficientes programas de construcción.
- El sistema de molde se puede retirar inmediatamente concluido el tensado.
- Ahorros en concreto, acero, mano de obra y molde, ya que el sistema disminuye en forma considerable cada una de estas partidas.
- Integridad estructural superior proporcionada por la continuidad de la losa y cables, con un buen desempeño sísmico. * Estructuras que permiten disminuir la altura del edificio.
- Mayor firmeza, durabilidad y resistencia al fuego.
- El uso de concreto postensado permite reducir el canto de los elementos de concreto, ya que por un lado aumenta su capacidad resistente, y por otro reduce las deformaciones.
- Conlleva un uso más eficiente de los materiales, por lo que permite reducir el peso total de la estructura.
- Disminuye el agrietamiento del concreto, aumentando su vida útil.

DESVENTAJAS DEL SISTEMA POSTENSADO

- Requiere de maquinaria y mano de obra más especializada que el concreto sin postensar.
- El cálculo es más complejo.

PROCESO DEL POSTENSADO

- Disposición de los moldes, en la base y el perímetro.
- Se cubre con la rejilla de fierro.
- Se instala el sistema de tendones. Tanto el lado pasivo como el activo deben fijarse convenientemente a la armadura de refuerzo y al molde.
- Se dispone de una segunda rejilla, si el cálculo estructural lo especifica.
- Se vierte el concreto.
- Ya que fraguo, y que el concreto haya alcanzado una resistencia del 80%, se procede al tensado de los tensores.

- Tensado: Una vez que el concreto ha fraguado y alcanzados su resistencia necesaria aproximadamente un 80%, se procede a la aplicación de compresión a la estructura, a través de la tensión de los cables.

PARTES DEL SISTEMA

- Cable o cordón de acero
- Anclajes del sistema
- Ductos.
- Gatos hidráulicos
- Accesorios
- Anclajes
- Molde de posición o cuñas
- Separadores o sillas

MATERIALES

Concreto:

El concreto empleado es normalmente de resistencia y calidad más alta que el de las estructuras reforzadas, el concreto de alta resistencia está menos expuesto a las grietas por compresión, que implica el postensado. Las diferencias en el módulo de elasticidad, capacidad de deformación y resistencia deberán tomarse en cuenta en el diseño y las características de deterioro asumen una importancia crucial en el diseño.

Por lo general para obtener una resistencia de 350Kg/cm², es necesario usar una relación de agua-cemento no mucho mayor que 0.45. Puesto que con una cantidad excesiva de cemento se tiende a aumentar la contracción, es deseable siempre un factor bajo de cemento.

Acero

El uso de acero de alta resistencia es necesario por razones físicas básicas. Las propiedades mecánicas de este acero son algo diferentes de aquellas del acero

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO
convencional usado para el refuerzo del concreto, existen tres formas comunes de emplear el acero de presfuerzo: alambres, torón y varillas de acero de aleación

ALAMBRES DE ACERO TEMPLADOS: Los alambres se fabrican en diámetros de 3, 4, 5, 6, 7, 9.4 y 10 mm y las resistencias varían desde 16,000 hasta 19,000 kg/cm².

TORONES: La resistencia a la ruptura es de 19,000 kg/cm². Los torones pueden obtenerse entre un rango de tamaños que va desde 3/8 hasta 0.6 cm de diámetro, Los más comunes los de 3/8 y de 1/2 con áreas nominales de 54.8 y 98.7 mm².

USOS

- Cimentaciones por losa monolíticas, lugares de suelos expansivos (tales como arcilla) que crean problemas típicos para el perímetro de la cimentación.
- Losas: La característica de las losas pretensadas es que pueden auto soportarse.
- Puentes Construidos por Voladizo
- Puentes empujados
- Puentes por dovelas prefabricadas

Postensado monotoron

El Sistema de Presfuerzo, es el resultado de una constante evolución de técnicas, equipos y materiales de presfuerzo, utilizados en la construcción de todo tipo de estructuras en México, donde ha sido desarrollado enteramente, y donde tiene efecto su fabricación.

Existe una gran variedad del presfuerzo de postensado con cables de múltiples torones al igual de que se encuentran materiales, equipos y técnicas de instalación variables, con fuerzas de tensado de hasta 1,200 toneladas por cable, tipos de anclajes adecuados a cada situación, lo cual permite proporcionar la respuesta apropiada a cualquier diseño estructural.

Los elementos presforzados deben cumplir con las normas y recomendaciones Internacionales vigentes para aceptación de Sistemas de Presfuerzo.

Aplicaciones del presfuerzo

- Trabes, Losas y Columnas. Para resistir las flexiones y cortantes.
- Puentes Construidos por Voladizos. Para rigidizar la fase ya construida y para resistir las flexiones y cortantes en la fase de servicio.
- Puentes Empujados. Para unir dovelas entre sí y para resistir las flexiones y cortantes durante el empujado y en servicio.
- Puentes por Dovelas Prefabricadas. Para unir dovelas entre sí y tomar flexiones y cortantes en servicio.
- Puentes y otras Estructuras Atirantadas. Para soportar el peso de la Superestructura y resistir sus flexiones y cortantes.
- Anclajes al Terreno. Para pre-comprimir una estructura con el terreno y evitar hundimientos y colapsos del mismo.
- Silos, Tanques y Torres. Para resistir los empujes internos impidiendo fisuraciones.
- Estructuras sobre el Agua para anclarlas al fondo.
- Izajes, Descensos y Desplazamientos de Cargas. Para detenerlas en los puntos de amarre.
- Unión de Elementos Estructurales para evitar su movimiento relativo.

Ventajas

- Fuerzas de tensado de hasta 1200 toneladas.
- Escala de gatos adaptada a los cables de composición más usual.
- Gatos con amarre y desamarre frontal, simultáneo y automático con acuñado hidráulico.
- Mínimo desperdicio de cable; puntas de tensado de 25 cm.
- Velocidad de operación: tensado de un cable 12 T 1/2" en 5 minutos.

- Optimo peso, tamaño, manejabilidad y durabilidad de los equipos.

Materiales

Anclajes



1. Anclaje AS 2. Anclaje AE 3. Anclaje AF 4. Anclaje PA 5. Anclaje PC

Ilustración 6. “Tipos de Anclajes”

1. AS Activo Simple. Los anclajes activos o móviles son los que van situados en el extremo de los cables y desde el cual se aplica la fuerza de tensado
2. AE Activo para postensado externo. Diseño especial para trabajar ante sollicitaciones dinámicas en los extremos de tendones externos y asegurar la correcta protección anticorrosiva.
3. AR Activo con Rosca. Se usa cuando el Proyecto exige ajustes en la fuerza de tensado posteriores al gateo.
4. PA Pasivo por Adherencia Pasivo o fijo, se unen cuando el proyecto solo exige el tensado desde un extremo del cable. Si existe espacio para la longitud de adherencia, los PA son los más apropiados.
5. PC Pasivo con Cabezas. Se usan en el lado desde el cuál no se tensa, cuando no se admiten los PA, ni existe acceso para utilizar los AS como pasivos.

ACOPLADOR



1. Acoplador Fijo



2. Acoplador Móvil

Ilustración 7.

1. F Fijos. Se utilizan para la unión postensada de elementos de concreto presforzado (anclajes de continuidad).
2. M Móviles. Se utilizan para la prolongación de cables de postensado.

DUCTOS



1. Ductos plásticos



2. Ductos metálicos

Ilustración 8.

En el postensado Multitorón adherente, el ducto para formar el hueco para el paso del cable debe ser metálico o plástico y engargolado.

De esta manera se garantizan tanto lo cerrado del hueco destino al cable durante el colado, como la transmisión de la adherencia acero-cemento de concreto una vez fraguado el concreto.

Para la correcta instalación del presfuerzo multitorón, se deben usar una serie de productos complementarios para la unión de ductos, aditamentos para inyección, y

preparación de puntas son surtidos y recomendados con todos los pedidos de materiales.

Equipo

Gatos:

Existen líneas de gran rendimiento y durabilidad de los Gatos para tensado de cables de torón, con o sin acuñado y soltado automático, de peso y tamaño adecuados para sus funciones y para los tamaños y longitudes de los cables.

1. Gatos E

Son gatos multitorón más ligeros, más fáciles de manejar y de mantener. Ofrecen operación manual básica para acuñamiento y soltado, semiautomático

2. Gatos T

Equipados con amordazado / soltado automático frontal y dispositivo de asiento de cuñas. Realizan una operación de tensado/acuñado, en menos de 10 minutos y requieren puntas de torón de sólo 0.3m para medidas normales de torón. Son la opción recomendada para tendones cortos y operaciones precisas de tensado, incluyendo control de pérdida en el asiento de las cuñas.



1. Gato E



2. Gato T

Ilustración 9 Unidades de bombeo

Incluyen todos los dispositivos de control hidráulico necesarios para la operación. Han sido diseñados ergonómicamente para trabajo pesado y bajo mantenimiento. Pueden suministrarse con motor eléctrico o de gasolina.

1. Bombas T

Tienen tres circuitos para tensado, retracción y asentado de cuñas, ofrecen dos escalas para un control supresor. Se usan con Gatos T.

2. Bombas E

Doble circuito, para tensado y retracción, trabajan a presión de aceite medio-alto, para el menor mantenimiento, en concordancia con el correspondiente Gato E.



Bomba E
Ilustración 10.



2. Bomba T
Ilustración 11.

1.

Inyectora:

La mezcla de concreto, agua y aditivos debe ser hecha bajo un control estricto de tiempo y velocidad de mezclado y no debe contener terrones ni burbujas de aire durante el inyectado dentro de los ductos.



Ilustración 12. "Inyectadora"

Insertadora:

Se usa para colocar los torones dentro de los ductos cuando la colocación manual se dificulta. La Insertadora ha sido usada con éxito en cables de más de 100 mts de longitud y en todos los diámetros y tipo de curvaturas.



Ilustración 13. "Insertadora"

Engargoladora de ductos:

Trabaja con hojas de acero sin tratar o galvanizadas y es capaz de fabricar ductos hasta de 200 mm de diámetro interior a su mayor velocidad de producción. Se suministran completas, en herramientas de deformación, carrete de alimentación y dispositivo de corte.



Ilustración 14. “Engargoladora de ductos”

Postensado Monotoron

El presfuerzo optimiza la utilización de los materiales básicos para construir una estructura en concreto. Actualmente se cuenta con los más avanzados procedimientos de análisis estructural, precisamente para edificación, lo que permite un diseño racional optimizado.

Algunas otras ventajas del sistema postensado

- Si el espaciamiento entre columnas es más amplio, en comparación con el de un proyecto tradicional, esto nos permitirá mayor flexibilidad en las modulaciones de los pisos terminados, mayor posibilidad de espacio en los estacionamientos, etc.
- Si el edificio tiene menor altura para el mismo número de pisos que en un proyecto tradicional, el peso de éste será menor, lo que se traducirá en una cimentación más ligera, las solicitaciones sísmicas también serán menores y los acabados se reducirán.
- Si la losa es postensada será en general maciza o aligerada con una incidencia de acero de refuerzo y presfuerzo muy moderada, lo que permite un ahorro directo de materiales en la obra, además, una velocidad de construcción importante.

Torón de Presfuerzo

DESCRIPCION

- Se fabrica con estricto apego a la norma ASTM A 416.
- Trenzado con 6 alambres sobre uno central, los cuales se post-forman para asegurar su unión.
- Para lograr los mejores resultados en elasticidad y tenacidad, es sometido a tratamientos térmicos de baja relajación y relevado de esfuerzos.

PRESENTACIONES

- Rollos de 2,500 kg aproximadamente.
- Desnudo. Limpio, gris oscuro. Dimensiones rollos: 115 cm ancho x 75 cm alto
- Cubierto con polietileno extruido de alta densidad. Color verde mate. Dimensiones rollos: 145 cm ancho x 75 cm alto.
- Empacado para evitar deformaciones en el transporte y facilitar el desembobinado.

APLICACIONES

- Estructuras prefabricadas. Pretensadas y Postensadas:
- Trabes AASHTO, Dobles T, Trabes Tipo Cajón, Placa Alveolar, Deltas, Sistemas de Piso Prefabricados y Postensados, para: Puentes de grandes extensiones, Pistas de Aeropuertos, Anclajes en Taludes, Losas para Edificios y Estacionamientos, Presas, Silos, Centros Comerciales, Naves Industriales, etc.

VENTAJAS

- Hace posible la construcción de estructuras con dimensiones superiores a las construidas con sistemas de acero tradicionales, propiciando además:
- Menos costos
- Menos tiempo de construcción
- Mayor resistencia al tener menos pérdida de tensión por envejecimiento
- Menos columnas o mayor espaciamiento entre columnas

- Cimentaciones más eficientes
- Menos consumo de acero que los sistemas tradicionales



Ilustración 15. “Rollo de torón en presentación de 2500kg cada uno”

Elementos Postensados



Ilustración 15. “Armado de trabe tipo ballena con ducto de acero para postensado”

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO

En la foto superior se puede observar un armado común y ducto para el acero de postensado durante la construcción de un puente de sección cajón.



Ilustración 16. “Placa de anclaje de los cables de postensado en un puente”

III. Descripción del proyecto Autopista Urbana Sur

De acuerdo con la Secretaría de Transportes y Vialidad del Distrito Federal (SETRAVI), la capital del país es una de las ciudades con mayor concentración de automóviles en el mundo, con más de 5.5 millones de unidades, superando incluso a ciudades como Nueva York o Tokio. Es decir, que en el Distrito Federal, se concentra la tercera parte del parque vehicular de todo el país.

Asimismo, se calcula que en pocos años, podrían alcanzarse los 10 millones de vehículos, lo que podría resultar en un verdadero problema de vialidad para la zona Sur- Poniente, donde la velocidad promedio para los automóviles es de 14 km/hr.

Y es que al ser la demanda de infraestructura vial de la Ciudad de México y su área conurbada una de las más amplias y con mayor crecimiento, vialidades como el Anillo Periférico se han vuelto insuficientes. Basta con mencionar que diariamente circulan por esta vía alrededor de 80,000 vehículos.

Sin nuevas vialidades, la zona sur poniente podría presentar un colapso en cinco años.

Por ello, el Gobierno de la Ciudad de México ha reconocido la necesidad de contar con vialidades eficientes que permitan hacer frente a esta situación, tal es el caso de la Autopista Urbana Sur.

Este proyecto tiene por objetivos generales:

- Mejorar la movilidad urbana y reducir los tiempos de traslado tanto del transporte público como privado.
- Devolver la competitividad a la Ciudad a través de proyecto ingenieriles
- Contribuir a la mejora y ampliación del transporte de la Ciudad
- Mejorar la calidad de vida de miles de personas que transitan diariamente por la Ciudad.

