



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

300615

11
2ej

**COMPARACION DE LOS SISTEMAS
ESTRUCTURALES COLADO EN SITIO Y
PREFABRICADO APLICADOS A UN ESTACIONAMIENTO**

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A
ANGELICA MARIA LOPEZ BUENDIA

DIRECTOR DE TESIS :
ING. RODOLFO AMBRIZ AVELAR

MEXICO, D. F. 1992



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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

INDICE

INTRODUCCION	I
I. GENERALIDADES	1
II. SOLUCION DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DE CONCRETO MEDIANTE ELEMENTOS COLADOS EN SITIO	18
II.1 INTRODUCCION	19
II.2 ESTRUCTURACION	21
II.2.1 PREDISEÑO	25
II.2.2 ANALISIS DE CARGAS	26
II.3 ANALISIS	29
II.3.1 DATOS DE ENTRADA PARA EL PROGRAMA SUPER-ETABS	32
II.3.2 RESULTADOS DEL PROGRAMA SUPER-ETABS PARA LOS CASOS MAS DESFAVORABLES	33
II.4 DIMENSIONAMIENTO	34
II.4.1 DISEÑO DE LOSA ALIGERADA	35
II.4.2 DISEÑO DE TRABE	41
II.4.3 DISEÑO DE COLUMNA	46
II.5 CONCLUSIONES	51
III. SOLUCION DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DE CONCRETO MEDIANTE ELEMENTOS PREFABRICADOS	53
III.1 INTRODUCCION	54

III.2 ESTRUCTURACION	59
III.2.1 PREDISEÑO	60
III.2.2 ANALISIS DE CARGAS	63
III.3 ANALISIS	65
III.3.1 DATOS DE ENTRADA DEL PROGRAMA SUPER-ETABS	66
III.3.2 RESULTADOS DEL PROGRAMA SUPER-ETABS PARA LOS CASOS MAS DESFAVORABLES	67
III.4 DIMENSIONAMIENTO	68
III.4.1 DISEÑO VIGA TT PREFABRICADA	70
III.4.2 DISEÑO DE TRABE PORTANTE PREFABRICADA	84
III.4.3 DETALLE DE MENSULA	90
III.4.4 DETALLE DE COLUMNA PREFABRICADA	92
III.4.5 DETALLE DE MURO RIGIDO COLADO EN SITIO	94
III.5 CONCLUSIONES	97
IV. ANALISIS ECONOMICO-CONSTRUCTIVO PARA CADA SISTEMA ESTRUCTURAL	99
IV.1 INTRODUCCION	100
IV.2 ANALISIS ECONOMICO	101
IV.2.1 PRESUPUESTO PARA EL SISTEMA ESTRUCTURAL CON ELEMENTOS COLADOS EN SITIO	103
IV.2.2 PRESUPUESTO PARA EL SISTEMA ESTRUCTURAL CON ELEMENTOS PREFABRICADOS	105
IV.2.3 RELACION DE CONCEPTOS COMPLEMENTARIOS PARA LOS DOS SISTEMAS ESTRUCTURALES	113
IV.2.4 RESUMEN POR PARTIDAS	117
IV.3 ANALISIS CONSTRUCTIVO	118

IV.3.1 PROGRAMA DE OBRA PARA EL SISTEMA ESTRUCTURAL CON ELEMENTOS COLADOS EN SITIO . . .	120
IV.3.2 PROGRAMA DE OBRA PARA EL SISTEMA ESTRUCTURAL CON ELEMENTOS PREFABRICADOS	121
IV.4 PROGRAMA DE EROGACIONES	122
IV.5 CONCLUSIONES	129
V. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DOS SISTEMAS ESTRUCTURALES	131
V.1 INTRODUCCION	132
V.2 SISTEMA ESTRUCTURAL CON ELEMENTOS COLADOS EN SITIO	133
V.3 SISTEMA ESTRUCTURAL MEDIANTE ELEMENTOS PREFABRICADOS	135
V.4 CONCLUSIONES	141
CONCLUSIONES	143
BIBLIOGRAFIA	147

INTRODUCCION

Por muchos años las construcciones de concreto se han realizado mediante el método tradicional de elementos colados en sitio.

Hasta hace unas cuantas décadas, se empezó a usar un método nuevo a base de elementos prefabricados, el cual consiste en fabricar los elementos estructurales en un lugar diferente al lugar donde se van a emplear. El objetivo de este método es lograr una mayor rapidez y economía en la construcción con un mejor control de calidad, garantizando la misma seguridad de la obra que si se hiciera con elementos colados en sitio.

El presente trabajo tiene como finalidad realizar una comparación de los dos sistemas estructurales que se acaban de mencionar, aplicados a un proyecto de estacionamiento de cuatro niveles.

Esta comparación será fundamentalmente en el aspecto económico y constructivo, tomando como punto de partida el diseño de cada uno de estos sistemas.

Así, a partir del diseño del edificio para los dos tipos de sistema estructural, se podrá llevar a cabo una planeación tanto económica como constructiva del edificio, de tal manera que se puedan visualizar las diferencias entre ambos sistemas, así como algunas condiciones que pueden favorecer a uno u otro sistema.

De igual forma se presentarán las ventajas y desventajas de cada uno de estos sistemas, de tal manera que se pueda determinar cual es el sistema adecuado para el proyecto que se presenta en este trabajo y cuales son los factores que influyen en forma determinante para esta elección.

La comparación práctica de los dos sistemas estructurales que se presenta en los capítulos siguientes, puede aplicarse de manera similar a cualquier proyecto para estacionamientos de concreto de dos o más niveles, que se vaya a desarrollar. Aunque siempre habrá diferencias para cada proyecto ya que cada uno tendrá sus características particulares.

Como se comprobará más adelante, es importante analizar las dos opciones cuando sea posible ya que las ventajas de uno u otro sistema podrán ser muy significativas.

CAPITULO I

I. GENERALIDADES

La demanda de espacios para estacionamientos es cada día mayor, sobre todo en las grandes ciudades, en donde existen conflictos de vialidad, debido a la falta de planeación al respecto.

La solución para aprovechar mejor un mismo espacio o superficie destinadas a estacionamiento, es construirla en varios niveles.

Uno de los principales problemas en la construcción de edificios para estacionamientos, es la elección del Sistema Estructural adecuada, que optimice costos y tiempos para su elaboración, conservando un buen control de calidad.

Este trabajo se enfocará a los Sistemas Estructurales hechos a base de Concreto.

Existen dos métodos de construcción principales que se conocen como:

La construcción en sitio : método antiguo y sencillo pero de desarrollo limitado, ya que su proceso y desarrollo desde sus inicios a la fecha sigue siendo muy parecido, es decir, la técnica de aplicación sigue siendo casi la misma, por lo que las obras grandes resultan muy complicadas al realizarlas por este método. Un ejemplo claro de esto, se puede observar en la construcción de puentes, los cuales por lo general cuentan con claros muy grandes, a una gran altura, complicando por tanto el proceso de cimbrado y colado, lo cual va acompañado de un retraso en el tiempo de construcción.

La prefabricación : método más reciente, cuyo auge va ligado al pretensado y que ha permitido la realización de obras excepcionales. Este método se ha adoptado en épocas recientes, por razones de rapidez y economía, además de que se puede obtener un verdadero y eficaz control de calidad, al construir la obra en un ambiente controlado, fuera del camino crítico de la misma. La prefabricación puede empezar incluso antes de terminarse los cimientos, sin tener en cuenta las condiciones climáticas. Además, las instalaciones se pueden adaptar para varios proyectos, lo

que permite así una amortización de la inversión durante un período más corto que con métodos tradicionales.

Para realizar un análisis de cada uno de los métodos de construcción que se acaban de mencionar, tomaremos un estacionamiento como ejemplo, cuyo diseño y características se apoyaron en las siguientes bases.

La distribución de los cajones, al igual que el tamaño de los mismos, se diseñó de acuerdo a las características que marca el Reglamento de Construcciones del D. D. F., así como a las Normas de Proyectos de Estacionamientos del D. D. F.

