



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA
ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON
SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS
PRESFORZADOS DE CONCRETO.**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTA

HERMENEGILDO FLORES ALVARADO



DIRECTOR DE TESIS

ING. MARCOS TREJO HERNÁNDEZ

MÉXICO, D.F.

2015.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central

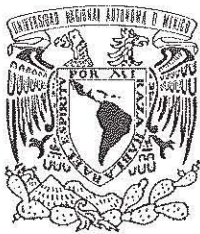


UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Señor

HERMENEGILDO FLORES ALVARADO

Presente

**DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/110/2014**

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. MARCOS TREJO HERNÁNDEZ que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted conforme a la opción I. "Titulación mediante tesis o tesina y examen profesional", para obtener su título en INGENIERIA CIVIL

"PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO"

INTRODUCCIÓN

- I. GENERALIDADES SOBRE LOS SISTEMAS DE ENTREPISO PRESFORZADOS**
- II. SISTEMAS DE PISO PRESFORZADO**
- III. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**
- IV. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO**
- V. CONCLUSIONES**
- BIBLIOGRAFÍA**

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

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

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria a 5 de Septiembre de 2014

EL PRESIDENTE DEL COMITÉ

M. EN I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ

JLTS/MTH

**PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO
A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.**

INTRODUCCIÓN.	1
I) GENERALIDADES SOBRE LOS SISTEMAS DE ENTREPISO PRESFORZADOS	3
1. VENTAJAS DE LOS SISTEMAS PREFABRICADOS	4
2. DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS PREFABRICADOS	5
II) SISTEMAS DE PISO PRESFORZADOS	6
1. SISTEMA DE PISO CON LOSA T Y TT	16
2. SISTEMA DE PISO CON LOSA TIPO DALLA	21
3. SISTEMA DE PISO CON LOSA TIPO OMEGA	27
4. SISTEMA DE PISO CON LOSA ALVEOLAR	33
III) DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	43
1. ESTUDIOS PREVIOS	43
2. PROYECTO ARQUITECTÓNICO	47
3. PROYECTO ESTRUCTURAL	54
IV) PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	62
1. FABRICACIÓN DE ELEMENTOS EN PLANTA	62
2. CIMENTACIÓN	74
3. TRANSPORTE Y MONTAJE	79
4. CONEXIONES (COLUMNA-CIMENTACIÓN)	96
5. CONEXIONES (ENTRE ELEMENTOS PRESFORZADOS).....	99
6. OBRA COMPLEMENTARIA	104
7. PRESUPUESTO	111
V) CONCLUSIONES	118
BIBLIOGRAFÍA	120

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

INTRODUCCIÓN.

Se considera a Eugene Freyssinet como el padre del concreto presforzado. Él pensó que el presfuerzo podría ser muy útil al tener disponibilidad de acero de alta resistencia con concreto de alta calidad. Estos materiales fueron progresando lentamente y fue hasta 1928 cuando logró conseguir una patente de estos y publicar el libro “Una revolución en el arte de la construcción” pero, los ingenieros de esa época supusieron que era una idea novelesca ya que nunca alcanzaría éxito.

Sin embargo, hubo algunos como Mangel en Bélgica y Hoyer en Alemania que reconocieron su futuro haciendo surgir ideas básicas de los sistemas de presforzados, ya que en su época hacían falta. Se contaba con nuevas herramientas y materiales, por lo que fueron los ingenieros europeos quienes encabezaron el nuevo método de construcción que acaparó la atención del resto del mundo.

En nuestro país las estructuras prefabricadas de concreto aún no han alcanzado el desarrollo al mismo nivel que en los países más desarrollados, por temor a la innovación por parte de los inversionistas o por desconocimiento de los nuevos procesos constructivos, por lo que considero que existe en la actualidad un mercado poco explotado y una gran oportunidad de crecimiento en este sector., por ejemplo podemos ver que la mayoría de las empresas desarrolladoras de vivienda en el mercado mexicano ya sea de interés social o medio siguen construyendo con métodos tradicionales, cuando en otros países todos los elementos que conforman la estructura de la unidad de vivienda (ya sea unifamiliar o multifamiliar) se modulan de tal manera que se pueden fabricar en líneas de producción en una planta prefabricadora industrializando el proceso, bajando costos de producción y tiempos de entrega, con lo cual se podría abaratar el proceso y ofertar al usuario final otros bienes o ventajas.

El objetivo primordial del presente trabajo es dar una idea general de los procesos constructivos para la edificación de estructuras prefabricadas de concreto con los sistemas de piso más utilizados en la actualidad en el país, desarrollando este proyecto desde su concepción en los planos y costo en el presupuesto hasta la erección de los marcos prefabricados, la colocación de losas y sus respectivas conexiones con el sistema de cimentación.

La mayoría de los proyectos se desarrollan principalmente en la ciudad de México, ya que aunque se han realizado obras importantes (estadios, centros comerciales, hospitales) en otras entidades del país (Guadalajara, Monterrey, Veracruz, Tampico, etc.) la escala de su uso es casi nula en comparación con el volumen de obra prefabricada que se realiza en esta ciudad.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

Este trabajo se desarrolla de la siguiente manera:

En el capítulo I se revisan las principales ventajas de los sistemas prefabricados contra los sistemas tradicionales haciendo referencia a los temas esenciales de tiempos de construcción contra el costo.

En el capítulo II se abordan los diferentes sistemas de entrepiso prefabricado más comunes en el mercado mexicano, no siendo estos necesariamente los únicos ni los más económicos.

En el capítulo III se da una descripción detallada de los estudios previos que se realizaron antes de la construcción de la estructura desde los estudios de mecánica de suelos, el proyecto arquitectónico tomando en cuenta las necesidades básicas del uso de la estructura hasta las consideraciones que se tomaron en cuenta para el diseño estructural.

Por último en el capítulo IV se describe paso a paso el proceso constructivo de la estructura desde la cimentación, hasta la fabricación y erección de la estructura considerando las conexiones inherentes a ella.

**PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO
A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.**

**I. GENERALIDADES SOBRE LOS SISTEMAS DE ENTREPISO
PRESFORZADOS.**

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

I. GENERALIDADES SOBRE LOS SISTEMAS DE ENTREPISO PRESFORZADOS.

En toda actividad productiva, el concreto de calidad y la duración del proceso son factores relevantes para obtener un producto aceptable. Los dos factores anteriormente mencionados calidad y duración del proceso son justamente dos aspectos favorables que se tienen en estructuras de concreto prefabricadas. En particular el último, la duración es un factor relevante en el costo de obra, por lo que el ahorro no sólo de días, sino también hasta de meses en algunos casos que se puede obtener con estructuras prefabricadas, en comparación con las fabricadas en sitio, puede justificar ampliamente el empleo de las primeras en lugar de las segundas.

Ejemplos que ilustran de manera clara lo anterior son algunos centros comerciales muy grandes establecidos en la ciudad de México (figura 1.1 centro comercial parque Toreo finalizado en el año 2014), que fueron construidos con estructuras prefabricadas de concreto, en un tiempo bastante menor que el que hubiera requerido una obra con estructuras coladas en sitio. En estos casos, el argumento principal del inversionista para elegir la estructura prefabricada en lugar de la tradicional, fue simplemente que cada día ganado a la apertura al público era un día de ingresos adicionales que obtendría. En el aspecto de control de calidad, la construcción de estructuras prefabricadas de concreto también puede superar por mucho a la construcción de estructuras de concreto vaciado en sitio.

Nota: *Las imágenes de los capítulos i al iii son ilustrativas (no corresponden al proyecto del cual trata esta tesis, se incluyen a manera de que el lector observe que los sistemas prefabricados llevan ya algún tiempo en el mercado mexicano.)*



Figura 1.1 Centro comercial parque Toreo (Cd. de México 2014).

I.1 VENTAJAS

- **MAYOR CONTROL EN TODOS LOS PROCESOS.**
 - **Mano de obra:** Debido a que los procesos son repetitivos la mano de obra tiene un alto grado especialización y rendimiento.
 - **Facilidad de ejecución:** Se adecuan líneas de producción para facilitar los procesos de producción.
 - **Control de calidad:** Se cuenta con presencia de personal de control de calidad durante todos los procesos (mayor que en obra), lo que reduce errores y “No conformidades por parte del cliente”.
 - **Materiales homogéneos:** Las mezclas se producen en planta con la misma máquina y personal lo que proporciona dosificaciones más uniformes, concretos más densos.
 - **Estandarización:** Una de las tendencias en todo sistema de prefabricado es la estandarización de las piezas lo que trae como consecuencia una calidad uniforme y un ahorro económico al poder reutilizar las líneas de producción.
 - **Formas arquitectónicas:** Una ventaja adicional de los prefabricados es que se pueden agregar colores, texturas y formas especiales en nuestra estructura con un acabado más uniforme y a un costo menor.

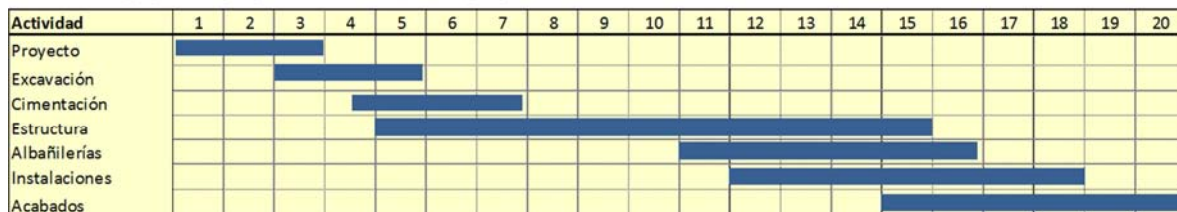
- **ECONOMÍA.** Ahorros que representan hasta el 30% comparado contra el sistema tradicional.
 - **Encofrados y apuntalamientos:** Con el empleo de losas prefabricadas (alveolares, TT, Omegas, etc.) se elimina la necesidad de apuntalar la losa y el costo de la misma puesto que al llegar a obra ya cuenta con la resistencia nominal de diseño.
 - **Aumento de productividad:** Con la especialización de mano de obra y la estandarización de los elementos se pueden producir diferentes elementos al mismo tiempo.
 - **Pretensado por adherencia directa:** Elimina los accesorios adicionales en comparación contra el sistema postensado, lo que trae un ahorro considerable, además de que los “accesorios para el pretensado se pueden reutilizar “n” veces.
 - **Rapidez:** Al reducir los tiempos de ejecución también se reduce el periodo en el que se espera el retorno del capital invertido, además de que se puede poner en funcionamiento la estructura en un periodo menor si lo comparamos contra el sistema tradicional.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

○ AHORRO EN EL TIEMPO DE EJECUCIÓN.

- Se puede iniciar la producción de elementos prefabricados en planta mientras en obra se realizan los trabajos de cimentación (figura 1.2).
- **Lugar cerrado:** En la mayoría de los casos las naves de producción son cerradas por lo que no hay retrasos por mal tiempo.
- **Producción simultánea.** Debido a que las columnas trabes y losas se cuelan en líneas independientes se pueden producir simultáneamente.

CON SISTEMA TRADICIONAL ...



CON PREFABRICADOS ...



Figura. 1.2 Programas de ejecución de obra que comparan los sistemas tradicionales contra el sistema prefabricado.

I.2. DESVENTAJAS

- **TRANSPORTE.** Al producir los elementos prefabricados en una planta fija se hace necesario el transporte hasta el lugar de la utilización de los mismos.
- **MONTAJE.** De acuerdo al peso y posición que ocupe cada elemento en la estructura será la capacidad de carga de la grúa necesaria para las maniobra de montaje, entre más grande sea el equipo el arrendamiento es más caro, además de que se dificultan las maniobras de los equipos (por sus dimensiones) en espacios reducidos.

**PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO
A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.**

II. SISTEMAS DE PISO PRESFORZADOS.

II) SISTEMAS DE PISO PRESFORZADO.

Llamamos sistema de entrepiso a la solución estructural que se propone para la edificación de alguna obra en específico (estacionamientos, centros comerciales, edificios, vivienda, viaductos, puentes, etc.) por lo que podemos decir que se trata de la combinación de elementos estructurales (columnas, travesaños y losas) que en conjunto dan vida a una estructura.

Los sistemas de entrepiso que presentamos en este capítulo no son los únicos, puesto que cada empresa dedicada al ramo diseña sus propias soluciones, enumeramos los sistemas más comunes utilizados en México y cada uno de ellos responde como se verá mas adelante a diferentes solicitudes de uso.

La elección del sistema a utilizar se realiza tomando en cuenta el tipo de edificación, el tipo de financiamiento y sobre todo las necesidades del cliente. Los diferentes sistemas de entrepiso no se pueden clasificar en orden de mejores o peores ya que influyen sus características y la situación en la que serán utilizados. “El conocimiento de los sistemas y tipos estructurales es muy importante para seleccionar la estructura más apropiada, puesto que a través de este conocimiento se comprende el comportamiento de cada sistema y su uso correcto en determinadas circunstancias.” *

Independientemente del sistema de entrepiso que se seleccione para edificar una estructura, existe una constante en todas ellas, las columnas y su respectiva conexión con la cimentación (esta última en la mayoría de los casos es colada “in situ” aunque hay sistemas que permiten su prefabricación). Para el caso de los sistemas prefabricados existen diferentes formas de conectar las columnas a la cimentación ya se trate de pilas, pilotes o zapatas., por lo que para abundar más al respecto mencionaremos los 3 tipos más comunes de estas conexiones.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO.

• TIPOS DE CONEXIÓN CIMENTACIÓN-COLUMNA PREFABRICADA.

CANDELEROS: Este tipo de conexión toma su nombre por la geometría de este elemento, es la solución más práctica en cuanto a tiempo de montaje se refiere y se puede adecuar su construcción a la cimentación que se esté utilizando (pilas, zapatas, contratrabes, etcétera). Consiste en dejar o adecuar un hueco ligeramente más grande que la sección de la columna en la cimentación de por lo menos 1.50 m de profundidad para poder empotrar en la misma longitud la columna prefabricada, que una vez montada se alinea y se acuña contra el candelero pudiendo liberar la grúa que la carga de manera inmediata (figuras 2.1 a 2.3).

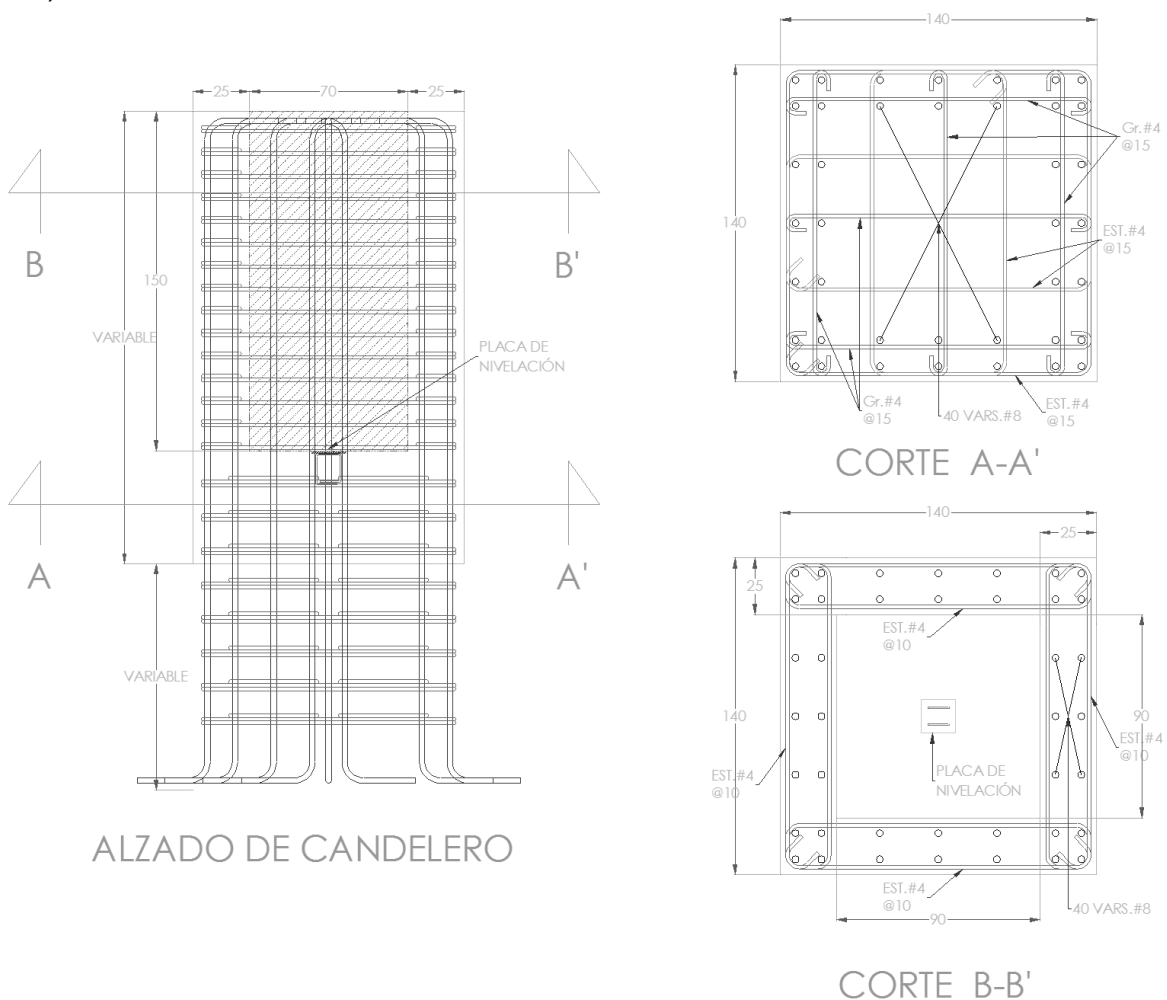


Figura 2.1. Detalle de geometría y armado de cimentación tipo candelero. Nota: la densidad de armado de acero de refuerzo es específica para cada proyecto.

**PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO
A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.**



Figura 2.2. Adecuación en contratrabes para fabricación de candelero.
Proyecto: centro comercial pabellón Azcapotzalco.



Figura 2.3. Vista de candelero terminado listo para recibir columna, nótese el escarificado en las paredes.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

DADOS DE CONEXIÓN: Es una solución práctica cuando las columnas que se montarán no exceden los 10 ó 12 m de longitud ya que se requiere arriostrar las columnas para poder liberar la grúa que la esta montando (figuras 2.4 a 2.6).

Esta conexión consiste en dejar acero expuesto de por lo menos una longitud de 1.50 m en la parte inferior de la columna el cual se traslapará con el acero longitudinal de la cimentación y se complementara con acero de cortante, una vez realizado este traslape se cuela el “dado” con concreto de resistencia rápida para poder liberar la grúa de carga lo más pronto posible.

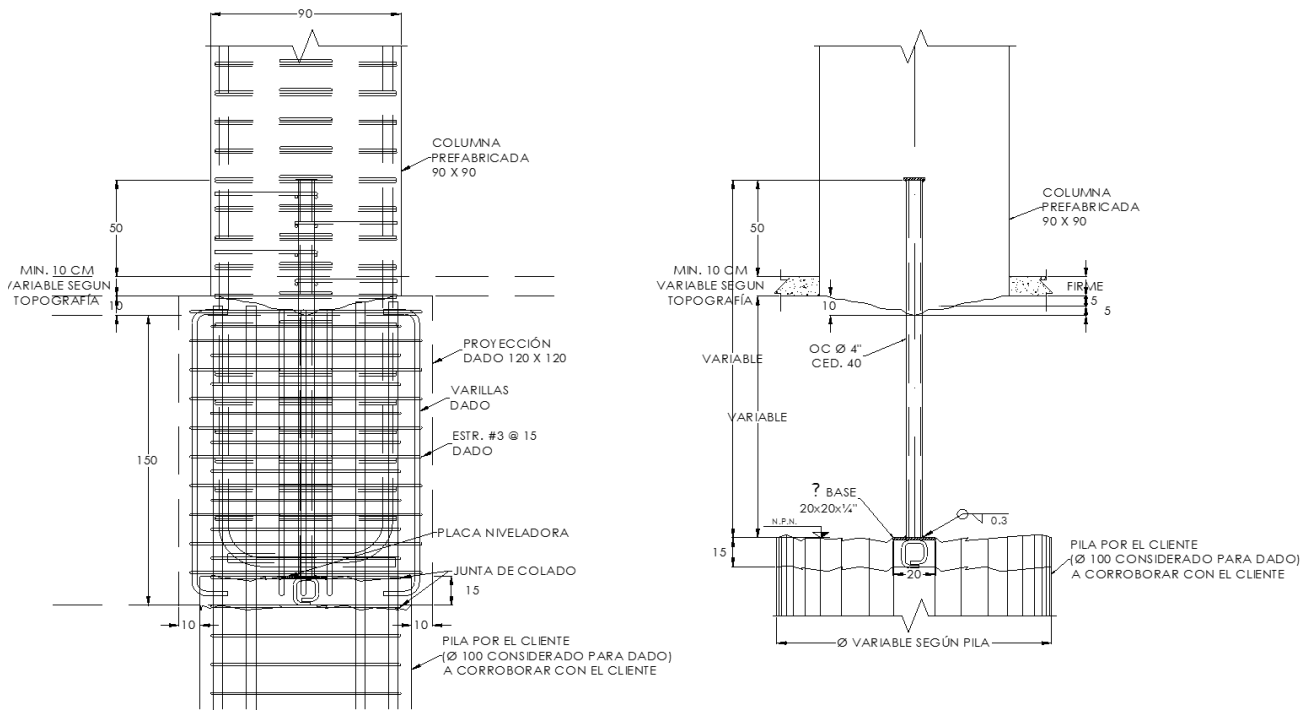


Figura 2.4. Detalle de geometría y armado de cimentación tipo dado de conexión. Nota: la densidad de armado de acero de refuerzo es específica para cada proyecto.

**PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO
A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.**



Figura 2.5. Preparación en cimentación para la fabricación del dado de conexión con la columna. Proyecto Centro Integral de Servicios Puebla.



Figura 2.6. Dado de conexión ya colado. Proyecto: estacionamiento Anáhuac.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

CONEXIÓN TIPO VAINA: Este tipo de conexión a pesar de ser práctico por la velocidad con la que se puede montar la columna, requiere de una alta precisión tanto de las preparaciones en la cimentación colada “in situ” como de las preparaciones que deben dejarse en la columna prefabricada (figuras 2.7 a 2.9).

Consiste en dejar ductos de diferentes longitudes en la estructura de la cimentación para recibir las puntas de acero longitudinal expuesto en la base de las columnas prefabricadas. Previo al montaje de la columna se deberá rellenar el ducto con mortero de alta resistencia lo que genera una conexión que fragua rápidamente.

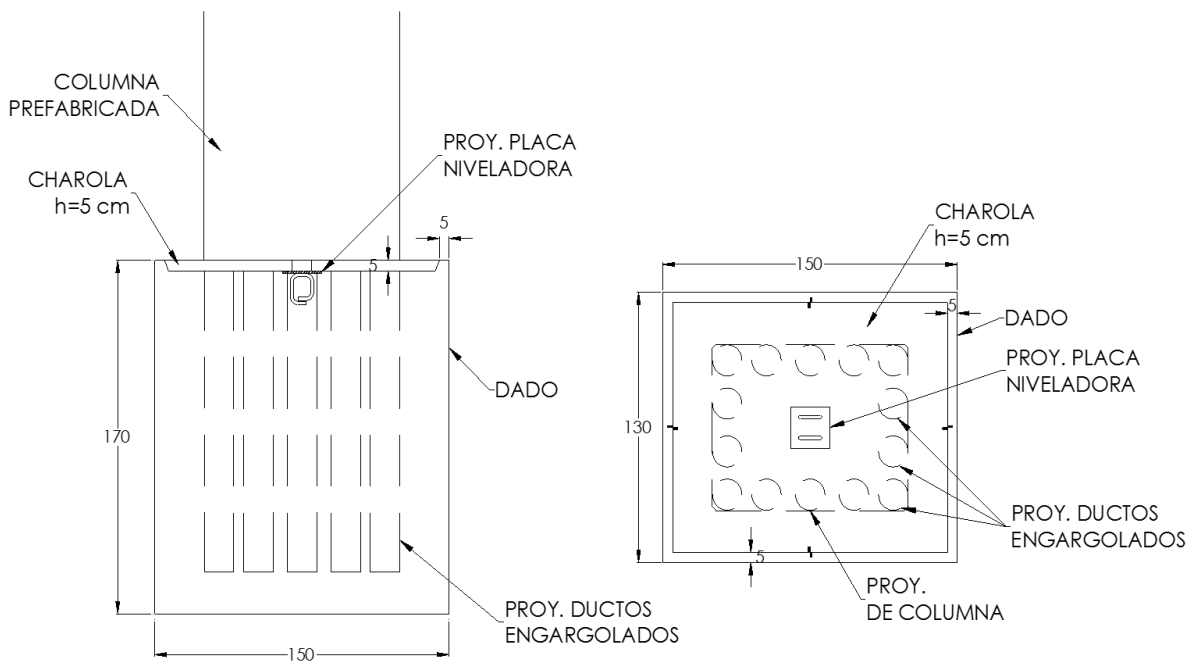


Figura 2.7. Detalle de geometría y preparación de cimentación tipo vainas. Nota: la densidad de armado de acero de refuerzo es específica para cada proyecto.

**PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO
A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.**



Figura 2.8. Ductos en cimentación para recibir vainas (armado longitudinal de columna). Proyecto: nave electrólisis Peñoles.



Figura 2.9. Montaje de columna insertando armado en ductos de cimentación. Proyecto: nave electrólisis Peñoles.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

- **CONEXIONES ENTRE PREFABRICADOS (TRABES-COLUMNAS).**

Como se comentó en párrafos anteriores otro de los elementos comunes en cualquier tipo de sistema de entrepiso son las columnas, pudiendo ser estas prefabricadas o coladas “in situ”. Como el tema que nos atañe es el prefabricado, comentaremos los diferentes tipos de columna prefabricada según su conexión con las trabes más utilizadas en México.

COLUMNAS PREFABRICADAS CON NODO ABIERTO: Este tipo de columnas se fabrican en diferentes secciones (cuadrada, rectangular, circular, etc.) y como su nombre lo dice, llevan una sección abierta (tramo de aproximadamente 1 m, figura 2.10) sin concreto. La idea es que una vez montada la columna, las trabes (portante o de rigidez) se apoyen en dicho nodo mediante algún accesorio metálico (figuras 2.11 y 2.12) y una vez realizado el armado complementario del nodo se cuela en una segunda etapa.



Figura 2.10. Columnas con nodo abierto. Las trabes se apoyan en la columna mediante ménsulas metálicas reutilizables. Proyecto: centro comercial patio Santa Fe.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



FIG. 2.11. Accesorio metálico tipo cuchilla, es una placa de acero estructural que se deja ahogada en la trabe para apoyarse sobre el nodo de la columna.



Figura 2.12. Ménsula metálica temporal, es ajustable y reutilizable, se puede retirar una vez que el colado del nodo ha alcanzado la resistencia de proyecto.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

COLUMNAS PREFABRICADAS CON MÉNSULAS DE CONCRETO: Este tipo de elementos se fabrican en planta con ménsulas de concreto (también prefabricadas, figuras 2.13) en los niveles donde recibirán las traveses. Adicionalmente estas columnas llevan unas ventanas de aprox. 25 x 15 cm por donde se pasa el acero de refuerzo de continuidad entre traveses y como su nombre lo indica, dan continuidad a los marcos que se forman entre las columnas y las traveses.



Figura 2.13. Columnas con ménsulas de concreto. Las traveses se apoyan directamente en la ménsula de la columna y posteriormente se realiza la unión entre accesorios metálicos con soldadura estructural. Proyecto: centro comercial Coacalco.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

II.1. SISTEMA DE PISO CON LOSA TT.

La losa TT (figura 2.14) es un elemento de concreto presforzado cuya sección transversal consta de dos nervaduras paralelas unidas mediante una losa superior misma que forma el entrepiso. Estas losas tienen un claro de aplicación hasta de 20.00 m con 3.00 m de ancho óptimo de losa. Los peraltes de las nervaduras pueden variar desde 50, 60 y 70 cm, las cuales están en función de la carga y claro solicitado. En su fabricación se emplea concreto estructural, acero de refuerzo $f'y=4200 \text{ kg/cm}^2$, malla electrosoldada $f'y=5200 \text{ kg/cm}^2$ y acero de presfuerzo $fpu=19000 \text{ kg/cm}^2$.

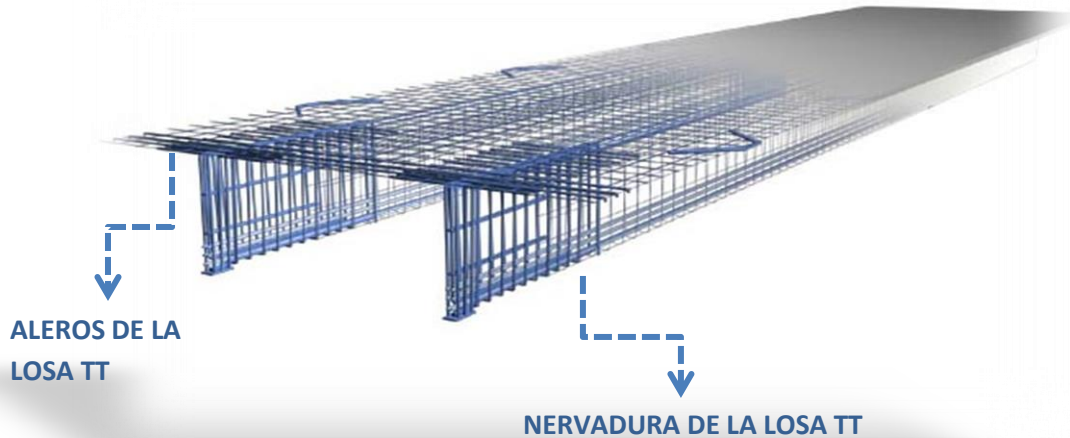


Figura 2.14. Esquema de losa tipo TT.

Estas losas participan en la conformación de entrepisos y cubiertas rígidas en combinación con traveses portantes TPL y TPI. El espesor de los entrepisos proyectados varía de 0.60 m a 1.10 m ya que por lo general el sistema de losa completa se diseña con un firme estructural colado in situ de 6 a 7 cm de espesor promedio reforzado con malla 6x6/8x8.