Algunos de los objetivos ambientales que tiene el proyecto para contribuir al plan verde son:

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO

- Contribuir a la reducción de emisiones contaminantes y reforzar su emisión
- Contribuye a inhibir la expansión de la mancha urbana y asentamientos irregulares en las zonas de valor ecológico
- Acciones en las barrancas destinadas a garantizar la infiltración natural de las aguas pluviales, para la recarga del acuífero
- Generar recursos destinados a las acciones de conversación de las zonas de valor ambiental de la Ciudad

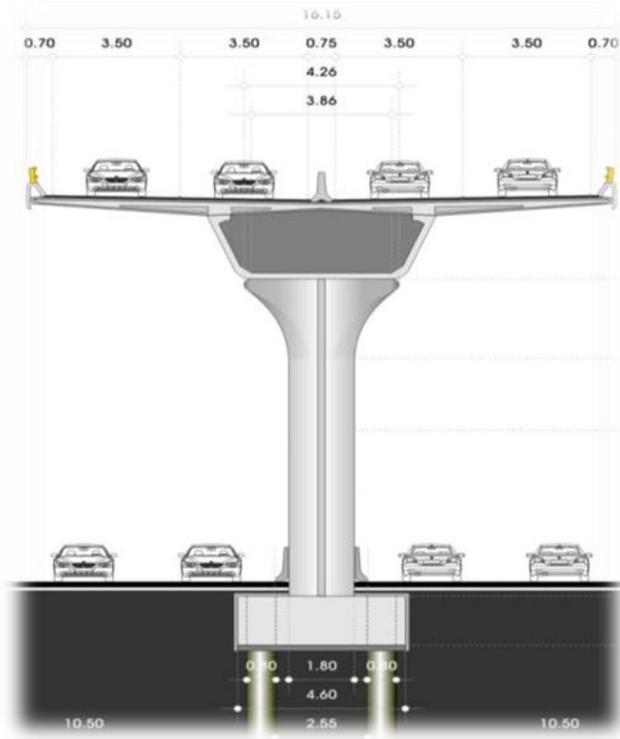


Ilustración 17. “Vista en corte de la superestructura del segundo piso de la Autopista Urbana Sur en dos carriles”

La concesión de la obra facilita y ayuda a la mejora y ampliación de la red de transporte público y privado, porque permite que los recursos del Gobierno de la Ciudad de México se inviertan en mejorar la red de transporte público.

El gobierno de la Ciudad tiene como visión tener una ciudad mejor comunicada, con mejores vialidades, en las que exista mayor seguridad y se realicen en menos tiempo los traslados.

Con la obra de la Autopista Urbana es posible reordenar el tránsito de esta zona, con ahorros de tiempo y combustible.

La construcción de la Autopista Urbana Sur, responde a la necesidad de contar con vialidades más eficientes que permitan desahogar el tráfico vehicular de la zona sur de la Ciudad de México. Esta obra, solventará la demanda de infraestructura vial existente entre San Jerónimo y Viaducto Tlalpan en una primera fase.

La Autopista Urbana Sur conectará el actual segundo piso del periférico sur que viene de San Antonio, dando continuidad a la vía elevada y cubriendo las delegaciones Álvaro Obregón, Coyoacán y Tlalpan.

Esta obra forma parte de un proyecto integral para comunicar los Estados de Querétaro, Toluca y Cuernavaca, volviendo la entrada a la ciudad más rápida.

Ya que de Cuernavaca a Querétaro se usara el segundo piso del periférico, lo que volvería los trayectos más rápidos, así como de Cuernavaca a Toluca primero usando el segundo piso y después usando la Supervía Poniente.

De esta forma, se enlazará con las vías elevadas del Anillo Periférico Norte, el Sistema vial de puentes, túneles y distribuidores sur-poniente de la Ciudad de México.

En su primer tramo, de San Jerónimo a Viaducto Tlalpan, cuenta con 4 carriles; 2 por cada sentido en el cuerpo principal y 2 carriles para las entradas y salidas, sumando 21km de vialidad.

Las entradas a la vialidad se ubican en los siguientes puntos:

De norte a sur

- San Jerónimo
- Blvd. De la Luz
- Luis Cabrera
- Parque Ecológico Cuicuilco
- Viaducto Tlalpan Sur

De sur a norte

- En punta
- Olímpica
- Montana
- Paseo del Pedregal

Por su parte, las salidas a la vialidad se ubicarán en los siguientes puntos:

De norte a sur

- Luis Cabrera
- Blvd. Picacho
- Rinconada Camino a Santa Teresa
- Isidro Favela
- Viaducto – Tlalpan

De sur a norte

- En Punta
- Pedregal del Sur
- Blvd. de la Luz
- San Jerónimo

Se trata, de una autopista inteligente que cuenta con un sistema de peaje automático, llamado TAG y también cuenta con captación de energía a través de celdas solares para la iluminación de la misma Autopista.

Entre los beneficios sociales se puede decir que:

- 300 mil habitantes serán beneficiados con la nueva vialidad, gracias a la disminución de tráfico
- Reducción de más del 50% en el tiempo de traslado
- Con menor tiempo de traslados, representa mayor calidad de vida para las personas.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO

- De Viaducto Tlalpan a San Jerónimo se reducirá el tiempo de traslado en 12 minutos, actualmente se tiene un tiempo de traslado promedio de 25 minutos.
- Generará 15 mil 300 empleos directos e indirectos.

Entre los beneficios ambientales se puede decir que:

- Se reforestará la zona con un total de 10,200 árboles nuevos.
- Disminución de gases contaminantes (CO₂, NO_x, SO₂) por el aumento en las velocidades de circulación de los vehículos particulares y del transporte público, así como el reordenamiento de la vialidad.
- Disminución en 13,401.94 toneladas por año de emisiones contaminantes

La Autopista Urbana Sur es una vialidad elevada, tiene una longitud total de 11.3 km y 21 km contando las 9 entradas y 9 salidas. El tiempo estimado para hacer el recorrido completo es de 11 minutos.

Tiene una capacidad de 36 mil vehículos por día, contando con 4 carriles y con un incremento promedio de 3% cada año.

La Autopista Urbana Sur se divide en tres intertramos, el primero de San Jerónimo a Picacho Ajusco, el segundo tramo de Picacho Ajusco a Insurgentes y el tercer tramo de Insurgentes a Viaducto Tlalpan.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO

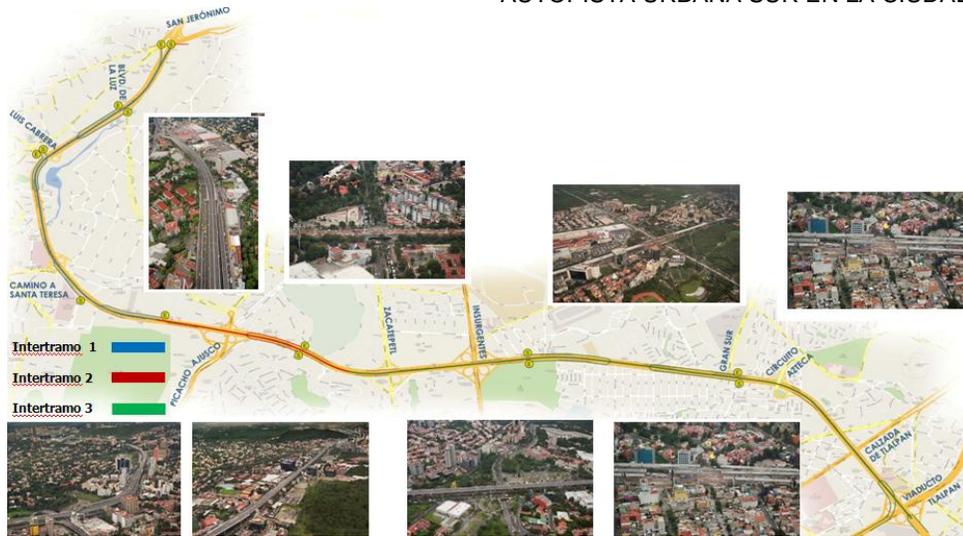


Ilustración 18. “División de los 3 intertramos: San Jerónimo – Picacho Ajusco – Insurgentes – Viaducto Tlalpan”



Ilustración 19. “Vista de satélite de los Intertramos: San Jerónimo – Picacho Ajusco – Insurgentes – Viaducto Tlalpan”

El primer intertramo de Autopista Urbana Sur, que corre de San Jerónimo a Picacho Ajusco fue inaugurado en junio de 2012, beneficiando a mucha gente de la zona sur poniente de la Ciudad de México a lo largo de 6.185 km de vialidad.

Su cuerpo principal es de 3,614 metros de longitud, y la suma de la longitud de sus ramales (entradas y salidas) es de 2,571 metros.

Este primer tramo tiene 4 entradas y 4 salidas.

Las delegaciones de Álvaro Obregón y Magdalena Contreras, están siendo muy beneficiadas con este primer tramo reduciendo en un 50% el tiempo de traslado de los habitantes que hacen uso de esta vialidad, lo cual repercute en un aumento inmediato en su calidad de vida.

Además, la puesta en operación de este primer intertramo permite la reducción en un 40% de los congestionamientos viales.

En diciembre de 2012 se inauguro el segundo y tercer intertramo de la Autopista Urbana Sur.

El segundo intertramo va de Picacho Ajusco a Insurgentes, tiene como cuerpo principal 1421 metros de longitud, tiene 2 ramales uno de entrada y uno de salida con una extensión de 924 metros en total, sumando una longitud total 2,345 metros.

El tercer intertramo inicia en Insurgentes y termina en Viaducto Tlalpan, su cuerpo principal tiene una longitud total de 6,054 metros.

Cuenta con 8 ramales, 4 entradas y 4 salidas, sumando una longitud de 4,541 metros.

Su longitud total es de 10,595 metros.

A continuación se muestra las conexiones que se hicieron para unir la ASUR y el antiguo segundo piso de San Antonio a San Jeronimo, así como diferentes puntos de la Autopista Urbana Sur

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO



Ilustración 20. "Conexión San Jerónimo"

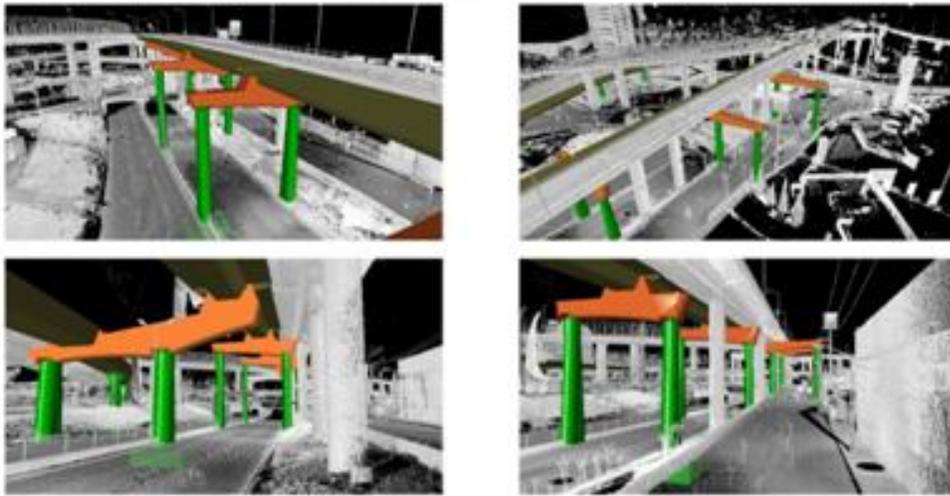


Ilustración 21. "Conexión San Jerónimo PB"

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO

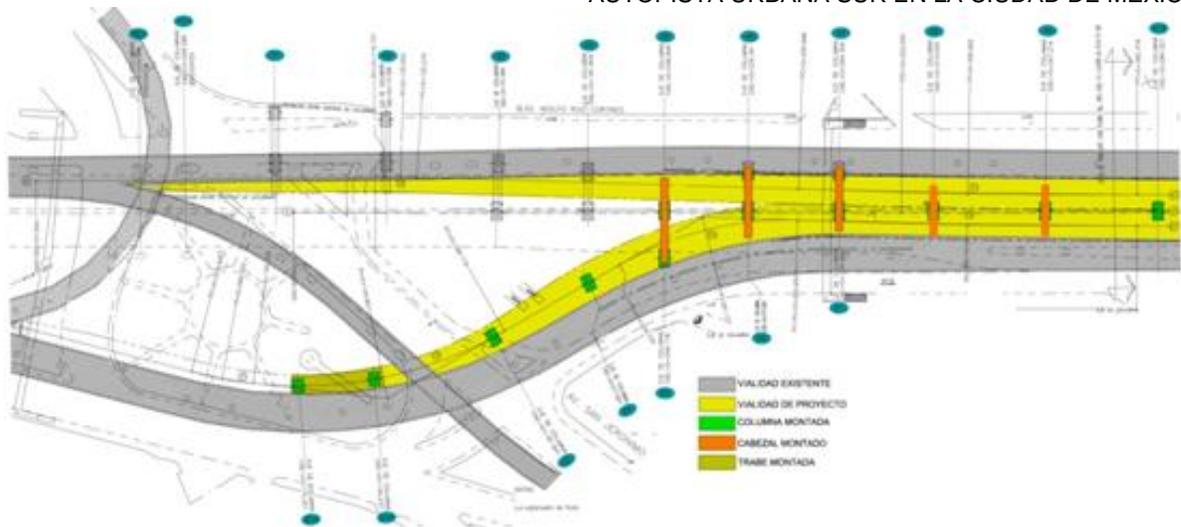


Ilustración 22. "Conexión San Jerónimo en Plano"



Ilustración 23. "Conexión San Jerónimo final"

NODO DE LUIS CABRERA



Ilustración 24. "Montaje de traves ballena"

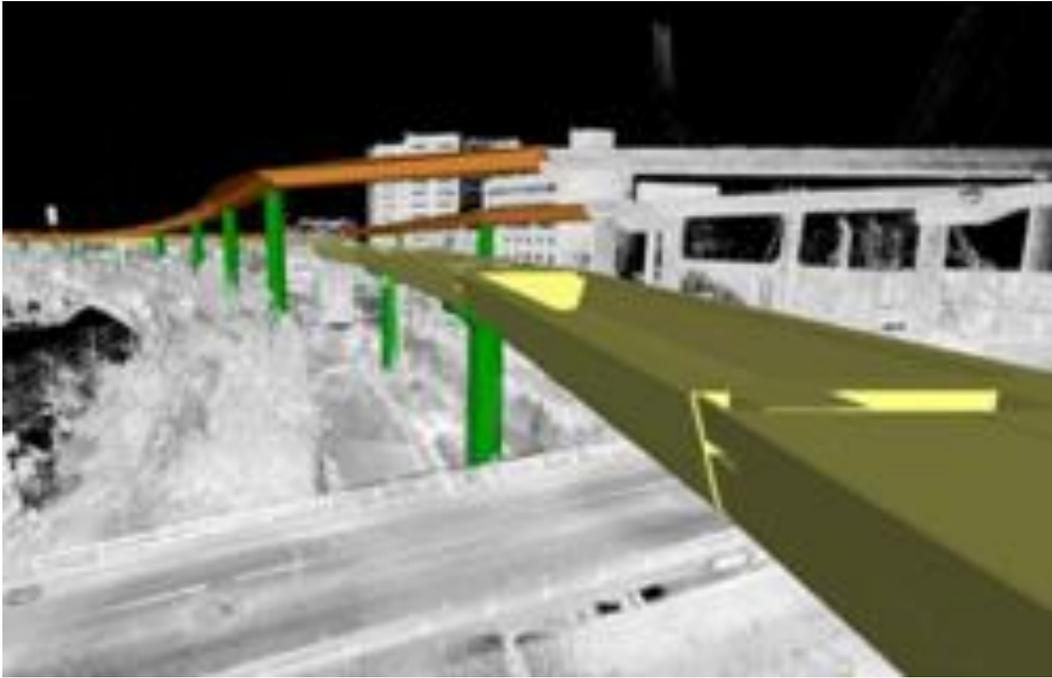


Ilustración 25. “Conexión AUS con Luis Cabrera”



Ilustración 26. “Conexión Luis Cabrera viniendo de Insurgentes”

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO



Ilustración 27 “Conexión Luis Cabrera actual (Marzo 2013)”

ZACATEPETL



Ilustración 28. “Conexión Zacatepetl”



Ilustración 29. "Conexión Zacatepetl vista inferior"

VIADUCTO TLALPAN



Ilustración 30. "Conexión Tlalpan"

En aspectos de construcción podemos hablar primero de la cimentación de la obra, más específicamente de la cimentación profunda.