Según los antecedentes de estacionamientos en la Cd. de México, así como los inventarios de estacionamientos hechos en la misma, cuya información está dada en las Normas antes citadas, se puede tomar que el diseño en los espacios para los cajones y pasillos de circulación podrá admitir un promedio del 50% de cajones destinados a automóviles chicos.

De esta manera, para el estacionamiento en estudio, se destinará el 50% de los cajones con medidas de 4.20 x 2.20 m para autos chicos, y el otro 50% de los cajones con medidas de 5.00 x 2.40 m para autos medianos y grandes.

Así mismo, por cada 25 cajones se destinará uno para uso exclusivo de personas impedidas, ubicado lo más cercano posible al acceso de la edificación. En estos casos, las medidas del cajón serán de 5.00 x 3.80 m.

Las tablas siguientes muestran las dimensiones mínimas de cajones y pasillos que presentan las Normas.

DIMENSIONES MINIMAS DE LOS CAJONES

Tipo de automovil	Dimensiones del cajon en metros	
	En batería	En cordón
Grandes y medianos	5.0 x 2.4	6.0 x 2.4
Chicos	4.2 x 2.2	4.8 x 2.0

Las dimensiones mínimas para los pasillos de circulación dependen del ángulo de los cajones de estacionamiento. Los valores mínimos de la siguiente tabla son los recomendables.

DIMENSIONES MINIMAS PARA LOS PASILLOS

Angulo del cajón	Anchura del pasillo en metros	
	Automóviles	
	Grandes y medianos	Chicos
30°	3.0	2.7
45°	3.3	3.0
60°	5.0	4.0
90°	6.0	5.0

Para resolver adecuadamente los aspectos técnicos relativos al Proyecto del Estacionamiento en estudio, se contará con las Normas antes mencionadas, las cuales sirven de orientación en el proyecto de elementos, tales como, entradas y salidas, espacios de circulación, espacios para estacionamiento, pendientes de las rampas, etc.

Para determinar el ángulo al que deben colocarse los cajones en batería, se debe hacer un estudio con la superficie destinada para esto, de tal manera que se optimicen los espacios. Se utiliza como base, el "Proyecto de Dimensiones Míminas para cajones y pasillos en Estacionamientos", que presentan las Normas.(VER FIGURA I.1)

Para dar una idea del número de cajones que caben en una misma superficie, dependiendo del ángulo que se utilice en estos, se tomó como ejemplo un área de forma rectangular, cuyas medidas son: 100 m de longitud por 23.95 m de ancho. Con esta área se hizo un análisis de la capacidad para autos grandes y medianos, con los diferentes ángulos para cajones en batería, obteniéndose los resultados que se presentan en la siguiente tabla:

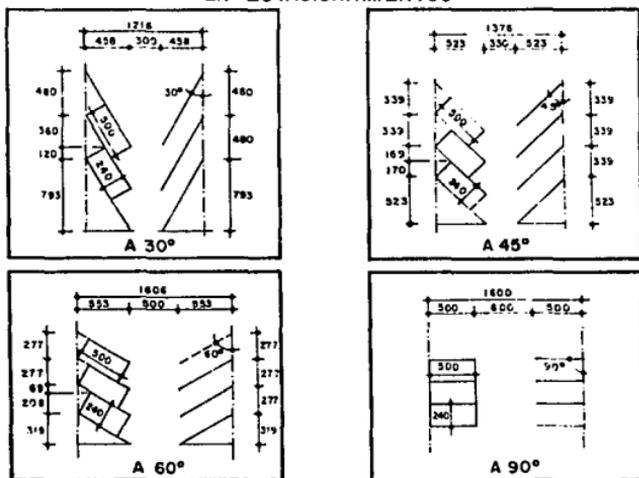
α	No. Cajones
30°	85
45°	89
60°	96
90°	125

Con lo que se puede observar que el ángulo que optimiza los espacios de cajones es el de 90°, por lo tanto, el criterio para decidir el ángulo que conviene usar en cada caso, será en relación al movimiento y destino que tendrá el estacionamiento.

Así por ejemplo, si el estacionamiento está destinado a un centro comercial, se requerirá gran fluidez de autos, para un intervalo de tiempo corto, ya que se tendrá un constante movimiento de llegadas y salidas.

Para dar mayor fluidez, se colocan los cajones con ángulos menores de 90°, lo que permite que las maniobras del automovilista tanto en la entrada como en la salida sean mas fáciles y rápidas.

PROYECTO DE DIMENSIONES MINIMAS PARA CAJONES Y PASILLOS EN ESTACIONAMIENTOS



AUTOMOVILES GRANDES Y MEDIANOS

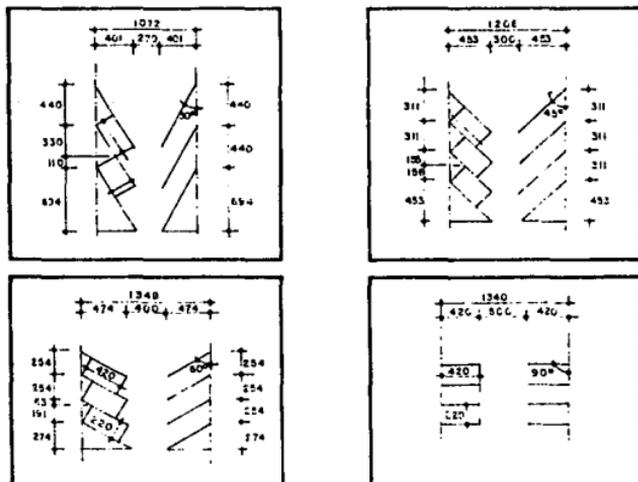


FIGURA I.1

AUTOMOVILES CHICOS

En cambio, un estacionamiento destinado a oficinas, por ejemplo, tiene un intervalo de tiempo en el que el movimiento que existe es mínimo, lo que permite tener maniobras más lentas para la entrada y salida del cajón de estacionamiento, sin crear congestionamientos o conflictos de tránsito en los pasillos de circulación.

Lo anterior es sólo un criterio para la elección del ángulo de los cajones, sin embargo, pueden existir otras variables que influyan en dicha elección. Estas variables pueden ser, por ejemplo, la forma de la superficie destinada a estacionamiento, la demanda de espacios para estacionamiento, etc.

Para el estacionamiento en estudio, se decidió poner los cajones a 90°, ya que se tendrá una gran demanda de espacios para estacionamiento, además de que éste será destinado a edificios de oficinas.

Otra manera de optimizar espacios en un estacionamiento, es haciéndolo atendido por choferes acomodadores, pudiendo reducir los pasillos de circulación hasta 100 cm como máximo, para la distribución de cajones a 90°.

Entre más grande es la superficie de un estacionamiento, resulta más complicado hacerlo con el sistema de choferes acomodadores.

El estacionamiento de estudio en este trabajo será de autoservicio.

Dicho estacionamiento contará con cuatro niveles, cuya superficie será de 5,395 m² en cada nivel, y una altura de entrepiso de 3.20 m, alcanzando una altura total para el edificio de 12.80 m.

Contará con una capacidad promedio de 220 cajones por piso, obteniendo una capacidad total de 870 cajones en el edificio. (VER FIGURA I.4.A)

Para la comunicación de un nivel con otro en un estacionamiento de varios pisos, se utilizan rampas, las cuales pueden ser de varios tipos (VER FIGURA I.2):

- Rampas rectas
- Rampas rectas entre medias plantas a alturas alternas.
- Rampas helicoidales
- Estacionamiento en la propia rampa
- Por medios electromecánicos

El tipo de rampa se elegirá de acuerdo a la forma y tamaño de cada estacionamiento.

El estacionamiento de estudio contará con dos rampas helicoidales, una ascendente y otra descendente, elegidas de esta forma debido a la arquitectura del edificio, ya que cuenta con el espacio suficiente para ello.