Pueden contar con pasos para instalaciones y/o ductos tanto en la losa como en los nervios. Su principal aplicación es en edificios para estacionamientos, locales comerciales, oficinas y en algunos casos en naves industriales de procesos. Se puede observar un ejemplo de diseño de estas losas en las figuras 2.15 y 2.16.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

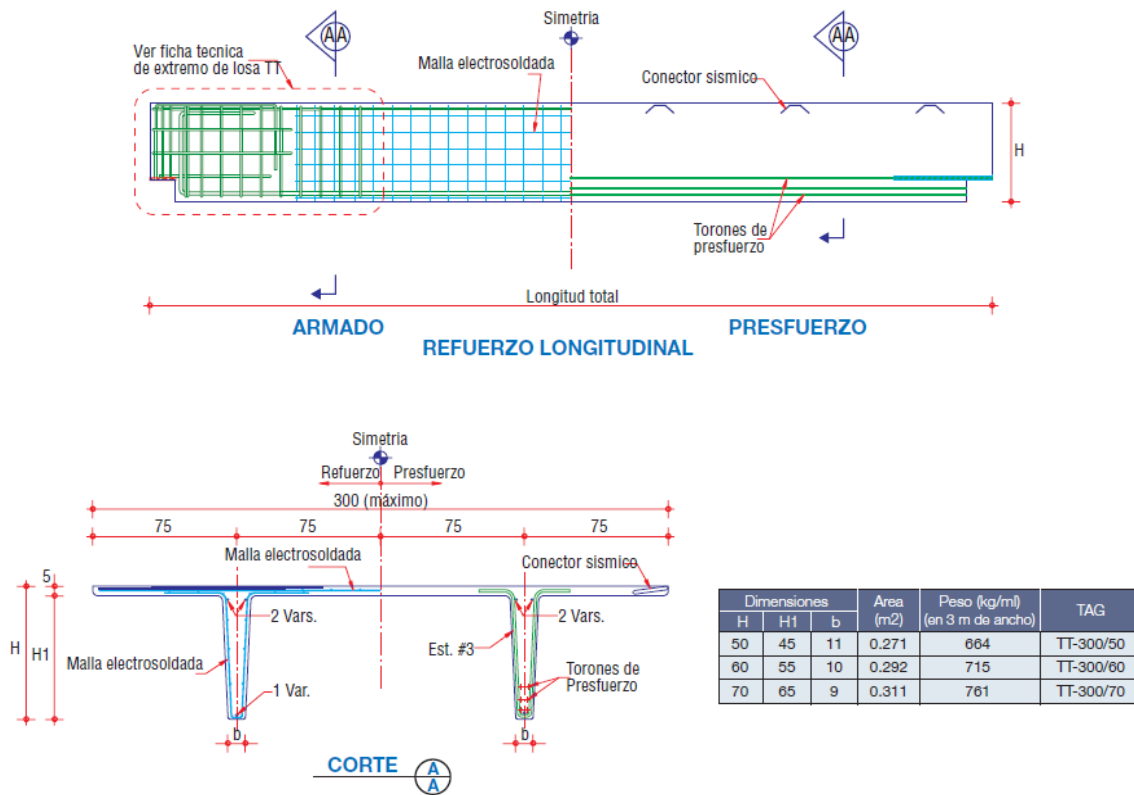


Figura 2.15. Ejemplo de armado de losa tipo TT.



Figura 2.16. Como se observa en esta imagen, las losas TT pueden cubrir claros de hasta 20 m. Proyecto: parque el Toreo, claro de 16.00 m.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

TRABES PORTANTES "TPI" (SECCIÓN I).

Sección tipo T invertida, de varios peraltes, de concreto reforzado prefabricadas en planta especializada para ello, con concreto de alta resistencia, tamaño máximo de agregado 3/4", armada con acero de refuerzo $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$. Estas trabes están diseñadas para trabajar en combinación con losas TT y se utilizan en los claros intermedios (figuras 2.17 y 2.18).

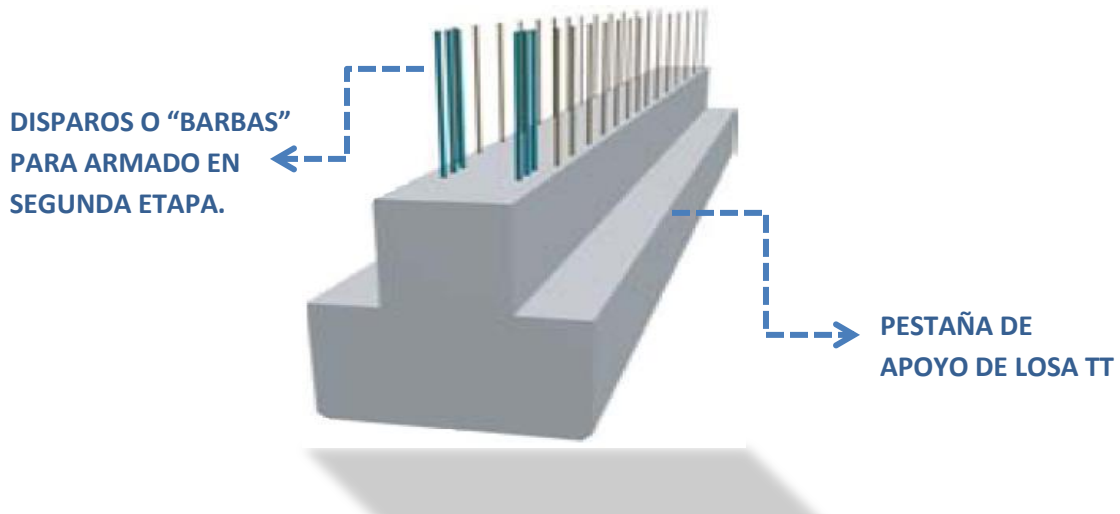


Figura 2.17. Isométrico con la geometría de trabe portante tipo I.

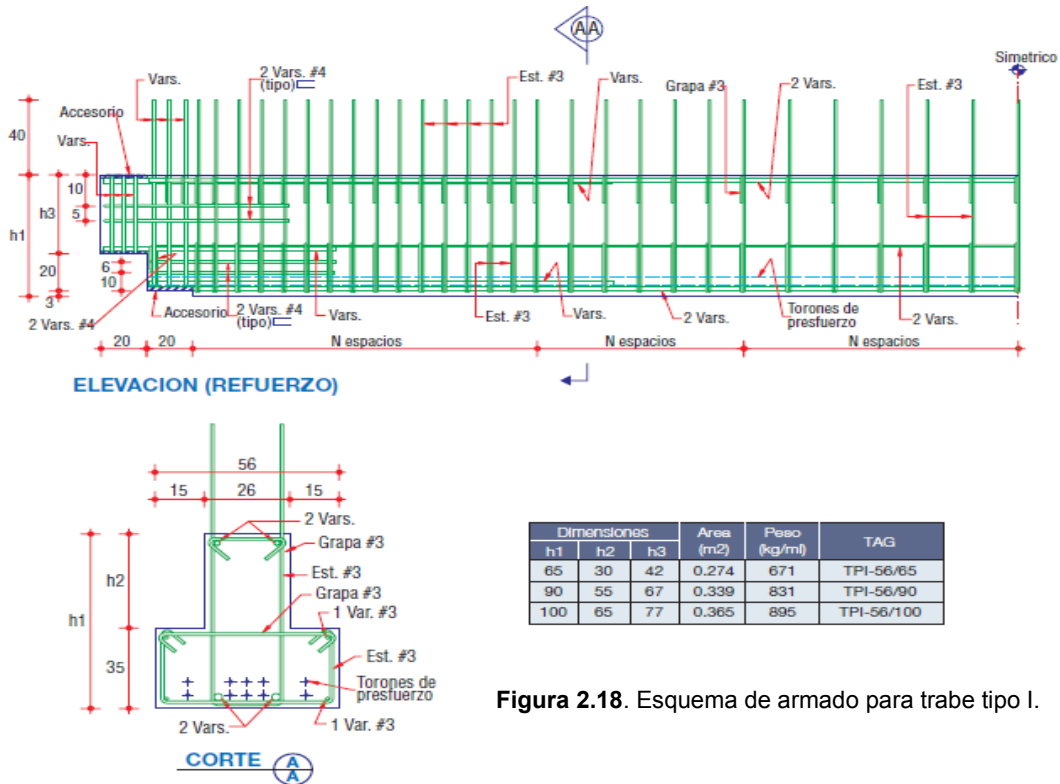
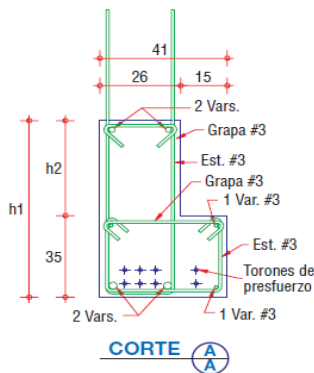
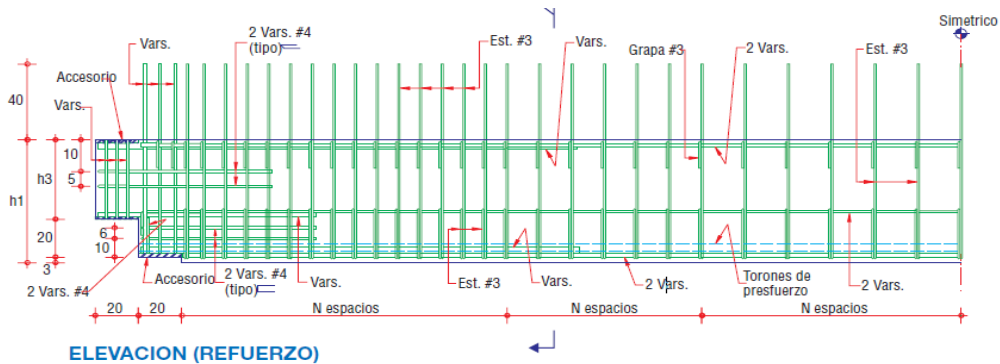


Figura 2.18. Esquema de armado para trabe tipo I.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

TRABES PORTANTES "TPL" (SECCION L).

Sección forma de "L", los peraltes típicos son de 65, 90 y 100 cm con un ancho de 41 cm, pueden fabricarse peraltes menores o mayores según requerimientos de diseño o arquitectura. Estas traveses están diseñadas para trabajar en conjunto con losas TT en los claros de perímetro y se pueden emplear también en combinación con losas Spancrete cuando los peraltes requeridos son muy restringidos o en presencia de volados importantes (figuras 2.19 a 2.21).



Dimensiones			Area (m ²)	Peso (kg/m)	TAG
h1	h2	h3			
65	30	42	0.2215	543	TPL-41/65
90	55	67	0.2865	702	TPL-41/90
100	65	77	0.3125	766	TPL-41/100

Figura 2.19. Isométrico con geometría y esquema de armado para trabe tipo L.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



Figura 2.20. En la imagen se puede observar a la izquierda la geometría de la trabe portante de sección tipo **TPL** y a la derecha la trabe de sección tipo **TPI** esperando ser desembarcadas durante la construcción del proyecto centro comercial Cosmopol Coacalco.



Figura 2.21. En la imagen se observa una trabe portante tipo TPL ya montada y “portando” las losas Omega para las cuales fue diseñada. Proyecto: centro comercial Cosmopol Coacalco.

**PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO
A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.**

II.2. SISTEMA DE CUBIERTA INDUSTRIAL TIPO DALLA.

Los largueros DALLAS (figura 2.22) son elementos estructurales de concreto presforzado que se emplean en conjunto con las traves DELTA y/o TI para formar cubiertas de naves industriales, bodegas, fábricas, talleres, hipermercados y en general soportan cualquier tipo de lámina con y sin aislamiento térmico (figuras 2.27 a 2.29). Este larguero es muy eficiente en este tipo de construcciones, ya que es muy ligero con un peso aproximado de 150 kg/ml que puede cubrir claros de hasta 16.00 m.

En su fabricación se emplea concreto estructural, malla electrosoldada $f'y=5200$ kg/cm² y alambre de presfuerzo con $fpu=17500$ kg/cm² o torón de 3/8" de diámetro con $fpu= 19000$ kg/cm². Sobre la DALLA se coloca una cubierta de lámina la cual es anclada a las preparaciones de la DALLA en su parte superior.

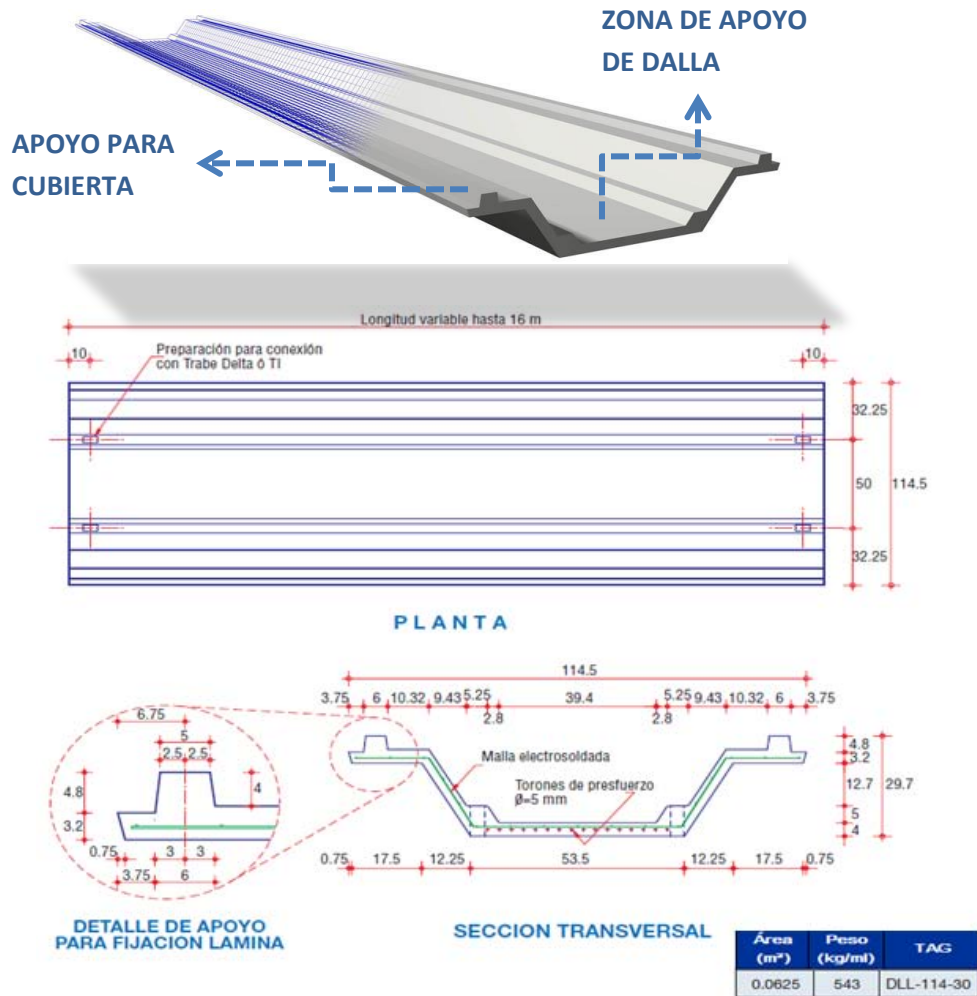


Figura 2.22. Isométrico con geometría y esquema de armado para larguero tipo Dalla.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

TRABE "TI"

Las traveses portantes TI (figura 2.23) son elementos de concreto presforzado de sección "I" con un peralte de 130 y 90 cm y con 66 cm de base. Esta pieza al igual que la trabe Delta soportan a los largueros tipo Dalla. En su fabricación se emplea concreto estructural, acero de refuerzo y acero de presfuerzo de baja relajación. El claro máximo de este elemento es de 28.00 m en esquema simplemente apoyado y de 35.00 m en esquema Gerber. Estas traveses son diseñadas para trabajar en combinación con las traveses Delta para formar las cubiertas de naves industriales.

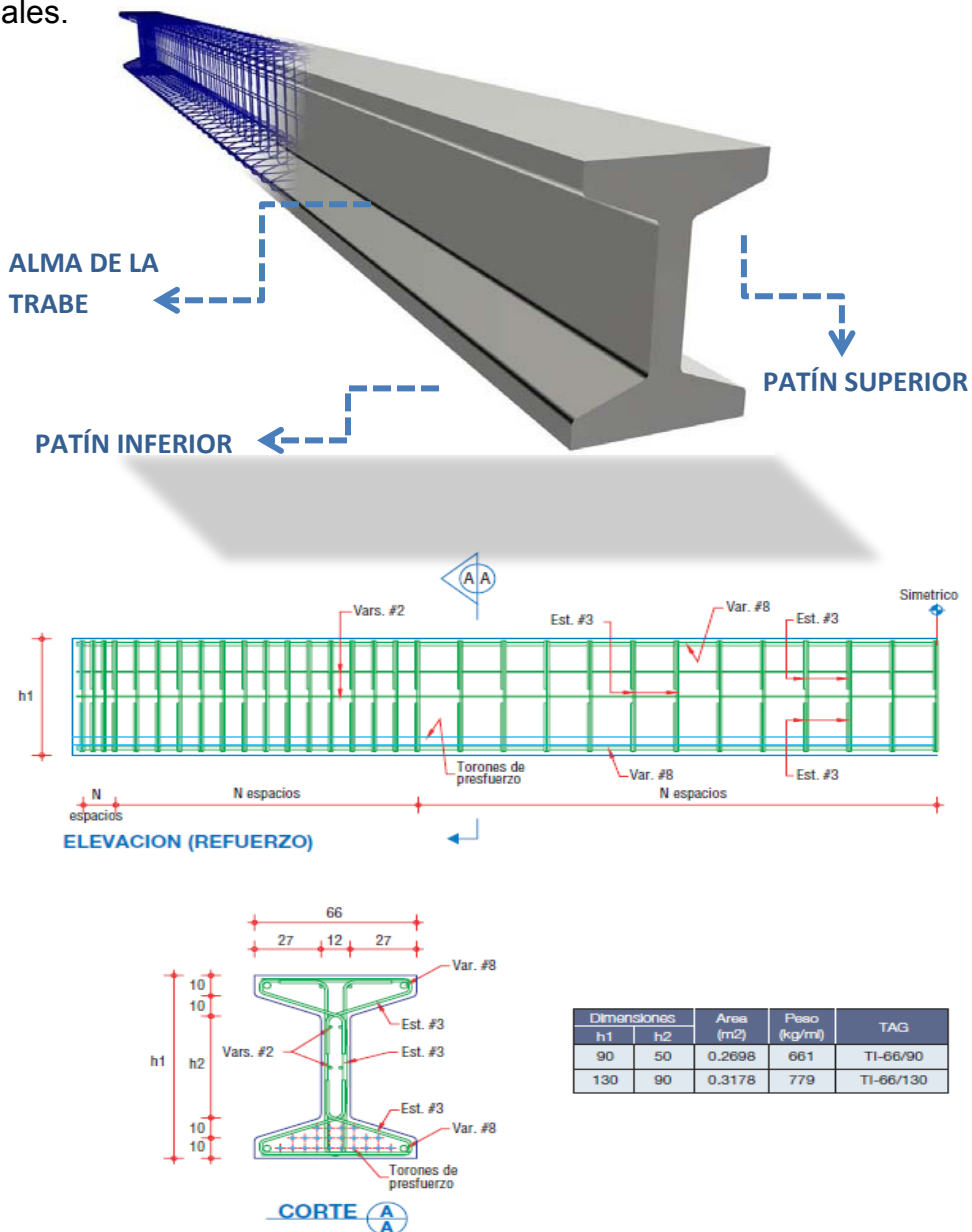


Figura 2.23. Isométrico con geometría y esquema de armado para trabe tipo TI.

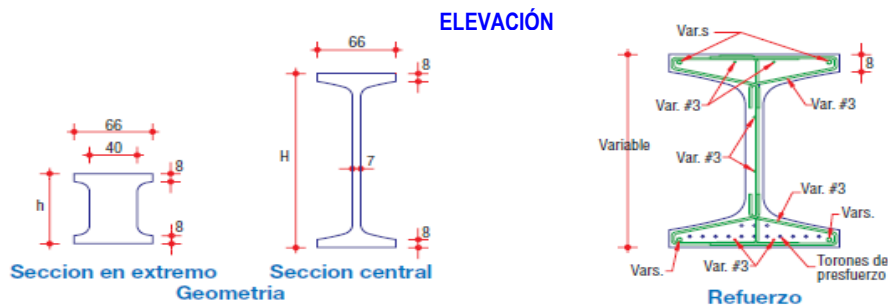
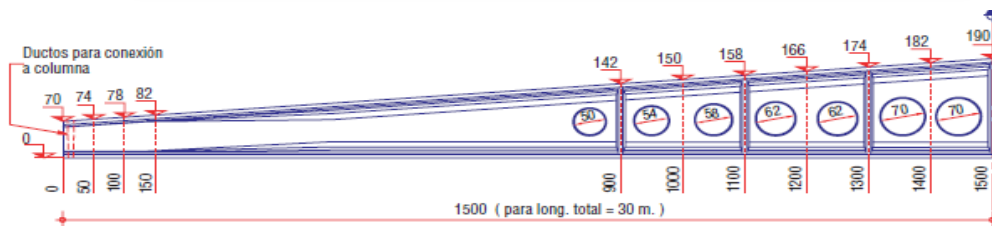
PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

TRABE “DELTA”

Las Trabes Delta (figura 2.24) son elementos estructurales que soportan a los largueros Dalla para formar cubiertas ligeras de naves industriales.

Estas Trabes son un producto eficiente y estético, ya que son de peralte variable (dos aguas) que puede ser hasta de 190 cm de altura en la zona central, con un espesor de alma de 7 cm, lo que la vuelve muy ligera visual y estructuralmente. La longitud máxima de las trabes Delta es de 36.00 m y la mínima de 16.00 m.

En su fabricación se emplea concreto estructural, acero de refuerzo corrugado $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ y acero de presfuerzo de baja relajación $f_{pu} = 19,000 \text{ kg/cm}^2$.



Longitud (m)	H (cm)	h (cm)	Area (m2)	Peso ton.	TAG
16	142	78	0.2792	0.6980	DEL-66/142
17	142	74	0.2842	0.7104	DEL-66/142
18	142	70	0.2878	0.7195	DEL-66/142
18.01 a 19.99	Consultar con el Area Tecnica Comercial				
20	158	78	0.2714	0.6785	DEL-66/158
21	158	74	0.2758	0.6895	DEL-66/158
22	158	70	0.2761	0.6903	DEL-66/158
23	166	74	0.2761	0.6903	DEL-66/166
24	166	70	0.2761	0.6903	DEL-66/166
25	174	74	0.2737	0.6843	DEL-66/174
26	174	70	0.2737	0.6843	DEL-66/174
27	182	74	0.2646	0.6615	DEL-66/182
28	182	70	0.2646	0.6615	DEL-66/182
29	190	74	0.2708	0.6770	DEL-66/190
30	190	70	0.2708	0.6770	DEL-66/190
31 a 36	Consultar con el Area Tecnica Comercial				

Figura 2.24. Isométrico con geometría y esquema de armado para trabe tipo Delta.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

TRABE PORTA CANALON “H”:

Las traveses porta canalón (figura 2.25) son elementos estructurales de concreto presforzado, diseñados para trabajar en conjunto con el sistema Delta – Dalla - TI. Su posición dentro del sistema es en los extremos paralelamente a los largueros Dallas. La Trabe TH tiene un rango de aplicación de 12.00 m, además de ser una sección muy eficiente. En su fabricación se emplean concreto estructural, acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ y acero de presfuerzo 270 K de $f_{pu} = 19,000 \text{ kg/cm}^2$. Su función primordial es servir como puntal en el sentido longitudinal, así como para recolectar el agua pluvial y drenarla por las bajantes correspondientes mismas que se pueden dejar ahogadas en las columnas prefabricadas.

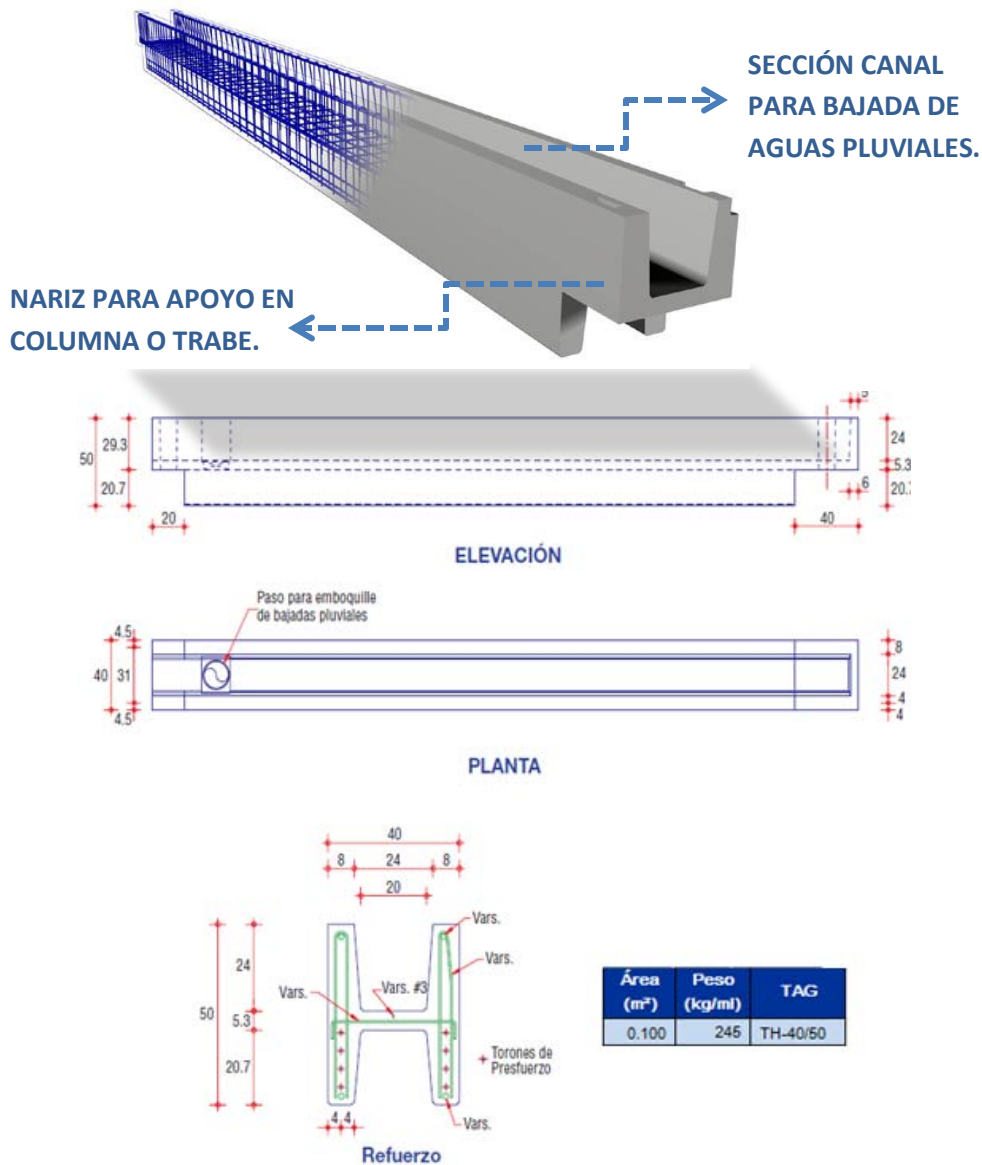


Figura 2.25. Isométrico con geometría y esquema de armado para trabe tipo TH.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

En las figuras 2.26 a 2.29 se puede observar la configuración de montaje para el sistema industrial con elementos prefabricados así como algunas fotografías del proceso de montaje de naves industriales con este sistema.

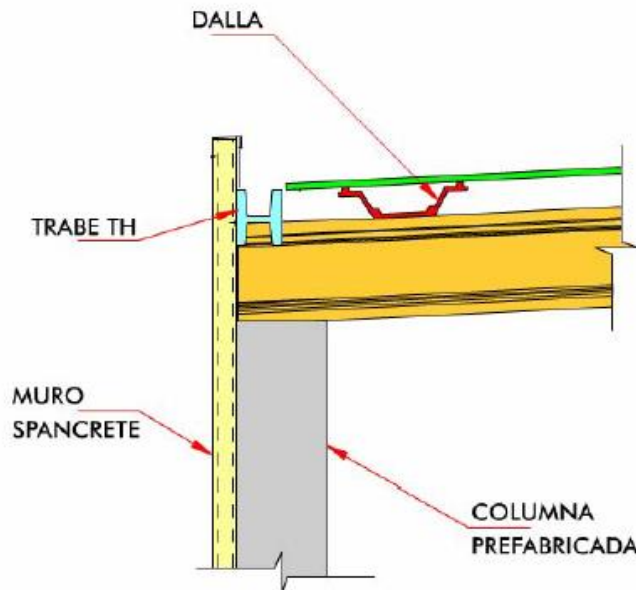


Figura 2.26. Configuración de montaje en sistema industrial con sistema prefabricado.



Figura 2.27. Nave industrial "Lerma" en el Estado de México, trabajos de montaje de columnas y traves tipo Delta de 32 m de longitud.

**PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO
A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.**



Figura 2.28. Nave industrial “Lerma” en el Estado de México, vista interior de la nave con cubierta ligera ya instalada.



Figura 2.29. Nave industrial “Lerma” en el Estado de México, la estructura utiliza el sistema de Dalias con traves Delta y TI's. área cubierta= 45 000 m².

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

II.3. SISTEMA DE PISO CON LOSA TIPO OMEGA.

Este sistema toma su nombre de la geometría de la losa “Omega” que aparece en la figura 2.30 y 2.31, su ventaja consiste en que cubre claros superiores a los que ofrece la losas TT y Spancrete en el caso de prefabricados, y mayores que los que ofrece la losacero en el caso de losas colada “in situ”. En su fabricación se emplea concreto estructural, acero de refuerzo $f'y=4200 \text{ kg/cm}^2$, malla electrosoldada $f'y=5200 \text{ kg/cm}^2$ y acero de presfuerzo $fpu=19000 \text{ kg/cm}^2$.