La obra tiene un total de 515 apoyos, teniendo un total de pilas de 2,060 piezas.

Cada apoyo cuenta con 4 pilas, y su profundidad varia con respecto al tipo de suelo que existe en los tres tramos

Se puede decir que una profundidad promedio para colocar las pilas es de 20 metros

Las pilas son elementos estructurales que se utilizan a gran profundidad y de gran capacidad de carga, que se diferencian de los pilotes en sus dimensiones y en que las pilas son coladas en sitio mientras que los pilotes ya son previamente colados. Las pilas tienen usualmente sección transversal circular u oblonga, por lo general llevan armadura longitudinal y transversal.

- Su altura promedio es de 35 m, pudiendo construirse bajo el nivel freático
- Soportan cargas horizontales e inclinadas, con buena resistencia a flexión
- Su construcción no afecta los edificios circundantes, pues no se producen vibraciones por lo cual se pueden ubicar próximas a linderos
- Transfieren las cargas a estratos profundos, lo cual es especialmente ventajoso cuando existe el peligro de socavación por las corrientes fluviales y marítimas, o las mareas.
- Pueden construirse sin cabezales, o con cabezales de reducidas dimensiones

Las pilas pueden ser excavadas o perforadas, y trabajan por punta o fricción lateral. Si las pilas descansan en roca dura, solo se toma en cuenta su resistencia por punta, como una columna o pilar de grandes dimensiones, despreciándose su resistencia por fricción lateral. Pero cuando el suelo es homogéneo de gran profundidad, la resistencia a fricción alcanza magnitudes importantes.

Debido a sus grandes dimensiones, las pilas suelen sufrir asentamientos, los cuales suelen controlar el diseño. Para construir las pilas excavadas existen 3 métodos.

- método en seco
- método con camisa
- método de lodo natural o bentonítico

En la actualidad, existen nuevas técnicas de construcción que en comparación con el sistema tradicional, ofrecen procesos más eficientes, altos estándares de calidad, reducción en el tiempo de construcción y una máxima optimización de recursos, este es el caso de la prefabricación.

La prefabricación es un método industrial que permite la producción de elementos en plantas móviles para su posterior montaje en obra y es especialmente recomendado para edificaciones elevadas, debido a que ofrece una sustitución de la construcción in situ por el montaje de columnas y trabes.

Asimismo, los prefabricados brindan grandes ventajas como:

- Rapidez constructiva
- Mayor control de calidad
- Procesos más limpios
- Reducción de mano de obra
- Menor afectación a la población
- Optimización de recursos

Debido a sus características, este sistema fue empleado en la construcción de la Autopista Urbana Sur, con lo que los habitantes de las delegaciones relacionadas tendrán menores afectaciones; ya que el montaje de las piezas se realiza de noche, solo requiere del cierre de vialidades en la noche y los tiempos de obra se reducen considerablemente.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Es importante destacar, que todos los elementos prefabricados serán producidos por PRET, una de las principales unidades de negocio de ICA, la cual se especializa en este sistema de construcción, con un alto enfoque en la velocidad, control de calidad, innovación en la resolución de procesos, seguridad y cuidado del medio ambiente.

Las piezas que forman parte de la construcción de la Autopista Urbana Sur (Columnas, Cabezales, Trabes, Tabletillas y Parapetos), fueron fabricadas en las plantas de PRET ubicadas en Tláhuac y Xochimilco.

El uso de elementos prefabricados permite la reducción del 50% de los tiempos de construcción comparado con los sistemas tradicionales.

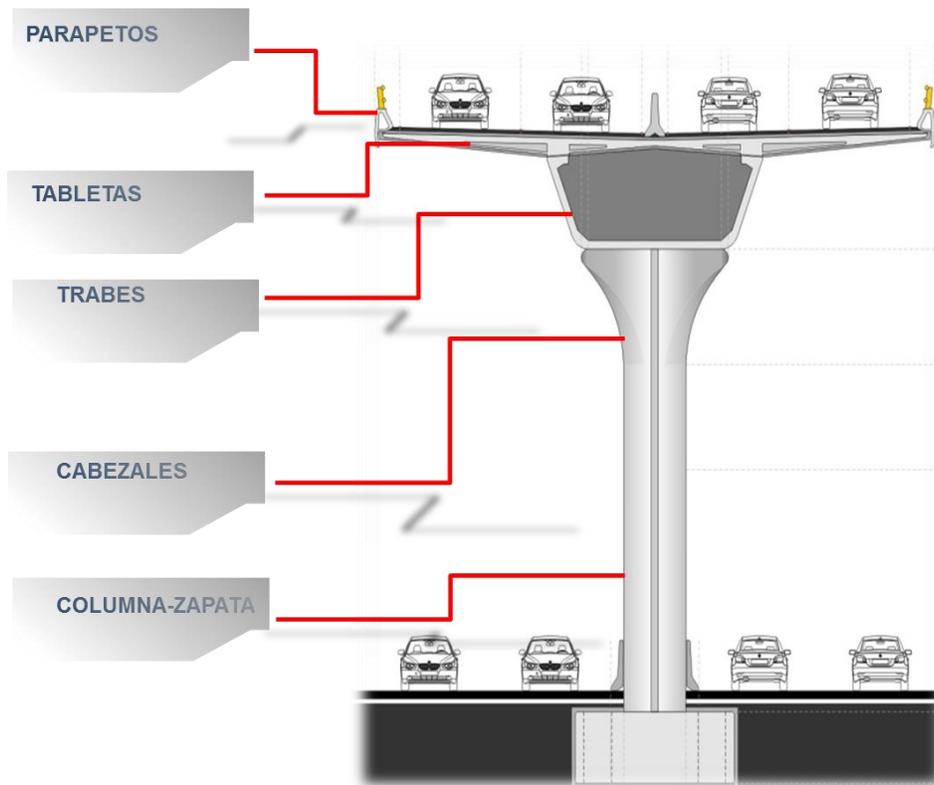


Ilustración 32. “Elementos que conforman la estructura”

Las elementos prefabricados mejoran el procedimiento constructivo volviéndolo más rápido. Anteriormente se usaba el procedimiento constructivo in-situ (construcción de

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO
todos los elementos en el sitio de la obra), esto quería decir armar, cimbrar y colar todos los elementos en la obra provocando grandes retrasos, problemas viales como podía ser estorbos o bien cierre de vialidades.

Los prefabricados ofrecen mayor rapidez de construcción, ya que las piezas llegan al sitio de la obra listas para simplemente colocarlas. Se tiene una mayor calidad en el procedimiento constructivo, teniendo procesos más limpios, optimizando recursos, y reduciendo la mano de obra, por ultimo podemos observar que se interfiere lo menos posible con la vialidad de los habitantes de la zona.

Para la Autopista Urbana Sur se tienen 16,116 piezas, y a piezas nos referimos a Columnas, Trabes, Tabletillas, Parapetos y Cabezales

Columnas

Se tienen 3 tipos de columnas para usos diferentes, se pueden diferenciar debido al número de carriles que pueden llegar a cargar, existen las de 6 carriles, las de 4 carriles y las de 2 carriles

En la siguiente figura se muestran los tres tipos, siendo la mayor la de 6 carriles, la mediana la de 4 y la pequeña de 2 carriles

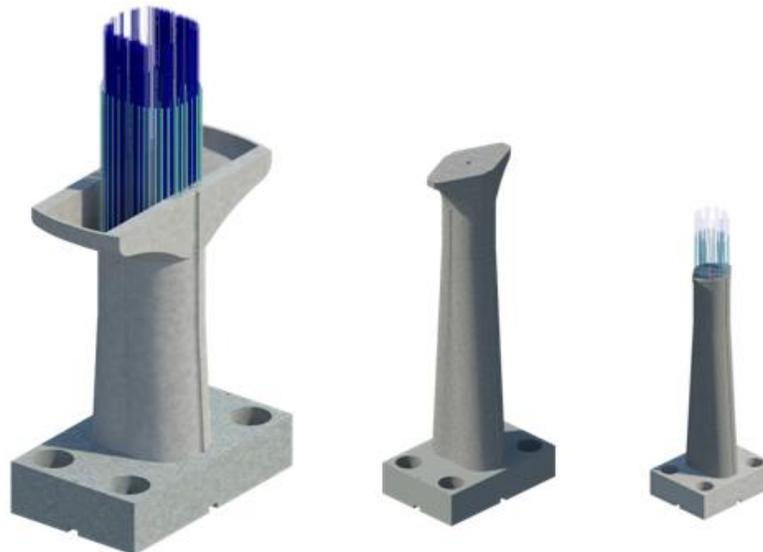


Ilustración 31. “De izquierda a derecha: Columna para 6, 4 y 2 Carriles”

En total, el número de columnas usadas en la Autopista Urbana Sur es de 515.

Trabes

Como ya se vio existen tres tipos de Columnas, por tal razón también existen tres tipos de Trabes.

Al igual que las columnas se diferencian por el número de carriles que pueden sostener o bien llevar.

Existen de igual forma las trabes de 6 carriles, las trabes de 4 carriles y las trabes de 2 carriles

Teniendo un total de trabes de 498 piezas

En la siguiente imagen se puede ver la diferencia entre los tres tipos de trabe siendo la de mayor escala la de 6 carriles y la mas chica la de 2 carriles



Ilustración 32. “De izquierda a derecha: Trabe para 6, 4 y 2 carriles”

Tabletas y Parapetos

Las Tabletas son elementos estructurales colocados transversalmente sobre las trabes. Funcionan como base para la colocación de la carpeta asfáltica o carpeta de rodamiento.

El ancho de las tabletas es variable ya que varía con el ángulo de giro del trazo de la autopista, por lo que cada tableta es diferente, se puede decir que para fines prácticos el ancho promedio de las tabletas es de 18 metros

Los Parapetos son elementos que van en los bordes de las tabletas y actúan como un confinamiento para la carpeta asfáltica.

El total de las tabletas es de 3, 934 piezas mientras que el total de los parapetos es de 11, 170 piezas.



Ilustración 33. "Tabletas y parapetos"

El cobro por el uso de la vialidad es de 1.87 pesos por kilómetro, y es regulado a través de casetas de peaje automatizadas.

El costo de cada viaje se determina electrónicamente al momento de salir de la autopista en las rampas de desincorporación, en donde están instalados los lectores que calculan el monto a pagar por los kilómetros recorridos.

La Secretaría de Obras y Servicio del DF informó que las primeras dos semanas de su apertura sería tránsito libre, sin cobro de peaje. No obstante, para poder ingresar al cuerpo de la vialidad elevada, es necesario tener o adquirir la tarjeta electrónica o TAG electrónico, que permite el registro y acceso del vehículo. Esto es porque si no se tiene el TAG, los lectores en las entradas no pueden registrar el vehículo y la pluma no se levanta.

El TAG electrónico para esta autopista se conocerá como Pase Urbano y por el momento únicamente sirve para ingresar a la red de autopistas urbanas de cobro (Autopista Urbana Sur, la Supervía Poniente y la Autopista Urbana Norte), en un plazo corto también funcionara como forma de pago para las demás autopistas o carreteras del país, actuara como el sistema que conocemos como IAVE.

El chip que permitirá el ingreso al segundo piso del Periférico Sur puede ser adquirido en tiendas departamentales, sucursales bancarias y tiendas de conveniencia, y tiene un costo de cien pesos.

Los montos de la primera carga van desde 200, 300 y hasta 500 pesos. Una vez que haces la segunda, ésta puede ser desde 50 hasta mil 500 pesos en un mismo día. El máximo con que puedes cargar la tarjeta son tres mil pesos.

Bajo este esquema, los automovilistas que no cuenten con un dispositivo de telepeaje y quieran utilizar la Autopista Urbana Sur deberán desembolsar al menos, 300 pesos la primera vez. Los usuarios de la tarjeta IAVE pueden ingresar con ese chip a la vialidad, ya que cuenta con la misma tecnología que el Pase Urbano.

El cobro del peaje también puede realizarse a través de una tarjeta de crédito a la que se direcciona el servicio cada mes. Todos los cruces que se hagan van ligados a una tarjeta de crédito y en el estado de cuenta se detallan los cruces, el tramo, el monto y el horario en que se utilizó la autopista.

IV. Procedimientos constructivos en la colocación de elementos mayores en el Proyecto Autopista Urbana Sur

Para darnos una idea de lo que es el proceso constructivo de la Autopista Urbana Sur, debemos considerar explicar el mismo desde el comienzo como una breve introducción, ya que esta tesis está enfocada a una parte del proceso constructivo.

El proceso constructivo de la obra se pensó para realizarse en 19 meses y para comprenderlo mejor lo dividimos en 8 etapas:

- **Etapa 1 Confinamiento:** Colocación de señalamientos, confinamiento longitudinal y demolición de barrera central.