Siguiendo las Normas de Proyecto para Estacionamientos del D.D.F., se tienen las siguientes especificaciones para rampas helicoidales:

- Radio de giro mínimo al eje de la rampa (del carril interior) es de 7.50 m
- Anchura mínima del carril interior es de 3.50 m
- Anchura mínima del carril exterior es de 3.20 m
- Sobre elevación máxima de 0.10 m/m

En este caso, las rampas serán de un sólo sentido con un ancho de 4.30 m y un radio de giro de 8.50 m.

TIPOS DE RAMPAS

FIGURA N° 1 RAMPAS RECTAS

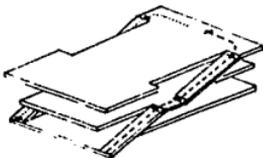


FIGURA N° 2 RAMPAS RECTAS ENTRE MEDIAS PLANTAS A ALTURAS ALTERNAS

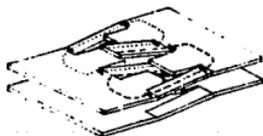
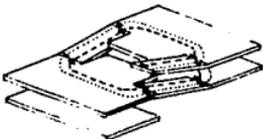


FIGURA N° 3 RAMPAS HELICOIDALES

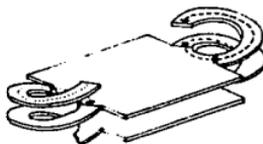


FIGURA N° 4 ESTACIONAMIENTOS EN LA PROPIA RAMPA



La anchura mínima de cada carril de circulación en los accesos de entrada y salida será de 2.50 m. Para este caso, se tomará de 3.00 m abriéndose a 6.00 m en las rampas sobre las aceras.

Estos accesos de entradas y salidas, se diseñan permitiendo que todos los movimientos de los automóviles se desarrollen con fluidez, sin cruces ni entorpecimientos al tránsito en la vía pública, según señalan las Normas del D.D.F. antes mencionadas.

Al final de este capítulo se presenta la planta arquitectónica del proyecto de estacionamiento en estudio.

Así mismo, existen otras normas que se tomaron en cuenta para el proyecto y diseño de dicho estacionamiento, como son las siguientes :

- No se permitirá que las circulaciones, rampas o espacios para maniobras sean incluidas como áreas para el estacionamiento de automóviles.
- El estacionamiento contará con una ventilación natural o artificial adecuada.
- Las superficies de pisos estarán debidamente drenadas.
- El edificio de estacionamiento contará con un equipo contra incendio, conforme a las disposiciones reglamentarias al respecto.
- Contará con topes de ruedas de 0.15 m de peralte en todos los cajones colindantes a los muros.
- Se tendrán protecciones adecuadas en rampas, cubos, colindancias y fachadas con elementos estructurales, capaces de resistir los posibles impactos de los automóviles, además del tope ya mencionado.

- La caseta para control del estacionamiento deberá estar situada dentro del predio, como mínimo a 4.50 m del alineamiento de la entrada, con un área mínima de 2.00 m.

Para lograr un diseño adecuado de capacidad máxima en el estacionamiento, no existen fórmulas ni normas, por lo que se siguieron algunas recomendaciones basadas en la experiencia, expuestas a continuación :

- Las áreas de estacionamiento más eficientes son las de forma rectangular.
- Los pasillos de circulación deberán estar alineados paralelamente a los lados mayores del área de estacionamiento, donde sea posible.
- Los pasillos de circulación deberán ser útiles para dos baterías de cajones de estacionamiento.
- En el perímetro del área de estacionamiento deberán proyectarse cajones en batería.
- El movimiento y control vehicular interior deberá ser analizado cuidadosamente para lograr el mayor grado de seguridad y eficiencia.
- El alumbrado deberá proyectarse después de haber obtenido el diseño óptimo de capacidad.

El Reglamento de Estacionamientos para vehículos en el D.D.F., establece las bases para determinar la Demanda de Espacio para Estacionamientos, las cuales se encuentran contenidas en las Tablas de Cuantificación de Demandas por Uso y en el Plano para la Cuantificación de Demandas por Zona. (VER FIGURA I.3)

Las Tablas definen la norma general por uso del suelo en el D.F., que se ajusta según su ubicación en el territorio conforme a las zonas señaladas en el plano.

**TABLA DE CUANTIFICACION DE DEMANDAS POR USO
ZONAS PORCENTAJE DE CAJONES ESPECIFICADOS**

1	100 %
2	90 %
3	80 %
4	70 %

La determinación de las distintas zonas en la ciudad de México, presentadas en la FIGURA I.3, se basan en características que modifican la demanda de estacionamiento de la siguiente manera :

**Mayor intensidad o densidad
de uso del suelo.** **Mayor demanda**

**Mayor nivel de ingreso de
la población.** **Mayor demanda**

**Mayor cobertura de
transporte.** **Menor demanda**

**Mayor grado de mezcla
de usos de suelo.** **Menor demanda**

PLANO PARA LA CUANTIFICACION DE DEMANDAS POR ZONA

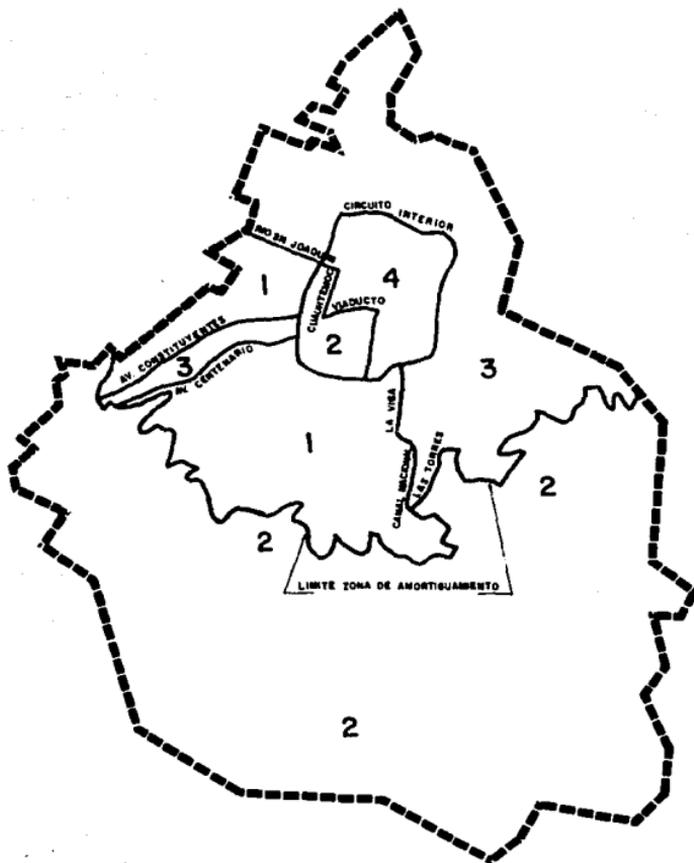


FIGURA I.3

De las tablas de cuantificación de Demandas por uso, se obtuvo que para el estacionamiento en estudio, se requiere un cajón por cada 30 m de área construída.

En los capítulos siguientes se hará el análisis del proyecto de estacionamiento que se acaba de describir, utilizando dos sistemas estructurales diferentes por medio de concreto, uno con elementos colados in situ y otro por medio de elementos prefabricados.

Esto tendrá como fin hacer un estudio de ambos sistemas, de tal manera que se puedan determinar las diferencias que presentan en cuanto al procedimiento para el análisis y diseño de cada uno, así como su comportamiento ante los distintos efectos a los que van a estar sometidos.

Por otro lado se hará un análisis económico de cada uno de estos sistemas estructurales, con la finalidad de compararlos para determinar cual es más conveniente, así como los factores que influyen para aumentar o disminuir el costo de cada uno.

Con estos estudios se podrá hacer una relación de ventajas y desventajas de cada uno de estos sistemas estructurales, en cuanto a su funcionabilidad estructural, procesos constructivos y economía.