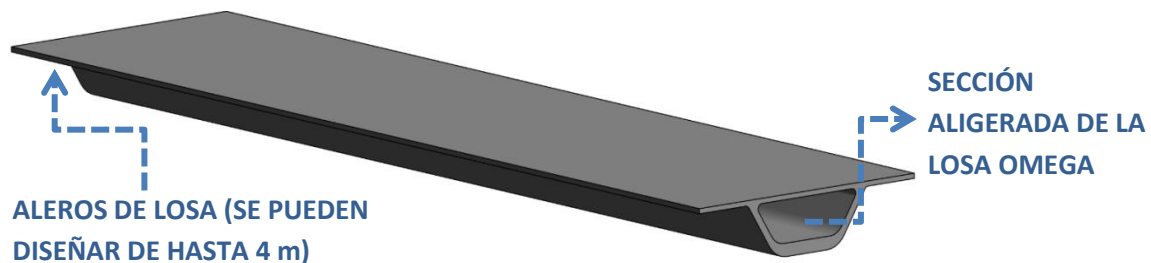


Figura 2.30. Isométrico que muestra geometría de losa tipo Omega.

Estas losas participan en la conformación de entresijos y cubiertas rígidas en combinación con traveses portantes TPOM y como se comentó líneas más arriba se pueden utilizar las mismas losas (con sus respectivas modificaciones) para sustituir a las traveses de rigidez. Por lo general el sistema de losa completa se diseña con un firme estructural colado in situ de 7 a 9 cm de espesor promedio reforzado con malla 6x6/8x8.

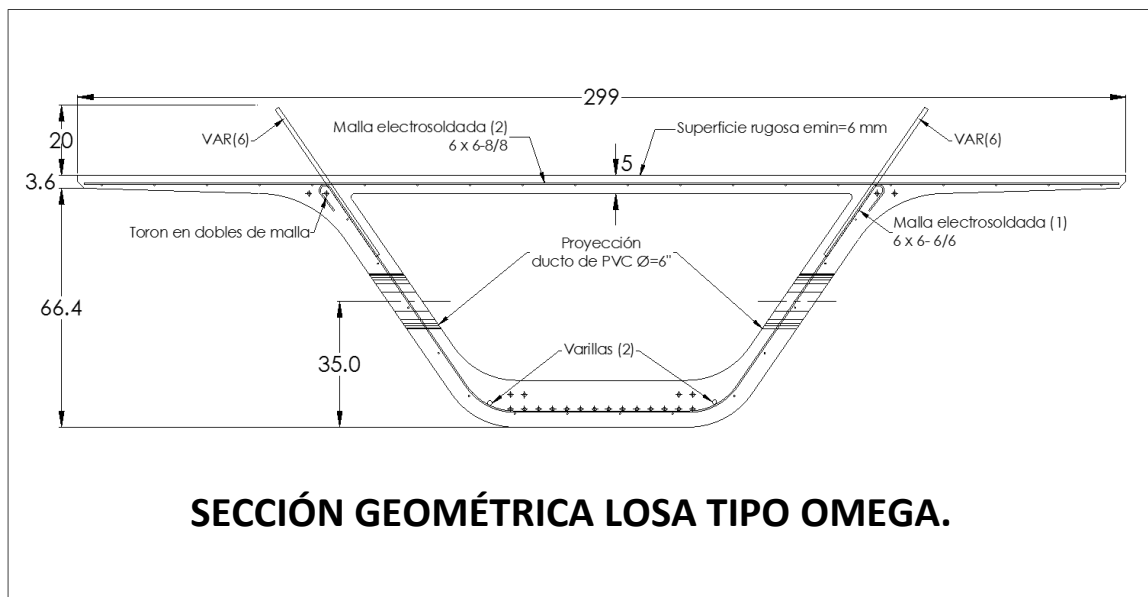
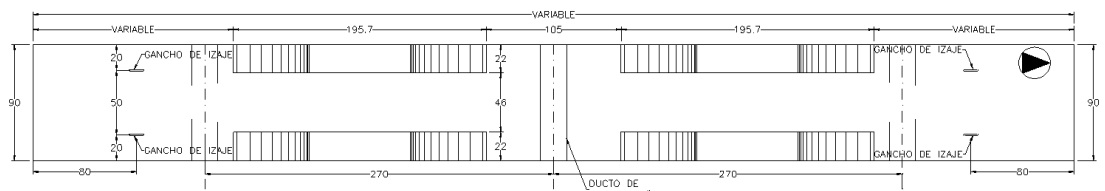


Figura 2.31. Geometría y armado tipo para losa Omega.

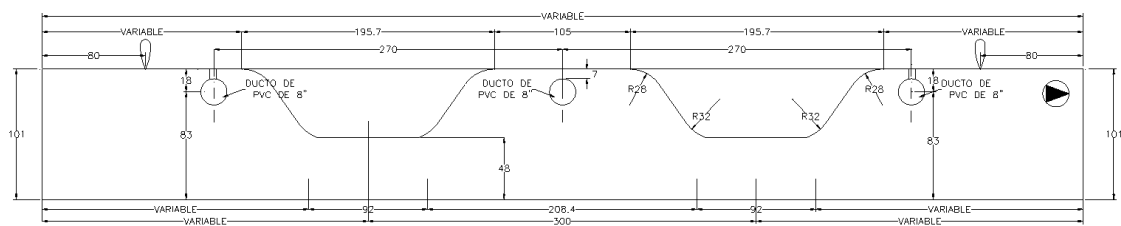
PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

TRABE PORTANTE (TPOM).

Trabes portantes (figura 2.32) con “cajillos” laterales para recibir las losas Omegas, sección rectangular de concreto presforzado con concreto de alta resistencia, armada con acero de refuerzo y preesfuerzo. Para las conexiones trabe_losa se utiliza una banda de neopreno en el cajillo lo que permite tener apoyos libres en la conexión.



PLANTA DE TRABE (GEOMETRIA)



ALZADO DE TRABE (GEOMETRIA)



Figura 2.32. Isométrico y geometría de trabe portante para losa Omega.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

TRABE Y/O LOSAS OMEGA DE RIGIDEZ.

Las trabes de rigidez de concreto reforzado sirven como su nombre lo indica para dar rigidez al edificio en el sentido perpendicular a las trabes portantes, toman un porcentaje bajo de la carga vertical, por lo que se diseña para soportar los movimientos sísmicos. En este sistema se pueden diseñar losas Omega de Rigidez (figura 2.33) para sustituir a las trabes y se modifican en sus apoyos para poder resistir los esfuerzos a los que serán sometidos, de igual manera cuando por problemas de espacio no se puede configurar el tablero con la losa anterior se pueden utilizar trabes de sección rectangular con aleros (Figura 2.34)

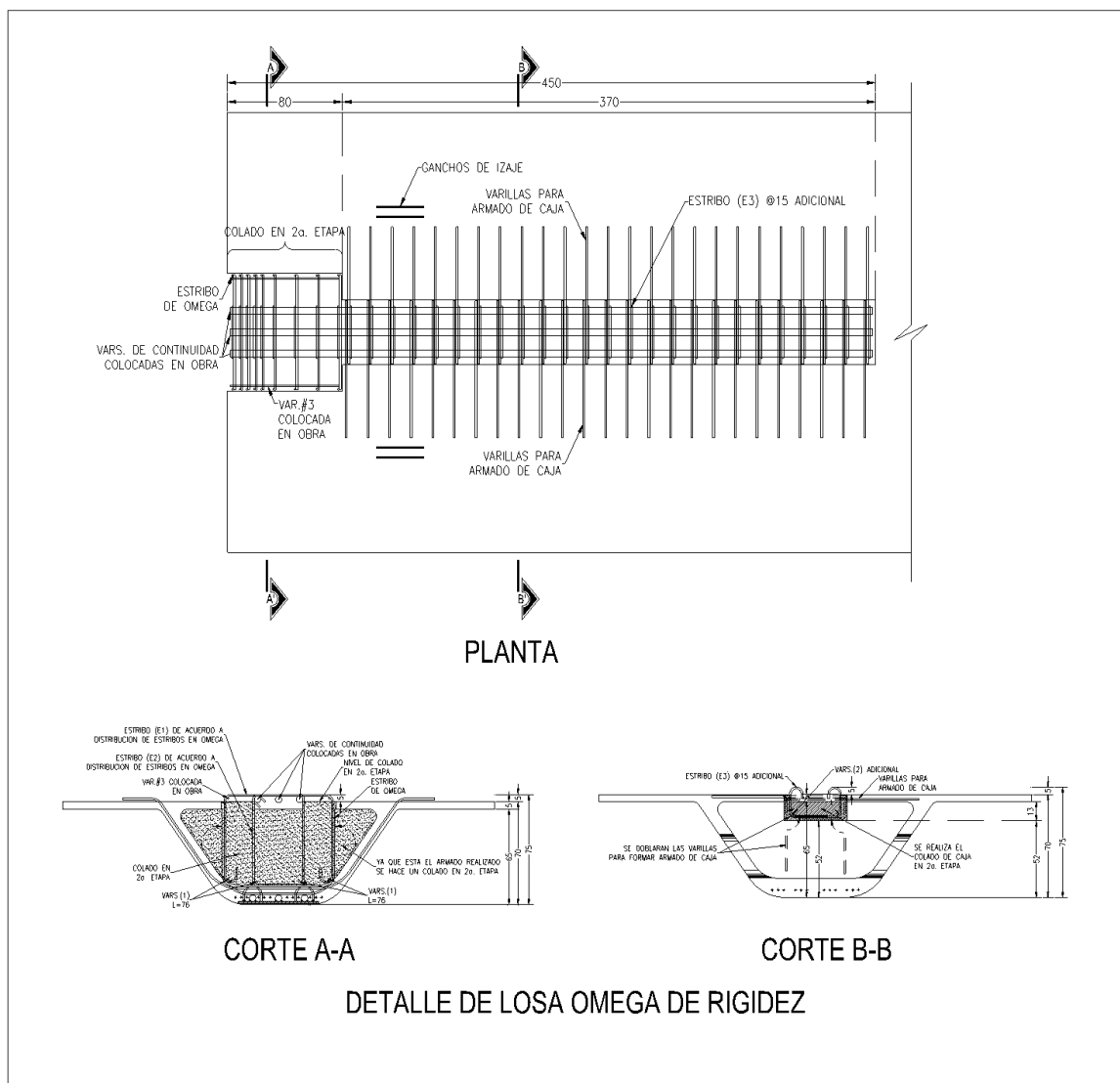


Figura 2.33. Corte y armado tipo en extremos de trabes o losas Omega de rigidez.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

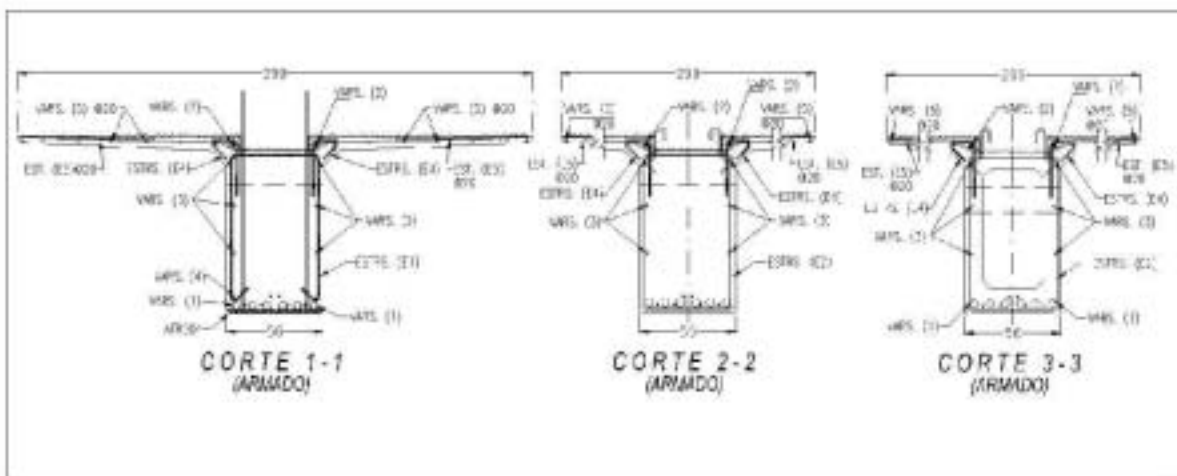
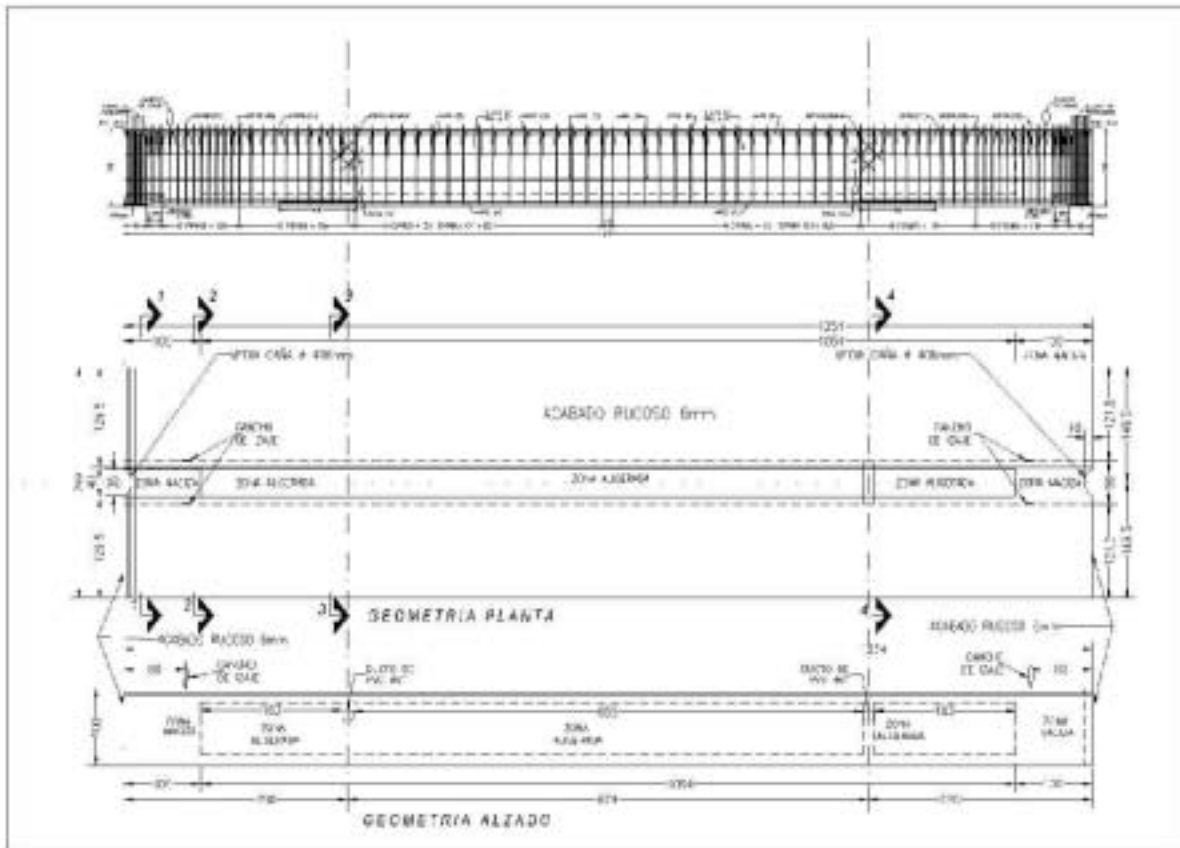


Figura 2.34. Corte y armado tipo en extremos de traves o losas sección rectangular con aleros.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

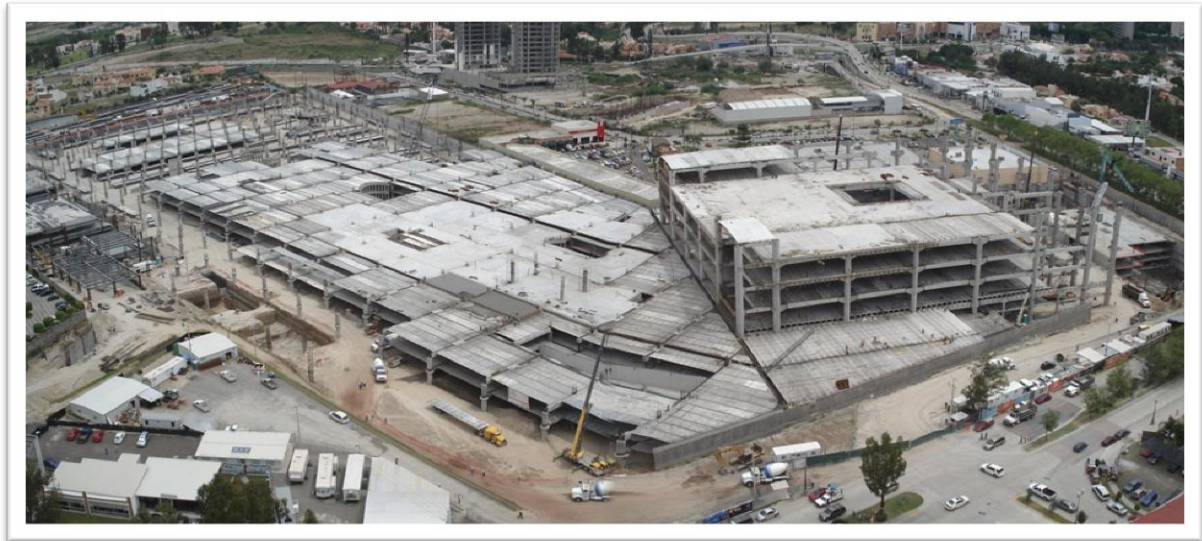


Figura 2.35. Vista panorámica durante la construcción del centro comercial Andares en Guadalajara, Jal., solucionado con losa Omega de 0.60 m de peralte.



Figura 2.36. Imagen de losa Omega estibada de 18.00 m de longitud. Proyecto centro comercial Andares (Guadalajara, Jal.)

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



Fig. 2.37. En esta imagen se observan las trabes tipo **TPOM** y el montaje de losa tipo Omega.



Fig. 2.38. En esta imagen se observa la línea de producción para las losas Omega. En este proyecto (centro comercial Andares) se implementó una planta de prefabricados “in situ” para optimizar el costo final de la estructura.

II.4. SISTEMA DE PISO CON LOSA ALVEOLAR.

LOSA ALVEOLAR TIPO SPANCRETE.

En este sistema se utilizan losas extruidas (figura 2.39) de concreto presforzado, los anchos estándar son de 1.20 m y 2.40 m (aunque se pueden fabricar ajustes de 0.60 m), tiene un claro de aplicación de hasta 14 m, el peralte depende del claro que se requiera y oscila desde la serie 4000, 6000, 8000, 10000 y 12000., el primer número de la serie indica el peralte de cada losa en pulgadas (4000 = 4 pulgadas = 10 cm). En su fabricación se utiliza concreto de alta resistencia y acero de presfuerzo 270 k de $f_{pu}=19000 \text{ kg/cm}^2$ de tres distintos diámetros (6 mm, 9 mm y 12 mm dependiendo de las solicitaciones).

Este tipo de losas se utilizan en la conformación de entresijos y cubiertas rígidas en combinación con traveses portantes ya sea TPC o TPU y traveses de rigidez tipo TR o TRU. Adicionalmente se puede colar un firme de compresión de 5 cm de espesor armado con una malla 6x6-10x10.

Adicionalmente esta losa se puede fabricar con acabado integral y pulido, lo que elimina el proceso de colar el firme y la colocación de loseta o piso.

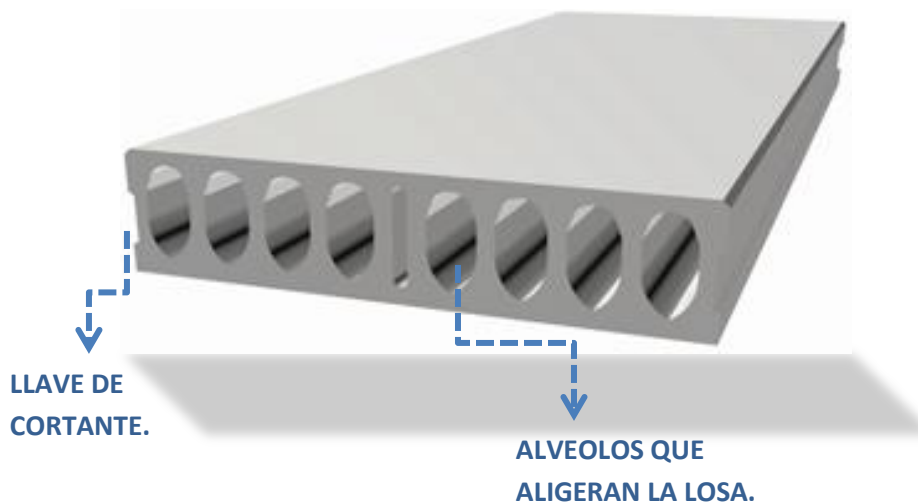


Figura 2.39. Isométrico que muestra la geometría de las losas alveolares.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

TRABE PORTANTE (TPC).

Las traveses portantes tipo TPC (figura 2.40) sección cajón son fabricadas a base de concreto presforzado y la sección es aligerada en la zona central a base de bloque de poliestireno. En los extremos de la trabe cuenta con una zona maciza de 80 cm o mayor que le permite una capacidad mayor a cortante. Los peraltes típicos son de 50, 65, 85 y 100 cm siendo factible fabricar peraltes intermedios entre estos.

En su fabricación se emplea concreto estructural, acero de refuerzo corrugado $f'y=4200 \text{ kg/cm}^2$ y acero de presfuerzo de baja relajación $fpu=19000 \text{ kg/cm}^2$. Las traveses portantes TPC trabajan en combinación con losas alveolares dando a este sistema constructivo una gran capacidad de cargas de servicio llegando hasta 2000 kg/cm^2 .

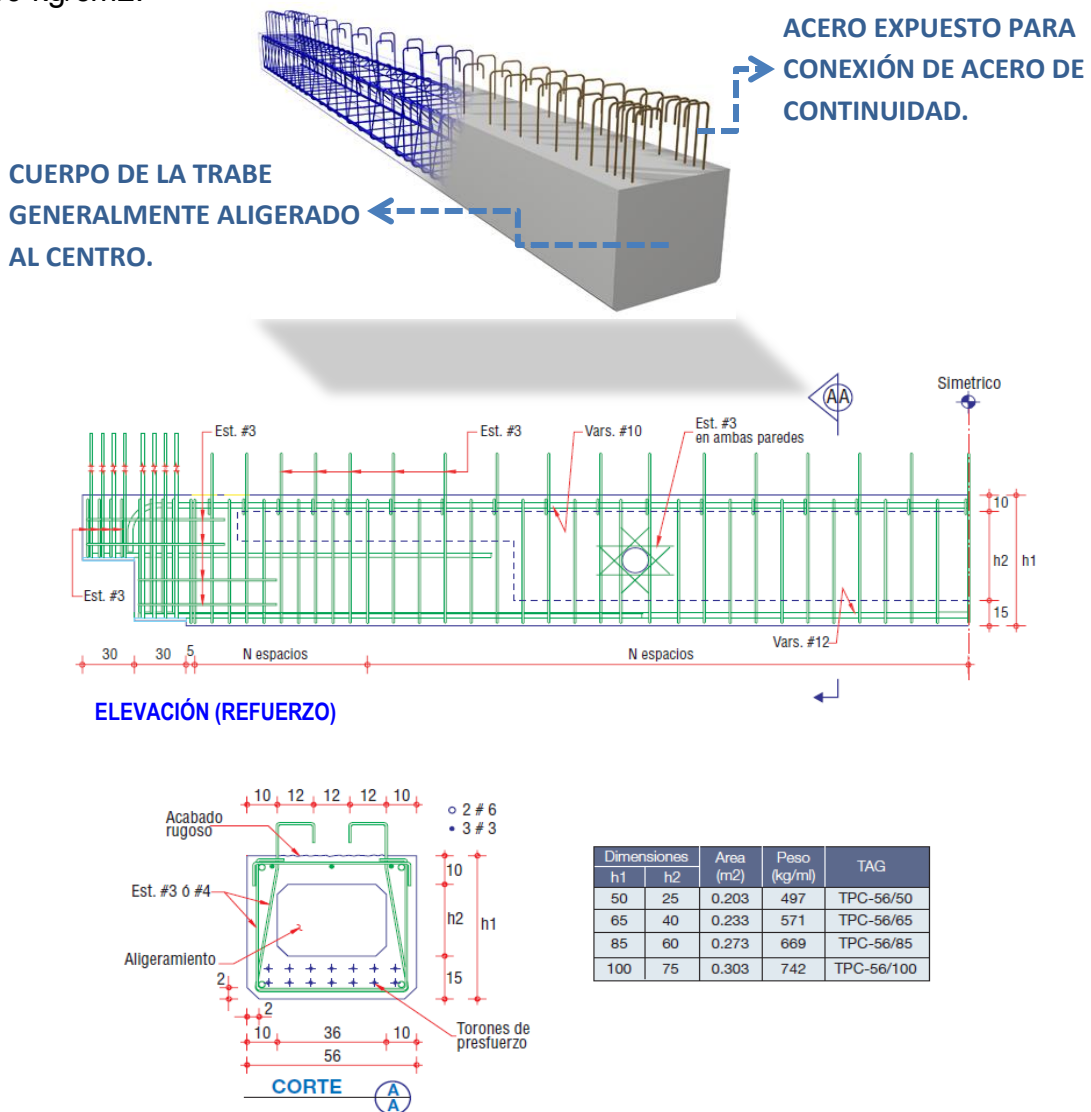


Figura 2.40. Isométrico y esquema de armado para trabe portante de losa alveolar tipo TPC.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

TRABE PORTANTE (TPU).

Sección rectangular de 56x95 cm (figura 2.41) de concreto presforzado con concreto de alta resistencia, tamaño máximo de agregado 3/4", armada con acero de refuerzo y preesfuerzo. Diseñadas para trabajar como trabes portantes.

NOTA IMPORTANTE: Este elemento requiere un colado de concreto en ambos extremos así como acero de refuerzo y concreto de segunda etapa, que se coloca al realizar el colado del firme estructural (no incluido).

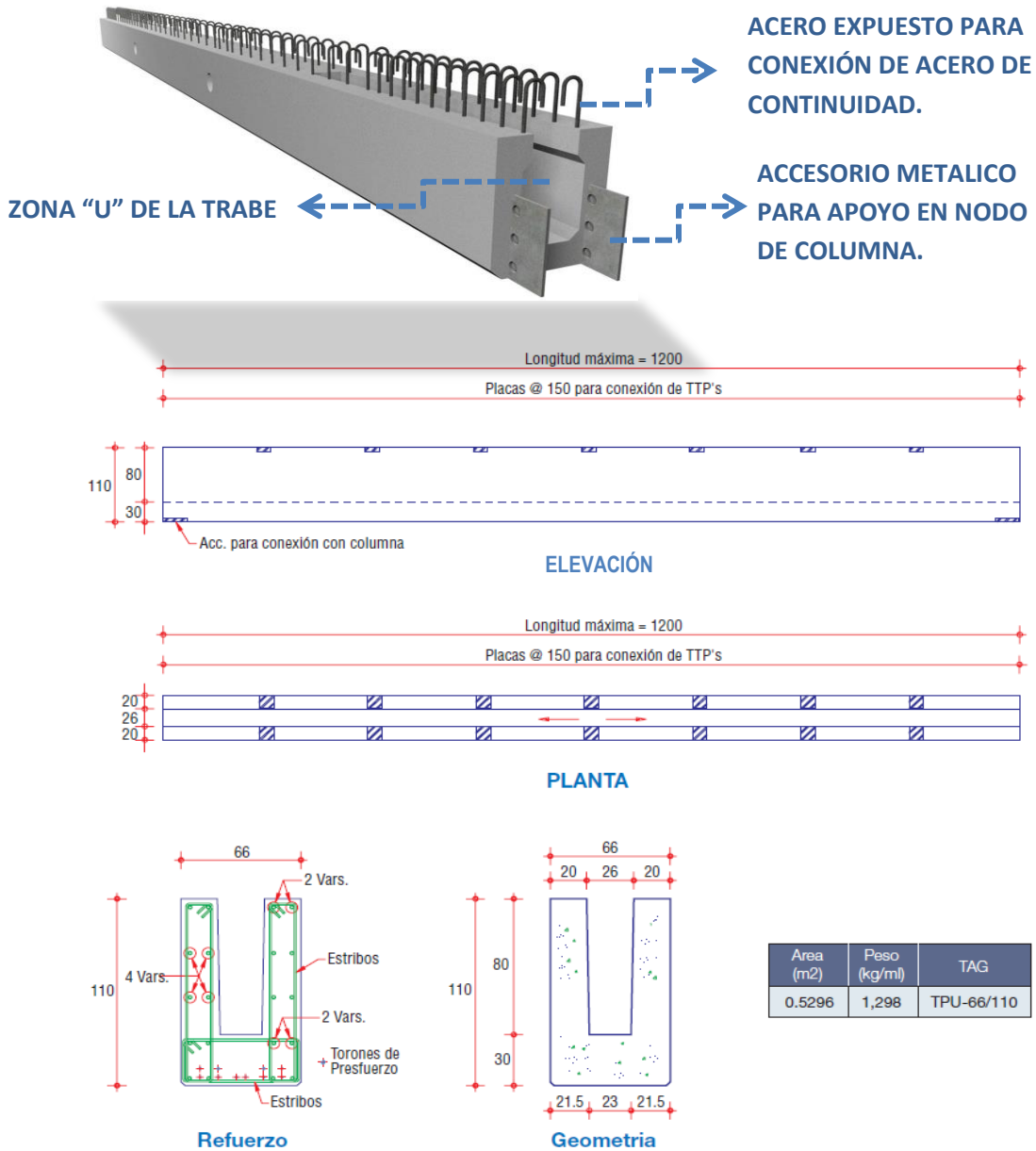


Figura 2.41. Isométrico y esquema de armado para trabe portante de losa alveolar tipo TPU.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

TRABES DE RIGIDEZ "TR"

Las trabes TR son trabes de rigidez de concreto reforzado (figura 2.42) de sección trapezoidal, de 28 cm de base menor y 32 cm de base mayor, y peralte de 65 y 80 cm. En su fabricación se utilizan concreto estructural y acero de refuerzo corrugado $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$. Estas trabes sirven para dar rigidez al edificio en el sentido perpendicular a las trabes portantes, toman un porcentaje bajo de la carga vertical, por lo que se diseña para soportar los movimientos sísmicos.