Ilustración 34. "Ilustración de Confinamiento para obras"

- **Etapa 2 Pilas:** Perforación y empotre de 2 diámetros en roca. Habilitado, armado y colocación de acero de refuerzo. Colado de concreto por el método Tremie

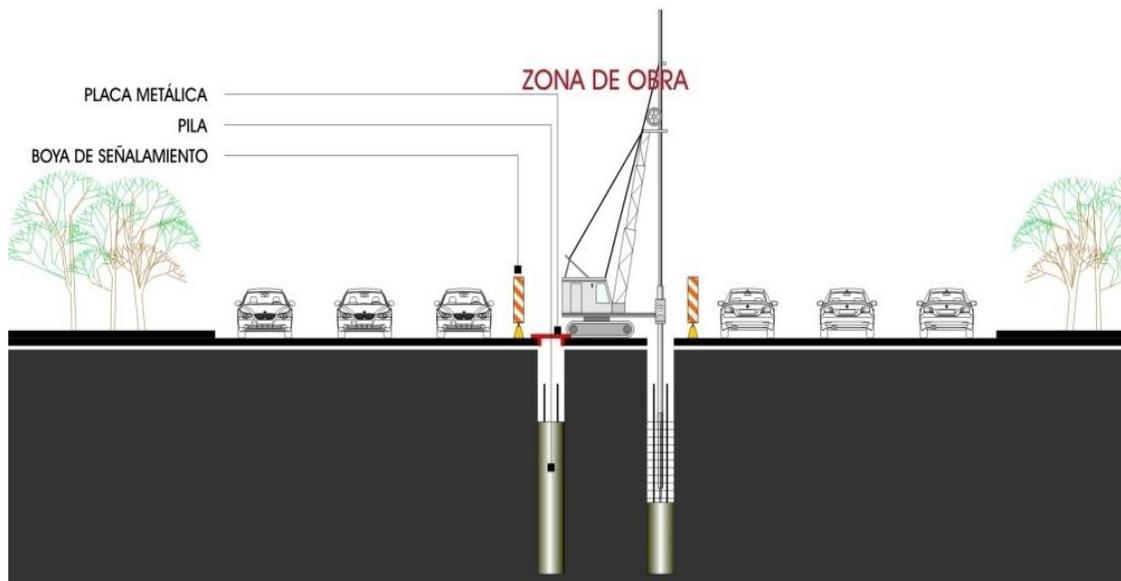


Ilustración 357. “Habilitado y armado de pilas de cimentación”

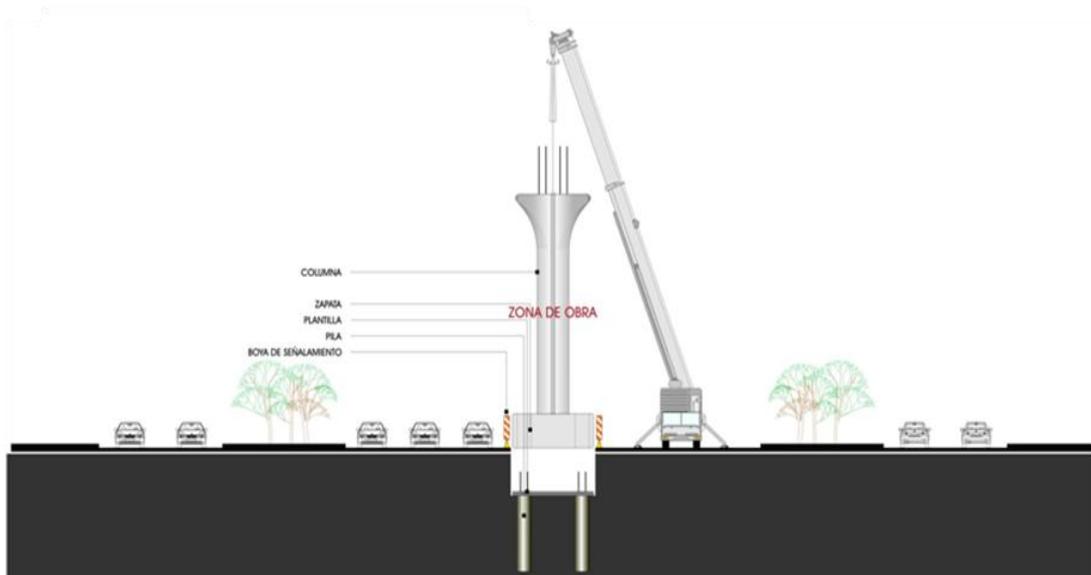
- **Etapa 3 Excavación:** Excavación para alojar la Columna.

Ilustración 368. “Excavación para recibir columna”



- **Etapa 4 Columnas:** Prefabricación de piezas, montaje, alimentación y conexión de columnas, colado adicional.

Ilustración 379. “Montaje de Columna”



- **Etapa 5 Traves:** Fabricación y montaje de traves, conexión con columnas, relleno de excavación y asfaltado.

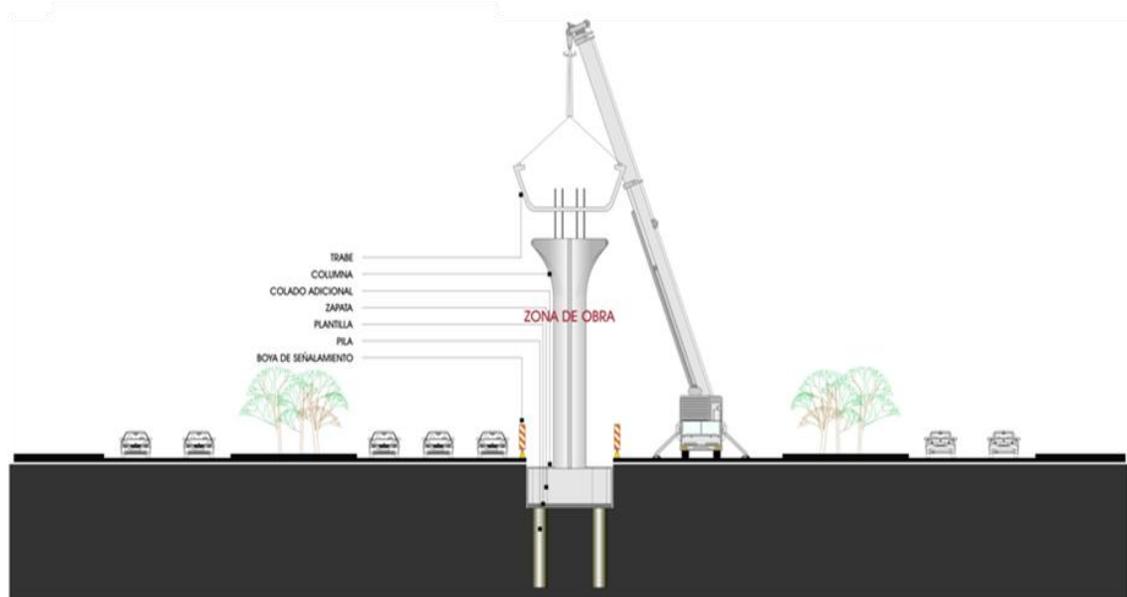


Ilustración 40. “Montaje de Traves”

- **Etapa 6 Tabletas:** Fabricación, montaje y conexión con traves.

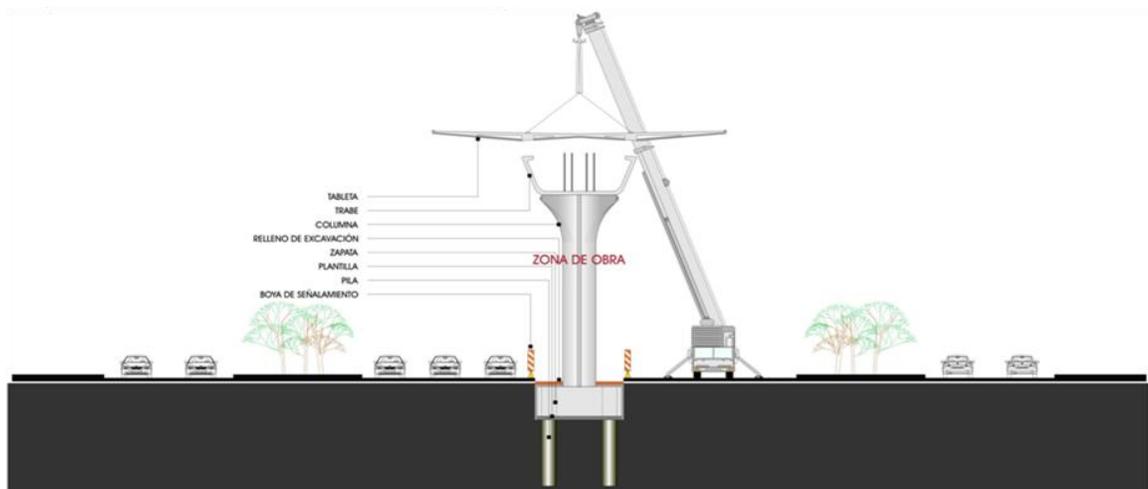


Ilustración 41. “Montaje de Tabletas”

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO

- **Etapa 7 Firme de compresión:** Armado y colado de firme de compresión. Colocación de parapeto de concreto. Aplicación de carpeta asfáltica.

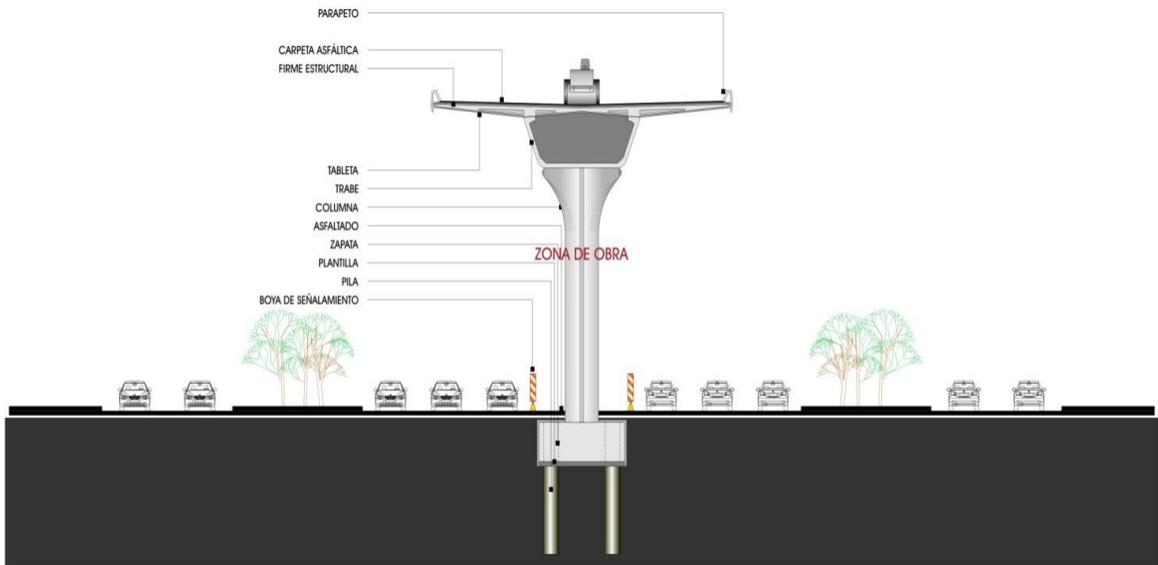


Ilustración 42. “Armado y colado de firme de compresión”

- **Etapa 8 Terminación de obra:** Colocación de barra de contención metálica. Colocación de muros deflectores prefabricados. Equipamiento.

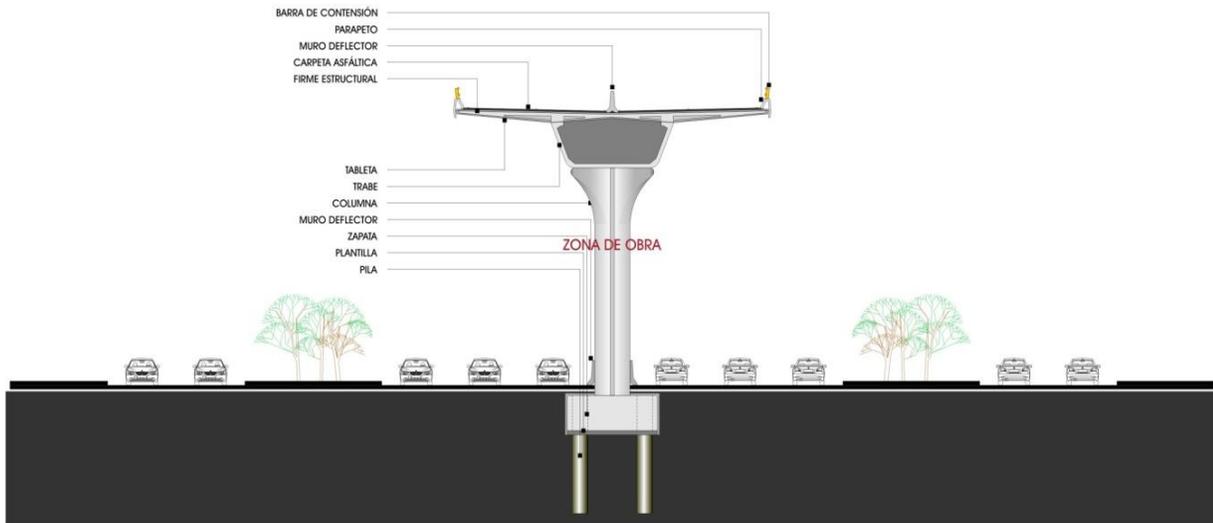


Ilustración 438. “Colocación de parapetos”

En este capítulo solo consideramos la carga, transporte, llegada a obra y colocación de los elementos mayores (trabes y columnas)

4.1 Carga

Los elementos mayores (trabes y columnas) son fabricados en la planta PRET de Tláhuac.

Primero son armados y después con ayuda de las grúas de 500 toneladas son colocadas en las mesas de colado.



Ilustración 39. "Armado de Columna"

Dentro de las mesas se les coloca la cimbra y los torones para pretensar el elemento, después se cuelan y se cura a vapor.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO



Ilustración 40. “Descimbrado de columna”

Después de eso se retira el elemento de la mesa de colado con ayuda de las grúas y se les da los acabados finales para almacenarla.



Ilustración 46. “Transporte con grúa dentro de la planta”

Una vez requerida la pieza en el sitio de la obra, se utilizan la grúa de pórtico para moverlas y levantarlas, ya sea una columna o una trabe y colocarlas sobre un modular o carrusel, que es una plataforma en la que será transportada a la obra.