Los estudios que se acaban de mencionar, pueden ser aplicados a cualquier edificio de estacionamiento que tenga dos o más niveles, y cuyo sistema estructural sea por medio de elementos de concreto, ya sea colados in situ o prefabricados.

Por otro lado, es importante mencionar que los edificios construídos a base de concreto, presentan ciertas limitaciones que dependen en gran parte del método constructivo que se use.

En los dos métodos constructivos antes mencionados (elementos colados in situ y elementos prefabricados), una de sus principales limitaciones se presenta en edificios de gran altura.

En la construcción in situ, esta limitación se refiere a que al ser un edificio demasiado alto, llega un punto en que resulta anti-económico hacerlo con estructura de concreto, ya que los costos, tanto del equipo necesario como de la mano de obra, principalmente para la colocación del concreto en los niveles superiores, y en general todo el proceso constructivo se incrementan. Esto se debe, a que como es lógico, entre más alto sea un edificio, su proceso constructivo tendrá que ser más complejo.

En la construcción por medio de elementos prefabricados, la limitación se presenta generalmente en la maquinaria o equipo, tanto para el transporte como para el montaje, ya que, aunque el elemento estructural de que se trate si se pueda fabricar por grande que resulte, no existe maquinaria con la capacidad suficiente tanto para las maniobras de transporte como de montaje. Además de que la vialidad de la zona donde se esté trabajando seguramente presentaría limitantes en cuanto al transporte de dichos elementos.

Con los análisis y estudios que se hacen en los siguientes capítulos, se pretende formar un mejor criterio para elegir el sistema estructural conveniente, según el tipo de estacionamiento que se trate, y tomando como principales puntos los siguientes :

- Seguridad
- Calidad
- Costos
- Tiempo

PLANTA ARQUITECTÓNICA PARA EL PROYECTO DE ESTACIONAMIENTO
 (DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS PARA CAJONES DE ESTACIONAMIENTO)

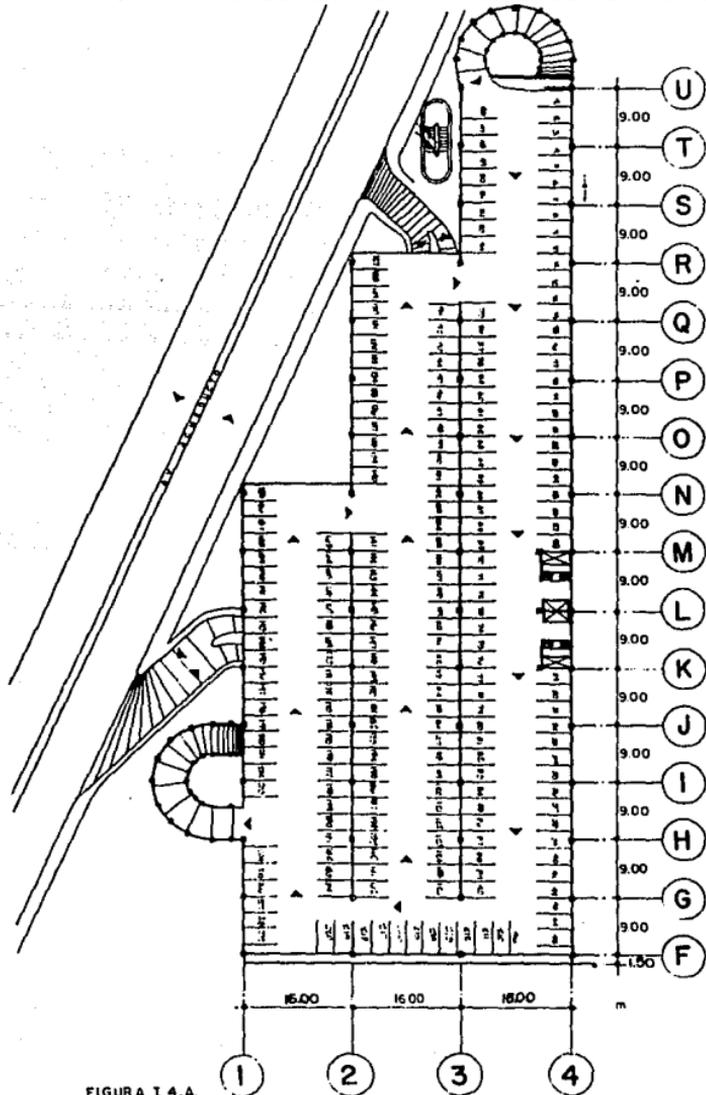
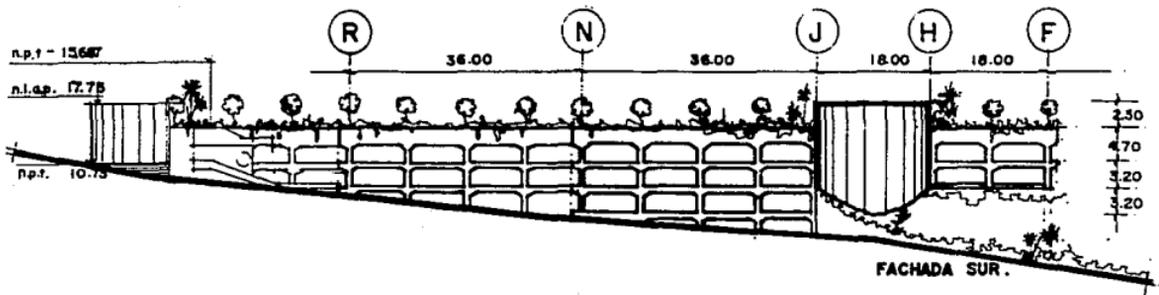


FIGURA I.4.A.



CAPITULO II

II. SOLUCION DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DE CONCRETO MEDIANTE ELEMENTOS COLADOS EN SITIO.

II.1 INTRUDUCCION

En este capítulo se expone el procedimiento general, que se puede seguir para el análisis y diseño de un Sistema Estructural de concreto a base de elementos colados en el lugar, de tal manera que posteriormente se puedan ver las diferencias con respecto a otro, por medio de elementos prefabricados.

Antes de llevar a cabo este proceso, es importante mencionar algunos conceptos básicos, relacionados al respecto.

El Diseño Estructural tiene por objeto determinar la forma, dimensiones y características detalladas de una estructura, la cual presenta como función absorber las solicitaciones que se presentan durante las distintas etapas de su existencia. Esto quiere decir que, el diseño abarca todo el proceso con el cual se definen las características que debe tener la construcción para que cumpla de manera adecuada las funciones que está destinada a desempeñar. De esta forma, se logrará un nivel de seguridad adecuado contra fallas estructurales, así como un comportamiento estructural aceptable en condiciones normales de operación, resistiendo las fuerzas a las que va a estar sometida sin colapso o mal comportamiento.

Las soluciones estructurales están sujetas a las restricciones que surgen de la interacción con otros aspectos del proyecto y a las limitaciones generales de costo y tiempo de ejecución.

Para el diseño del sistema estructural con elementos colados en sitio, que se desarrollará en este capítulo, se tomarán en cuenta los criterios y especificaciones que marca el Reglamento de Construcciones del D.D.F. (R.C. del D.D.F.), y las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto del D.D.F. (NTC-44).

Algunas de las consideraciones principales que marcan dichas normas son las siguientes.

El dimensionamiento se hará de acuerdo con los criterios relativos a los estados límite de falla y de servicio, o bien por algún criterio optativo siempre y cuando se obtengan niveles de seguridad iguales o mayores a los obtenidos con los criterios anteriores.

Las estructuras de concreto se analizarán, en general, con métodos que supongan comportamiento elástico. También pueden aplicarse métodos de análisis límite siempre que se compruebe que la estructura tiene suficiente ductilidad y que se eviten fallas prematuras por inestabilidad.

Para el diseño estructural se pueden considerar tres aspectos fundamentales :

- Estructuración
- Análisis
- Dimensionamiento

En este capítulo se explica de manera sencilla, cada uno de los aspectos que se acaban de mencionar, aplicados al Proyecto del edificio de Estacionamiento en estudio.