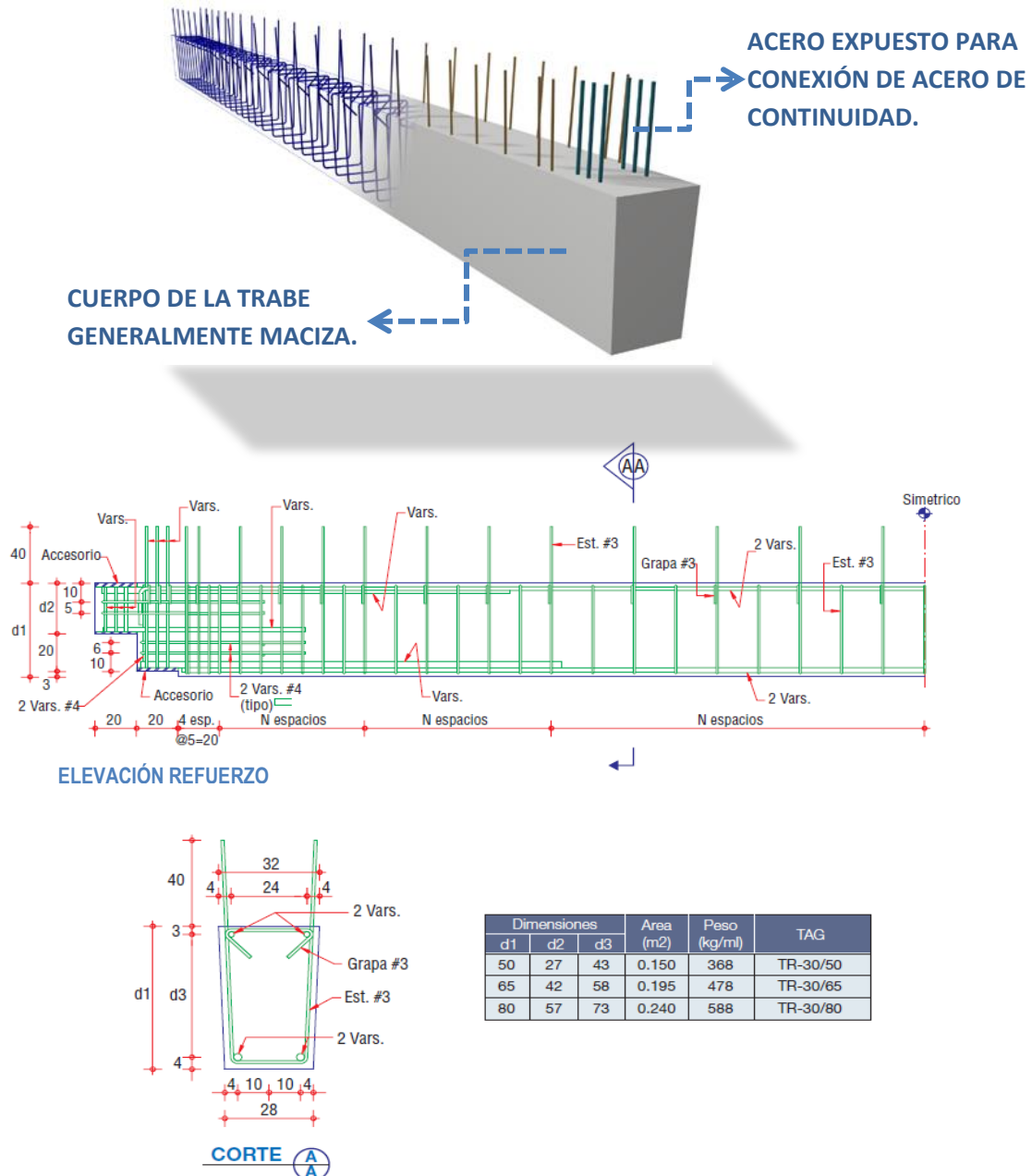


Figura 2.42. Isométrico y esquema de armado para trabe de rigidez en tableros de losa alveolar tipo TR.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

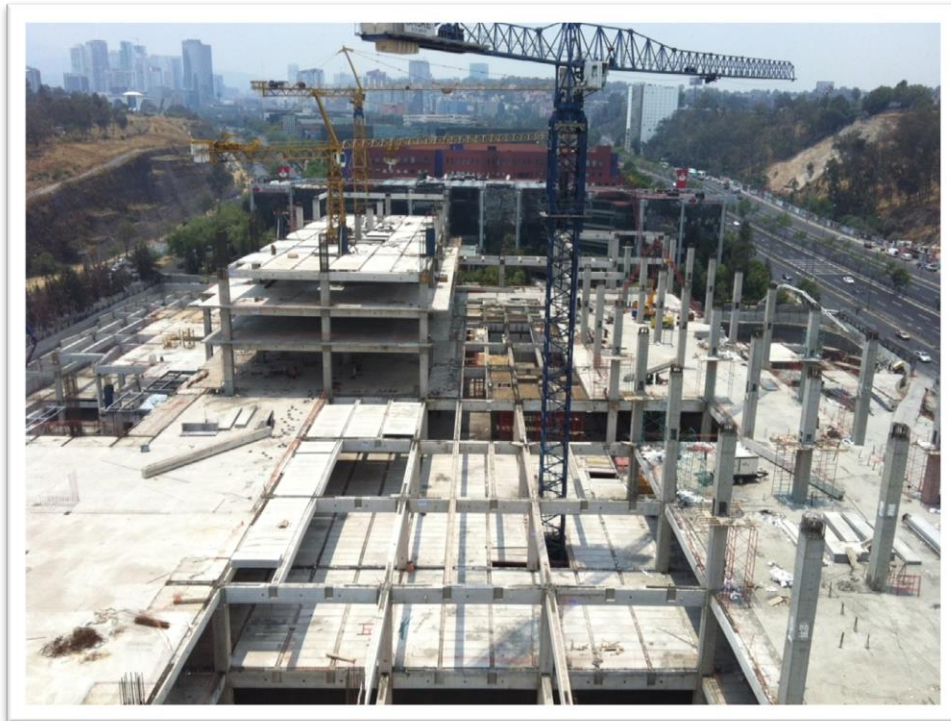


Figura 2.43. Construcción del centro comercial gran patio Santa Fe solucionado con losa alveolar serie 6000 de 0.15 m de peralte.



Figura 2.44. Construcción del centro comercial parque Delta solucionado con losa alveolar serie 6000 de 0.15 m de peralte.

**PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO
A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.**



Figuras 2.45 y 2.46. Líneas de producción de losa alveolar tipo Spancrete en planta Tecámac

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



Figura 2.47. Trabajos de montaje de losa alveolar centro comercial gran patio Santa Fe, Ciudad de México (2013).

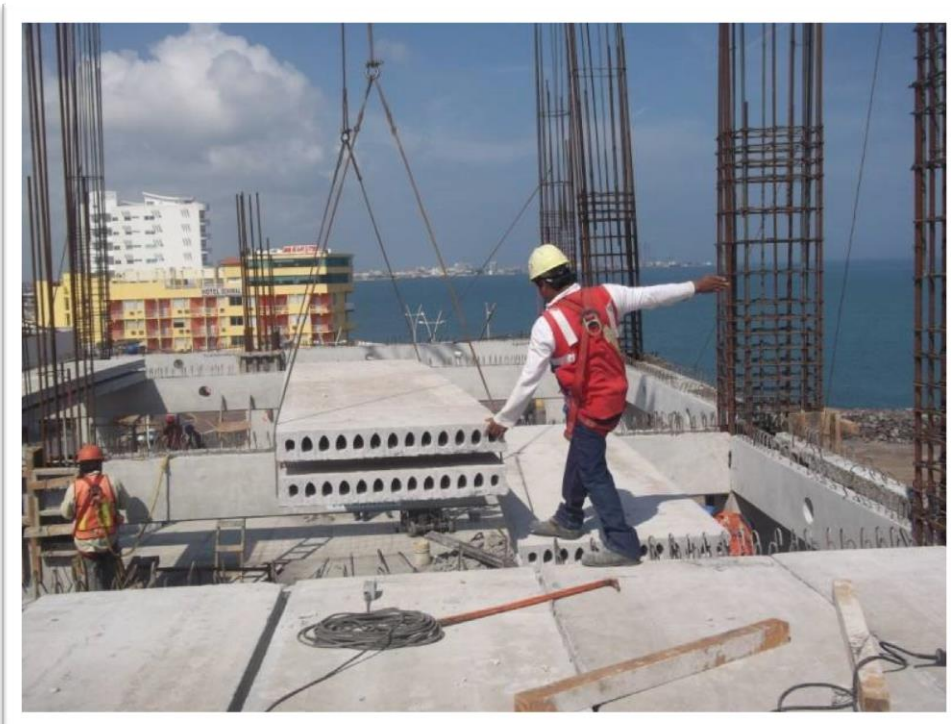


Figura 2.48. Trabajos de montaje de losa alveolar hotel Punta Azul en Veracruz.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



Figuras 2.49 y 2.50. En la imagen se observan traveses portantes tipo TPU acarteladas. Proyecto: torre JV en Veracruz.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



Figuras 2.51 y 2.52. En la imagen se observan travesaños tipo TPU del proyecto centro comercial Pabellón Azcapotzalco, Ciudad de México (2014).

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



Figura 2.53. Trabajos de montaje de travesaños secundarios tipo TPC para reducir el claro del tablero. Proyecto: Centro comercial Azcapotzalco Ciudad de México (2014).



Figura 2.54. Trabajos de montaje de travesaños tipo TPU. Proyecto: Centro comercial Azcapotzalco Ciudad de México (2014).

**PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO
A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.**

III. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

I.1. ESTUDIOS PREVIOS .

Las cargas a las que estará sometida la estructura (cargas vivas, cargas muertas y cargas accidentales) se pueden concebir como un conjunto de fuerzas que se transmiten en una zona del suelo que resultara afectado por los cambios de esfuerzos provocados por la estructura. La respuesta del suelo será determinante en la estabilidad y buen funcionamiento de las obras, esto se logra con una adecuada cimentación, formado esencialmente de dos partes, uno es el elemento estructural que transmitirá las cargas de la estructura al suelo y el otro es el suelo mismo, los cuales interactúan durante su vida útil.

Para la selección y diseño de la cimentación se deben de aplicar criterios de seguridad para garantizar la estabilidad y funcionalidad de la estructura, es por ello por lo que cobra vital importancia realizar los correspondientes estudios de mecánica de suelos.

El sitio en estudio es un predio que se encuentra ubicado en el circuito interior (Avenida Revolución) No 880, Colonia Insurgentes Mixcoac, delegación Benito Juárez, México D.F. como se observa en la figura 3.1 y 3.2.

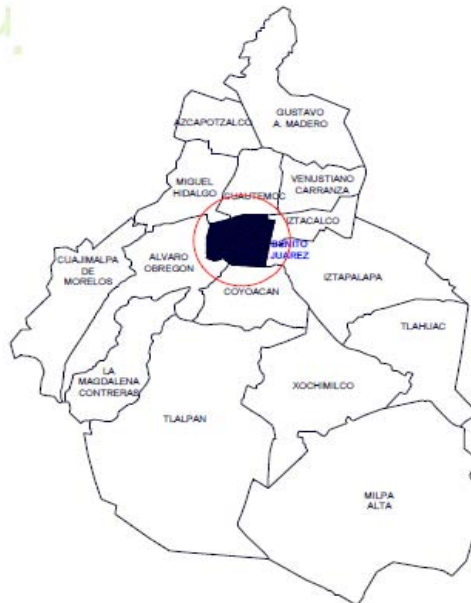


Figura 3.1. Ubicación del predio dentro del Distrito Federal.

Se trata de un edificio de 6 niveles. Las plantas del edificio se utilizarán como almacenes de autos, talleres, etc., la estructura está formada por un solo cuerpo que presenta una geometría semi rectangular con un sembrado de construcción aproximado de 912.56 m^2 por nivel.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

El proyecto en estudio se encuentra en la zona I (Zona de Lomas), le corresponde un coeficiente sísmico de 0.16 de acuerdo con la zonificación geotécnica de la cuenca del Valle de México, presentada en las normas INVI (Instituto de Vivienda del Distrito Federal).

Para determinar las condiciones estratigráficas del sitio además de un reconocimiento del predio, se realizaron dos tipos de sondeos, en la figura 3.2 se observan los puntos en donde se realizaron los siguientes sondeos: sondeo mixto (SM-1) y un pozo a cielo abierto (PCA) para precisar los materiales de relleno existentes. El nivel de aguas freáticas se localizó a una profundidad de 5.50 m, respecto a nivel de piso existente.

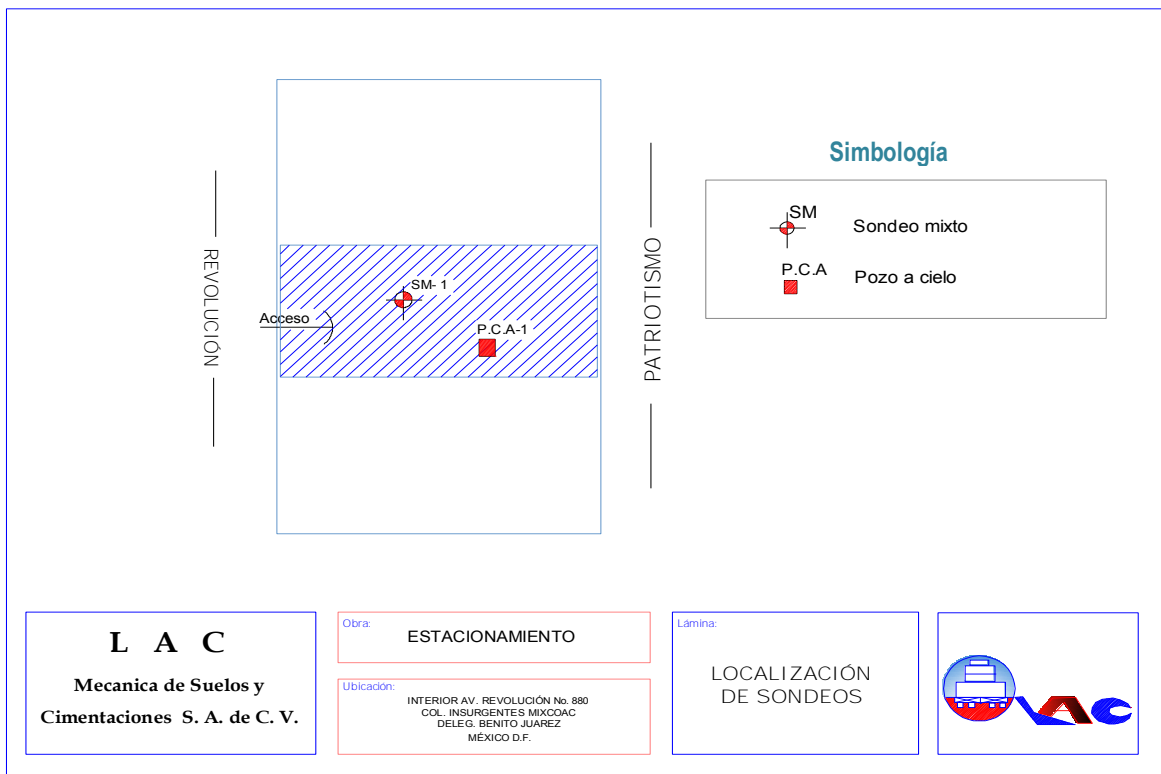


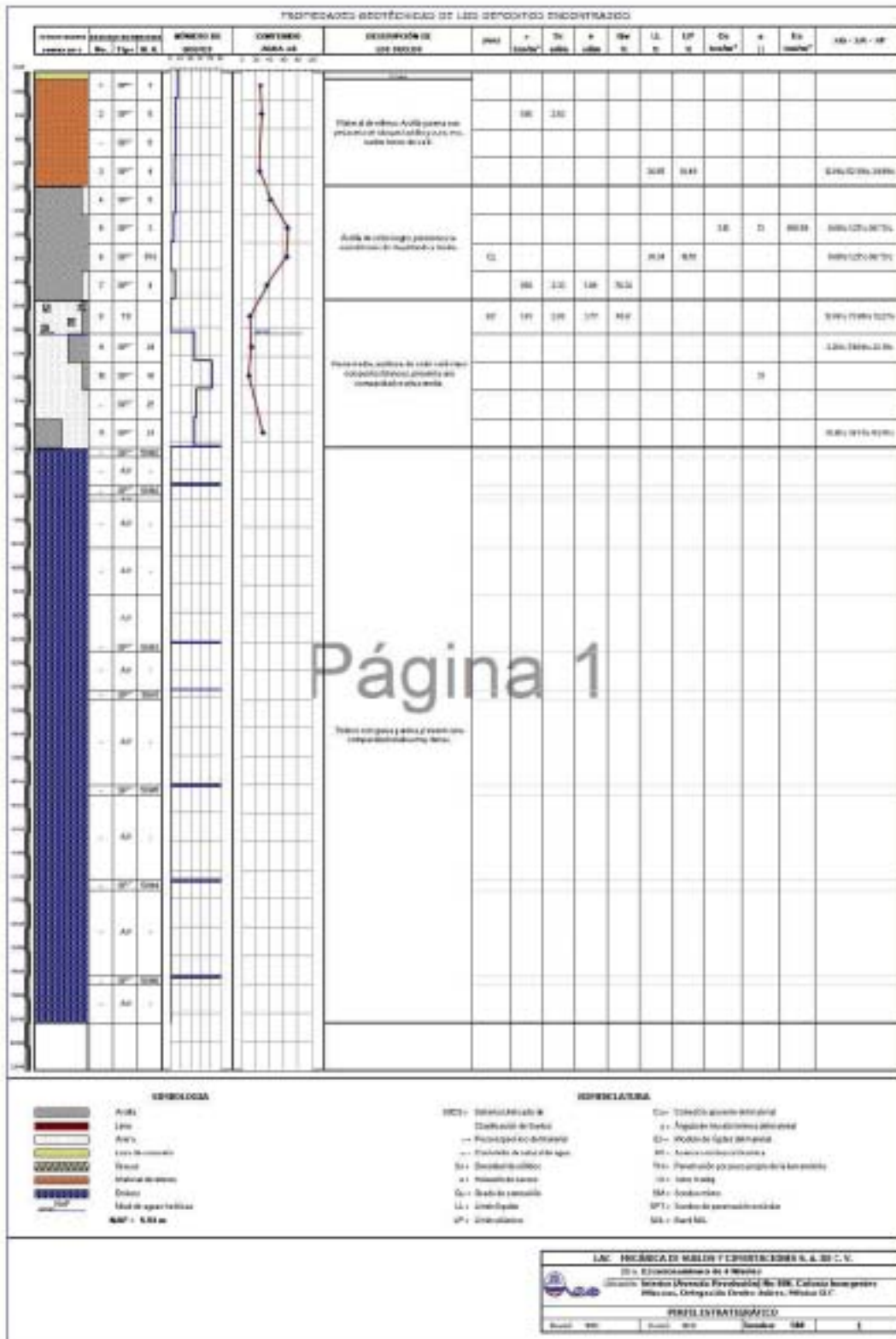
Figura 3.2. Ubicación en planta de los sondeos.

Las muestras debidamente protegidas e identificadas se trasladaron al laboratorio, donde se les realizaron las pruebas para determinar sus propiedades índices: clasificación visual y al tacto, contenido natural de agua y límites de consistencia.

Derivado de las pruebas anteriormente mencionadas se obtuvo el siguiente perfil estratigráfico.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO A PARTIR DEL SM-1.



PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

POZO A CIELO ABIERTO (PCA-1).

 <p align="center">MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES S. A. DE C. V.</p>											
POZO A CIELO ABIERTO (PCA)											
Obras: Estacionamiento de 4 niveles Ubicación: Interior (Avenida Revolución) No 880, Colonia Insurgentes Hicacoac, Delegación Benito Juárez, México D.F.								Sondos:	Fecha:	Agosto 2011	
								PCA-1	Laboratorio:	Folo	
CONTENIDO DE AGUA NATURAL											
Huestra No.	Prof. (m)		Capas No.	Wcap gr	Wcap+sh gr	Wcap+ss gr	Ww gr	Ws gr	w %	color	Clasificación Visual y al Tacto
PCA-1	2.80	3.00	15	15.89	181.13	109.37	51.56	95.68	53.89	Negro	Arilla
PORCENTAJE DE FINOS											
Huestra No.	Prof. (m)		Capas No.	Ws gr	Peso rebentido		Grava %	Arena %	Finos %		Clasificación
	De	A			Gravas	Algas					
PCA-1	2.80	3.00	15	95.68	8.00	8.78	0.00	9.18	90.81		Arilla con poca arena
PESO VOLUMETRICO NATURAL											
Huestra No.	Prof. (m)		Wm gr	Wmo gr	Wmpo gr	Vmpo cm ³	Wp gr	Vp=Vp/0.972 cm ³	Vm cm ³		γ ton/m ³
PCA-1	2.80	3.00	26.16	27.19	8.50	28.69	1.83	1.88	17.63		1.40
			24.78	27.20	8.15	29.05	2.42	2.49	26.56		1.50
DENSIDAD DE SOLIDOS											
Huestra No.	Prof. (m)		Habras No.	Wmatras gr	Tempera. C°	Wmatras+agua+suelo gr	Wmatras+agua gr	Wmatras+suelo seco gr	Wwuelo seco gr		S _w
PCA-1	2.80	3.00	1	186.96	68	726.75	677.67	267.25	80.26		2.57
			2	183.06	62	724.96	677.00	265.89	80.83		2.46

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

III.2. PROYECTO ARQUITECTÓNICO.

El predio en general tiene topografía sensiblemente plana, se trata de un edificio de seis niveles que se destina para fines de estacionamiento y taller automotriz ubicado en la delegación Benito Juárez, entre las calles de Av. Revolución y Patriotismo del Distrito Federal según se muestra en la figura 3.3.

UBICACIÓN DEL PREDIO:



Figura 3.3 Ubicación del predio.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

Todos los niveles son para uso de estacionamiento o servicio automotriz y la estructura está resuelta con marcos rígidos formados por columnas de sección 80x80 cm, traveses portantes de sección 66x90 cm y de hasta 17 m de longitud, traveses de rigidez de sección 66x90 cm y con longitud de hasta 12.00 m.

El sistema de piso es a base de losas alveolares prefabricadas tipo Spancrete serie 6000 (peralte de 15 cm de hasta 6.50 m) con un firme de 6 cm de espesor formando un diafragma horizontal que distribuye las fuerzas de sismo entre los diferentes elementos resistentes.

El edificio está desplantado sobre un área de 820 m² con una superficie total de construcción de 4962 m² en seis niveles para estacionamiento y taller y una losa tapa para área de montacargas. La altura total del edificio es de 27.35 m sobre el nivel de la banqueta además cuenta por debajo del nivel de sótano, con una cisterna con capacidad para 110 m³. La tabla de distribución de áreas por nivel se relaciona en la siguiente tabla:

Plantas	Área total m ²	Área de prefabricado m ²	Área de colados de ajuste m ²
NIVEL 1ER	820.00	623.29	35.42
NIVEL 2DO	820.00	623.29	35.42
NIVEL 3ER	820.00	623.29	35.42
NIVEL 4TO	820.00	623.29	35.42
NIVEL 5TO	820.00	623.29	35.42
NIVEL AZOTEA	820.00	623.29	35.42
NIVEL TAPA DE MONTACARGAS	41.83	41.83	2.29
ALTURA MÁXIMA			29.10 m.

La planta baja está dividida en área de recepción, área de espera de autos, área de lavado, área de montacargas, área de autos terminados y la sala de espera de propietarios de los autos.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

El primer nivel está destinado para taller por lo que se encuentran proyectadas 5 mesas de trabajo además del área de espera y el área que ocupan los montacargas.

El segundo tiene las mismas funciones que el primero, solo que se encuentran proyectadas hasta 12 mesas de trabajo además del área de espera y el área que ocupan los montacargas.

Las plantas del tercero y hasta el quinto nivel están destinadas para almacenaje de autos nuevos con cajones hasta para 21 autos o camionetas.

Por último, se cuenta con el área de azotea que tiene como fin el taller de hojalatería y pintura con espacio para hasta 21 cajones para autos o camionetas y una cabina de pintura.

Se incluyen las plantas arquitectónicas de todos los niveles en las figuras de la 3.4 a la 3.7.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

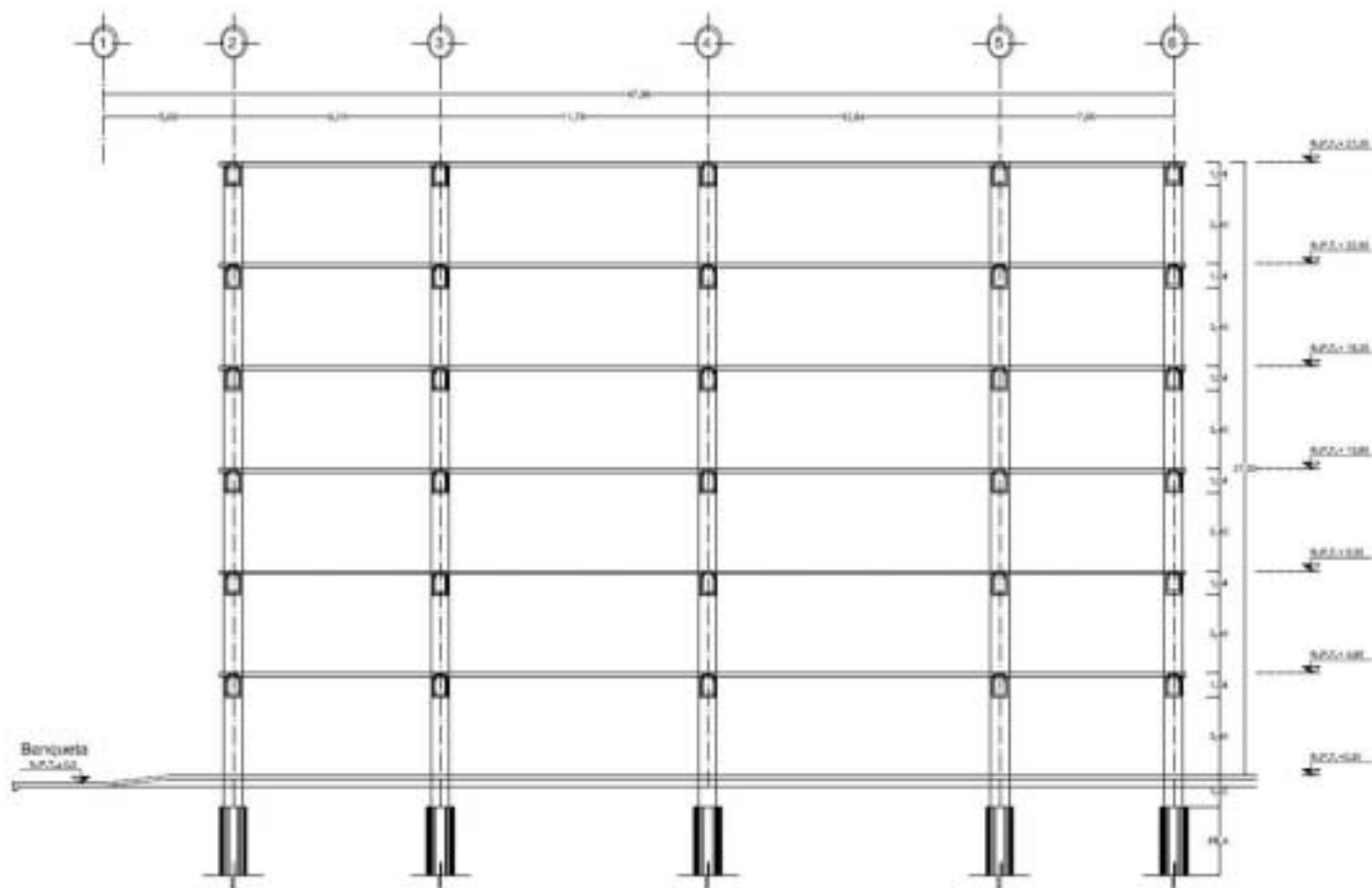


Figura 3.4. Corte longitudinal del edificio.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PREFORZADOS DE CONCRETO.

PLANOS ARQUITECTONICOS (PLANTAS).