Las traveses más pesadas son de 420 toneladas mientras que las columnas más pesadas son de 250 toneladas



Ilustración 41. "Montaje de Columna en modular para transporte"

4.2 Transporte

Para la ingeniería de transporte se utiliza la ingeniería de tránsito y las adecuaciones viales, que comprenden

- Trabajo de gabinete
- Trabajo de campo
- Adecuación de trazo geométrico de vialidades
- Retiro de postes y luminarias

- Poda de árboles
- Retiro de puentes
- Re nivelado de pavimentos

Iniciando con la ingeniería de tránsito, una vez conocidas las medidas de las piezas a transportar, se determinan que vehículos son los mejores teniendo muy en cuenta el dimensionamiento de los mismos equipos (tráiler y las plataformas llamadas modulares)

Para las columnas se propone transportarlos como se muestra en las siguientes dos figuras, ya sea en un solo modular de 15 líneas,(líneas refiriéndose al número de ejes de la plataforma) de 3 metros de ancho.

O bien en un modular más una cuna, cuna siendo una extensión de la plataforma aunque no precisamente con líneas.

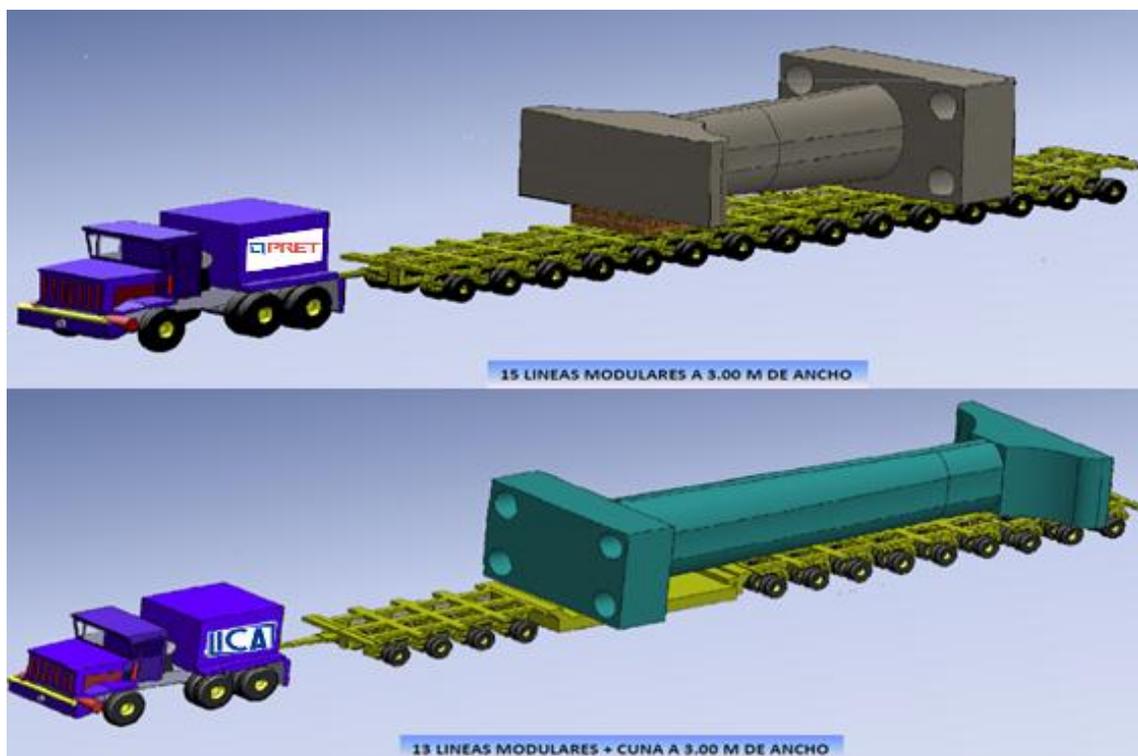


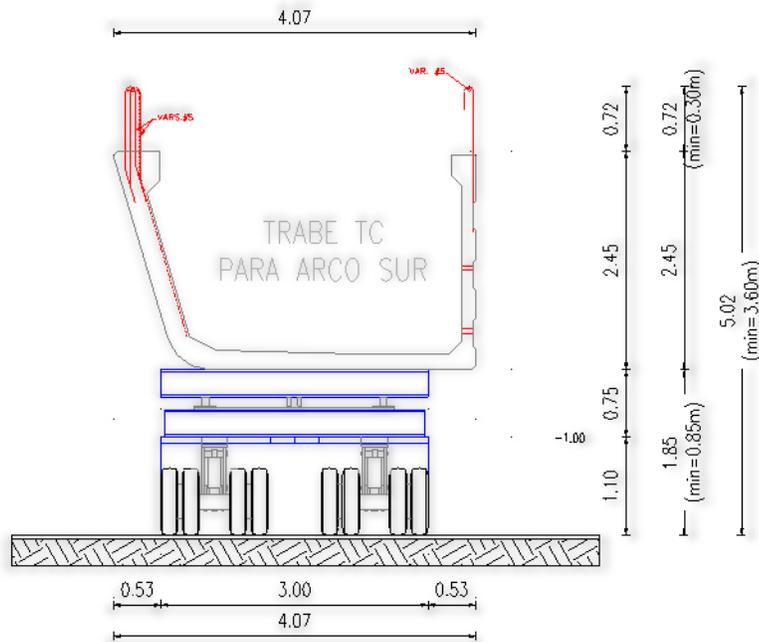
Ilustración 42. "Transporte de elementos con diferentes modulares"

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO

En esta siguientes dos figuras de la vista posterior y de la vista lateral, se pueden ver las medidas máximas que alcanza la trabe más grande, siendo esta de 45 metros de largo y 4.07 metros de ancho.

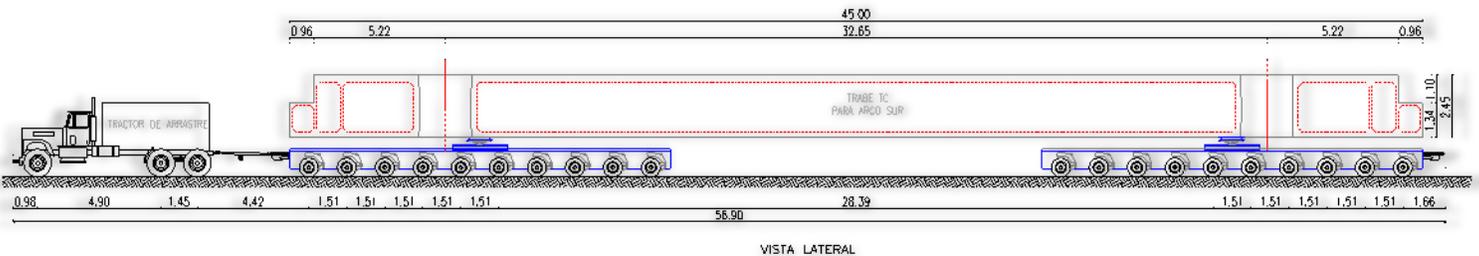
Para este tipo de trabe se propone el uso de dos modulares de 10 líneas cada uno, con un espacio de centro a centro de modular de 32.65 metros.

Para trabes más cortas se puede utilizar modulares de 20 líneas para transportarlos.



VISTA POSTERIOR

Ilustración 43. "Vista en corte de trabe para 6 carriles"



VISTA LATERAL

Ilustración 44. "Vista en Alzado de trabe para 6 carriles"

Mientras que en las siguientes tres figuras, vista lateral, vista posterior (zapata) y vista frontal (capitel), podemos ver las dimensiones de la columna más grande a transportar, la columna es de 17.70 metros de altura (su largo para fines de transporte), en la zona

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO
 de la zapata es de 6 metros de ancho por 4.75 de alto, y en la zona del capitel es de 6.20 metros de ancho por 4.22 metros de alto.

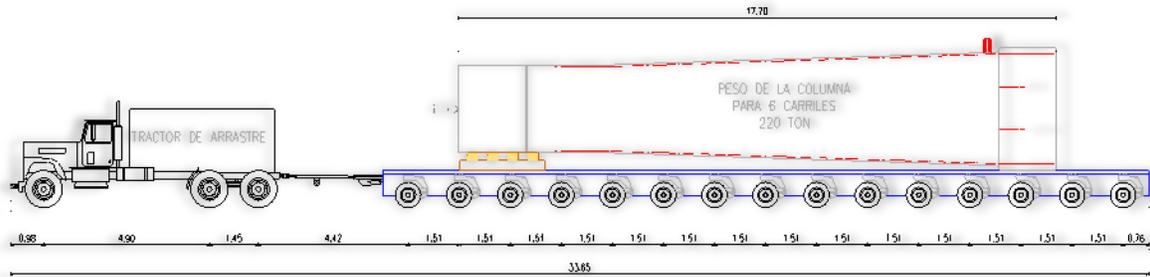


Ilustración 45. "Vista en Alzado de columna"

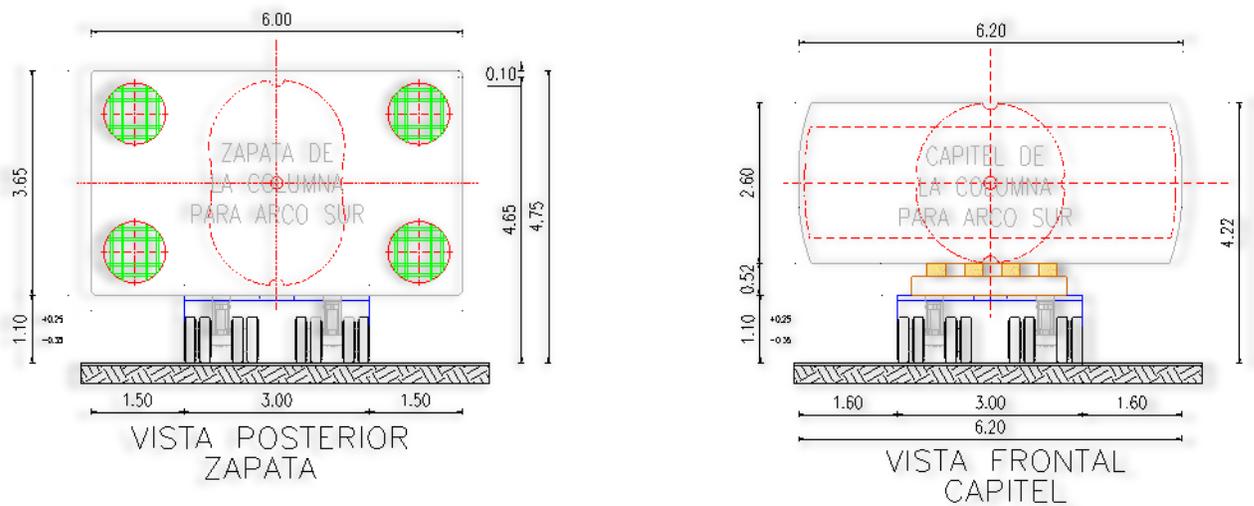


Ilustración 46. "Vista frontal y posterior de la columna"

Después de conocer las dimensiones de los elementos mayores, se determina los radios de giro del equipo para columnas y trabes. En la siguiente figura se presentan dos casos para columnas, el primero para un equipo de 15 líneas en el cual se tiene un radio de giro interno de 8.42 metros y de radio de giro externo de hasta 20.28 metros, en el segundo es de un equipo con cuna en el cual se incrementa a 10.43 metros el radio de giro interno y a 23.28 metros el radio de giro externo.

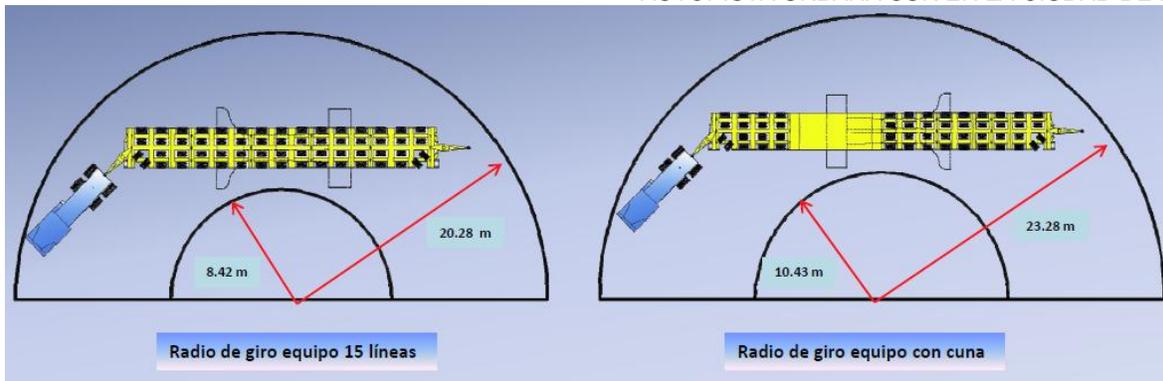


Ilustración 47. "Radio de giro de modular con columnas"

En la siguiente figura se presentan dos casos para traveses, el primero para dos equipos de 10 líneas en el cual se tiene un radio de giro interno de 15.34 metros y de radio de giro externo de hasta 30.83 metros, en el segundo es de un equipo con 20 líneas en el cual se disminuye a 11.35 metros el radio de giro interno y a 24.62 metros el radio de giro externo.

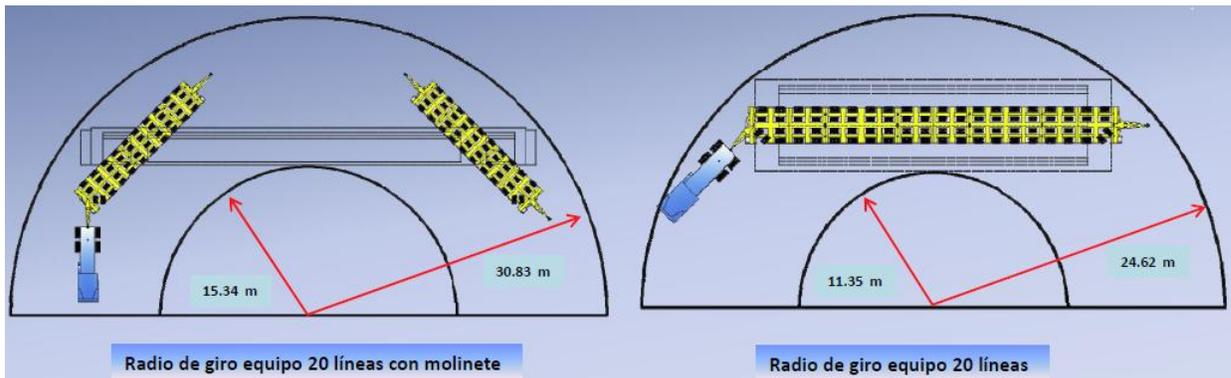


Ilustración 48. "Radio de giro de modular con traveses"

Ya con los radios de giro de los equipos y con las dimensiones de los elementos, se puede trazar una ruta de la planta a la obra.