Todo lo que se ha mencionado en este capítulo también es aplicable al diseño de estructuras de concreto por medio de elementos prefabricados. Las diferencias que puedan

existir, se presentarán posteriormente. Este capítulo se limitará, como ya se mencionó antes, a la descripción general que puede seguirse para el proceso de análisis y diseño de estructuras por medio de elementos colados en el lugar, desarrollando el Proyecto en estudio descrito en el capítulo anterior.

La estructura del edificio de estacionamiento que se analizará, estará formado por medio de un sistema de marcos tanto para el sentido X, como para el sentido Y.

El sistema de piso será a base de losas aligeradas, ya que como es lógico resultaría anti-económico hacerlo por medio de losas macizas debido al tamaño de los claros. Además de que el incremento de carga al hacerlo con losas macizas produciría una deficiencia en la seguridad de la estructura.

En los siguientes incisos se presenta cada una de las etapas necesarias para el diseño, las cuales fueron mencionadas anteriormente.

II.2 ESTRUCTURACION

En esta primera etapa del proceso se determinan los materiales de los que va a estar constituida la estructura, la forma global de ésta, el arreglo de sus elementos constitutivos así como sus dimensiones y características más esenciales.

Ya que la estructura será de concreto reforzado, se usará como materiales principales :

Concreto de $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$

Acero de $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

Una vez que se han elegido los materiales que se usarán para la estructura, se proponen varios tipos de estructuración, para posteriormente elegir la más adecuada. El criterio para obtener una buena elección se basa sobre todo en la experiencia, así como en la creatividad del proyectista.

Para definir el tipo de estructura, ésta se puede dividir en dos subsistemas : el subsistema horizontal o sistemas de piso, y el subsistema vertical o de los elementos de soporte. Estos dos subsistemas trabajan en conjunto formando el sistema estructural del edificio.

Para el estacionamiento en estudio, en el subsistema vertical se decidió usar marcos tanto en el sentido X, como en el sentido Y .

Para el subsistema horizontal o de piso, se decidió usar losas aligeradas por medio de casetones de poliestireno.

A continuación se presenta la planta de estructuración del estacionamiento. El sistema de piso que será a base de losas aligeradas será igual para todos los tableros por lo que sólo se representa en un tablero.(VER FIGURA II.1A y II.1B)

PLANTA ESTRUCTURAL PARA EL PROYECTO DE ESTACIONAMIENTO
 CON ELEMENTOS DE CONCRETO COLADOS EN EL LUGAR.

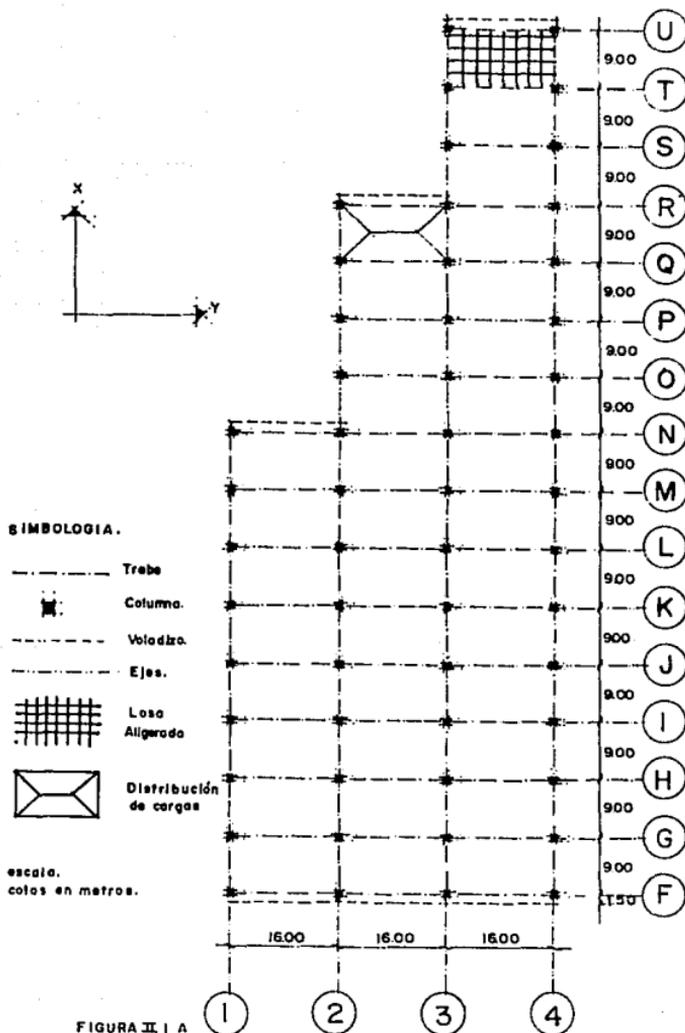
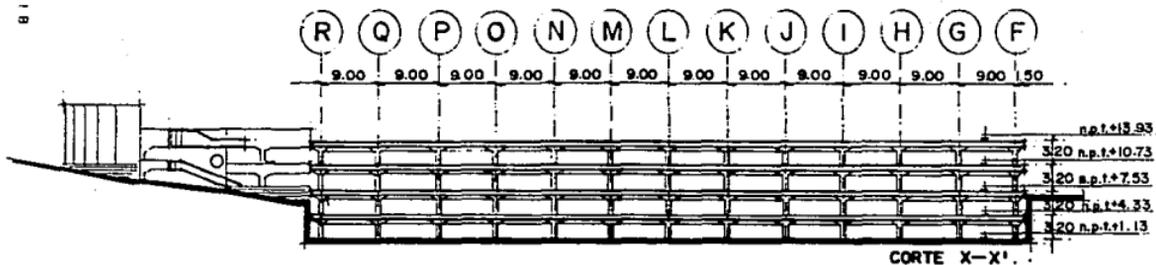


FIGURA II | A



II.2.1 PREDISEÑO

En esta primera etapa del diseño, se pretende definir las características esenciales de la estructura en diversas alternativas, con el fin de identificar posibles problemas en su adopción. Esto se puede hacer con un análisis preliminar por medio de métodos aproximados, como son : Método del Portal, M. de Bowman, M. del Factor, M. de distribución en Voladizo, y otros, lo cual sirve para proponer dimensiones preliminares para las secciones de los elementos estructurales, de tal manera que sean capaces de resistir las acciones a las que se sujetarán.

Actualmente, gracias al avance de las computadoras se pueden hacer varios tanteos por medio de programas para Análisis Estructural, con lo que se logra un cálculo con mayor precisión de las dimensiones adecuadas para los diferentes elementos estructurales, en un tiempo mucho menor. Así, los métodos mencionados antes suelen usarse solamente para checar resultados obtenidos en la computadora.

Este análisis preliminar es similar tanto para estructuras de concreto con elementos colados en sitio como estructuras con elementos prefabricados.

Para realizar el prediseño y análisis de cargas, se requiere conocer algunos datos iniciales como : la ubicación de la obra de acuerdo a la zona y tipo de suelo que marca el Reglamento de Construcciones del D.D.F., así como el grupo al que pertenece en base al destino de la misma.

OBRA : Estacionamiento para edificio de
oficinas.
LUGAR : D.F. (Av. Constituyentes)
TIPO : Grupo B

UBICACION : Zona D

Tipo de Suelo I

MATERIALES : Concreto $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$

Acero $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

SECCIONES PROPUESTAS :

COLUMNAS : 70 x 70 cm

TRABES : 70 x 70 cm

SISTEMA DE PISO : Losa Aligerada con casetones de poliestireno de 60 x 60 cm, nervaduras de 15 cm de ancho y una losa de compresión de 10 cm de espesor. El peralte total de la losa será de 70 cm (VER FIGURA II.2.B).

II.2.2 ANALISIS DE CARGAS

* CARGA VIVA (C.V.)

Todos los códigos de construcciones determinan cargas vivas que dependen del uso y ocupación de cada construcción.