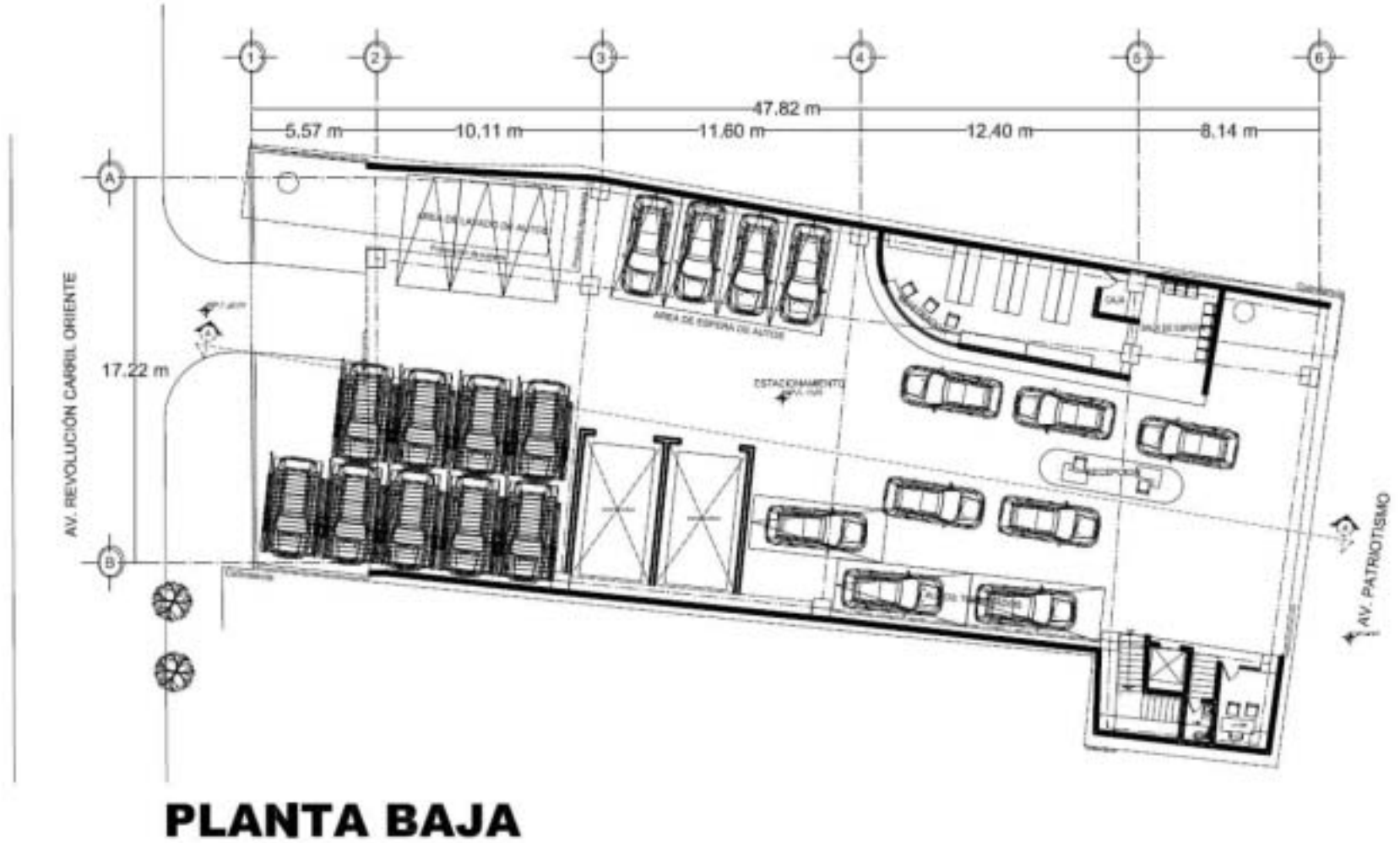


Figura 3.5. Planta baja nivel 0+00.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

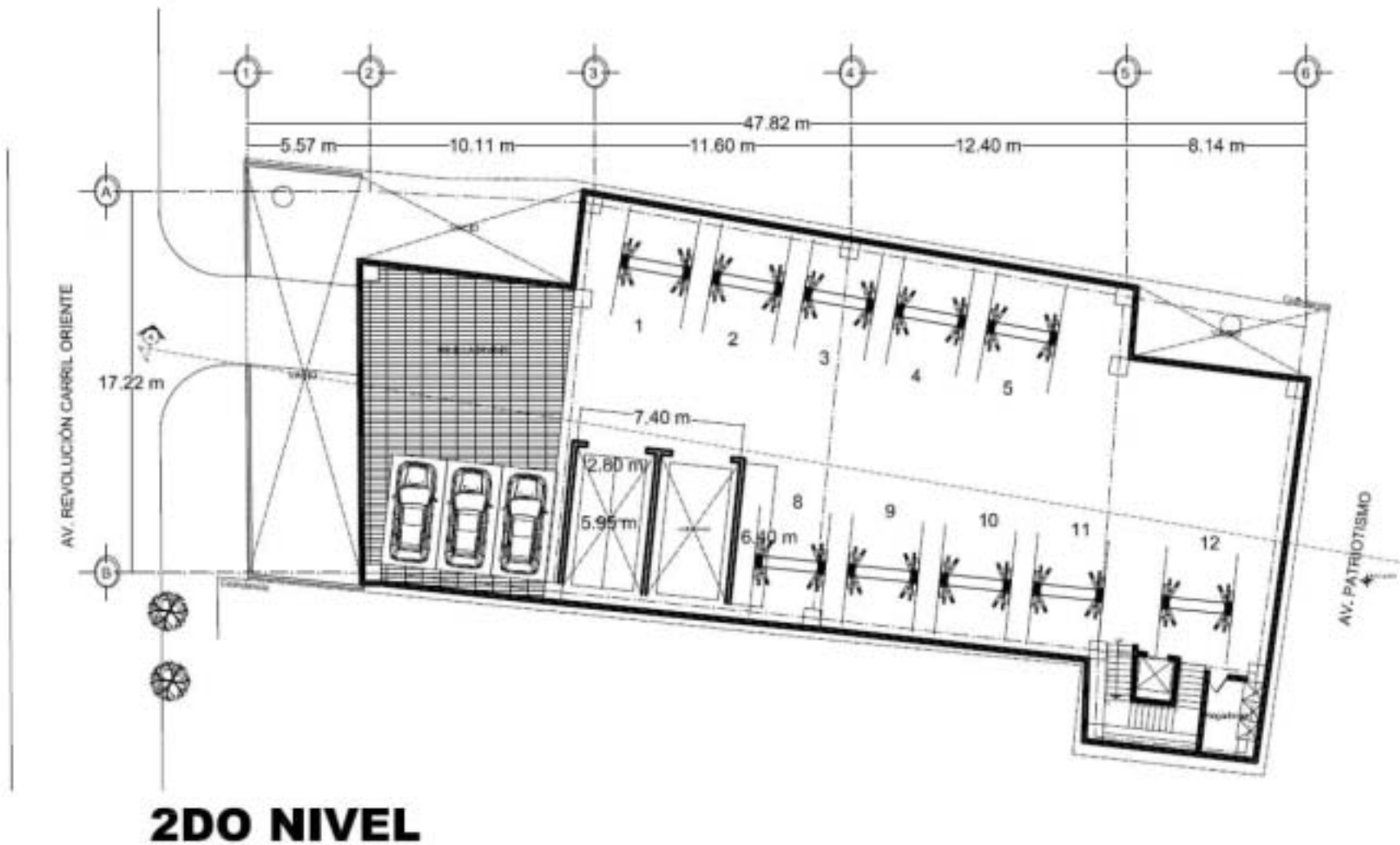


Figura 3.6. Segundo piso nivel 9+35

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

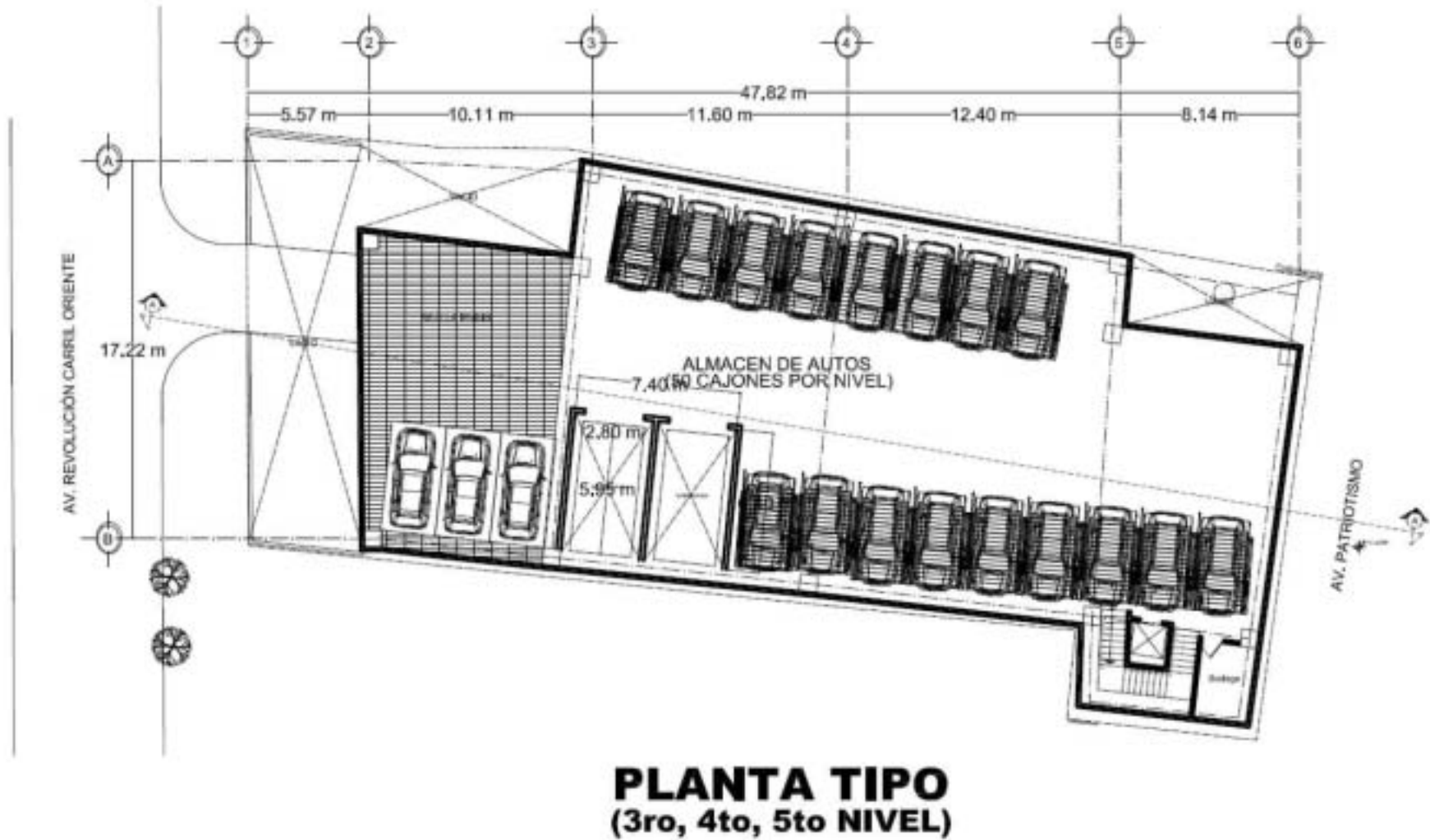


Figura 3.7. Planta tipo para los niveles del 3er al 5to. niveles 13.85, 18.35 Y 22.85.

III.3. PROYECTO ESTRUCTURAL.

En este capítulo se agrupan a grandes rasgos consideraciones para el análisis y cálculos utilizados para el diseño y revisión de los elementos que en conjunto forman el sistema estructural para el edificio de estacionamiento y taller automotriz “Taller Soni Revolución”, ubicado en la delegación Benito Juárez, entre las calles de Av. Revolución y Patriotismo del Distrito Federal.

Un aspecto importante para el cálculo de un edificio es la selección y modelación del sistema estructural en donde se deben tomar en cuenta la altura del edificio, el efecto de las cargas laterales a las que estará sometido en donde la esbeltez del edificio crece y los desplazamientos laterales serán mayores teniendo consecuencias en el comportamiento estructural.

El análisis estructural implica un conocimiento de las solicitaciones que obran sobre la estructura y las dimensiones de sus elementos, estos datos son imprecisos cuando se inicia el diseño ya que solo se conoce en forma aproximada las dimensiones de los elementos, es mediante un proceso cíclico mediante el cual el proyectista va ajustando los datos iniciales a medida que se va precisando el análisis. Por lo que podemos decir que la finalidad del análisis estructural es conocer los elementos mecánicos a que estarán sujetos los elementos de la estructura y el comportamiento que este presentará debido a las solicitaciones.

De lo anterior se puede decir que los datos necesarios para resolver una estructura son:

1. Geometría de la estructura. Se refiere a las dimensiones de los elementos y a las dimensiones entre ejes.
2. Propiedades mecánicas de los materiales, por ejemplo el módulo de elasticidad “E”.
3. Solicitaciones. Se considera el peso propio de los elementos, carga viva, sismo y viento.

Para lo cual surgen las siguientes incógnitas:

1. Desplazamientos en los puntos críticos de la estructura.
2. Deformaciones en las barras.
3. Esfuerzos internos en los elementos, generalmente, en lugar de esfuerzos se obtienen los elementos mecánicos.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

De acuerdo a las necesidades del cliente se propuso un tablero tipo (figura 3.8) con las dimensiones que se observan.

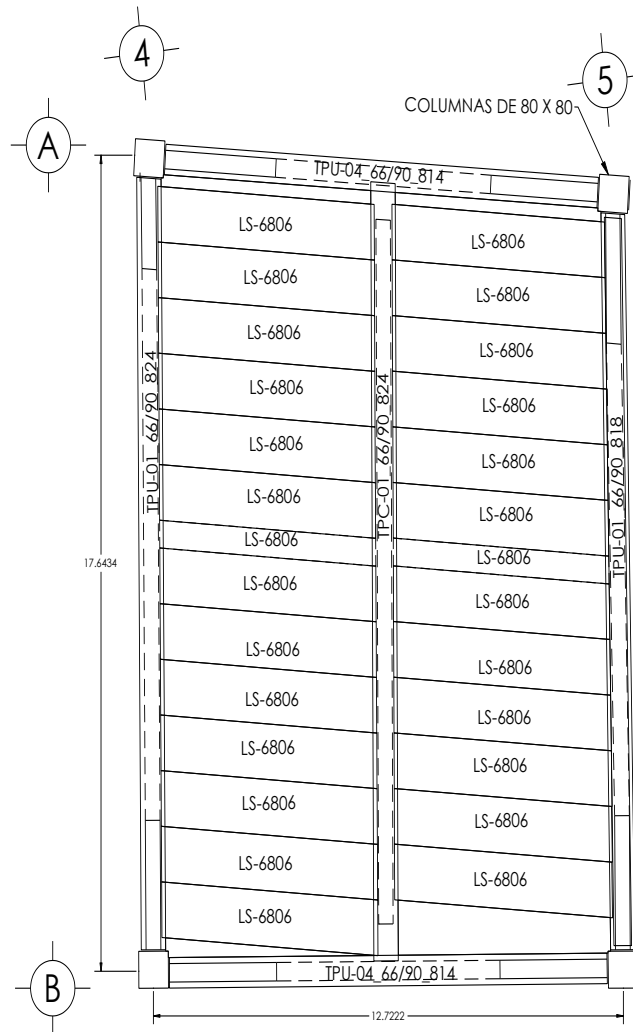


Figura 3.8. Tablero tipo.

En la figura 3.8 se observa el sistema estructural a base de marcos rígidos de concreto reforzado (en las columnas) y presforzado (para el caso de losas y traveses), en el cual se necesita salvar un claro de aproximadamente 18 m en el sentido portante de las traveses y un claro de casi 13 m en el sentido de las traveses de rigidez. De igual manera se puede observar que existe una trabe portante secundaria entre los ejes 4 y 5 la cual nos permite reducir el claro que deben salvar las losas alveolares reduciéndolas de 13 m a la mitad, con esto podemos optimizar el costo de las mismas ya que el peralte de losa que se requiere para un claro de 6 metros es menor que para el de 12 m obteniendo con ello un ahorro considerable en volumen de concreto.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

Para el caso de este proyecto en específico la superestructura está resuelta por medio de marcos rígidos en ambos sentidos con columnas sección 80 x 80 cm de 28.60 m de longitud y nodos semi abiertos (ventanas que se observan en las figuras 3.9) fabricadas con concreto reforzado con un $f'c \geq 350 \text{ kg/cm}^2$ y acero con $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$.

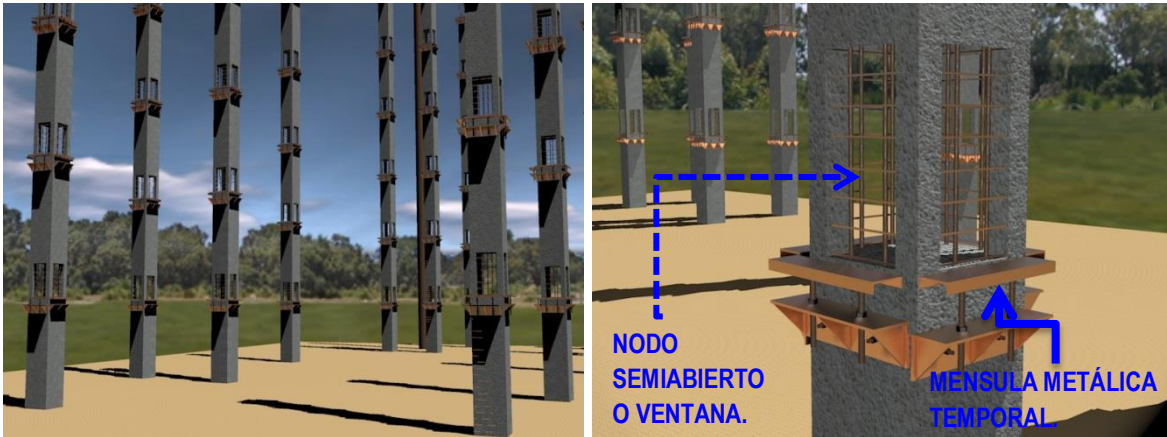


Figura 3.9. Detalle de nodo abierto o “ventanas” en columnas prefabricadas.

Las traveses portantes y rigidizantes con sección 66 x 90 cm y de longitud predominante de 16 m con extremos de sección “U” pretensadas y prefabricadas de $f'c \geq 350 \text{ kg/cm}^2$, acero con $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ y acero de presfuerzo $f_{pu} = 19000 \text{ kg/cm}^2$.

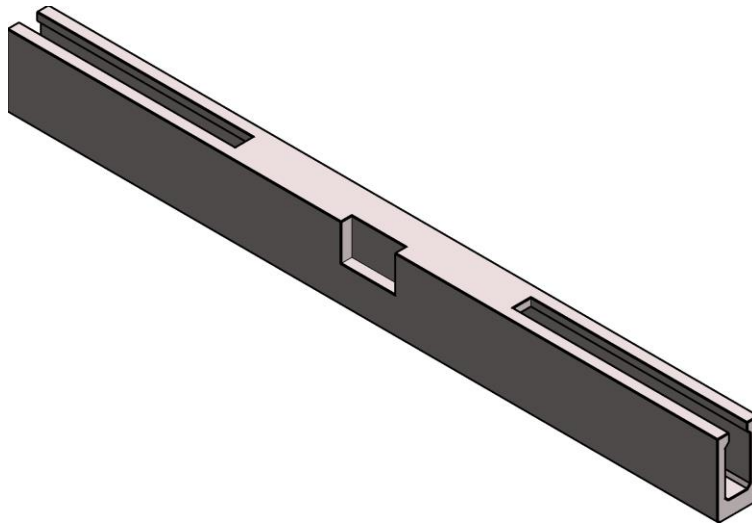


Figura 3.10. Diseño de trabe portante tipo TPU con “cajillo”.

En la figura 3.10 se observa el diseño de trabe portante con secciones “u” en los extremos y reservación en el centro (“cajillo”) para recibir trabe secundaria, las longitudes de la sección en “u” van desde los 1.50 m hasta los 3 m por lado.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

Para el sistema de piso se utilizará una losa aligerada con la geometría como la que se observa en la figuras 3.11, se trata de una losa prefabricada tipo alveolar fabricada con concreto de resistencia $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ y acero de presfuerzo $f_{pu} = 19000 \text{ kg/cm}^2$

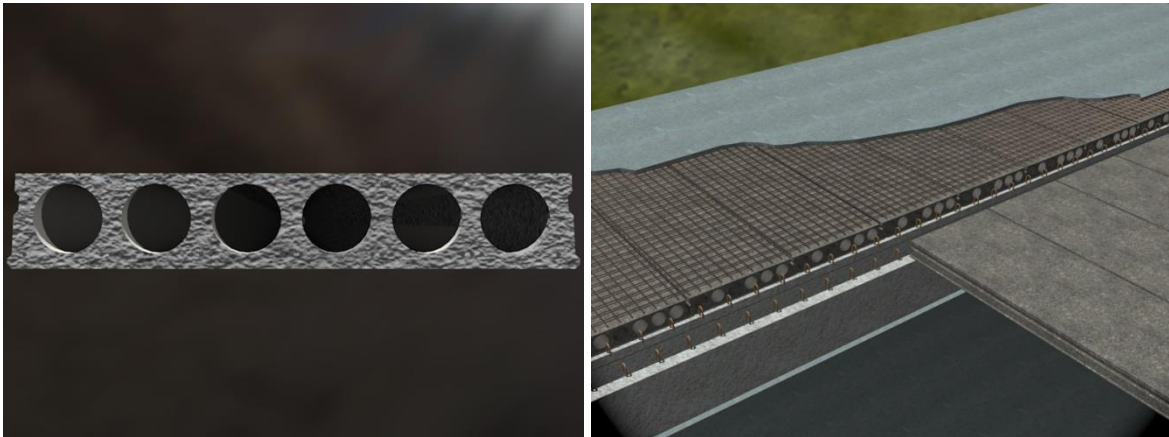


Figura 3.11. Geometría de losas alveolares.

El sistema de conexión trabe-columnas, se logra dando continuidad a través del nodo semiabierto (ventana) en la columna mediante el paso de varillas de acero de refuerzo tanto en la parte inferior como superior de las traves tal cual se ve en la figura 3.12, los nodos o ventanas son armados y colados monolíticamente con la sección "U" de las traves portante y de rigidez.

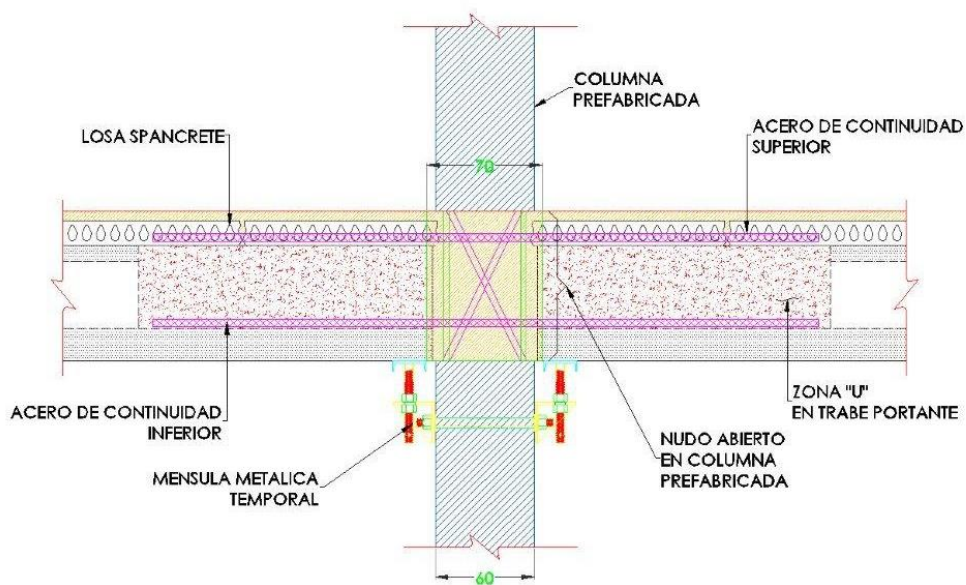


Figura 3.12. Conexión entre columna y trabe.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

Materiales en columnas, trabes y losas prefabricadas:

Concreto clase I	$f'c \geq 350 \text{ kg/cm}^2$
Peso volumétrico	$> 2.2 \text{ t/m}^3$
Módulo de elasticidad	$E_c = 14,000 \sqrt{f'c} \text{ kg/cm}^2$
Acero de refuerzo	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Acero de presfuerzo	$f_{pu} = 19000 \text{ kg/cm}^2$

Parámetros para análisis y diseño estructural:

Tipo de Construcción. Por el destino e importancia de la estructura, la clasificación se considera dentro del grupo B, tal como se especifica en los Reglamentos de Construcción vigentes.

Coefficiente sísmico. Por la ubicación del inmueble y considerando la regionalización sísmica de la Ciudad de México (Zona: I), se tiene: $C_s = 0.16$.

Factor de comportamiento sísmico Q. Para la asignación de este valor se le consideró lo estipulado en los Reglamentos de Diseño vigentes, adoptando un valor de. $Q = 2$.

Factores de reducción por resistencia. Para el diseño de los elementos estructurales se tomaron los siguientes factores de reducción:

Flexo compresión:	Fr: 0.8
Cortante:	Fr: 0.8
Flexión:	Fr: 0.9
Compresión:	Fr: 0.7

Desplazamientos horizontales. Los desplazamientos horizontales relativos producidos por las fuerzas sísmicas se limitan como máximo a $0.012 h$ (h = altura del entrepiso).

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

Cargas consideradas de acuerdo a lo indicado en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal vigente:

Cargas muertas. Las cargas muertas son aquellas que inciden en forma continua sobre la estructura y su intensidad puede considerarse que no varía con el tiempo. Para estas cargas se consideran las dimensiones de los elementos estructurales y no estructurales, así como del peso volumétrico de sus materiales.

Cargas vivas o variables. Este tipo de cargas son las que actúan sobre la estructura con una intensidad variable en el tiempo, y son las que se estipulan en los Reglamentos de Diseño y Construcción vigentes.

Cargas accidentales. Estas acciones o cargas son aquellas que tienen o alcanzan valores significativos durante tiempos cortos. Dentro de esta categoría se tienen el sismo, viento, etc.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

ITISA GRUPO	IMPULSORA TLAXCALTECA DE INDUSTRIAS, S.A DE C.V.		
	PROYECTO: TALLER SONI REVOLUCION		
ÁREA:	GERENCIA DE INGENIERÍA	PREFABRICADOS	
UBICACIÓN:	MEXICO D.F.	FECHA:	1 de Mayo de 2012
			REV. 0.10

ESTIMACIÓN DE CARGAS PARA ANALISIS ESTRUCTURAL					
ENTREPISO				OBSERV.	
1. CARGAS MUERTAS					
USO:	k) Garajes y estacionamientos (exclusivamente para automóviles)			Según: RCDF	
DATOS PARA SISTEMA DE PISO					
Losa:	LS4000 ITISA	Área:	0.0882 m ²	Modificador:	1
Área _(final) :	0.0882 m ²	Peso:	170 kg/m ²		
Esp. firme:	6 cm	Reglamento	20 kg/m ²		
	DEF. ITISA	CLIENTE	FINAL		
firmes+reglamento			164	kg/m ²	
Superficie de rodamiento	40		40	kg/m ²	
Instalaciones	10		10	kg/m ²	
Impermeabilizante	10		10	kg/m ²	
Guarniciones y banquetas	20		20	kg/m ²	
Fachadas y pretilas(piso)	150		150	kg/m	
2. CARGAS VIVAS					
DATOS PARA SISTEMA DE PISO				Notas: Se considera 400 kg/m ² de carga viva total en la superficie de cada nivel para considerar el posible uso de eleva autos.	
	NTC-DF	CLIENTE			
W=	40	64	kg/m ²		
Wa=	100	160	kg/m ²		
Wm=	250	400	kg/m ²		
3. IDENTIFICACIÓN DE CARGAS					
CMPP=	Peso propio estructura			γ=2500 kg/m ²	
CM1=	LS4000+firmes+reglamento			334 kg/m ²	Distribuida
SM1=	Sup de rodamiento + instalaciones + guarniciones y banquetas			80 kg/m ²	Distribuida
SM2=	Fachadas y pretilas(piso)			150 kg/m	Lineal
CV=	Carga viva			400 kg/m ²	Distribuida
4. ESPECTRO SÍSMICO DE DISEÑO					
Reglamento:	RCDF	a0:	0.04	Factor de comportamiento sísmico	
Zona:	1	c:	0.16		
Est. grupo:	B	Ta:	0.2	Qx:	2
Terreno:		Tb:	1.35	Qy:	2
		r:	1	Estructura regular:	
				kQ:	0.9

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Para determinar el comportamiento de la estructura, se utilizó el programa **ECOgcW versión 2.29** para PC. En el análisis se utilizó un modelo tridimensional basado en la hipótesis de comportamiento lineal.

Con base en los resultados del análisis se revisaron que los niveles de seguridad en cuanto a los estados límite de falla y de servicio estén dentro de lo permitido por las normas vigentes, es decir, que la estructura ante la combinación de acciones o cargas más desfavorable no rebase los límites (desplazamiento, resistencia, etc.) establecidos por los reglamentos para que no afecten tanto su resistencia y estabilidad como su adecuado funcionamiento.

En el diseño de las trabes y losas prefabricadas de concreto pretensado se empleará el programa de cálculo **CONCISE**. La estructura en que el programa procesa la información es la siguiente:

- Propiedades del concreto.
- Datos Generales de la sección geométrica del elemento.
- Características de la mezcla del concreto
- Datos del acero de presfuerzo.
- Datos del acero de refuerzo.
- Cargas aplicadas.
- Parámetros para cortante y torsión.
- Reacciones de apoyo.
- Momentos flexionantes.
- Esfuerzos permisibles y actuantes.
- Resultados de cortantes.
- Resultados de deformaciones.
- Cálculo de pérdidas de presfuerzo y abertura de fisuras.
- Gráficos de las capacidades y las solicitudes.

La estructura se diseñó siguiendo los lineamientos de las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (2004).

Las losas alveolares y las trabes portantes y de rigidez de los distintos niveles se diseñaron conforme a los requisitos de seguridad y servicio de las normas vigentes considerando las diferentes etapas de carga.

**PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO
A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.**

IV. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

IV.1. FABRICACIÓN DE ELEMENTOS EN PLANTA.

Una vez que se ha firmado el contrato, se realiza la programación para la fabricación de los elementos que conformaran la estructura (Columnas, trabes y losas) de acuerdo a la infraestructura con la que se cuenta en la planta de producción. Una de los puntos clave del sistema prefabricado es que se pretende estandarizar los elementos, esto es, se procura al momento de la revisión estructural que las columnas, trabes y losas tengan la misma sección, esto implica un ahorro considerable en la implantación de moldes y líneas de producción.

En la mayor parte de los proyectos de cuenta con líneas independientes para la fabricación de los elementos, esto es:

1. Línea para columnas (habitualmente estos elementos no son presforzados por lo que la línea de producción no requiere más que un firme o superficie de apoyo y el molde con las dimensiones de la columna a producir. Si la sección de la columna no cuenta con detalles especiales (ménsulas de concreto) se puede habilitar un foso lo suficientemente largo para colar varios elementos en un solo evento. Se puede observar el proceso constructivo de las columnas desde el habilitado de moldes hasta su estiba en las imágenes de la 4.1 a la 4.5.



Fig. 4.1. En esta imagen se observa el inicio de habilitado de línea para fabricación de columnas. En el caso de este proyecto las columnas miden 28.00 m por lo que se habilito una sola línea de 30.00 m.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



Figura 4.2. La siguiente etapa consiste en fijar los costados del molde de acuerdo a la sección de la columna, en este caso es de 80 x 80.



Figura 4.3. Incluso antes de tener la línea de fabricación habilitada se puede dar inicio a los trabajos de habilitado y armado de acero de refuerzo y adecuación de nodos abiertos (cimbra) de la columna, se recomienda que estos trabajos se realicen a un costado de la línea para evitar el traspaleo del armado.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



Figura 4.4. Con la línea de fabricación lista y los armados esperando a ser colocados se puede dar inicio con los trabajos de colado, se realiza con concreto de resistencia rápida y se puede colar un elemento diario.