Para este caso con salida de la planta de Tláhuac ubicada en el Eje 10 Sur y llegada a la obra en Anillo Periférico Sur, desde San Jerónimo hasta Viaducto Tlalpan, la ruta es de 46.7 kilómetros.

La ruta se puede desglosar de la siguiente manera:

- Eje 10 sur
- Carretera federal México-Puebla
- Distribuidor vial la concordia
- Calzada Ermita Iztapalapa
- Eje 6 Sur
- Anillo Periférico pasando por el Eje 8 Sur Ermita, por Canal de Garay, por Avenida Tláhuac hasta llegar a la zona de obra entre Viaducto Tlalpan y San Jerónimo



Ilustración 49. “Trayecto de planta PRET a San Jerónimo”

Antes del recorrido es necesario recorrer la ruta para identificar obstáculos como puede ser postes y luminarias, árboles, niveles pavimentos, puentes peatonales, etc. Para que durante el recorrido no haya ningún problema y se atrase más las piezas causando problemas viales.

Las piezas siempre van escoltadas por dos patrullas, una al frente y una detrás, para darle paso a través de la circulación, evitar conflictos y simplemente ir resguardando



Ilustración 50. "Ancho necesario"

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO



Ilustración 51. "Remoción de Arboles"

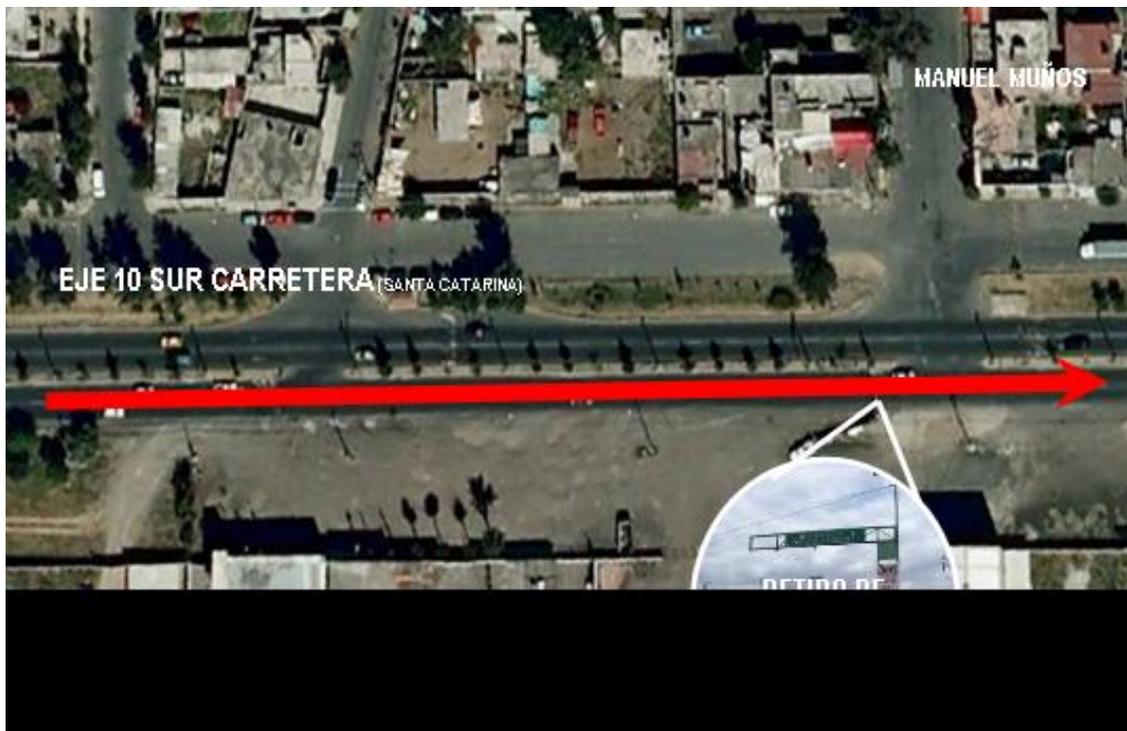


Ilustración 52. "Trayecto sobre eje 10 sur Sta. Catarina"

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO



Ilustración 53. "Cambio de carriles por exceso de dimensiones"



Ilustración 54. "Mejoramiento de carpeta asfáltica por exceso de peso"



Ilustración 55. “Transporte real del elemento”

Cuando los equipos con las piezas llegan al Anillo Periférico, es necesario considerar el retiro de la barrera central. Para esta actividad es necesario conocer el material de la barrera, retirar la malla y demoler la barrera.

En la barrera central también se encuentran luminarias por lo que también es necesario retirarlas junto con su poste de acero.

Se necesita colocar señalamientos cerca del lugar donde se llevarán a cabo los trabajos, así como con el confinamiento longitudinal a base de barreras plásticas y de concreto, que se colocan sobre Periférico Sur en ambas direcciones, con lo cual se demolerá la barrera central, ya que dicha barrera se ubica dentro del área en donde quedará alojada la cimentación superficial a base de columnas-zapatatas.

El transporte de las piezas comienza a partir de las 22 horas y tardan entre 3 y 4 horas en llegar a la zona de obra. Por lo que la vialidad del Periférico es cerrado a partir de las 23 horas, y la circulación se reanuda a partir de las 5 de la mañana. Por lo que cuando

la pieza llega a la zona de obra la circulación ya está cerrada, lo cual hace más fácil las maniobras.

4.3 Llegada a la obra

Mientras las traveses y columnas están siendo transportadas, la obra cierra la vialidad y comienza a mover equipos, maquinaria y personal. Se comienzan a hacer todos los preparativos para recibir los elementos.

Para levantar los elementos hay dos tipos de grúas: las principales y las secundarias, las principales son las de 1200 toneladas y las secundarias son las de 500 toneladas, 350 toneladas y 150 toneladas.

Para la colocación de traveses y columnas se necesitan grúas de 350, 500 y 1200 toneladas por lo que después de cerrar la vialidad se mueven las grúas hasta el sitio de montaje.

Una vez en el sitio de montaje las grúas comienzan a posicionarse y a cargarse. Las grúas principales pueden armarse y cambiar de posición, mientras que las grúas secundarias deben estar seguras de su posición para después armarse ya que no podrán moverse después.

Las grúas de 1200 toneladas están montadas en un camión de gran capacidad, se arman cada noche (se colocan sus contrapesos) y tardan aproximadamente dos horas. Son grúas hidráulicas telescópicas de gran capacidad y con la más nueva tecnología, su pluma telescópica es de 8 tramos de 18.3 metros hasta 100 metros y es completamente automática

Las grúas de 350 y 500 toneladas son de pluma telescópica de diferentes medidas, se utilizan para cargar a las grúas principales, son de neumático, tardan 1 hora en armarse.

Una vez que las grúas están posicionadas y listas, se espera la llegada del elemento a la obra. Cuando las traveses y columnas llegan a la obra, ya ha sido confinado el terreno y se encuentra en alguna de estas dos situaciones:

- Si el elemento es una columna el terreno esta como la siguiente figura, donde se muestra una excavación con su cimentación profunda y una plantilla, donde las

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO
pilas están descabezadas y está listo todo para la colocación de la columna con zapata incluida.

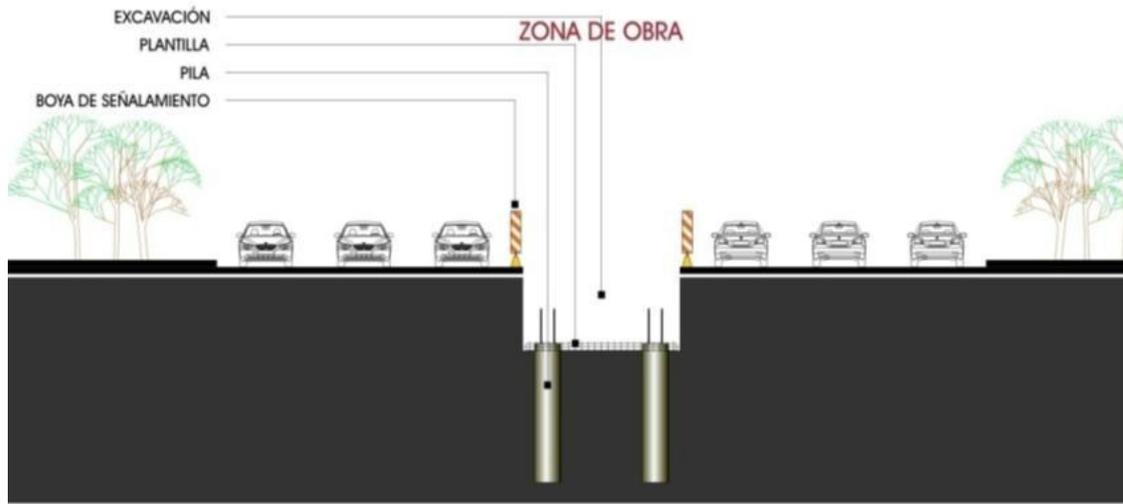


Ilustración 56. "Terreno listo para recibir columna"

Si el elemento es una trabe el terreno esta como se muestra en la siguiente figura, donde ya han sido colocadas varias columnas y solo se debe colocar la trabe entre los claros de columna a columna.

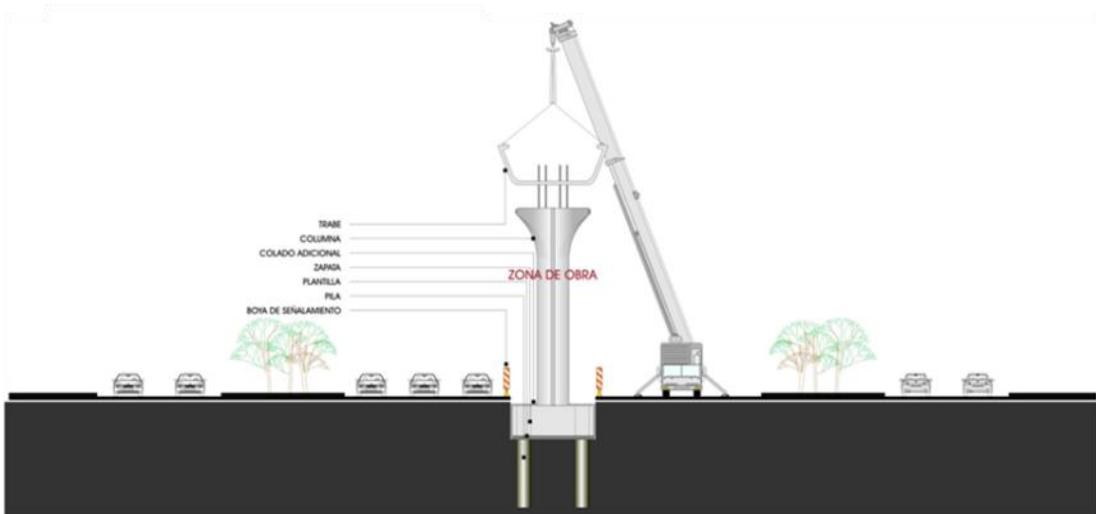


Ilustración 57. "Colocacion de trabe"

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Cuando los elementos llegan al sitio de colocación, el modular avanza hasta colocarse al frente y al centro de las grúas, los elementos llevan unos ganchos en los extremos de los cuales se agarra la grúa para levantarlos.

En la siguiente fotografía se muestra como una trabe va llegando al sitio de colocación.



Ilustración 58. “Llegada de trabe a sitio de montaje”

En esta fotografía se muestra como el modular se posiciona y se acomoda entre las dos grúas que a sus extremos se enganchan y están alistándose a levantar la trabe



Ilustración 59. “Grúas de 1200tons listas para elevar elemento”

4.4 Colocación

La colocación o montaje es la actividad en la que se levanta y se acomoda el elemento (trabe o columna) hasta su posición final.



Ilustración 60. "Montaje de trabe"



Ilustración 61. "Montaje de columna"

Colocación de Columnas:

Para la colocación de las columnas se colocan varias boyas de señalamiento para indicar los límites de la excavación, después dependiendo del peso del elemento se utilizan las grúas ya mencionadas.

Normalmente para los elementos mayores se usan grúas de 1200 toneladas y la de 500 como apoyo.

Para las columnas de 4 y 2 carriles se utiliza una de 1200 toneladas en el extremo del cabezal y una de 500 en el extremo de la zapata, pero para las columnas de 6 carriles se usan las dos grúas de 1200 toneladas.

Las grúas ya posicionadas y listas, se enganchan a los cables de tensión que trae la columna en la base y en el cabezal y comienzan a levantar la pieza

Las dos grúas levantan al mismo tiempo la pieza, levantando más el cabezal y menos la zapata, ya que lo que se busca es girar la pieza en el aire, levantarla y ponerla de pie.



Ilustración 62. "Montaje de columna"



Ilustración 63. “Montaje de Columna”

Cuando la columna se encuentra completamente vertical y posicionada encima de la excavación, se comienza a bajar poco a poco hasta que las 4 pilas entran por los huecos de la zapata.

Ya estando abajo en su posición final se alinea y se nivela, después baja a la zapata una brigada que realiza la conexión de pilas-zapata-columna, para dejar lista la cimentación superficial y que pueda ser colado en las próximas horas.

Al final ya que está muy fija y bien nivelada la columna en su posición final se sueltan los ganchos de amarre de la zapata y del cabezal y se deja la pieza para preparar el colado de la zapata.

Existen como ya habíamos dicho tres tipos de columnas la C1, C2 y C3, la colocación y ubicación de cada una de ellas depende directamente del proyecto. Ya que podría llegar a ampliarse de 4 carriles a llevar 6 en un futuro, aunque no yendo tan lejos existen algunos tramos de la Autopista Urbana Sur en los que se amplía a 6 carriles como en el nodo de Luis Cabrera y como en el nodo de San Jerónimo.



Ilustración 64. “Montaje de columna para 4 carriles”

Colocación de Trabes:

Las trabes se dividen en 3, las trabes tipo A, tipo B y las de tipo C

Las trabes tipo A son las que van apoyadas sobre las columnas, las trabes de tipo B son las que van apoyadas entre dos trabes tipo A y las trabes tipo C son las que se usan para las rampas de salidas y entradas.

Las trabes cuando llegan en el modular son colocadas frente y en medio de las dos grúas.

Para las trabes se usan las dos grúas de 1200 toneladas, debido a que son las de mayor poder y a que la posición del brazo disminuye su capacidad de carga. La capacidad de 1200 toneladas solo aplica cuando el brazo está a menos de 2.5 metros de separación.

Todas las traveses no son completamente rectangulares, en su ancho, en los extremos acaban como un escalón ya sea ascendente o descendente lo que permite la unión entre ellas como si fuera un rompecabezas. Las traveses tipo A además traen huecos en la base, lo que permite las conexiones columna-travesa.