Para el estacionamiento que se desarrolla se tienen las siguientes cargas :

$$W_m = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$W_a = 100 \text{ kg/m}^2$$

donde:

W_m = Carga viva máxima (se empleará para el Diseño Estructural por Fuerzas Verticales).

W_a = Carga instantánea (se usará para el Diseño Sísmico).

*** CARGA MUERTA (C.M.)**

Aquí se comprenden todos los pesos de los métodos constructivos.

Carga Losa Entrepiso :

No. de casetones en $1m^2$	=	1.78 cas/ m^2
Vol. Losa maciza	=	0.70 m^3/m^2
Vol. casetones	=	0.38 m^3/m^2
Peso Losa Aligerada	=	768 kg/m^2

Peso Total Losa Entrepiso/ m^2 :

Peso Propio Losa Aligerada	768 kg/m^2
Superficie de Rodamiento	96 kg/m^2
Carga Adicional por Reglamento	<u>40 kg/m^2</u>
Carga Muerta	= 904 kg/m^2

*** CARGAS DE DISEÑO**

a) Para Diseño Estructural con Cargas Verticales :

$$C.M. = 904 \text{ kg/m}^2$$

$$C.V. = \underline{250 \text{ kg/m}^2}$$

$$1,154 \text{ kg/m}^2$$

$$W = 1.15 \text{ Ton/m}^2$$

b) Para Diseño Sísmico :

$$C.M. = 904 \text{ kg/m}^2$$

$$C.V. = \underline{100 \text{ kg/m}^2}$$

$$1,004 \text{ kg/m}^2$$

$$W = 1.00 \text{ Ton/m}^2$$

Cargas de Diseño (verticales) por ml :

1) Marcos en el Sentido X :

Marcos en los extremos $W = 2.59 \text{ Ton/ml}$

Marcos intermedios $W = 5.18 \text{ Ton/ml}$

2) Marcos en el Sentido Y :

Marcos en los extremos $W = 4.73 \text{ Ton/ml}$

Marcos intermedios $W = 7.44 \text{ Ton/ml}$

* CARGAS SISMICAS ESTATICAS.

$$F_i = \frac{W_i h_i c \Sigma W}{\Sigma W_i h_i Q}$$

donde

F_i = Fuerza sísmica por entrepiso

W_i = Carga total por entrepiso

h_i = Altura de entrepiso

c = Coeficiente sísmico

Q = Factor de comportamiento sísmico

Para este caso se tienen los siguientes datos :

$W_i = 6,270.15 \text{ Ton}$

$h_i = 3.20 \text{ m}$

$c = 0.16$

$Q = 2$

Por lo tanto las fuerzas sísmicas para cada nivel serán :

$$F_4 = 802.58 \text{ Ton}$$

$$F_3 = 601.93 \text{ Ton}$$

$$F_2 = 401.29 \text{ Ton}$$

$$F_1 = 200.64 \text{ Ton}$$

II.3 ANALISIS

En esta etapa se incluyen las actividades que llevan a la determinación de la respuesta de la estructura ante las diferentes acciones exteriores que pueden afectarla durante su vida útil. Esto se puede realizar de la siguiente manera :

a) Se idealiza la estructura real por medio de un modelo teórico factible de ser analizado con los procedimientos de cálculo disponibles. Una forma de idealizar un edificio de columnas, vigas y losas de concreto, que es nuestro caso, se hace por medio de un sistema de marcos planos formados por barras de propiedades equivalentes.

b) Se determinan las acciones de diseño, o sea, las cargas y otros agentes que introducen esfuerzos en la estructura. Las acciones por causas ambientales (sismo, viento, etc.) generalmente se determinan mediante un sistema de fuerzas estáticas de efecto equivalente y la combinación de estas fuerzas con las correspondientes a otras.

c) Se determinan los efectos de las acciones de diseño mediante el modelo de estructura elegido. En esta etapa que comprende el análisis propiamente dicho, se calculan las fuerzas internas (momentos flexionantes y de torsión, fuerzas axiales y cortantes) así como las flechas y deformaciones de la misma.

Actualmente es muy común realizar los métodos de análisis mediante programas de computadora, con lo que se puede obtener mayor precisión y rapidez.

Para el Análisis Estructural del Proyecto en estudio, se hará uso de un Programa de Computación llamado SUPER-ETABS, el cual se usará para los dos sistemas estructurales

A continuación se presenta una breve descripción sobre el Programa SUPER-ETABS.

Es una versión modificada del programa ETABS realizado en California en 1985. Este programa puede ser usado para el análisis estructural lineal de edificios sujetos a cargas estáticas y dinámicas. El total de casos de cargas para todo el edificio, está definido por una combinación de tres condiciones de cargas verticales diferentes, y dos condiciones de fuerzas laterales diferentes. Así mismo se define el tiempo de duración de fuerzas o espectros por sismo.

Para esto, se evalúa la amplitud modal en cada tiempo y la superposición de las respuestas modales individuales constituyen la respuesta total. En el análisis de espectro de respuesta, la amplitud modal toma el valor de la respuesta máxima para el uso de dicho análisis. Ya que el tiempo de fase relativo de la respuesta máxima modal es desconocido, los procedimientos de combinación modal son usados para estimar la respuesta máxima en el análisis de espectro.

Tanto los modelos de fórmulas usados, como la solución del problema se realiza mediante una idealización del edificio, a base de un sistema de marcos e infraestructura de muros cortantes interconectados por diafragmas de piso, los cuales son rigidizados en su propio plano.

Este programa realiza el análisis con las cantidades de respuesta para el edificio en conjunto incluyendo las deflexiones por piso, desplazamientos por nivel, cortantes por piso

acumuladas, momentos de torsión y momentos de volteo. La localización de desplazamientos y fuerzas se encuentran en el centro de masa de cada piso. Esta localización puede variar de piso a piso.

En cada nivel, los movimientos pueden ser idealizados teniendo tres grados de libertad (dos laterales y uno torsional con respecto al eje vertical).

Para el análisis dinámico, se considera una sola forma modal de vibración y frecuencia que determina la solución de cada problema usando las matrices de rigidez lateral global del edificio y de masa.

Así mismo, está habilitado para calcular los efectos P en análisis estático y dinámico; un procedimiento para aproximaciones con análisis estático y dinámico sin la definición estructural detallada del miembro. El uso de combinación de técnicas modales mejoradas (con respecto al programa ETABS) dentro del análisis de espectro de respuesta. Generación automática de fuerzas estáticas laterales (sísmicas) equivalentes.

También se puede calcular la relación de esfuerzos para cualquier miembro por separado, así como el cálculo de la masa efectiva para la verificación modal.

El programa permite presentar toda la información o datos introducidos para que puedan ser verificados antes de la ejecución.

A continuación se presentan los datos requeridos para el programa, así como la combinación de resultados más desfavorables tanto para traveses como para columnas obtenida de dicho programa.

II.3.1 DATOS DE ENTRADA PARA EL PROGRAMA SUPER-ETABS

No. de Niveles del Edificio _____ 4

No. de Marcos Diferentes _____ 11

No. total de Marcos en la Estructura _____ 20

No. de condiciones de carga _____ 4

1. Cargas verticales.

2. Cargas sísmicas estáticas con excentricidad positiva.

3. Cargas sísmicas estáticas con excentricidad negativa.

4. Cargas dinámicas.

Fuerzas Sísmicas Estáticas por nivel :

F_4 _____ 802.58 Ton

F_3 _____ 601.93 Ton

F_2 _____ 401.29 Ton

F_1 _____ 200.64 Ton

Masa Traslacional para cada nivel _____ 639.16 Ton

Masa Rotacional para cada nivel _____ 902,200 T-m

Centro de Masas :

X _____ 55.58 m

Y _____ 20.89 m

Centro de Torsión :

- Excentricidad Positiva :

X _____ 60.70 m

Y _____ 34.40 m

- Excentricidad Negativa :

X _____ 50.80 m

Y _____ 7.40 m

- La descripción de la geometría y tipo de estructuración del edificio queda omitida.