Figura 4.5. Al siguiente día del colado se puede desmoldar el elemento y ser transportado hasta el patio de almacenaje esperando su turno para ser embarcado.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

2. La línea de producción para traveses requiere de un acondicionamiento más especializado, ya que las traveses son elementos presforzados se debe diseñar el “foso” o el molde con la capacidad suficiente para resistir las fuerzas inducidas al tensar el acero, para ello se requiere de un firme en donde descansará y se anclará el molde metálico, moldes con correderas en los costados (así podremos reutilizar el molde para diferentes secciones), cabezales y estructuras de soporte (para tomar los esfuerzos inducidos al tensar el acero) y las matrices o placas por donde se configurará la distribución de los cables de presfuerzo. Este proceso se presenta en las figuras de la 4.6 a la 4.14.



Figura 4.6. Para el colado de las traveses se cuenta en planta con un foso de 120 m de longitud y tres líneas con el fondo listo para recibir los costados y ajustar estos últimos de acuerdo a la sección de las traveses.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



Figura 4.7. El foso o línea de producción debe de contar con cabezales que resistan los esfuerzos de tensión a los que será sometido el acero de presfuerzo de las traveses.



Figura 4.8. La "matriz" es una placa o placas que se adecua con la configuración o posición que los torones (acero de presfuerzo) ocuparán en la trabe, esta placa también sirve para anclar los "chucks" o conos que no permiten el regreso de los torones una vez que han sido tensados.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PREFORZADOS DE CONCRETO.



Figura 4.9. Los trabajos de habilitado y armado de acero de refuerzo de las traveses se puede iniciar simultáneamente con los trabajos de adecuación en las líneas de producción.



Figura 4.10. Como la línea es de 120 m de longitud se pueden colocar tantos armados como quepan en ella, siempre y cuando tengan la misma sección y número de torones.

**PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO
A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.**



Figura 4.11. Una vez colocados los armados en la línea se procede a colocar los cables de presfuerzo o “torones” y las tapas de cada trabe en la longitud de la línea.



Figura 4.12. Una vez colocado el presfuerzo se realizan los trabajos de tensado del mismo.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



Figura 4.13. Una vez realizados los trabajos de tensado de los torones ya se pueden colocar los costados y tapas.



Figura 4.14. El colado de las trabes se realiza con concreto de resistencia rápida, en este caso con un 80% de su resistencia nominal a las 14 horas con el fin de poder destensar al día siguiente y habilitar la siguiente línea de colado.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

3. La línea de producción de losas alveolares que para el caso específico de este proyecto se trata de losa Spancrete™ se implementó desde hace algunos años y cuenta con tres pistas con longitud efectiva de 200 metros lineales cada una y ancho estándar de 2.40 m. Su rendimiento de colado es de 1200 ml por semana, aunque considerando que el ancho de las losas requeridas para este proyecto es de solo 1.20 m, se puede colocar una frontera a la mitad de la pista con el fin de duplicar el rendimiento. El proceso de fabricación de losas Spancrete se puede observar en las figuras de la 4.15 a la 4.19.



Figura 4.15. Las líneas de colado de losas alveolares están habilitadas exprofeso para esta actividad, la primera actividad para el colado de la línea es la colocación y tensado de los cables de presfuerzo a todo lo largo de la línea.

**PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO
A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.**



Figuras 4.16 y 4.17. Una vez ajustado el presfuerzo la maquina extrusora cuela toda la longitud de la cama (en este caso 200 m), al final se realizan los cortes en la losa para obtener losas de las dimensiones requeridas.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



Figura 4.18. Una vez alcanzado el fraguado se realizan los cortes para obtener las longitudes requeridas de proyecto.



Figura 4.19. Una vez realizados los cortes, se procede a la etiquetación de acuerdo a sus dimensiones y posición que ocupara en la obra, se transportan las losas hasta el sitio de almacenaje listas para su embarque.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PREFORZADOS DE CONCRETO.

En la figura 4.20 se muestra el programa de fabricación de columnas, trabes y losas en líneas independientes, lo que nos permite optimizar los tiempos de fabricación. La siguiente hoja de cálculo (figura 4.20) esta programada para emitir las semanas necesarias de producción en función de las longitudes de las líneas y de las cantidades de elementos requeridos.

GENERALES																DEL AÑO 2012														
PROYECTO DE PRESUPUESTOS Y CONCURSOS																1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
GERENCIA DE PRESUPUESTOS Y CONCURSOS																PERIODO ESTABLECIDO POR EL CLIENTE														
PROGRAMA FABRICACION PLANTA																12	1	CONSECUTIVAS												
Proyecto: DP-11-07-223-IE3RB-PE3RB																CONSECUTIVAS														
Ubicación: CIUDAD DE MEXICO																CONSECUTIVAS														
Codigo: E3RG																CONSECUTIVAS														
Fecha: 15 de marzo de 2012																CONSECUTIVAS														
Periodo establecido Solicitud: 12 Semanas																CONSECUTIVAS														
Semana Inicio: 1																CONSECUTIVAS														
PRELIMINARES																CONSECUTIVAS														
FORMA DE CONTRATO Y ENTREGA DE ANTICIPO																CONSECUTIVAS														
ORDEN DE TRABAJO																CONSECUTIVAS														
ESTRUCTURA PREFABRICADA																CONSECUTIVAS														
INDICACION DE MATERIALES																CONSECUTIVAS														
INGENIERIA DE TALLER																CONSECUTIVAS														
IMPLEMENTACIONES																CONSECUTIVAS														
FABRICACION ELEMENTOS																CONSECUTIVAS														
DESCRIPCION																CONSECUTIVAS														
SECCION																CONSECUTIVAS														
TORONES																CONSECUTIVAS														
CANTIDAD (PZAS)																CONSECUTIVAS														
RANGO DE LONGITUD																CONSECUTIVAS														
PLANTA DE FAB.																CONSECUTIVAS														
UBICACION DE LINEA DE PROO.																CONSECUTIVAS														
LONG. LINEA DE PROO.																CONSECUTIVAS														
PZAS POR LINEA																CONSECUTIVAS														
No. DE LINEAS																CONSECUTIVAS														
LINEAS POR SEMANA																CONSECUTIVAS														
PZAS POR SEMANA																CONSECUTIVAS														
SEMANAS NECESARIAS																CONSECUTIVAS														
SEMANA DE INICIO																CONSECUTIVAS														
SEMANA DE TERMINO																CONSECUTIVAS														
67%																CONSECUTIVAS														
17%																CONSECUTIVAS														
10%																CONSECUTIVAS														
6%																CONSECUTIVAS														

Figura 4.20. Programación para la fabricación de elementos prefabricados de acuerdo a sus tipos (nótese que las trabes, columnas y losas se manejan en líneas independientes por lo que se puede iniciar su fabricación simultáneamente).

IV.2. CIMENTACIÓN.

El diseño de la cimentación requiere el conocimiento de factores como: (a) La carga que será transmitida por la superestructura a la cimentación; (b) los requisitos del reglamento local de construcción; (c) el comportamiento esfuerzo-deformación de los suelos que soportarán el sistema, (d) las condiciones geológicas del suelo y (e) las características del material con que se diseñara la cimentación. Siempre será importante tomar en cuenta el aspecto económico y el tiempo de construcción al momento de elegir el sistema más adecuado para nuestra estructura.

En el capítulo iii en el subtema de “Estudios previos” se hizo referencia al estudio de mecánica de suelos en donde podemos observar los resultados obtenidos de los sondeos correspondientes mediante los perfiles estratigráficos, con estos estudios y con los datos de bajadas de carga obtenidos del proyecto estructural se definió la solución para la cimentación por medio de pilas.

Se proyectaron 14 pilas tipo P-1 de las cuales se puede observar el armado de la pila, su geometría, los materiales a emplear (básicamente acero de refuerzo con un $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ y concreto de resistencia $f'_c = 300 \text{ kg/cm}^2$ y una longitud de 13.55 m que aunado al dado de conexión nos da una longitud total de 15.10 m de profundidad con referencia al nivel de terreno natural.

Una vez definida la solución que se muestra en la figura 4.16 para la cimentación se realizaron las siguientes actividades:

- a) Se realizó trazo para la ubicación de las 14 pilas.
- b) Se procedió a perforar hasta la profundidad indicada por el estudio de mecánica de suelos, en este caso 15.10 m a partir del nivel de terreno natural.
- c) Se colocó ademe metálico por medio de un tubo de 5 cm más grande que el diámetro de la pila.
- d) Una vez que se además la perforación, se realizaron los trabajos de lanzamiento del armado de la pila cumpliendo con el calzado de armado mediante “pollos” plásticos para cumplir con el recubrimiento mínimo de 5 cm indicado en proyecto.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

- e) Se realizó el colado de la pila mediante el sistema de tubería tremie (el cual evita la segregación del concreto durante la caída) con el concreto de resistencia especificada.
- f) Una vez alcanzado el nivel tope de colado de pila se procedió al retiro de la tubería tremie así como del ademe metálico.

Una vez concluido los trabajos de colado de las pilas se procedió a la colocación del accesorio “placa niveladora” la cual tiene la función de recibir el perno nivelador que viene ahogado en la columna prefabricada para poder alinear verticalmente este último elemento.

En las figuras de la 4.17 a la 4.20 se observan los trabajos de construcción de pilas de cimentación del proyecto en estudio.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PREFORZADOS DE CONCRETO.

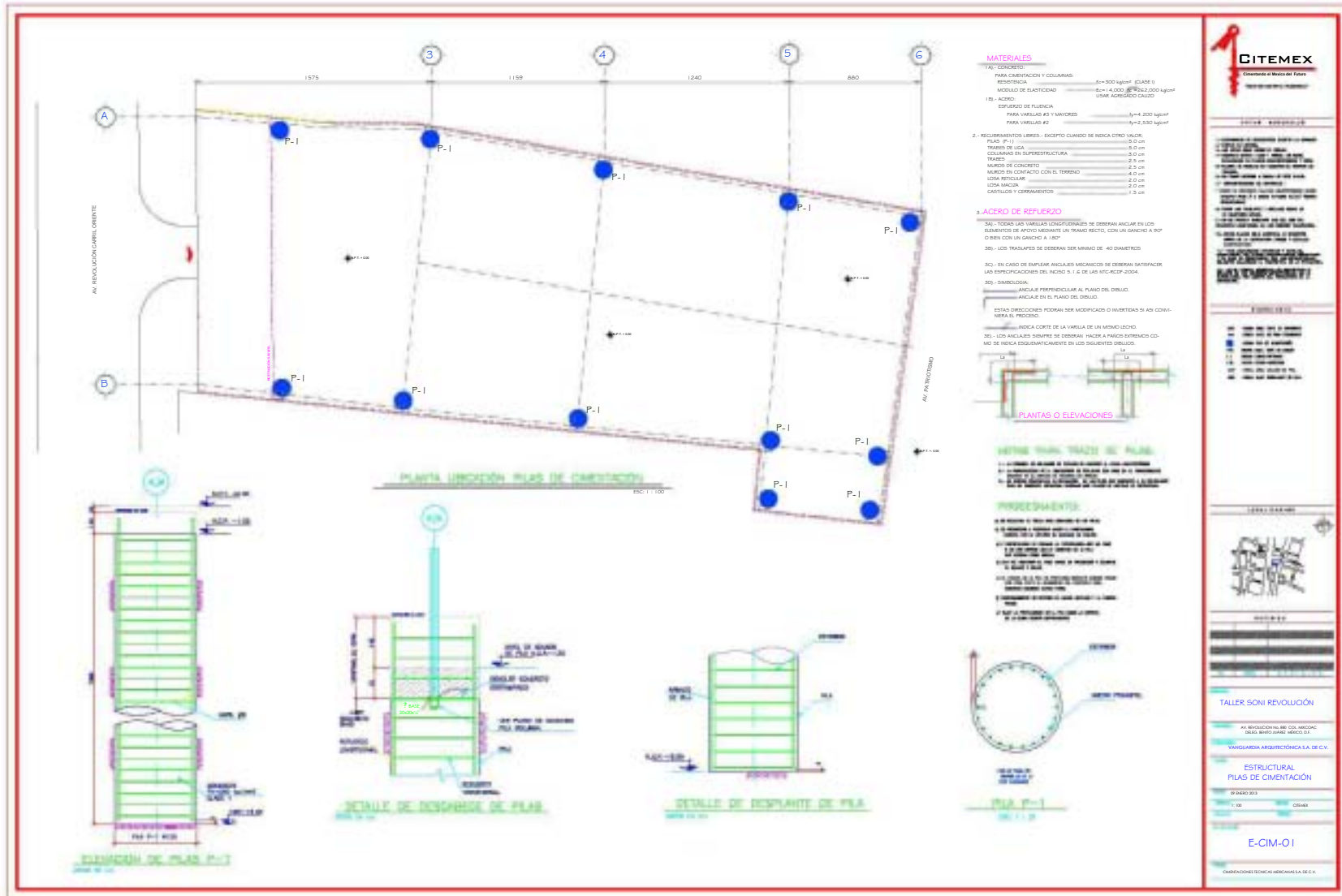


Figura 4.16. Planta con ubicación de pilas y diseño de las mismas.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



Figura 4.17. Trabajos de armado de acero de refuerzo para pila de 1.20 m de diámetro.



Figura 4.18. Trabajos de perforación de pila. Proyecto: taller Soni Revolución.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



Figura 4.19. Perforación realizado de 1.30 m de diámetro y 15.50 m de profundidad.

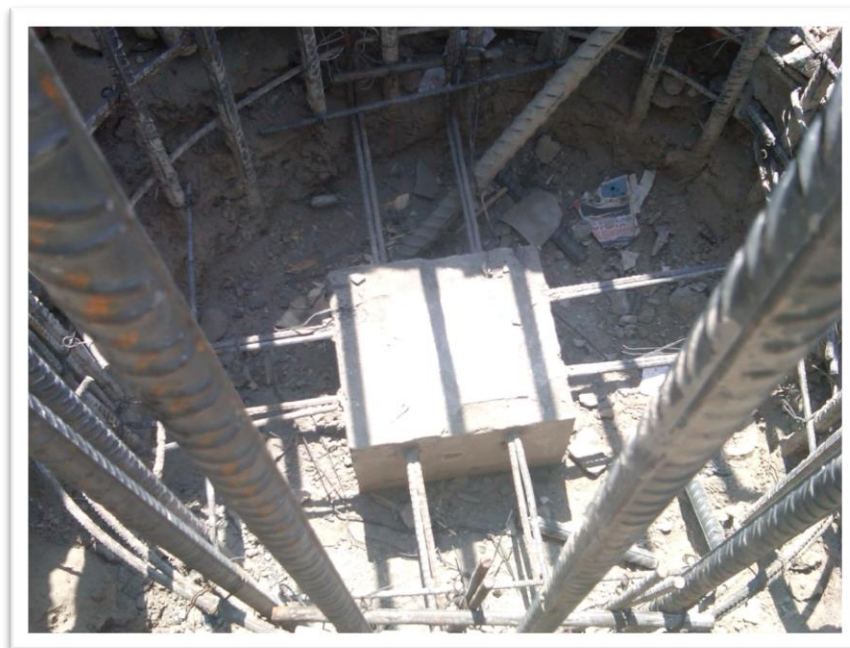


Figura 4.20. Pila ya colada con accesorio para recibir columna prefabricada.

IV.3 TRANSPORTE Y MONTAJE.

Al seleccionar el proceso constructivo a utilizar en un proyecto es necesario la correcta evaluación del transporte., en gran medida, del resultado de esta evaluación se decide si los elementos son fabricados en planta Fija, planta móvil o si se fabrica a pie de obra.

La incidencia del costo del transporte en el costo total de la obra es directamente proporcional a la distancia por recorrer y a la complejidad del flete. En condiciones normales, es aceptable que una obra que este a menos de 350 km tenga un costo por transporte de entre el 10 y el 20% del costo total de los elementos prefabricados (columnas, travesaños y losas).

Al transportar las piezas prefabricadas deben de estar apoyadas exclusivamente en los puntos considerados desde el diseño, de lo contrario, pueden sufrir daños. Así mismo, en caso de formar estibas los apoyos de las camas superiores deben de coincidir perfectamente con los de las camas inferiores para evitar distribuciones de esfuerzos y momentos distintas de las consideradas en el análisis. Al colocar las piezas en las unidades de transporte se deben apoyar sobre elementos de madera o apoyos especialmente diseñados para ello.

Lo más común es que los elementos prefabricados estén diseñados para apoyarse simplemente en sus extremos; sin embargo, por maniobrabilidad en el transporte, en ocasiones se requiere meter hacia adelante el patín trasero o colocar el apoyo posterior en voladizo. Al hacer esto, se genera un momento negativo que, sumado al que genera el presfuerzo, debe ser contrarrestado con acero de refuerzo ordinario.

En el caso de este proyecto en particular se realizó un análisis de transporte con un formato en hoja de cálculo programado exprofeso para esta actividad, lo que nos permite observar de manera objetiva las condiciones de cantidad de fletes y peso por viaje (índice de peso por viaje) en las que serían transportados los elementos prefabricados, esta información nos indica que tan eficiente es nuestra propuesta, ya que en general los transportes más comunes (plataformas regulares de 2.40 m de ancho y hasta 12 m de longitud y ajustables de 2.40 m de ancho y hasta 18 m de longitud) transportan un promedio de 22 ton (de acuerdo a la NOM-040-SCT.2-212 publicada el miércoles 20 de marzo del 2013 en el diario oficial de la federación, figura 4.21) en el área metropolitana, por lo que se busca que el índice de peso por viaje sea lo más cercano a este valor para que nuestro costo sea el más bajo posible.

**PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO
A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.**

TABLA "G"

CARGA MÁXIMA PERMITIDA POR LLANTA Y EJE PARA LAS COMBINACIONES VEHICULARES

TIPO DE EJE	No. DE LLANTAS	CARGA POR LLANTA (TONELADAS)	CARGAS POR EJE TIPO (TONELADAS)	
			POR EJE	TOTAL
SENCILLO	2	3.30	6.60	6.60
SENCILLO	4	2.75	11.00	11.00
SENCILLO	8	2.75	22.0	22.00
DOBLE O TANDEM	8	2.75	11.00	22.00
DOBLE O TANDEM	16	2.75	22.00	44.00
TRIPLE O TRIDEM	12	2.75	11.00	33.00
TRIPLE O TRIDEM	24	2.75	22.00	66.00
CUATRO O MAS EJES	8 POR EJE	2.25	18.00	VARIABLE
CUATRO O MAS EJES	12 POR EJE	2.25	27.00	VARIABLE

17.1 Figuras de combinaciones vehiculares especiales.

17.1.1 En caso de tracto camiones, semirremolques, remolques y patines el número arábigo indica el número de ejes de cuatro (4) llantas por eje, el número romano indica el número de ejes de ocho (8) llantas por eje.

17.1.2 En caso de módulos, el número arábigo indica el número de ejes de ocho (8) llantas por eje, el número romano indica el número de ejes de doce (12) o más llantas por eje.

17.1.3 Las figuras que se muestran a continuación son ilustrativas.

T3S2 y T3SII



T3S3 y T3SIII



T3SIV



T3SV



Figura 4.21. Relación de carga por eje que permite la Secretaría de Comunicaciones y Transportes transitar por las carreteras en México de acuerdo a la NOM-040-SCT.2-212 publicada el miércoles 20 de marzo del 2013 en el diario oficial de la federación.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PREFORZADOS DE CONCRETO.

En la figura 4.22 observamos el cálculo de fletes por tipo y longitud por medio de tablas dinámicas que nos ofrecen las hojas de cálculo como Excel.

TIPO DE PRODUCTO		GENERO	PRODUCTO	ANCHO MÁXIMO (CM)	PERALTE	TIPO SEGUN DANTE	LONGITUD	VOLUMEN DE DANTE	CANTIDAD DE ELEMENTOS	PRODUCTO ESTEREALE	ESPEA A MANA	PUNOS	FACTOR DE MEMBRA	PEGO	ELEMENTOS POR VALA CORTADO PISO	ELEMENTOS POR VALA CORTADO ANCHO	ELEMENTOS POR VALA CORTADO LONGITUD	ELEMENTOS POR VALA	TIPO DE TRANSPORTAR	800/10	120/270
REGULAR	47.07 vjes	486	COLUMNA RECTA	80	80	COLUMNA 80-80	28.13	18.304	17	17	230	0.00	47.07	1	0	0	0	0	DOLLY	120000	571.0000
REGULAR	23.95 vjes	381	LOSA SPANCRETE	120	15	3-8000-120	2.2818	0.87200618	11	11	230	1.84	1.86	11	14	14	11	11	REGULAR	6000	1.6000
REGULAR	14.30 vjes	42	PORTANTE	120	15	7-2000	0.8897733	0.33333333	11	11	230	1.84	1.88	11	14	14	11	11	REGULAR	6000	1.6000
REGULAR	8.62 vjes	63	RIGIDEZ	120	15	7-2000	0.8897733	0.33333333	11	11	230	1.84	1.88	11	14	14	11	11	REGULAR	6000	1.6000
EXTENDIBLE	21.00 vjes	36	LOSA SPANCRETE	120	15	7-2000	0.8897733	0.33333333	11	11	230	1.84	1.88	11	14	14	11	11	REGULAR	6000	1.6000
EXTENDIBLE	21.00 vjes	36	PORTANTE	120	15	7-2000	0.8897733	0.33333333	11	11	230	1.84	1.88	11	14	14	11	11	REGULAR	6000	1.6000
DOLLY	12.0 vjes	12	LOSA SPANCRETE	120	15	7-2000	0.8897733	0.33333333	11	11	230	1.84	1.88	11	14	14	11	11	REGULAR	6000	1.6000
DOLLY	12.0 vjes	12	COLUMNAS	120	15	7-2000	0.8897733	0.33333333	11	11	230	1.84	1.88	11	14	14	11	11	REGULAR	6000	1.6000
(en blanco)																					
Total general		80.07																		534	

Figura 4.22. Tabla dinámica en Excel formulada ex profeso para el cálculo de viajes y sus tipos, este formato admite las dimensiones de los elementos, las cantidades de los mismos y con esos datos calcula la cantidad y tipo de transporte requeridos.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PREFORZADOS DE CONCRETO.

En esta ampliación de la figura 4.22 observamos, como se comentó en párrafos anteriores, que el índice de peso por viaje es cercano a las 22 ton que marca la norma para plataformas comunes, incluso se puede observar que rebasamos este parámetro, el motivo es porque las columnas por sus dimensiones y peso requieren un transporte especializado (Dolly direccional) que puede transportar un rango mayor de peso, lo que hace que nuestro índice suba.

DOCUMENTO No.

GERENCIA DE CONCURSOS Y PRESUPUESTOS

INTEGRADOR DE CANTIDAD DE VIAJES DE PREFABRICADOS

PROYECTO : DP-11-07-223-IE3RG-PE3RG TALLER SONI

RESUMEN DE FLETES DE PROYECTO

INDICE



23.38 ton/viaje

TIPO DE TRANSPORTE	GENERO	CANTIDAD DE VIAJES	CANTIDAD DE ELEMENTOS
REGULAR		47.07 vjes	486
	LOSA SPANCRETE	23.95 vjes	381
	PORTANTE	14.50 vjes	42
	RIGIDEZ	8.62 vjes	63
EXTENDIBLE		21.00 vjes	36
	PORTANTE	21.00 vjes	36
DOLLY		12.0 vjes	12
	COLUMNAS	12.0 vjes	12
(en blanco)			
	(en blanco)		
Total general		80.07	534

Figura 4.23. Ampliación de la figura 4.22.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

La siguiente secuencia de imágenes nos muestran las maniobras de transporte de cada uno de los elementos prefabricados desde la planta de producción hasta el sitio donde se realizarían los trabajos de montaje (figuras 4.24 a 4.29).



Figura 4.24. Transporte de columna sección 80 x 80 x 28.00 m de longitud en carga especializada (en este caso combinación low_boy-dolly con capacidad de transportar hasta 100 toneladas. Proyect: Taller Soni Revolución.



Figura 4.25. Maniobras de entrada por avenida Patriotismo de la columna prefabricada en el predio en el que será montada en su posición final.

**PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO
A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.**



Figura 4.26. Embarque de losas alveolares en nave de producción planta Tecámac. Proyecto: Taller Soni Revolución.



Figura 4.27. Transporte de losas alveolares en carga tipo full (2 plataformas regulares 2.40m x 12.00 m). Proyecto: Taller Soni Revolución.

**PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO
A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.**



Figuras 4.28 y 4.29. Transporte de traves en carga tipo plataforma regular de 2.40 m x 12.00 m. Proyecto: Taller Soni Revolución.

MONTAJE.

En las obras prefabricadas, el montaje oscila entre el 10 y el 30 % del costo total de la obra. En términos generales, mientras mayor sea el volumen de la obra, menor será el costo relativo del montaje. Sin embargo, hay que considerar que los equipos de montaje por ser especializados y generalmente de gran capacidad tienen costos horarios elevados, por lo que resulta indispensable una buena planeación de todas las actividades.

Para la elección adecuada de los equipos de montaje hay que considerar entre otras cosas, que la capacidad nominal con la que se le denomina comercialmente a una grúa es la carga máxima que soportará pero con el mínimo radio y la menor altura. Es obvio que la capacidad nominal de una grúa siempre tendrá que ser mayor que la carga más grande a mover. Esta capacidad disminuirá proporcionalmente a la distancia a lanzar el elemento a partir del centro de giro de la grúa y a la altura a levantarlo.

Los rangos de capacidad se basan en condiciones ideales, como lo son:

- 1) Nivel de piso firme.
- 2) Viento en calma.
- 3) No llevar la carga lateralmente ni balanceándose.
- 4) Buena visibilidad.
- 5) La máquina debe estar en buenas condiciones, que no tenga miembros estructurales ni dañados ni fatigados y debe estar equipada como “recién salida de fábrica”.

También es importante considerar que las grúas de mediana y gran capacidad (mayores de 45 ton) tienen en sí mismas exceso de peso y dimensiones, por lo que su traslado y acceso a las obras en ocasiones resulta imposible o incosteable.

Para el caso específico de este proyecto se revisaron las condiciones de montaje mediante una visita al predio donde se ejecutaría la obra para identificación de accesos y posibles interferencias, se detectaron líneas de alta y media tensión del lado de av. Revolución por lo que se optó por realizar el acceso del lado de Av. Patriotismo. Una vez verificada la factibilidad del acceso de los equipos al predio se estudió la capacidad necesaria de las grúas para realizar dicha actividad, resultando que el elemento más desfavorable o crítico (que es el que rige los equipos a utilizar) serían las columnas, partiendo de esa premisa se elaboró el análisis que se ilustra en la figura 4.30, 4.31 y 4.32.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PREFORZADOS DE CONCRETO.

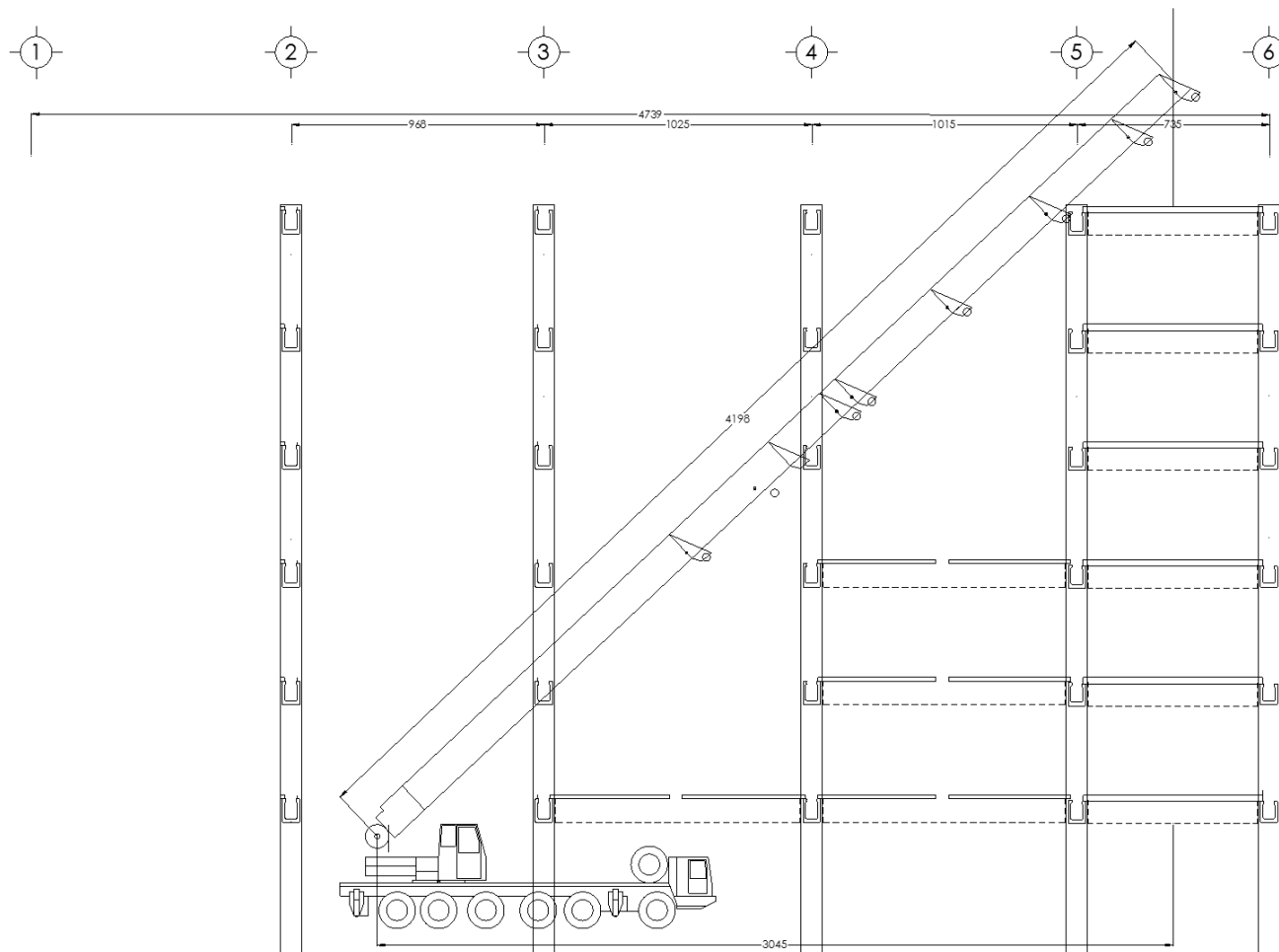



Figura 4.30. En el diagrama se observa la condición más desfavorable que se presentaría para los trabajos de montaje de traveses y losas, en este caso se diseñó el montaje para salir por el lado del eje 1 y la trabe más alejada pesa 11.50 ton, por lo que se necesita calcular el radio de giro (30.45 m) y la longitud de brazo necesaria (41.98 m) para poder estimar la capacidad del equipo para montar la estructura.


PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

Traglasten
Lifting capacities
Ferres de levage • Portate
Tablas de carga • Грузоподъемность


T




13,2 – 72 m



360°



72 l



EN

	13,2 m	17,7 m	22,2 m	26,7 m	31,3 m	35,8 m	40,3 m	44,8 m	49,3 m	53,8 m	58,3 m	62,8 m	67,3 m	72 m	
3	200	143												3	
3,5	142	133	125											3,5	
4	133	123	123	122	107									4	
4,5	125	115	115	115	105	85								4,5	
5	117	107	108	107	103	84	70							5	
6	105	95	95	94	94	82	69							6	
7	93	84	85	84	84	80	68	52	40					7	
8	82	76	76	76	76	76	66	51	38,5					8	
9	73	69	69	68	69	68	63	49	37	30,5				9	
10	62	62	63	62	63	62	59	47	35	29,3	24,4			10	
11			58	57	57	57	56	45	33	27,9	23,7	19,2		11	
12			53	53	53	52	53	43,5	31	26,4	22,8	18,8	15,6	12	
14			44,5	44,5	44,5	44	44,5	40	27,5	23,9	20,9	17,6	14,9	12,6	14
16			38	37,5	38,5	38	36,5	34	24,8	21,6	19,1	16,3	14,1	12,1	16
18			33	32,5	33	32,5	33	22,3	19,8	17,4	15,2	13,2	11,5	9,5	18
20				29	28,8	29,2	28,9	26,2	18	16	14,1	12,4	10,9	9	20
22				25,8	25,3	26,1	25,4	22,4	16,4	14,7	13,2	11,6	10,3	8,5	22
24				19,7	22,5	23,2	22,5	16,7	15,1	13,4	12,2	11	9,8	7,9	24
26					20,4	20,7	20,1	15,5	13,8	12,5	11,3	10,3	9,2	7,4	26
28					18	18,6	17,9	14,6	12,8	11,5	10,5	9,7	8,7	6,9	28
30						16,7	16,1	12,9	11,8	10,6	9,8	9,1	8,2	6,4	30
32						15,2	14,5	13,3	10,9	10	9,2	8,5	7,7	5,9	32
34							13,2	12,6	10,1	9,3	8,5	7,9	7,3	5,4	34
36							12	12,1	9,5	8,6	7,9	7,3	6,8	5,1	36
38								11,5	9	8	7,3	6,8	6,4	4,8	38
40								10,6	8,6	7,4	6,8	6,4	6,1	4,4	40
42									8,3	6,8	6,4	5,9	5,7	4,1	42
44									8	6,3	5,9	5,6	5,4	3,8	44
46									7,4	6	5,5	5,3	5,1	3,6	46
48										5,8	5,2	5	4,8	3,3	48
50											4,9	4,7	4,5	3	50
52											4,7	4,4	4,3	2,8	52
54												4,2	4,1	2,6	54
56												4	3,9	2,4	56
58												3,9	3,7	2,2	58
60													3,5	2,1	60
62													3,3	1,9	62
64														1,8	64
66														1,6	66

* nach hinten - over rear - en arrière - sul posteriore - hacia atrás - стелна повернута назад

TAB 1552401 / 1552408

Figura 4.31. Ficha técnica para revisión de cargas de equipos.

La tabla anterior es la ficha técnica para una grúa de 200 ton de capacidad (en este caso es una grúa todo terreno LTM-1200 5.1 de la marca Liebherr). Para saber si la capacidad de esta grúa es la adecuada necesitamos entrar a la tabla con dos datos: El radio de giro y la longitud de brazo. La columna de la izquierda nos muestra los radios de giro, en tanto que el renglón superior nos indica la longitud de brazo extendido., en la intersección de ambos datos podemos encontrar el tonelaje que levanta la grúa con dichas condiciones. En este caso de acuerdo a nuestro análisis la trabe más desfavorable pesa 11 ton, por lo que se observa que esta grúa es capaz de levantar hasta 13.30 ton, se puede concluir entonces que esta grúa es la adecuada para las maniobras de montaje.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

Una vez que se determinó la capacidad del equipo de montaje, se realiza el análisis del tiempo necesario para dichas maniobras, ya que el costo horario de los equipos es elevado, se debe de optimizar el proceso de montaje de elementos. Para el caso de esta estructura, conociendo las cantidades totales de columnas, trabes y losas y con los rendimientos que nos da la “experiencia” (rendimientos de obra) se realizó el siguiente análisis:


IMPULSORA TLAXCALTECA DE INDUSTRIAS, S.A. DE C.V.																
PROYECTO	Taller Soni Revolucion															
ESTADO	Ciudad de México															
AREA:	4,920 m2															
ANALISIS DE MONTAJE																
No.	Descripcion	Seccion	Peso (ton)	Longitud	Unidad	Cantidad	MI	m3/ml	m3/pza	Peso/pza (ton)	Min	Hrs	Tiempo	Tandem	Gruas	
1	Columnas	80/80	48.00	28.60	Pza	12	343		-	-	240.00	4.00000	48.00	\$ 12,500.00	150,000.00	
2	Trabes	66/90	11.08	16.85	Pza	141	2,376		-	-	30.00	0.50000	70.50	\$ 1,562.50	220,312.50	
3	Losas	120/10	1.18	5.80	Pza	381	2,210		-	-	12.83	0.21391	81.50	\$ 668.47	254,687.50	
									-	-				\$ -		
									-	-				\$ -		
									-	-				\$ -		
									-	-				\$ -		
													200.00	\$ 14,730.97	625,000.00	
						pzas	534									
	Tandem	Renta Mensual														
	1 G 200 ton	\$ 400,000.00														
	1 G 80 ton	\$ 225,000.00														
	Total	\$ 625,000.00			Renta Sem	No. Semanas	Importe	\$ /Hora	Total de Horas							
					\$ 156,250.00	4.00	\$ 625,000.00	\$ 3,125	200							

Figura 4.32. Tabla para el cálculo del periodo de tiempo requerido para el uso de los equipos.

De acuerdo a este análisis requerimos un total de 200 horas de equipo (1mes) para el montaje total de los elementos. Este análisis no contempla imprevistos como lo fue en este caso la clausura de la obra por parte de las autoridades hasta en dos ocasiones.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

La secuencia de figuras de la 4.33 a la 4.43 ilustran de manera gráfica el proceso constructivo para los trabajos de montaje de todos y cada uno de los elementos prefabricados, se puede observar como es necesario tener un avance de los trabajos en obra (cimentación) para poder iniciar con los trabajos de montaje de columnas prefabricadas, de igual manera se necesita tener por lo menos cuatro columnas prefabricadas montadas para poder dar inicio a los trabajos de montaje de tableros (trabes y losas), lo mismo sucede para los trabajos de colado de firme de compresión “in situ”, de esta manera se va formando la ruta crítica la cual es necesario tomar en cuenta para poder mitigar en forma adecuada los retrasos de obra.



Figura 4.33. Imagen que nos muestra la preparación que se deja en la pila de cimentación (placa niveladora) para el montaje y alineación de columna prefabricada.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



Figura 4.34. En esta imagen observamos las maniobras de izaje de las columnas de 28.60 m de longitud con sección de 80 x 80 cm.



Figura 4.35. Una vez izada la columna es recomendable retirar el equipo de transporte para poder bajar la columna a piso e insertar el perno de izaje en la cabeza de la misma.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



Figura 4.36. Después de revisar los niveles de la placa que recibirá la columna y la altura de esta última se puede ajustar la altura del perno en caso de así requerirse.



Figura 4.37. Una vez adecuados los niveles de placas y pernos, se coloca perno en la cabeza de la columna para el izaje y montaje de la columna.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



Figura 4.38. Para el caso de esta estructura se decidió que se montarían primero la totalidad de las columnas (14 piezas) para resolver el tema del poco espacio con que se contaba para su montaje.



Figura 4.39. Una vez alineada la columna verticalmente se procede al colado de su conexión con la cimentación.

**PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO
A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.**



Figura 4.40. Previo al montaje de las traves se deben colocar y nivelar las ménsulas metálicas temporales.



Figura 4.41. En esta imagen observamos los trabajos de izaje y alineación de las traves (portantes y rigidez) en las ménsulas metálicas.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PREFORZADOS DE CONCRETO.



Figura 4.42. En esta imagen se observan la conformación de los marcos una vez montadas las traves prefabricadas.



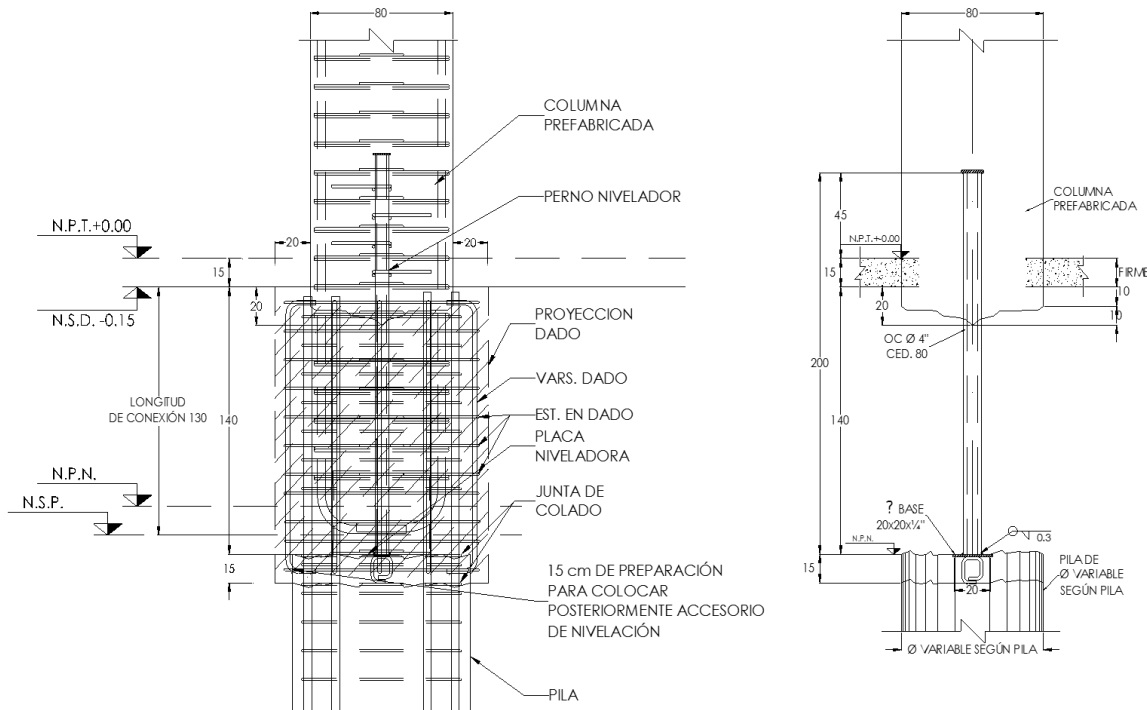
Figura 4.43. Una vez formados los marcos rígidos, se puede iniciar con los trabajos de montaje de losas. En este proyecto la logística fue montar tableros iniciando en el eje 6 para salir por el eje 1 en av. revolución ya que existían cables de alta tensión en av. patriotismo que interferían con el montaje.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

IV.4. CONEXIONES (COLUMNA-CIMENTACIÓN).

Las columnas prefabricadas requieren de conexiones con la cimentación que resistan la fuerza cortante y momentos flexionantes que actúan en la base de las columnas, en tanto que las zapatas y/o pilas toman la carga axial, de alguna manera se busca empotrar la columna para poder transmitir los cargas correspondientes a la cimentación. En el capítulo 2 se revisó de manera preliminar los tipos de conexiones de la columna a la cimentación más comunes en México.

Para el proyecto que nos ocupa se optó por utilizar el sistema de “dado de conexión” (el cual podemos observar esquemáticamente en la figura 4.44) por temas de costo y espacio en obra. De esta manera, se requiere que el contratista que realiza la cimentación deje una placa niveladora (figura 4.45) sobre la pila en la cual descansara el perno ahogado en la columna prefabricada como el que se observa en la figura 4.46, de tal manera que nos permita “cabecear” la columna para alinearla verticalmente.



PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



Figura 4.45. Después de colar la pila y una vez descabezada en la longitud recomendada, se coloca la placa niveladora y se realiza un colado secundario sobre la pila para que se pueda apoyar el perno de la columna sobre la misma.



Figura 4.46. En la imagen se puede observar el perno de nivelación que se deja ahogado en la columna prefabricada para poder nivelar y en su caso ajustar la altura (en longitudes pequeñas por imprecisiones de topografía).

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



Figura 4.47. Trabajos de armado complementario entre dado y columna prefabricada.



Figura 4.48. Trabajos de cimbrado en dado de conexión pila-columna.



Figura 4.49. El dado de conexión se cuela con concreto de resistencia rápida (80 % de la resistencia nominal a 72 horas), por lo que una vez colado el nodo la grúa de carga puede soltar la columna al día siguiente de haber sido montada.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

IV.5. CONEXIONES (ENTRE ELEMENTOS PRESFORZADOS).

El diseño inteligente y económico de las conexiones de elementos de concreto prefabricadas requiere de la comprensión integral del sistema, producción, montaje, diseño, tolerancias, los factores de carga y los requisitos del comportamiento de cargas de servicio.

El propósito principal de una conexión es el de transferir carga, restringir el movimiento y proporcionar estabilidad a la estructura. Para cualquier tipo de conexión, se presentaran transferencias de cargas de diferentes índoles, la conexión deberá diseñarse para soportar las sollicitaciones mecánicas de fuerza, ductilidad y detallado. En general para las estructuras prefabricadas de busca que las conexiones:

- Posibiliten que la estructura sea capaz de soportar las cargas lo antes posible.
- La ejecución de las uniones debe ser cómoda y de fácil ejecución.
- La mayor cantidad de los trabajos se ejecuta en planta y no en obra.
- Se deben considerar las etapas constructivas y los reglamentos vigentes.

Para el caso de este proyecto al estar las columnas diseñadas con “Nodo abierto”, se propuso un sistema de traveses portantes y de rigidez con los extremos con sección abierta en “U” (TPU y TRU) para poder dar continuidad al “Nudo” como se muestra en las figuras 4.50 y 4.51.

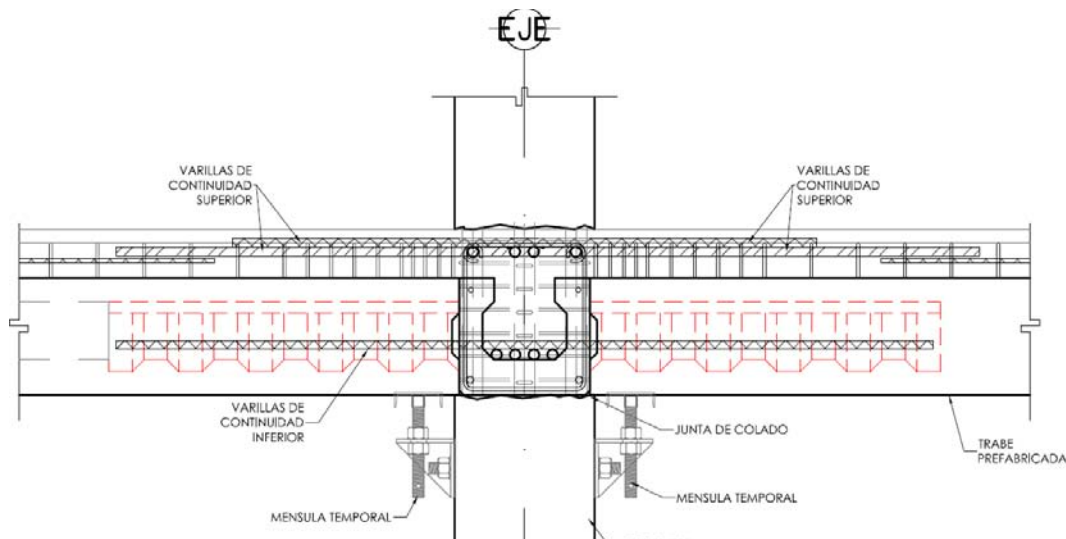


Figura 4.50. Corte a eje en donde se puede observar en color rojo la proyección de la sección “U” de las traveses (portantes y/o de rigidez)

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

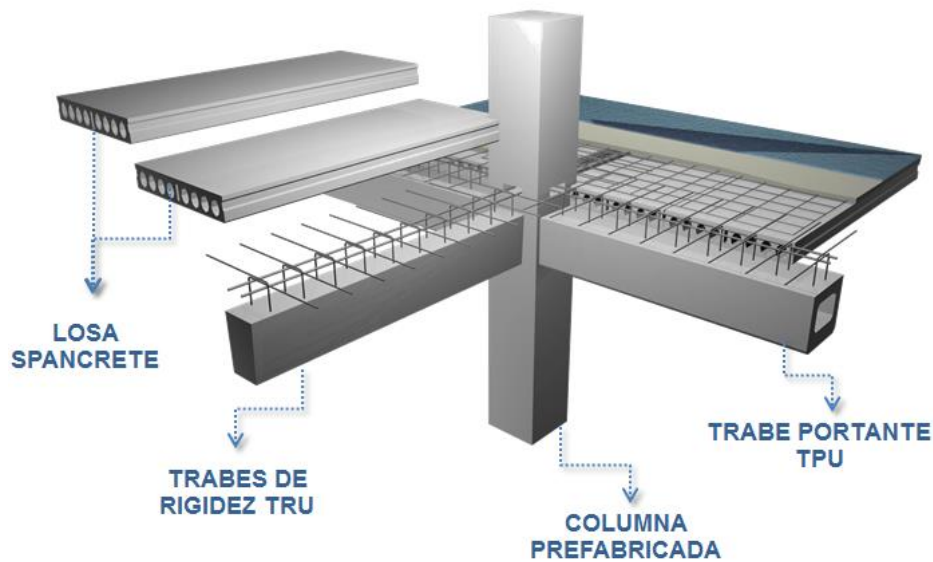


Figura 4.51. Esquema isométrico en la que se puede observar el proceso constructivo del nodo de conexión.

Una vez montadas las columnas y las traves que forman el tablero (pueden o no estar montadas las losas alveolares) se realiza el armado del “nodo” o “nudo” tanto con acero transversal de continuidad como con acero de cortante (estribos), se cimbra y/o calafatea el nodo y se realiza el colado del mismo con concreto de resistencia rápida para poder cargar lo más rápido posible el tablero. Las figuras de la 4.52 a la 4.58 ilustran el proceso en comento.



Figura 4.52. En esta imagen se alcanza a observar el “nudo” de conexión que se forma al montar las traves sobre las columnas prefabricadas. Previo a su colado se debe realizar un armado de “continuidad”.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



Figura 4.53. En estas imágenes se observa el armado de continuidad superior en las secciones "u" de las trabes.

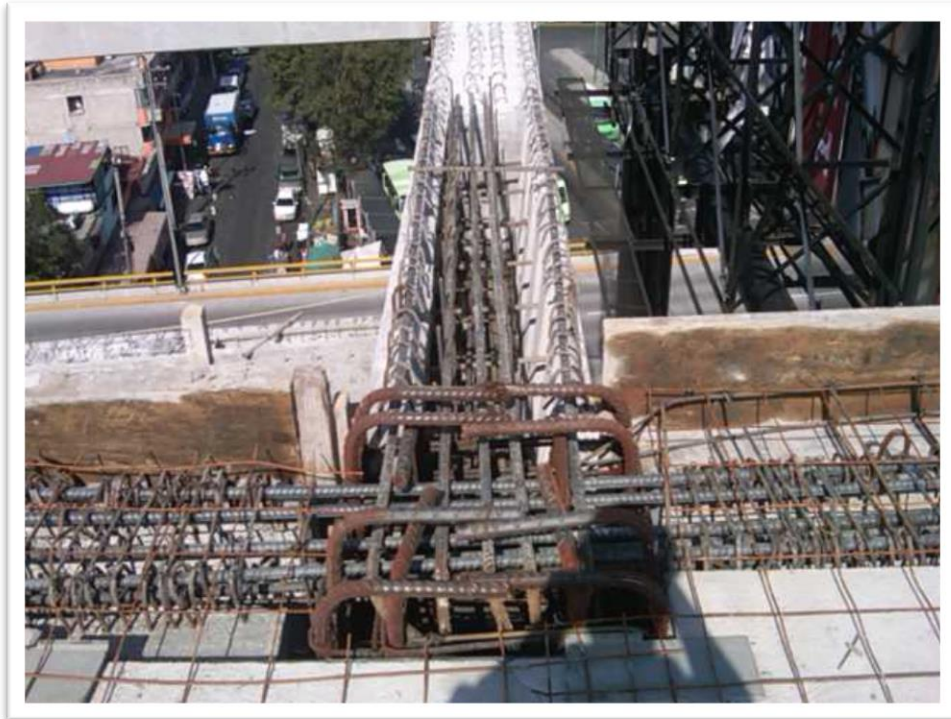


Figura 4.54. Como se observa en esta imagen el acero de continuidad pasa a través del nodo de la columna para conectarse con la siguiente trabe.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

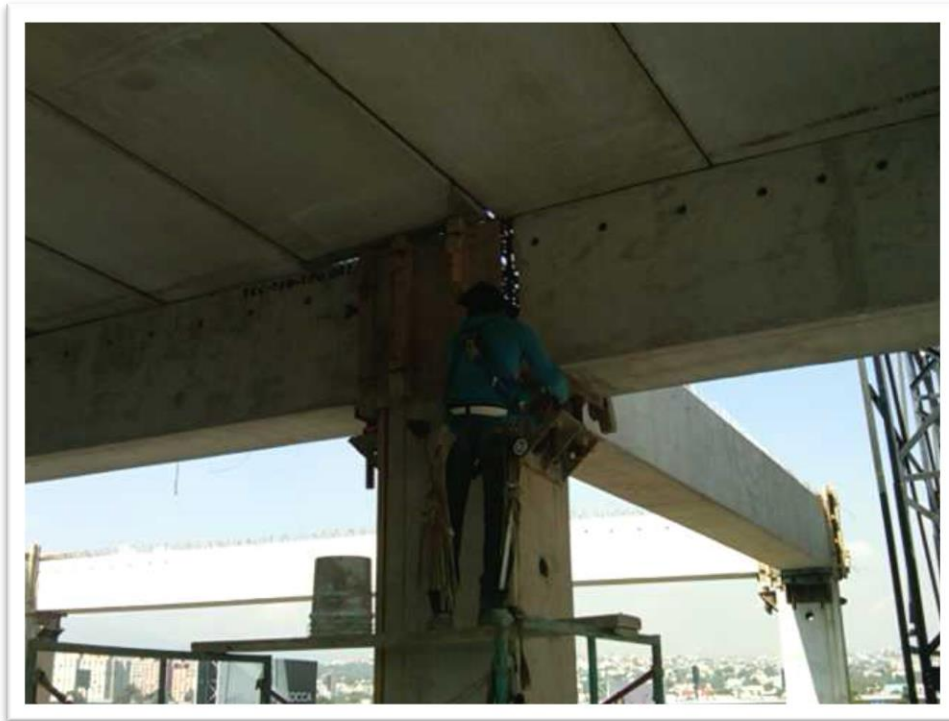


Figura 4.55. Trabajos de cimbrado y calafateo de nodo de conexión trabe-columna.



Figura 4.56. Debido a que el nodo de conexión trabe-columna se cuela con concreto de resistencia rápida (80 % de la resistencia nominal a las 72 horas) las ménsulas metálicas se pueden retirar una vez alcanzado ese periodo.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



Figura 4.57. Adicionalmente por el hueco que se observa en la columna pasan las barras de acero de refuerzo de continuidad superior trabe-columna.



Figura 4.58. En esta imagen se observa el “nudo” ya colado, los huecos que se observan se cuelean en una segunda etapa junto con el firme de compresión.

IV.6. OBRA COMPLEMENTARIA.

Para completar la edificación de nuestra estructura solo falta realizar algunos trabajos que por su naturaleza se deben elaborar "in situ", como lo son los junteos entre losas alveolares, los firmes de compresión, los colados complementarios o de ajuste (zonas o huecos pequeños que no se alcanzan a cubrir con las losas prefabricadas como se observa en la figura 4.59) y por último pero no menos importante la limpieza final de la estructura.

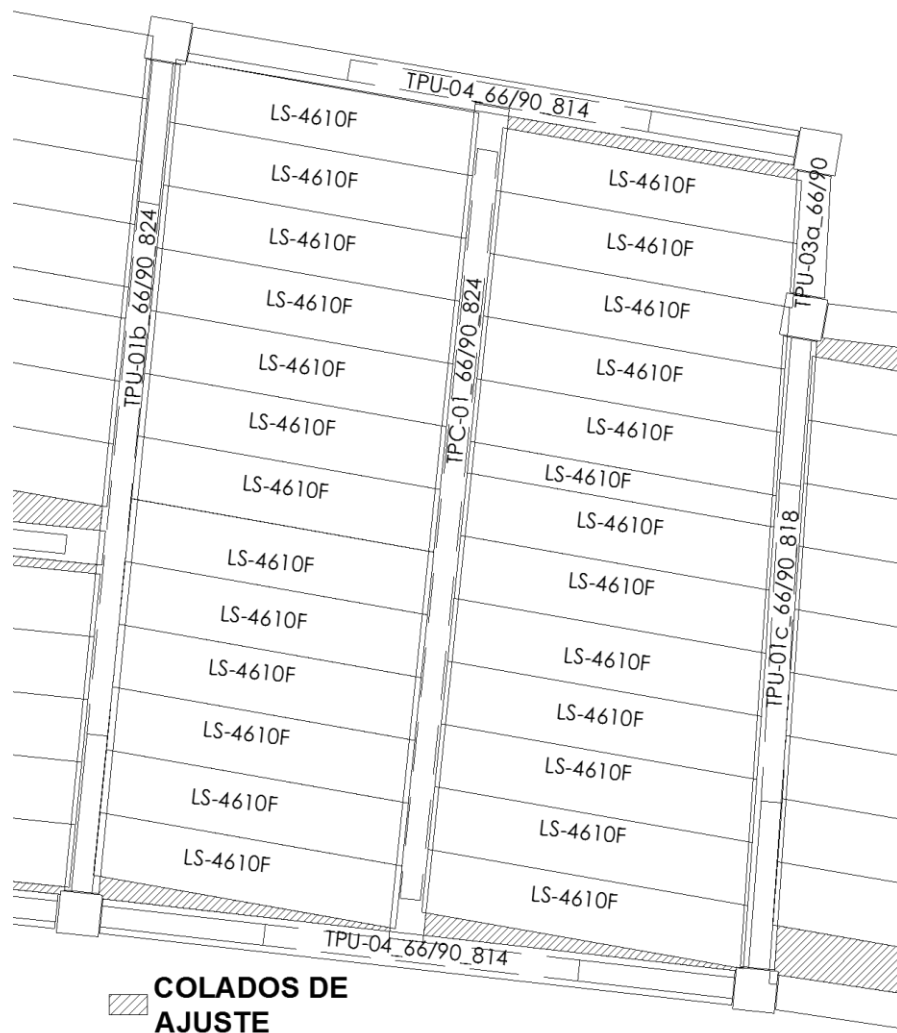


Figura 4.59. En esta figura podemos observar la estructuración de un tablero tipo, la zona achurada corresponde a huecos que la losa pretensada no alcanza a cubrir por lo que es necesario hacer esos colados de ajuste en obra.

JUNTEO ENTRE LOSAS ALVEOLARES. Esta actividad se realiza debido a que entre las losas alveolares existe una junta (o llave de cortante) cuya función es que las losas puedan trabajar en conjunto, se rellena con mortero una vez que las losas han sido montadas.

COLADOS DE AJUSTE. Se trata de áreas pequeñas que la losa prefabricada no puede cubrir por diferentes circunstancias, como que el tablero no sea exactamente cuadrado, por la geometría del terreno o en general por las necesidades del proyecto (recordar que el punto fuerte del prefabricado es la estandarización de los elementos, por lo que estos huecos por temas de costo es preferible colarlos "in situ"). Para tal efecto se deben realizar trabajos de cimbra y como los huecos son pequeños está se puede sostener del mismo armado que se utilizará para reforzar este colado, por simplicidad este colado se realiza monólicamente con el colado del firme de compresión.

FIRME DE COMPRESIÓN. Una vez que se ha realizado el montaje de la losa prefabricada y colocado el acero de refuerzo de continuidad sobre las trabes se puede dar inicio a los trabajos de firme de compresión, los cuales requieren una malla electrosoldada serie 6x6-8/8 la cual debe estar calzada ya sea con silletas plásticas, silletas de acero de desperdicio y/o pollos de concreto que garanticen el correcto posicionamiento de la malla.

Otro tema importante en todo firme o losa son los cortes de contracción, el adecuado diseño en la separación de estos cortes evitara los agrietamientos en el firme cuanto la estructura ya se encuentre en servicio. Los detalles y recomendaciones para el colado del firme aparecen en la figura 4.60 de la siguiente página.

LIMPIEZA Y ACABADO. Por último es importante la limpieza final de la obra y el detallado de los elementos prefabricados que pudiesen haber sufrido algún despostillamiento durante los procesos de transporte y/o montaje. Así mismo debemos recordar que en las columnas prefabricadas existen orejas de izaje que al momento de ya estar montadas no tienen utilidad alguna, por lo que una vez concluido este proceso se cortan y se debe detallar las marcas en la superficie que quedaron por dicho corte.

Todos los trabajos que se mencionaron líneas arriba se ilustran en las figuras de la 4.61 a la 4.68.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PREFORZADOS DE CONCRETO.