Las grúas ya posicionadas y listas, se enganchan a los cables de tensión que trae a cada extremo la travesa. Levantan al mismo tiempo la pieza, pasándola por encima de las columnas (considerando la travesa como tipo A) y colocando las terminaciones de cable de los cabezales de la columna dentro de los huecos de la travesa, para así lograr la conexión travesa-columna.

En las siguientes figuras se muestra el procedimiento para colocar una travesa tipo A, primero como se levanta, después como pasa los cables y terminaciones del cabezal por los huecos de la travesa para lograr la unión travesa-columna



Ilustración 65. "Montaje de travesa en columnas"



Ilustración 66. "Montaje de trabe en columna"



Ilustración 67. "Montaje de Trabe en columna"



Ilustración 68. “Montaje de trabe en columna”

Ya que la trabe está bien posicionada sobre las dos columnas, se sube por medio de una canastilla una brigada para hacer la conexión trabe-columna. Una vez finalizado este proceso se sueltan los enganches de la grúa, liberando el elemento.

Suponiendo que la trabe fuera tipo B se tendría que levantar el elemento y pasarlo por encima de las traves ya puestas de tipo A y montarlo sobre los escalones de las otras dos traves tipo A, la pieza debe de entrar exactamente, si no es que habrá error en el proceso de construcción.

Las siguientes imágenes muestran este proceso:



Ilustración 69. “Montaje de trabe de conexión”



Ilustración 70. “Montaje de trabe de conexión”

A continuación se hacen todos los preparativos para colar el elemento en las siguientes horas y dejar todo listo.

El montaje del elemento más pesado, siendo este una trabe se realizó en un total de 16 minutos, se puede resaltar que se emplean solo dos grúas para realizar esta colocación cuando en otros tiempos se necesitaban 4 grúas y el tiempo era mucho mayor.

En promedio, cada noche se instalaron tres trabes y dos columnas.

V. Descripción del equipo utilizado para el montaje, transporte y sujeción de elementos estructurales mayores.

En la fábrica los elementos prefabricados experimentan una serie de maniobras las cuales corresponden a diferentes procesos que se realizan dentro de la planta, como son el desmoldeo, el transporte al área de almacenamiento, el apilado y la carga y el transporte a la obra.

Esta serie de pasos que existen en el proceso de producción de estas piezas encarecen su ejecución, por ejemplo en el caso de pequeños productos sus manipulaciones son más caras que el proceso de construcción de la misma.

Con el objetivo de reducir costos de producción y evitar manipulaciones intermedias es conveniente realizar la totalidad de los movimientos de dichas piezas (desmoldeo, apilado, transporte y carga) con el mismo medio de transporte.

Debe de llevarse un estricto control de cambio de sitio de piezas para evitar fracturas y deterioros. Las piezas suelen ser transportadas en la misma posición en la que serán usadas.

Una vez desmoldadas las piezas es necesario retirarlas de la zona de fabricación y almacenarlas antes de su utilización por dos razones muy importantes:

- Resistencia: las piezas no deben utilizarse hasta que hayan alcanzado como mínimo su resistencia nominal a los 28 días, debido al desmoldeo rápido, las piezas salen del molde con una fracción de su resistencia total.
- Por organización: Esto se debe a los distintos tipos de fabricación, transporte y comercialización de los elementos.

El almacén debe situarse cerca del área de fabricación, y por otra parte debe de tener enlaces con las vías de comunicación por donde irán saliendo los elementos prefabricados.

Otro factor muy importante son los medios de transporte desde el área de fabricación hasta el almacén, ya que si son de tipo rígido como por ejemplo una grúa viajera la

posición del almacén y sus dimensiones quedan limitadas por el área servida por dichos medios de transporte.

Los medios de transporte y montaje son elementos muy importantes, los límites en cuanto a los prefabricados se trata, no los marca la producción de piezas sino su manipulación.

Otro aspecto importante en cuanto a elementos prefabricados se refiere es el transporte a la obra, ya que más que tener problemas por peso se tienen problemas de dimensiones.

Cuando se fabrican los elementos en la planta fija se tiene un límite, este lo impone las limitaciones de transporte, sin embargo cuando se moldean las piezas en el suelo junto a la posición que ocuparan en obra montada, es el factor peso que influye en las dimensiones en función de la maquinaria de elevación disponible.

Existen una gran variedad de máquinas que pueden realizar la elevación y el montaje de los elementos prefabricados, debiéndose llevar a cabo la elección de dicha maquinaria atendiendo distintos puntos, entre los que destacan:

- La disponibilidad en planta
- Altura a la que se colocaran
- El número de elementos
- Las características de los elementos (dimensiones, peso, tipo, etc.)

Hay que considerar la posibilidad de utilizar varias máquinas de diferentes capacidades, esta solución puede dar muy buenos resultados cuando en la obra hay muchos tipos de elementos.

Cuando se hace el montaje, la maquinaria de elevación, en este caso las grúas, deben de ayudarse de unas poleas cuyas características varían depende de la pieza a elevar y su objetivo es convertir la carga puntual que actúa en el gancho en una serie de cargas aplicadas que actúan en distintos puntos de la pieza, aun cuando las piezas son muy ligeras se necesita colocar dos cables para evitar el balanceo.

Los elementos prefabricados no deben soltarse de las grúas hasta que esté asegurada su estabilidad, regularmente no todas son piezas autoestables. La estabilidad se obtiene por el apoyo mutuo de las piezas y otras por el colado o el soldado de las juntas.

En el montaje de las piezas hay que tener una precisión al centímetro ya que si se falla, estéticamente puede verse mal, pero lo más importante es que puede introducir cargas perjudiciales comprometiendo la estabilidad de la estructura y por ende, las piezas que posteriormente se vayan a colocar van a tener problemas.

Es imposible colocar las piezas exactamente, sin embargo por la falta de precisión de la maquinaria, el peso de los elementos, el interés de la rapidez en el montaje, e incluso variación en las medidas nunca se podrán colocar con exactitud las piezas.

Al momento de diseño de las piezas se deben de fijar las tolerancias de montaje, las cuales se rigen por el tipo de la pieza y la clase de estructura.

Las grúas y medios de transporte que se utilizaron en la Autopista Urbana sur vienen descritos a continuación con una serie de características y especificaciones para el montaje de las ballenas, columnas, y tabletas.

A continuación se presenta la maquinaria utilizada en el transporte y montaje de los elementos prefabricados de la autopista urbana sur.



MI-JACK es una compañía que fabrica grúas, tiene más de 20 años en el mercado, lo cual las convierte en una de las mejores marcas en grúas de pórtico móviles. Conforme han pasado los años los mismos clientes han retado a la marca a resolver problemas de carga con ciertos materiales.

Esta marca ha hecho grandes inversiones en programas de cómputo, en la contratación de varios diseñadores que se hagan cargo de mejorar los problemas técnicos de las grúas así como soluciones directas con los clientes.

Esta empresa busca que las grúas duren más tiempo y que el rendimiento sea el mejor. Siendo la grúa MJ176 la más grande que manejan.

Las grúas son construidas con la mejor calidad, la encargada del armado de estas grúas es una empresa hermana, primero construyendo las columnas con placas de acero de media pulgada, luego se refuerzan con un ángulo de hierro para darle rigidez y apoyo estructural, se pintan con un primer para evitar la corrosión, después se hacen las conexiones con los demás miembros como las torres las piernas, todo de acero inoxidable y sus conectores pernos y soldadura de zinc.

Esta grua de portico es usada en la Planta de PRET ubicada en Tlahuac y se usa para diversos procesos en la planta, primero para mover las piezas ya coladas de las mesas de colado y almacenarlas, en segundo lugar para colocarlas sobre los modulares para ser transportadas a la obra.

Grúa de Pórtico MI-JACK MJ150

La grua tiene una capacidad de 280ton con un gancho, s una grua montada sobre cuatro neumaticos, llamada tambien de portico, Su motor es diesel y es totalmente hidraulica, todo se controla desde la cabina, aunque tambien puede ser controlada a control remoto.

La estructura de la grua es de acero y consta de 4 columnas unidas en dos niveles por vigas, formando asi varios marcos, la parte baja de las columnas debe sostener la cabina y el compartimiento del motor que se encuentra por debajo de esta.

Los cuatro neumaticos pueden llegar hasta un angulo de 90 grados, la grua puede dar el 100 % mientras sea controlada en una superficie de al menos un gradiente del 2% de superficie plana y mientras que la temperatura ambiente no pase de los 50 grados centigrados. El gancho esta colocado en un carro que se desplaza a lo largo por medio de cables

El gancho tiene una dimension de 6.05 metros de largo y como se dijo esta colocado en un carro que se desplaza al centro del claro de la grua. Este claro tiene un ancho de 19 metros, ya simplemente a la cabina son 5.79 m de altura desde el piso. El motor y la cabina son de facil acceso por medio de una escalera, los tanques de aceite y gasolina estan accesibles desde el nivel de piso

La fuente de poder central es un motor diesel de tipo Cummins 4BT3.9-C110 con 110 Hp y un torque de 2500 rpm, siendo su velocidad maxima de 6.4 kilometros por hora, el motor y el sistema de enfraimiento que maneja hace que la grua pueda funcionar sin ningun contratiempo en temperaturas desde los -15 grados centigrados hasta los 50 grados centigrados.

El tanque de combustible es de 190 litros y tiene la capacidad para trabajar por 12 horas continuas.

La fuente hidraulica de la grua consta de varias valvulas, y de un motor electrico que se encarga de de la operación simultanea de las valvulas, los circuitos hidraulicos y el sistema en si son diseñados para un maximo de 5000 pso, mientras que la presion maxima es de 4300 psi.

Todos los componentes asi como la cabina estan montados sobre las barras o vigas de los marcos con el proposito de que no se llenen de tierra, lodo u otras fuentes contaminantes.

Los neumaticos, que son 4, los dos delanteros pueden girar hasta 90 grados, mientras que los dos traseros son fijos, los cuatro neumaticos cuentan con un frenado a base de discos

Tiene un radio de giro interno (con neumáticos a 90 grados) es de 35 grados o bien 10.67 metros mientras que el radio de giro externo es de 97 grados o bien 29.56 metros En sus dimensiones se puede decir que la altura total es de 16.16 metros, la altura por dentro del pórtico es de 13.72 metros, el claro central del pórtico tiene una longitud de 11.58 metros, el ancho total de la grúa es de 15.85 metros.

Utiliza un gancho que puede bajar y subir lo que uno quiera, la longitud del gancho es de 25

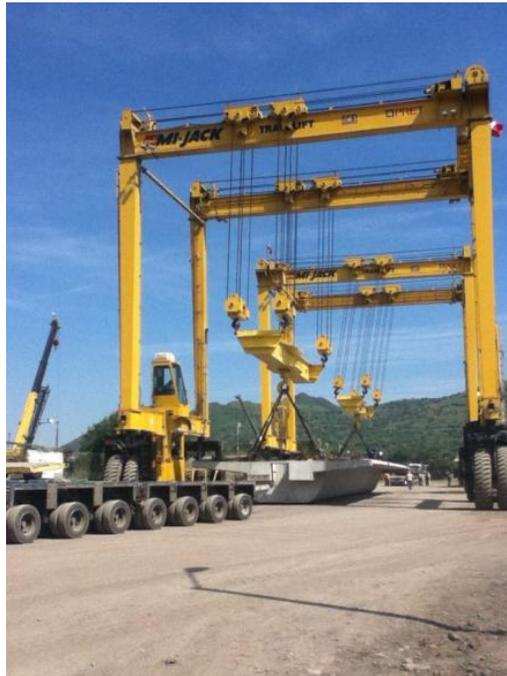


Ilustración 71. “Grua de Portico en acción”



Ilustración 72. “Grua de portico cargando modular”

LIEBHERR **LIEBHERR**

La empresa Liebherr fue fundada en 1949 por Hans Liebherr. El gran éxito de la primera grúa giratoria de torre móvil, económica y fácil de montar, puso los cimientos de la empresa. Actualmente, Liebherr no solo fabrica maquinaria de construcción, sino que además está reconocido en otros ámbitos como proveedor de productos y servicios de primera calidad y de orientación práctica. La empresa tiene más de 35.000 empleados en más de 130 empresas de todo el mundo.

El Grupo de empresas está dividido en unidades empresariales de tamaño razonable y que funcionan de forma independiente. De esta forma queda asegurada la cercanía al cliente y la posibilidad de reaccionar de forma versátil a las señales de los mercados de competencia global.

Las empresas de fabricación y de distribución de cada uno de los segmentos de productos dependen de la dirección operativa de sociedades de control de sección. Entre tanto, el Grupo de empresas engloba diez sectores de productos.

La sociedad matriz del Grupo es la Liebherr-International AG de Bulle (Suiza), cuyos propietarios son todos miembros de la familia Liebherr. La empresa familiar está dirigida por la segunda generación por los hermanos Liebherr.

GRÚA MÓVIL LTM 11200-9.1

La grúa LTM 11200-9.1 es una grúa telescópica, tiene una capacidad de 1200 toneladas a un radio de 2.5m, la pluma telescópica de mayor longitud, en total retracción mide 18 metros y en total extensión son 100 metros y es la de mayor capacidad que existe hasta ahora, en México hay dos, propiedad de ICA.

La grúa consta de 2 piezas principales: la base móvil y la pluma. Tiene una longitud total de casi 20 metros y una altura de 4 metros, consta de 9 ejes para su desplazamiento, todos ellos directrices y dotados de una suspensión neumática de alta resistencia.

Su desplazamiento lo hace por medio de un motor de 8 cilindros diésel con una potencia de 670hp aproximadamente, alcanza una velocidad de translación de 75 km/hr con un peso de 96 toneladas, para mover el mecanismo de la grúa, consta de un motor de 6 cilindros diésel de 320hp.a

La pluma telescópica es de ocho tramos, se maneja de forma automática, con extensión y embulonamiento hasta la longitud requerida. Además, dispone de varias extensiones en pluma de celosía.

Tiene 16 disposiciones de brazo, la más sencilla es el T3, pero éste es capaz de suspender una carga de 1200 toneladas a una altura de 50 metros. El brazo más largo es el T7 que tiene una longitud de 100m.