II.3.2 RESULTADOS DEL PROGRAMA SUPER-ETABS PARA LOS CASOS MAS DESFAVORABLES

* TRABES.

Caso a):

Condición de Carga: VERTICAL

Ubicación : - Marco Eje " M "

- Nivel 4

- Crujía 2

Momento I = 159.5298 Ton-m

Momento J = -159.8109 Ton-m

Cortante I = 59.5024 Ton

Cortante J = 59.5376 Ton

Caso b):

Condición de Carga: VERTICAL

Localización : - Marco Eje " O "

- Nivel 4

- Crujía 2

Momento I = 169.4506 Ton-m

Momento J = -135.0540 Ton-m

Cortante I = 61.6698 Ton

Cortante J = 57.3702 Ton

*** COLUMNAS.**

·Caso a) :

Condición de Carga : VERTICAL

Localización : - Marco Eje " T "

- Nivel 4

- Línea 2

Momento S = -144.9661 Ton-m

Momento I = - 94.4513 Ton-m

Carga Axial= - 59.5633 Ton-m

·Caso b) :

Condición de Carga :

Localización : -Marco Eje " T "

-Nivel 2

-Línea 1

Momento S = - 82.4658 Ton ·m

Momento I = - 87.7510 Ton-m

Carga Axial= -178.4413 Ton-m

II.4 DIMENSIONAMIENTO

Es en esta etapa donde se define en detalle la estructura y se revisa si cumple con los requisitos de seguridad adoptados. Además se elaboran los planos y especificaciones de construcción de la estructura. Estas actividades van ligadas a la aplicación de códigos que rigen el diseño, en este caso, el R.C. del D.D.F., así como a las NTC-44.

A continuación se presenta el diseño para cada uno de los elementos estructurales principales, los cuales tendrán como constantes de diseño las siguientes. (las fórmulas de las constantes se obtuvieron de las NTC-44 del D.D.F).

CONSTANTES DE DISEÑO :

$$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f^*c = 0.8f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f''c = 0.85f^*c = 170 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.7 \sqrt{F'c}}{f_y} = 0.0026$$

$$\rho_b = \frac{f''c}{f_y} \frac{4800}{f_y + 6000} = 0.0190$$

Para Zona Sísmica:

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho_b = 0.0143$$

II.4.1 DISEÑO DE LOSA ALIGERADA

El análisis y diseño de las losas aligeradas es totalmente similar al de las macizas pudiéndose emplear los mismos métodos de análisis y diseño con ciertos cambios que se comentan a continuación :

- Se obtiene el peso/m² de la losa descontando el peso de los casetones.
- Los elementos mecánicos obtenidos del análisis se multiplican por el ancho tributario de una nervadura, en caso de que la separación sea constante. Así, en lugar de diseñar una franja de un metro de ancho se diseña una nervadura.
- En lugar de obtener separaciones de acero, se obtienen únicamente las áreas por nervadura.
- Las nervaduras deben cumplir con los requisitos de acero mínimo y máximo como si fueran vigas.

Para el proyecto de estudio se tomó como criterio para la elección del tablero más desfavorable, aquel que tuviera más lados discontinuos. De esta manera se eligió el tablero comprendido entre los ejes " 3 " y " 4 " en el sentido X, y los ejes " U " y " T " en el sentido Y.(VER FIGURA II.2.A).

* CALCULO DE CARGAS PARA CADA SENTIDO (X y Y)

W = Carga por $m^2 = 1,154 \text{ kg/m}^2$

W_S = Carga por ml en el sentido corto.

W_L = Carga por ml en el sentido largo.

δ_S = Flecha máxima en el sentido corto.

δ_L = Flecha máxima en el sentido largo.

S = Longitud lado corto.

L = Longitud lado largo.

$$W = W_S + W_L \text{ (1)}$$

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 \text{ (2)}$$

$$\delta_1 = \delta_2$$

$$\frac{W_S S^4}{185EI} = \frac{5W_L L^4}{384EI}$$

$$W_S = 1,108 \text{ kg/m}$$

$$W_L = 46.50 \text{ kg/m}$$

LOSA ALIGERADA

Tablero mas desfavorable

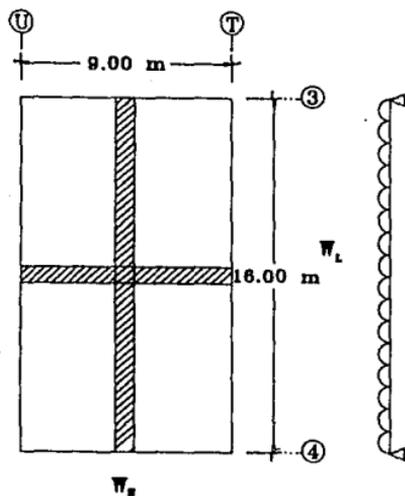


FIGURA II.2.A

Seccion transversal

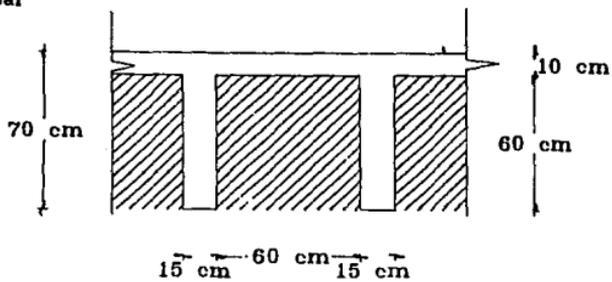


FIGURA II.2.B

- ARMADO SENTIDO CORTO

MOMENTO POSITIVO :

$$M_{(+)} = \frac{9W_s S^2}{128} = 6,310 \text{ kg-m/ml}$$

$$M_u = 1.4M_{(+)} = 8,835 \text{ kg-m/ml}$$

$$M_u/\text{nervadura} = 6,626 \text{ kg-m/nerv.}$$

$$\frac{M_u}{bd^2} = 9.84 ; \rho = 0.0027$$

$$A_s = \rho b d = 2.71 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto se propone 1 Vs No. 6 con $A_s = 2.85 \text{ cm}^2$ para el lecho inferior.

MOMENTO NEGATIVO :

Para el $M_{(-)}$ el procedimiento es similar obteniéndose :

$$M_{(-)} = \frac{W_s S^2}{8} = 11,219 \text{ kg-m/ml}$$

$$\rho = 0.0049 ; A_s = 4.96 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto se propone 2 Vs No. 6 con $A_s = 5.70 \text{ cm}^2$ para el lecho superior.

- ARMADO SENTIDO LARGO

Con un procedimiento similar se obtiene la cantidad de acero necesaria para las nervaduras en el sentido largo.

MOMENTO POSITIVO :

$$M_{(+)} = \frac{W L^2}{8} = 1,474 \text{ kg-m/ml}$$

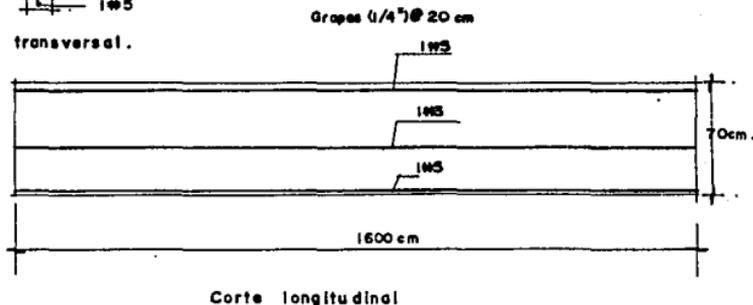
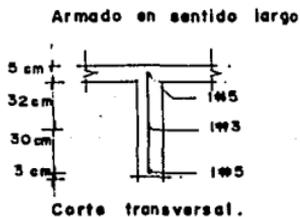
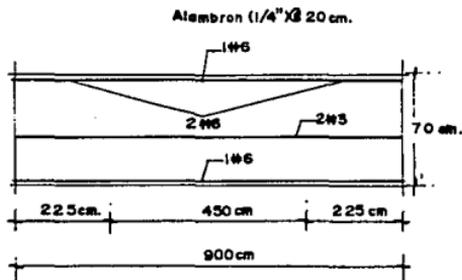
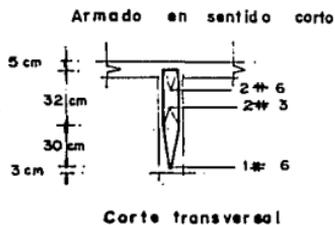
$$\rho = \rho_{\min} = 0.002 ; A_s = 2.01 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto se propone 1 Var. No. 5 con $A_s = 1.98 \text{ cm}^2$ para el lecho inferior.