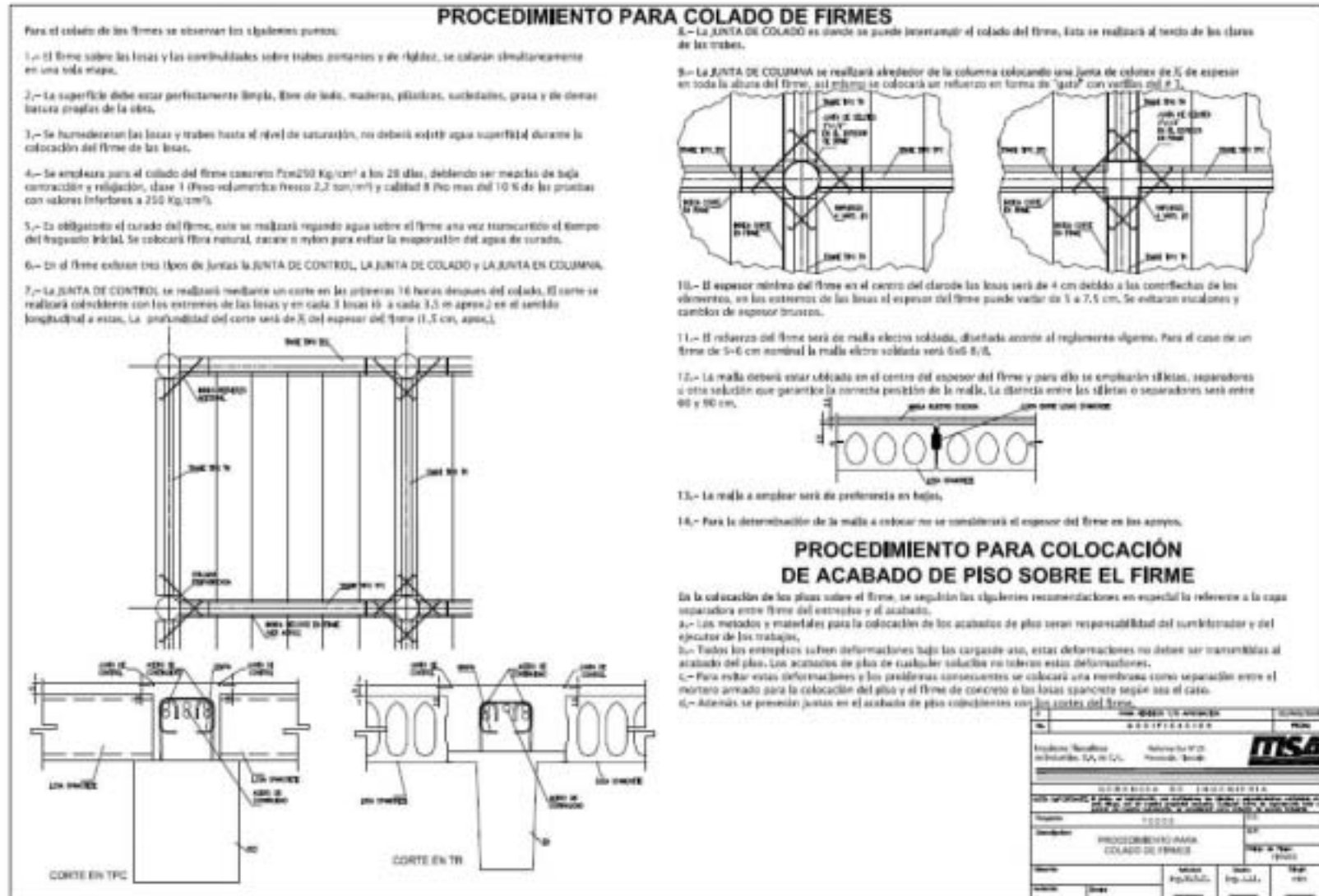


Figura 4.60. En el plano se incluye el procedimiento para el colado de firmes de compresión, se detallan las recomendaciones en cuanto a cortes para las juntas de control las cuales evitaran el agrietamiento del firme durante su vida útil.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



Figura 4.61. Una vez colocadas las losas alveolares en su posición final se realizan los trabajos de junteo (que no es otra cosa que el relleno de las llaves de cortante con mortero cemento-arena).



Figura 4.62. La función del colado de llave de cortante o "Junteo" es que las losas trabajen en conjunto.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



Figura 4.63. En esta imagen se observan los trabajos de armado del acero de refuerzo en las zonas que por su geometría no se alcanzan a cubrir con losa alveolar (colados de ajuste).



Figura 4.64. Imagen de otro colado de ajuste ya cimbrado. El colado se realiza monolíticamente con el firme de compresión.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



Figura 4.65. Durante la colocación de la malla electrosoldada se calza con silletas plásticas para ubicarla en el lecho donde se necesita el refuerzo.



Figura 4.66. Una vez colocada y anclada la malla se realiza el colado del firme, regularmente se manejan espesores de 6 a 7 cm para cubrir las contraflechas de las losas.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.



Figura 4.67. Los cortes o juntas de contracción son importantes porque evitan las grietas en el firme de compresión.



Figura 4.68. Por último, se realiza el acabado en los elementos prefabricados y la limpieza general de toda la obra.

IV.7. PRESUPUESTO.

El aspecto financiero es el decisivo para la toma de decisión del procedimiento constructivo a emplear, se debe de tomar en cuenta tanto el costo de las diferentes alternativas como los tiempos de ejecución de las mismas.

El costo de nuestra estructura está en función del tiempo de ejecución, el costo del dinero para la inversión, tiempo para recuperar la inversión, costo de las horas hombre y se puede deducir desde aquí que la obra prefabricada siempre será la más rentable ya sea pretensada o postensada debido a que se puede poner en funcionamiento la estructura en un tiempo menor que si se utilizara el método tradicional de colado "in situ".

Es conveniente dependiendo del sistema que estemos proponiendo para nuestra estructura, tener conocimiento de costos paramétricos (por m²) de los sistemas más comunes en el mercado contra los cuales está compitiendo nuestra propuesta, de esta manera se pueden resaltar las ventajas de cada sistema y defender en nuestro caso, el sistema de piso que estamos tratando de vender.

Una vez que el cliente muestra interés en el sistema de entrepiso prefabricado se solicitan planos arquitectónicos para revisar las necesidades básicas del proyecto (se analiza la mejor opción entre los diferentes sistemas de entrepiso que se revisaron en el capítulo ii) y generalmente se tienen dos etapas antes de cerrar contrato:

- 1) Se integra una propuesta económica de forma paramétrica con costos históricos de las obras ya ejecutadas con el mismo sistema, dicha propuesta es presentada al cliente, el cual decide seguir o no adelante con el sistema.
- 2) La segunda etapa es de cierre, una vez que el cliente tomó la decisión de construir su proyecto por medio del sistema de entrepiso prefabricado, se realiza el proyecto estructural a detalle y se afina el presupuesto con los costos actuales de mercado.

Es importante definir un "proforma" para la integración de las propuestas económicas y/o presupuesto para minimizar las omisiones de conceptos de trabajo debido a que esta propuesta servirá en algún momento para poder controlar la obra cuando ya se encuentre en ejecución, en nuestro caso se integra el catálogo con las siguientes partidas:

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

EJEMPLO DE PROFORMA DE INTEGRACION DE PROPUESTA (PARTIDAS).

1. FABRICACIÓN DE ELEMENTOS PREFABRICADOS
 - 1.1. COLUMNAS
 - 1.2. TRABES
 - 1.3. LOSAS
 - 1.4. ACCESORIOS
2. TRANSPORTE PREFABRICADOS A OBRA.
 - 2.1. COLUMNAS
 - 2.2. TRABES
 - 2.3. LOSAS
3. MONTAJE DE ELEMENTOS PREFABRICADOS
 - 3.1. COLUMNAS
 - 3.2. TRABES
 - 3.3. LOSAS
 - 3.4. ACCESORIOS TEMPORALES Y APUNTALAMIENTOS
4. CONEXIONES.
 - 4.1. COLUMNA CIMENTACIÓN.
 - 4.2. TRABE COLUMNA
 - 4.3. SOLDADURAS
 - 4.4. JUNTEOS
5. OBRA INTEGRADA.
 - 5.1. ACERO DE REFUERZO DE CONTINUIDAD
 - 5.2. FIRME DE COMPRESIÓN
6. OBRA COMPLEMENTARIA.
 - 6.1. LOSAS DE AJUSTE (COLADAS IN SITU)

De manera general se integran en este trabajo las tarjetas de análisis de precio unitario por elemento (columna, trabe, losas y obra complementaria e integrada) con sus costos por m² para darnos una idea aproximada del costo de nuestra estructura y poder compararla contra los costos de otros sistemas.

**PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO
A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.**

FABRICACION					
CLAVE	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
	Todos los conceptos de fabricación incluyen: Suministro, habilitado y armado de acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm², suministro y colocación de concreto de acuerdo a la resistencia especificada para cada elemento, adecuaciones a líneas de producción, colocación de tapas, colocación de desmoldante, mano de obra especializada para la fabricación, herramienta, equipo, adecuaciones en líneas de producción, maniobras de desmolde, limpieza del área de trabajo y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.				
COL-10080-04	Fabricación y almacenaje de columna prefabricada sección 80/80 cm., concreto resistencia $f'c=400$ kg/cm²., Long = 28.60m	pza	1.00	\$168,072.39	\$168,072.39
YAR03T	Acero de refuerzo (Tecámac) del No. 3 en prefabrica	ton	0.13572	\$ 14,250.60	\$ 1,934.09
YAR04T	Acero de refuerzo (Tecámac) del No. 4 en prefabrica	ton	1.15080	\$ 14,250.60	\$ 16,399.59
YAR08	Acero de refuerzo del No. 8 en prefabricados	ton	0.16695	\$ 14,336.70	\$ 2,393.51
YAR10	Acero de refuerzo del No. 10 en prefabricados	ton	3.65572	\$ 14,336.70	\$ 52,410.96
YAR12	Acero de refuerzo del No. 12 en prefabricados	ton	3.34301	\$ 14,336.70	\$ 47,927.73
DPA-BLB-010	Destajo de mano de obra en bulbeo de acero de refu	pza	40.00000	\$ 72.98	\$ 2,919.20
YCNT400CL40R	Concreto (Tecámac) estructural $f'c=400$ kg/cm ² (colu	m ³	14.30760	\$ 953.49	\$ 13,642.15
DPF-CLR-080/080	Destajo de mano de obra en proceso de fabricación c	m	28.60000	\$ 84.00	\$ 2,402.40
BZ&&&&QTPFJ	Destajo de mano de obra en colocación de tapa fija e	pza	2.00000	\$ 82.14	\$ 164.28
XADCLR80080	Acabado y detallado de columna rectangular 80/80.	m	28.60000	\$ 20.10	\$ 574.86
BZ&CL&QGD6	Gazas para maniobra de desmolde (6 gazas) columna	jgo	1.00000	\$ 245.04	\$ 245.04
BZ&CL&QGI1	Gazas para maniobra de izaje (1 gazas) columna.	jgo	1.00000	\$ 790.39	\$ 790.39
BZ&TRS-CL&	Juego de madera para transporte de columna	jgo-pza	1.00000	\$ 67.20	\$ 67.20
YDS01	Desmoldante para elementos prefabricados marca l	m ²	91.52000	\$ 0.64	\$ 58.57
DPA-BLB-012	Destajo de mano de obra en bulbeo de acero de refu	pza	12.00000	\$ 92.01	\$ 1,104.12
TPU-6690-05	Fabricación y almacenaje de trabe prefabricada tipo TPU-07 sección 66/90_824 concreto resistencia $f'c=350$ kg/cm², Long = 17.55m	pza	1.00	\$ 38,479.60	\$ 38,479.60
YAR03T	Acero de refuerzo (Tecamac) del No. 3 en prefabrica	ton	0.32123	\$ 14,250.60	\$ 4,577.72
YAR08	Acero de refuerzo del No. 8 en prefabricados	ton	0.27841	\$ 14,336.70	\$ 3,991.48
DPA-BLB-008	Destajo de mano de obra en bulbeo de acero de refu	pza	4.00000	\$ 60.46	\$ 241.84
YP251/2	Acero de presfuerzo 1/2" \emptyset con 15% de desperdicio	ton	0.33233	\$ 22,312.50	\$ 7,415.11
YCNT350ALTT	Concreto (Tecámac) estructural $f'c=350$ kg/cm ² Losa	m ³	5.04198	\$ 1,232.16	\$ 6,212.53
YPL01	Poliestireno de alta densidad en prefabricados	m ³	5.37570	\$ 535.50	\$ 2,878.69
DPF-TPU-66/90	Destajo de mano de obra en proceso de Fabricacion	m	17.55000	\$ 89.25	\$ 1,566.34
DPA-PRF-TB	Destajo de mano de obra en Perfilado de Trabes	m	17.55000	\$ 12.56	\$ 220.43
DPA-CMBU-COLRET	Destajo de mano de obra en colocación y retiro de al	m	6.00000	\$ 52.50	\$ 315.00
BZ&&&&QTPFJ	Destajo de mano de obra en colocación de tapa fija e	pza	2.00000	\$ 82.14	\$ 164.28
YDS01	Desmoldante para elementos prefabricados marca l	m ²	44.36100	\$ 0.64	\$ 28.39
XADTPU66110	Acabado y detallado de TPU 66/110	m	17.55000	\$ 19.64	\$ 344.68
BZ&EDIFQGI4	Gazas para maniobra de izaje (4 gazas) de elementos	jgo	4.00000	\$ 405.60	\$ 1,622.40
BZ&TRS-EDF	Juego de madera por elemento para transporte de e	jgo-pza	1.00000	\$ 25.60	\$ 25.60
MA-PVC-2PLG	Tubo de PVC de 2"	m	1.35000	\$ 38.25	\$ 51.64

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

TRU-6690-04	Fabricación y almacenaje de trabe prefabricada tipo TRU-01 sección 66/90_804 concreto resistencia f'c=350 kg/cm², Long = 9.54m	pza	1.00	\$ 16,726.23	\$ 16,726.23
YAR03T	Acero de refuerzo (Tecámac) del No. 3 en prefabrica	ton	0.21413	\$ 14,250.60	\$ 3,051.48
YAR04T	Acero de refuerzo (Tecámac) del No. 4 en prefabrica	ton	0.01892	\$ 14,250.60	\$ 269.62
YAR05	Acero de refuerzo del No. 5 en prefabricados	ton	0.02964	\$ 14,336.70	\$ 424.94
YP251/2	Acero de presfuerzo 1/2" Ø con 15 % de desperdicio	ton	0.03011	\$ 22,312.50	\$ 671.83
YCNT350ALTT	Concreto (Tecámac) Estructural f'c=350 kg/cm ² Losa	m ³	2.42276	\$ 1,232.16	\$ 2,985.23
DPF-TRU-56/90	Destajo de mano de obra en proceso de fabricación	m	9.54000	\$ 89.25	\$ 851.45
YPL01	Poliestireno de alta densidad en prefabricados	m ³	3.24018	\$ 535.50	\$ 1,735.12
DPA-CMBU-COLRET	Destajo de mano de obra en colocación y retiro de al	m	6.00000	\$ 52.50	\$ 315.00
BZ&&&&QTPFJ	Destajo de mano de obra en colocación de tapa fija e	pza	2.00000	\$ 82.14	\$ 164.28
XADTRU5695	Acabado y detallado de TRU 56/95	m	9.54000	\$ 19.10	\$ 182.21
YDS01	Desmoldante para elementos prefabricados Marca l	m ²	24.65640	\$ 0.64	\$ 15.78
BZ&EDIFQGI4	Gazas para maniobra de izaje (4 gazas) de elementos	jgo	4.00000	\$ 405.60	\$ 1,622.40
DPA-PRF-TB	Destajo de mano de obra en perfilado de trabes	m	9.54000	\$ 12.56	\$ 119.82
BZ&TRS-EDF	Juego de madera por elemento para transporte de e	jgo-pza	1.00000	\$ 25.60	\$ 25.60
MA-PVC-2PLG	Tubo de PVC de 2"	m	1.35000	\$ 38.25	\$ 51.64
LS_6806_16	Fabricación y almacenaje de losa alveolar marca SPANCRETE LS_6806 sección 120/15 concreto resistencia f'c=350 kg/cm² L= 8.21 m.	pza	1.00	\$ 3,419.20	\$ 3,419.20
YCNP350MSLS0213	Concreto (Tlaxcala) seco f'c=350 kg/cm ² CPO3OR BRA	m ³	1.06017	\$ 1,002.16	\$ 1,062.46
YCLPSYMS	Cargo de producción losa y muro Spancrete	m ³	1.06017	\$ 1,450.00	\$ 1,537.25
YAP&&1305	Acero de presfuerzo 1/2" (13 mm diámetro) Incluye	ton	0.04199	\$ 18,742.50	\$ 787.00
BZ&S&QP06000 1	Poliestireno en alveolos en extremos de losa LS-060	jgo	1.00000	\$ 9.10	\$ 9.10
BZ&TRS-LSYMS06	Juego de madera por losa para transporte de estibas	jgo	1.00000	\$ 23.39	\$ 23.39
TRANSPORTE					
Todos los conceptos incluyen: Materiales para el aseguramiento de los elementos durante su transporte, mano de obra, herramienta, equipo de seguridad, carga del elemento en el sitio de almacenaje a plataforma y todo lo necesario para el correcto embarque del elemento.					
TRA_01	Transporte en carga especializada tipo Lowboy_Dolly de columnas prefabricadas de planta a obra.	pza	1.00	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00
BS_TRA_DLL	Transporte en carga tipo Low boy_Dolly de la Planta	viaje	1.00000	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00
TRA_02	Transporte en carga especializada tipo Regular (hasta 12 m de longitud) de trabes prefabricadas de planta a obra.	pza	1.00	\$ 1,911.78	\$ 1,911.78
BS_TRA_REG	Transporte en carga tipo Regular desde la planta Tla	viaje	0.29412	\$ 6,500.00	\$ 1,911.78
TRA_03	Transporte en carga especializada tipo Extendible (hasta 18 m de longitud) de trabes prefabricadas de planta a obra.	pza	1.00	\$ 4,013.87	\$ 4,013.87
BS_TRA_EXT	Transporte en carga tipo Extendible de planta Tlaxca	viaje	0.47222	\$ 8,500.00	\$ 4,013.87
TRA_04	Transporte en carga especializada tipo Regular (hasta 12 m de longitud) de losas alveolares marca Spancrete de planta a obra.	pza	1.00	\$ 341.19	\$ 341.19
BS_TRA_REG	Transporte en carga tipo Regular desde la planta Tla	viaje	0.05249	\$ 6,500.00	\$ 341.19

**PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO
A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.**

MONTAJE					
	Todos los conceptos incluyen: Equipos de montaje especializados, mano de obra especializada para las maniobras de descarga y montaje de elemento prefabricado, herramienta, equipo de seguridad, alineamiento de elementos, topografía, colocación de accesorios temporales y su retiro una vez que cumplió su función, limpieza del área de trabajo y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.				
MTJ_COL	Montaje de columnas prefabricadas de sección 80 x 80.	pza	1.00	\$ 26,814.42	\$ 26,814.42
BS_TAND_01	Tándem de montaje (1 Grúa 150 ton + 1 Grúa 90 t)	hr	8.33333	\$ 3,000.00	\$ 24,999.99
BS_TRS_EQ	Viaje redondo de equipos a obra	viaje	0.00192	\$ 50,000.00	\$ 96.00
BS_DTJO_03	Destajo de montaje de columnas mayor de 20 m de l	pza	1.00000	\$ 1,638.00	\$ 1,638.00
BS-TOPO	Cuadrilla de topografía	sem	0.00766	\$ 10,500.00	\$ 80.43
MTJ_TRB	Montaje de Travesaños prefabricados.	pza	1.00	\$ 1,037.63	\$ 1,037.63
BS_TAND_02	Tándem de montaje de grúa hidráulica de 90 ton	hr	0.50220	\$ 1,000.00	\$ 502.20
MTJ-OF-TRB-T-A	Destajo de montaje de Trabe cualquier longitud y p	pza	1.00000	\$ 359.00	\$ 359.00
BS_TRS_EQ	Viaje redondo de equipos a obra	viaje	0.00192	\$ 50,000.00	\$ 96.00
BS-TOPO	Cuadrilla de topografía	sem	0.00766	\$ 10,500.00	\$ 80.43
MTJ_LS	Montaje de losas Spancrete.	pza	1.00	\$ 540.07	\$ 540.07
BS_TAND_02	Tándem de montaje de Grúa hidráulica de 90 ton	hr	0.21349	\$ 1,000.00	\$ 213.49
DS-MTJ-LS-001	Destajo de montaje de LS CUALQUIER LONG Y PERAL	pza	1.00000	\$ 150.15	\$ 150.15
BS_TRS_EQ	Viaje redondo de equipos a obra	viaje	0.00192	\$ 50,000.00	\$ 96.00
BS-TOPO	Cuadrilla de topografía	sem	0.00766	\$ 10,500.00	\$ 80.43
CONEXIONES					
	Todos los conceptos incluyen: Materiales, mano de obra especializada, herramienta, equipo, limpieza del área de trabajo y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.				
JLS-6000	Junteo en losa alveolar marca Spancrete serie 6000, el P.U. Incluye: Mortero cemento-arena 1:5, mano de obra, herramienta y equipo.	m	1.00	\$ 14.75	\$ 14.75
BS-OCV-PRE-013	Mortero Cemento-Arena 1:5	m ³	0.00221	\$ 1,019.29	\$ 2.25
DTJO-MTJ-001	Destajo de mano de obra en junteo de losa marca SP	m	0.74405	\$ 16.80	\$ 12.50
CNX-CL-CIM-02	Dado de conexión cimentación-columna (Sistema Bastago), 80/80, L=1.20 mts	pza	1.00	\$ 7,519.12	\$ 7,519.12
BS-OCV-PRE-001	Cimbra acabado común en dado de cimentación	m ²	7.44000	\$ 154.03	\$ 1,145.98
BS-OCV-PRE-002	Concreto premezclado resistencia f'c = 250 kg/cm ² e	m ³	2.23200	\$ 1,280.65	\$ 2,858.41
BS-OCV-PRE-004	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm ² en nudo abierto	ton	0.19120	\$ 18,382.50	\$ 3,514.73
CNX-002	Nudo de conexión de columna intermedia 80/80 h= 1.00 mts	pza	1.00	\$ 5,493.38	\$ 5,493.38
BS-OCV-PRE-004	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm ² en nudo abierto	ton	0.06400	\$ 18,382.50	\$ 1,176.48
BS-OCV-007	Cimbra acabado aparente en nudos de columnas int	m ²	3.56000	\$ 629.50	\$ 2,241.02
BS-OCV-PRE-006	Concreto premezclado resistencia f'c= 250 kg/cm ² en	m ³	0.71040	\$ 2,922.13	\$ 2,075.88
CNX-TR-LTP-01	Empaque en cajillo trabe secundaria (Grout)	pza	1.00	\$ 403.35	\$ 403.35
SB-OCV-PRE-005	Mezcla con mortero estabilizador Grout resistencia	m ³	0.01869	\$ 18,771.84	\$ 350.85
DTJO-MTJ-015	Destajo de mano de obra en empaque de nervios y r	nervio	1.00000	\$ 52.50	\$ 52.50

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

OBRA INTEGRADA					
Todos los conceptos incluyen: Suministro, habilitado y colocación de materiales, mano de obra especializada, herramienta, equipo, limpieza del área de trabajo y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.					
COT-003	Suministro, habilitado y colocación de aAcero de refuerzo del no. 8,10 y 12 en continuidades.	ton	1.00	\$ 12,358.60	\$ 12,358.60
MA-AR-OBRA-001	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm ² en obra	kg	1,030.00000	\$ 10.92	\$ 11,247.60
MA-AR-OBRA-002	Alambre recocido no. 18 en obra	kg	20.00000	\$ 13.55	\$ 271.00
DTJO-MTJ-005	Destajo de mano de obra en habilitado y armado de	ton	1.00000	\$ 840.00	\$ 840.00
CON-13	Suministro, colocación y vibrado de concreto resistencia f'c=350 kg/cm² en extremos de trabes con sección "U".	m³	1.00	\$ 1,534.03	\$ 1,534.03
BS-OCV-PRE-012	Concreto premezclado resistencia f'c=250 kg/cm ² en	m ³	1.00000	\$ 1,365.00	\$ 1,365.00
SB-OF-CNC-VVB-00	Destajo de mano de obra en vaciado y vibrado de co	m ³	1.00000	\$ 169.03	\$ 169.03
FRM-004A	Fabricación de capa de compresion de 6 cm de espesor de concreto premezclado resistencia f'c=250 kg/cm².	m²	1.00	\$ 197.96	\$ 197.96
MA-&&-ARF-MLL66	Malla electrosoldada 6x6-6/6 (1m ² =1.97kg)	m ²	1.10000	\$ 24.55	\$ 27.01
BS-OCV-PRE-023	Concreto premezclado resistencia f'c=250 kg/cm ² en	m ²	1.00000	\$ 120.70	\$ 120.70
DTJO-MTJ-004	Destajo de mano de obra en firme de compresión de	m ²	1.00000	\$ 47.25	\$ 47.25
MA_SLL_PLA	Silleta plastica para malla electrosoldada en firme	pza	4.00000	\$ 0.75	\$ 3.00
OBRA COMPLEMENTARIA					
Todos los conceptos incluyen: Suministro, habilitado y colocación de materiales, mano de obra especializada, herramienta, equipo, limpieza del área de trabajo y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.					
OCV_LSM_01	Fabricación de losas macizas en colados complementarios de 15 cm de espesor con concreto premezclado resistencia f'c=250 kg/cm².	m²	1.00	\$ 872.84	\$ 872.84
CON-100	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm ² en Volados y Ajust	ton	0.02200	\$ 15,547.50	\$ 342.05
CIM-101	Cimbra acabado aparente en Volados y Ajustes	m ²	1.00000	\$ 296.75	\$ 296.75
LMC-100	Concreto premezclado resistencia f'c=250 kg/cm ² R.	m ³	0.15000	\$ 1,560.25	\$ 234.04

Nota. El presupuesto que aquí se presenta es a costo directo además de ser ilustrativo, no presenta sobrecostos (indirecto, financiamiento, utilidad) ya que cada empresa tiene sus respectivos análisis para dicho sobrecosto.

Como se comentó en párrafos anteriores es primordial tanto para el ingeniero de costos como para el ejecutivo de ventas conocer los costos por m² de cada elemento y en conjunto, de esta forma podremos tener una idea clara, primero de si el monto de nuestra propuesta contiene errores y en segunda si el costo de nuestra estructura es competitivo contra los demás sistemas de entepiso del mercado.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

En este caso el costo de la estructura con la solución de losa alveolar pretensada es de **aproximadamente \$ 2'100.00** por m² en tanto que un sistema de losa postensada (colada **in situ**) tiene un costo aproximado en el mercado de **\$ 1'950.00** por m². La diferencia estriba en que los trabajos de montaje solo durarían 3 semanas más 2 semanas adicionales para cerrar los trabajos de obra civil dando un total de 5 semanas. En tanto que para los trabajos de losa postensada requieren como mínimo el doble del tiempo de ejecución debido a que la losa requiere ser cimbrada y apuntalada y no se puede colar más de un nivel por evento en cambio el sistema de losa prefabricada el avance de montaje puede ser tanto horizontal como vertical ya que la losa no requiere ser apuntalada.

V. CONCLUSIONES.

V. CONCLUSIONES.

Uno de los primeros proyectos en el que tuve la oportunidad de participar poco antes de concluir la carrera de ingeniero civil en nuestra amada casa de estudios UNAM fue durante la construcción del distribuidor vial de Periférico - Muyuguarda en los límites de las delegaciones Tlalpan y Xochimilco en donde me di cuenta de una verdad ineludible: “mis conocimientos de prefabricados eran bastante limitados”. Personalmente considero que la educación y el conocimiento deben de ser continuos, uno nunca deja de aprender. Durante 7 años he estado inmerso en el fascinante mundo de la construcción prefabricada, teniendo la oportunidad de colaborar en algunos proyectos notables como los segundos pisos del Estado de México y el Distrito Federal.

Hace más de un siglo que los Europeos innovaron el sector de la construcción con vigas presforzadas de concreto para algunos puentes, y hoy en día esta tecnología se encuentra tan desarrollada que por ejemplo los chinos construyen edificios de varios niveles en pocas semanas, lo que de alguna manera trae el cuestionamiento de él porque en nuestro país no se ha desarrollado este mercado a plenitud.

El estudio de métodos y alternativas de construcción diferentes a las conocidas y/o tradicionales, debe de impulsar el desarrollo de la construcción en nuestro país, permitiendo incorporar y adaptar nuevas tecnologías que mejoren no solo la calidad de vida de la población en cuanto a la solución del problema de vivienda sino en una actividad económica sustentable que proporciona calidad y competitividad al sector de la construcción.

La utilización de estructuras prefabricadas como parte del proceso constructivo en la edificación resulta ser una solución práctica a seguir gracias a las ventajas constructivas y organizacionales que brinda, las cuales se ven reflejadas en la duración de la obra durante su etapa constructiva y en el costo final.

Como se observó durante el desarrollo del presente trabajo el concreto presforzado como parte de las estructuras prefabricadas presenta materiales que son de mejor calidad que las del concreto común colado en obra y aunque se requiere de mano de obra especializada y algunos materiales son más costosos (caso del acero de presfuerzo que cuesta aproximadamente 1.5 veces más que el acero común), el resultado final redundará en mejor apariencia en el acabado final de la estructura, velocidad en la etapa constructiva, menor necesidad de mano de obra “in situ” y en el casi nulo uso de cimbra y apuntalamiento de losas y traveses, factores que aunados hacen del costo final de la estructura prefabricada muy competitiva contra los sistemas tradicionales.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES CON SISTEMA DE PISO A BASE DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE CONCRETO.

El presente trabajo lo desarrolle con la idea de que el estudiante de la carrera de ingeniería civil pudiera contar con una herramienta por medio de la cual pudiese tener las nociones básicas de los procesos constructivos de las estructuras a base de sistemas de piso prefabricados, de sus ventajas y desventajas pero sobre todo, de poder observar que existe un mercado el cual no ha sido desarrollado en plenitud en nuestro país y en el cual existen grandes posibilidades crecimiento tanto económica como socialmente.

BIBLIOGRAFÍA.

- Manual de diseño de estructuras prefabricadas y presforzadas.
Reinoso Angulo, E. Rodriguez, Betancourt Ribotta.
Instituto de Ingeniería UNAM.
México 2000.
- Diseño de conexiones de elementos prefabricados de concreto.
Walker Carl.
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
México 1980.
- Diseño de estructuras de concreto presforzado.
Nilson Arthur.
Ed. Limusa.
México 1990.
- Principios fundamentales del diseño de concreto presforzado 2ª ed.
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
México 1966.
- Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.
Gaceta oficial del Distrito Federal.
México 2004.