Las 16 disposiciones en la que se puede convertir la pluma se realizan por medio de 10 extensiones las cuales son:

- 1.- T3: Pluma telescópica de 50m de longitud
- 2.- T7: Pluma telescópica de 100m de longitud
- 3.- N: Pluma abatible
- 4.- F: Pluma fija
- 5.- NZF: Pluma abatible hidráulicamente
- 6.-Y: Arriostrado o brazo atirantado
- 7.- V: Prolongación de pluma telescópica 6m sin Exzenter
- 8.- V2: Prolongación de pluma telescópica 10m
- 9.- V3: Prolongación de pluma telescópica 6m
- 10.- VE: Prolongación de pluma telescópica 6m con Exzenter

Para poder cargar todas esas toneladas debe de existir un contrapeso, para contrarrestar las fuerzas que aplica la carga, el contrapeso que lleva la base móvil es de 202 toneladas, también cuenta con 4 estabilizadores de 14 metros de longitud, que se apoyan en el piso con fuerza hidráulica.

La base móvil puede cargar por si sola los brazos extensibles o plumas, o se pueden llevar en camiones de transporte especial, en caso de que así sea logísticamente hablando.



Ilustración 73. “Grúa de 1200 tons en acción”

En México existen 2 grúas de este tipo, fueron transportadas desde Alemania por barco en diferentes contenedores debido a su variedad de piezas, estos se llevaron por medio de 16 tráileres al estado de México donde fueron armadas, y de ahí se trasladaron al sur de la ciudad de México a empezar a ejecutar los trabajos de montaje de elementos prefabricados en la autopista urbana sur.

Para su operación fue necesario que expertos alemanes vinieran a México para que a un equipo especializado recibiera capacitación donde se les instruyó sobre el sistema eléctrico-mecánico, de seguridad, ensamble, mantenimiento y operación.

Gracias a la gran capacidad de estas grúas el montaje de las traveses de 400 toneladas se realiza tan solo en 16 minutos, el nivel de maniobrabilidad con la que cuenta esta grúa es una característica de gran importancia, debido a las exigencias de elevación y montaje del proyecto.

Tiene 2 cabinas, una para el transporte y otra para la operación, la cabina de operación controla la pluma vía bluetooth.

Puede desplazarse con una gran parte de su equipamiento, esto ayuda en la reducción de tiempos de montaje, tiene una anchura de 3 metros y un bajo centro de gravedad la cual hace que su desplazamiento sea seguro al igual de que sus accesorios se pueden montar en lugares reducidos.

Tiene un costo aproximado de 10 millones de euros, esto traducido a pesos al tipo de cambio de Abril de 2013 son aproximadamente 160 millones de pesos.



Terex Corporation es una empresa estadounidense que se dedica a la fabricación de una amplia gama de equipo pesado para gran variedad de industrias como la construcción, la minería, infraestructura, el reciclaje, envíos, transporte, refinación y mantenimiento.

Los segmentos más importantes de la empresa son plataformas de trabajo aéreo, construcción, grúas, procesamiento de materiales y la minería, productos de producción de carreteras y de servicios públicos.

Es una empresa con más de 15mil empleados con 50 plantas en lugares como América del Norte y Sur, Europa, Asia y Australia, y comercializa sus productos en más de 170 países.

Terex tiene sus orígenes como filial de General Motors, debido a un problema con el Departamento de Justicia de los EEUU, GM tuvo que detener la fabricación y venta de maquinaria pesada durante algunos años.

El nombre de Terex se formalizo en 1968 y su significado es rey de la tierra. GM vendió su filial Terex a la firma Alemana IBH Holding AG en 1980, y en 1983 se declaró en quiebra y Terex regreso a propiedad de General Motors con nuevo nombre “Terex Equipment Limited” y “Terex USA”

TEREX AC 500-2

La grúa AC 500 – 2 es una grúa telescópica, tiene una capacidad de 500 toneladas, mide 20 metros de largo, 3 metros de ancho y 4 metros de alto, la pluma telescópica en total retracción es de 15 metros aproximadamente y en total extensión es de 55 metros.

Consta de 8 ejes de los cuales 4 tienen tracción y 7 dirección, gracias a su practicidad es fácil su transporte por carretera. Como todas las grúas, esta también consta de contrapesos, son 16 piezas de 10 toneladas cada uno dando un total de 160 toneladas, más el bastidor base que pesa 20 ton.

Su desplazamiento lo hace por medio de un motor Chrysler de 8 cilindros diésel de 650 hp y puede alcanzar una velocidad máxima de 75 km/ hr con un peso de 75 toneladas, para mover el mecanismo de la grúa, esta consta de un motor Chrysler 6 cilindros diésel de 280hp, se compone de dos piezas, la base móvil y la pluma

Consta de una suspensión hidroneumática con compensación de carga de ejes y frenos de disco neumáticos en todas las ruedas, al igual que con 4 estabilizadores telescópicos.

La pluma telescópica es de 5 tramos y se controla electrónicamente por medio de un tablero central y 2 joysticks de 2 ejes cada uno, cuenta con una serie de extensiones tipo celosía y son: 5m, 8m, 11m, 14 m, 17m, 20m, 23m, 24m, 26m, 29m, 30m, 32m, 36m, 38m, 42m, 44m, 46m, 50m 54m, 56m, 62m, 65m, 72m, 90m.



Ilustración 80. “Grúa Terex de 500 toneladas”

TEREX AC 350-6

La grúa AC 350 – 2 es una grúa telescópica, tiene una capacidad de 350 toneladas, mide 17 metros de largo, 2.9 metros de ancho y 4 metros de alto, la pluma telescópica en total retracción es de 15 metros aproximadamente, en total extensión es de 64 metros y es de 6 tramos.

Consta de 6 ejes de los cuales 4 tienen tracción y 5 dirección, es la gura más compacta de 6 ejes que existe hasta ahora y pesa 72 toneladas. El sistema de contrapesos consta de 12 piezas:

- 1 pza de 8 toneladas
- 1 pza de 6.5 toneladas
- pza de 10.1 toneladas
- 1 pza de 9,5 toneladas
- pza de 10.4 toneladas
- TOTAL: 116.7 TON.

Esta es una de las mejores equipadas y con más variedad de equipamiento, consta de 35 extensiones de pluma con una longitud que va desde los 9 hasta los 72 metros.

Para su desplazamiento consta de un motor diésel de Daimler AG de 8 cilindros y 612hp el cual alcanza una velocidad de 80km/hr, y para el accionamiento de su estructura con un motor Daimler AG de 6 cilindros diésel y 280hp.

Posee una suspensión hidroneumática con compensación de presión sobre ejes, frenos de disco en las 12 ruedas con retardador hidráulico. El accionamiento de la grúa es por medio de controles piloto eléctricos por medio de 2 joysticks en cruz.



Ilustración 81. “Grúa Terex de 350 toneladas”

GOLDHOFER **Goldhofer**

En 1705 la familia Goldhofer, es reconocida por uno de sus inventos, Anton Goldhofer fue el responsable de construir una muy buena reputación para su marca, debido a sus

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO
excelentes productos creados artesanalmente, incluso en la depresión de los años 20's y entre las guerras mundiales.

En 1946 la octava generación de la familia Goldhofer empezó su patrimonio con la fabricación de remolques para la agricultura, estos montaban ruedas neumáticas, gracias a estos productos pudieron empezar con su producción en serie.

Años después Goldhofer construyo un remolque motorizado con rampa, de grandes dimensiones para esa época, gracias a este vehículo de carga, toda la clientela específicamente del sector agrícola fueron los principales consumidores, y como resultado se amplió el mercado de la construcción de transporte pesado.

Para hacer frente a la creciente demanda de los productos, se desarrollaron los "lowloaders" o plataformas de carga, los cuales podrían ser fácilmente separados del vehículo remolcador para así descargar el producto.

Con el paso de los años en los 60's unos de los tantos clientes proporciono una idea, la cual causo el desarrollo completamente nuevo de una combinación de remolques de alta resistencia con suspensión mecánica.

Goldhofer había desarrollado un sistema modular que hizo posible que los clientes pudieran repartir su carga en remolques de hasta 8 ejes, compuestos por dos módulos de ejes cada uno, gracias a este invento se pudieron transportar grandes cargas con un solo sistema de vehículo, en el cual los costos eran muchos menores.

Estos vehículos fueron los precursores del sistema modular de hoy en día, e, cual se utilizó en el transporte de elementos mayores prefabricados para la autopista urbana sur.

En 1989 se implementó el primer sistema electrónico de dirección sincronizada para movilizar cualquier tipo de modular disponible. Este sistema se utiliza para alinear semirremolques mientras se conduce a través de una vuelta para que así sea más fácil desplazarse a través de las curvas.

Para la autopista urbana sur se utilizaron 3 tipos de modulares principalmente el de 10 ejes, de 15 ejes y 20 ejes ya que con estos era más sencillo transportar los elementos prefabricados para posteriormente colocarlos.

MODELO THP

Los modulares en estos tiempos representan un modo de transporte económico para elementos de grandes dimensiones, el rango de carga útil va desde las 70 tons hasta las 10,000tons. Existen varios accesorios para este tipo de transporte como por ejemplo los cuellos de cisne, dispositivos de tracción, puentes de carga, dispositivos para cargas largas, etc.

Estos se adaptan óptimamente para cualquier tipo de necesidad, por ejemplo exigencias de las cargas y recorridos correspondientes.

Se componen de una suspensión hidráulica y esta puede conectarse a diferentes tipos de apoyos con el fin de asegurar que las cargas sean uniformes por cada eje y garantiza el equilibrio tanto longitudinal como transversal en terreno de todos los tipos.

Su dirección es hidromecánica forzada en todas las ruedas en 2 circuitos ya que esto garantiza que si falla 1 circuito tenga el 100% de funcionalidad, se ajusta rápidamente la configuración y consta también de una dirección sincronizada.

Consta de una viga central en forma de cuadrado y vigas transversales estables, esto le proporciona un grado de rigidez óptimo, y esto le permite una gran capacidad de carga. Existen varios subtipos del modelo THP:

THP / ET

Es un módulo de servicio pesado con rueda sencilla, se puede transportar en carretera porque es de 2.75mts de ancho.

THP / UT

Es un módulo de servicio pesado con rueda doble, se puede transportar en carretera porque es de 3mts de ancho, es extremadamente bajo.

THP / MT

Es un módulo de servicio pesado con rueda doble, se puede transportar en carretera y todo terreno porque es de 3mts de ancho y su bastidor esta reforzado con un elevado momento flexionante.

THP / ST

Es un módulo de servicio pesado con rueda doble, se puede transportar en carretera y todo terreno porque es de 3mts de ancho y su fabricación es reforzada para que cada eje lleve una elevada carga.

THP / SL

Es un módulo de servicio pesado con rueda doble, es principalmente para todo terreno y tiene un ancho de 3mts, la carga por eje y la carga concentrada son muy elevadas.

THP / H

Es un módulo de servicio pesado con rueda doble, es principalmente para todo terreno y tiene un ancho de 3mts, la carga por eje y el momento flexionante son extremadamente elevados.

THP / HL

Es un módulo de servicio pesado con rueda doble, es pensado y usado para carreteras de América del Norte, tiene un ancho de 3.2 mts y tiene grandes neumáticos con una distancia especial entre ejes.

THP / DL

Es un módulo de servicio pesado con rueda doble, es pensado y usado para carreteras de América del Norte, tiene un ancho variable de 4.9 hasta 6.1mts y el peso muerto es optimizado para la máxima carga útil.

PST

Los PST son los vehículos modulares para el servicio pesado con propulsión hidrostática, esta asegura el desplazamiento progresivo sin sacudidas, aun bajo condiciones muy desfavorables, y este tipo de vehículos se usan principalmente en costas, estos módulos se pueden combinar con los THP no propulsados.

PST / SL-E

Este tipo de modulares aparte de incorporar propulsión hidrostática, vienen equipados con una dirección electrónica para facilitar aún más el transporte de elementos pesados, al combinarse con los elementos THP por medio de sensores también se controla la dirección de estos.

PST / ES-E

Este tipo de modulares son capaces de soportar la mayor carga por eje de todos los ya descritos, fue diseñado para mover elementos realmente grandes, y su operación es mediante un control remoto cableado y/o un control remoto por radio.

En la autopista urbana sur se utilizaron los modelos THP / UT,MT y ST para el transporte de elementos de gran tamaño como lo son las traveses y las columnas.

Estos modulares pueden combinarse para crear una amplia gama de combinaciones de vehículo dependiendo del uso que se les vaya a dar y cuanto peso vayan a cargar. Dichas combinaciones pueden realizarse longitudinal como transversalmente.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO



Ilustración 82. “Modular”

Conclusiones

La Autopista Urbana Sur (ASUR), estructura que se desarrolló desde San Jerónimo hasta Viaducto Tlalpan, siguiendo el trazo del Periférico Sur, es la nueva autopista elevada que ayuda a mejorar la calidad de vida de la zona Sur-Poniente.

La operación de la ASUR, contempla la movilidad principal en dos cuerpos delimitados por la restricción de derecho de vía, como lo es el ancho de la trabe.

Los vehículos que utilicen esta vialidad tendrán una velocidad promedio de 80 km/hr, con un flujo continuo en toda la estructura y en su área de influencia.

Las características ambientales de la zona del Valle de México son consideradas como un ambiente alterado habiendo perdido sus características naturales desde hace muchos años, sin embargo esto todavía no declara una actitud de total deterioro debido al hecho de que existe vida, lo cual permite observar a un ecosistema que está funcionando.

El aspecto socioeconómico de la zona, corresponde a zonas de alto poder adquisitivo, donde es de gran importancia y ayuda esta nueva ruta. Las zonas que colindan con el proyecto son San Jerónimo, Pedregal, Jardines del Pedregal, Ajusco, etc....

Parte fundamental en el desplazamiento de viajes es el transporte masivo, por lo consiguiente se percibe un movimiento considerable de personas, los cuales tienen como motivo principal el tránsito de Cuernavaca hasta Querétaro, uniendo esos dos tramos de autopista por medio de esta vía.

Este tramo ya estaba previsto como segunda parte del proyecto que fue iniciado en el Gobierno de López Obrador con el segundo piso de San Antonio a San Jerónimo, la decisión se tomo para crear soluciones a las pocas vías de acceso que tiene la zona Sur –Poniente

Se trata de dar solución a los problemas de tránsito originados por las siguientes causas, el limitado desplazamiento de vehículos, provocado por las pocas vialidades de la zona, desorden provocado por el servicio del transporte público, como las paradas en doble fila. Para llevar a cabo la ASUR se necesitaron varios estudios de planeación, y

PROCESO CONSTRUCTIVO DE ELEMENTOS MAYORES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA URBANA SUR EN LA CIUDAD DE MÉXICO
se determino la realización de la ASUR para ejercer el funcionamiento del 100% en horas de mayor demanda

Al entrar en operación la ASUR se mejoró la circulación vehicular reduciendo de 60 min hasta 15 minutos en tiempos de traslado desde San Jerónimo hasta Viaducto Tlalpan, con importantes beneficios como por ejemplo la disminución de consumo de combustible, que se refleja en la parte económica de todos y de menor contaminación, con menores emisiones de gases.