En ambos sentidos se usará refuerzo adicional (por temperatura) ya que se tiene un peralte de 70 cm. Generalmente se usa el As mínimo para este refuerzo.

De esta manera se obtiene el armado definitivo de la losa. Este armado será igual para todos los tableros. (VER FIGURA II.3).

REFUERZO EN LOSA ALIGERADA.



II.4.2 DISEÑO DE TRABE

Sección de la trabe : 70 x 70 cm.

* CASO DE TRABE MAS DESFAVORABLE (Caso a) :

Condición de Carga : Vertical

$$M_i = 169.4506 \text{ T-m}$$

$$M_j = -135.0540 \text{ T-m}$$

$$V_i = 61.6698 \text{ T}$$

$$V_j = 57.3702 \text{ T}$$

Condición de Carga : Sísmica

$$M_{máx} = 20.8961 \text{ T}$$

* COMBINACION DE CARGA MAS DESFAVORABLE :

Los factores de carga usados a continuación se tomaron del R.C. del D.D.F. .

a) Bajo Cargas Verticales (permanentes) : 1.4(C.M. + C.V.)

$$\text{Momento de Diseño} = 1.4(169.4506) = 237.2308 \text{ T-m}$$

a) Bajo Cargas Accidentales : 1.1(C.M. + C.V. + SISMO)

$$\text{Momento de Diseño} = 1.1(169.4506 + 30.1475) = 219.5579 \text{ T-m}$$

Por lo tanto, la condición de carga más desfavorable es bajo Cargas Verticales.

* REVISION DE PERALTE MINIMO :

$$d_{mín} = \text{Long. del Claro} / 21 = 1600 \text{ cm} / 21$$

$$d_{mín} = 76.19 \text{ cm} \approx 70 \text{ cm}$$

• REVISION DE FLECHA MAXIMA :

(Por R.C. del D.D.F.)

$$\delta_{\max} = \frac{q \cdot l^4}{240} + 0.5 \text{ cm} = 7.17 \text{ cm} \quad \text{Si cumple}$$

Para la trabe que se está analizando la flecha máxima será:

$$\delta_{\max} = \frac{w \cdot l^4}{384EI} = 0.04 \text{ m} = 4 \text{ cm} < 7.17 \text{ cm} \quad \text{Si cumple}$$

• ELEMENTOS MECANICOS DE DISEÑO :

$$M_i = 1.4(169.4506) = 237.2308 \text{ T-m}$$

$$M_j = 1.4(-135.0540) = 189.0756 \text{ T-m}$$

$$V_i = 1.4(61.6698) = 86.3377 \text{ T}$$

$$V_j = 1.4(57.3702) = 80.3183 \text{ T}$$

$$w = 1.4(7.4400) = 10.4200 \text{ T/m}$$

• CALCULO DE MOMENTO MAXIMO POSITIVO :

$$\frac{16-X}{80.3183} = \frac{16}{166.6560}$$

$$X = 8.29 \text{ m}$$

Ecuación de momento :

$$M_x = -237.2308 + 86.3377x - \frac{10.42x^2}{2}$$

$$M_{(+)\max} = M_{8.29} = 120.4562 \text{ T-m}$$

Con la ecuación de Momentos se pueden obtener los diagramas de Momento y Cortante.
(VER FIGURA II.4).

* ARMADO PARA MOMENTO NEGATIVO (Momento en los extremos) :

$$M(-) = 237.2308 \text{ T m}$$

$$\frac{M_R}{bd^2} = \frac{237.2308 \times 10^5}{70(65.5)^2} = 78.99$$

$$\rho > \rho_{m\acute{a}s}$$

Por lo tanto, la trabe tendría que ser doblemente armada.

$$M_U = M_{R1} + M_{R2}$$

$$M_{R1} = FRbd^2 f'' c q_{m\acute{a}s} (1 - 0.5 q_{m\acute{a}s})$$

$$q_{m\acute{a}s} = \frac{\rho_{m\acute{a}s} f_y}{f'' c} = 0.3533$$

$$M_{R1} = 133.6600 \text{ T-m}$$

$$M_{R2} = M_U - M_{R1} = 103.5707 \text{ T-m}$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

$$A_s = A_{s_{m\acute{a}s}} + \frac{M_{R2}}{FRf_y(d-d')}$$

$$\frac{M_{R2}}{FRf_y(d-d')} = 44.92 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{m\acute{a}s}} = \rho_{m\acute{a}s} bd = 65.57 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 110.49 \text{ cm}^2$$

$$A's = \frac{A_{s2}}{0.75} = 59.89 \text{ cm}^2$$

- Cuantía de acero a tension :

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = 0.0241$$

DIAGRAMAS TRABE.

Trabe mas Desfavorable

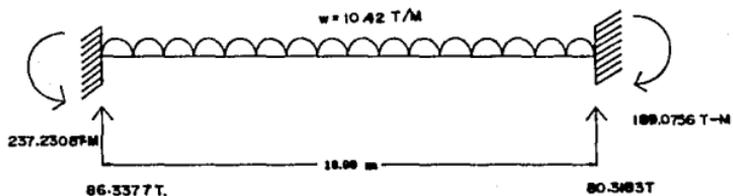


Diagrama de Cortante

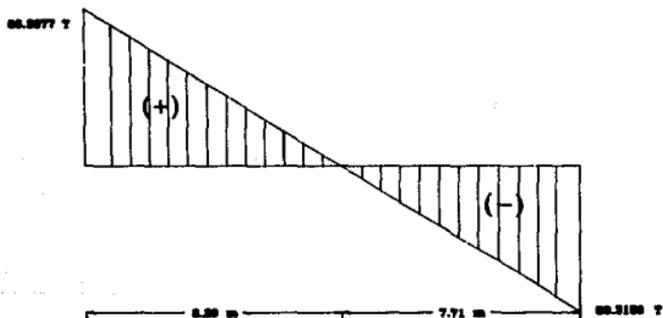


Diagrama de Momento

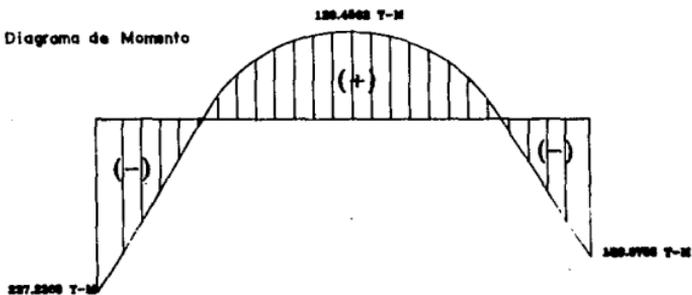


FIGURA. II.4

- Cuantía de acero a compresión :

$$\rho' = \frac{A's}{bd} = 0.0131$$

- Armado propuesto para $M_{(-)}$:

$$As \quad 10 \text{ Vs No. 12} = 114.00 \text{ cm}^2$$

$$A's \quad 6 \text{ Vs No. 11} = 57.48 \text{ cm}^2$$

$$2 \text{ Vs No. 4} = 2.54 \text{ cm}^2$$

* ARMADO PARA MOMENTO POSITIVO :

$$M_{(+)} = 120.4562 \text{ T-m}$$

$$\frac{M_u}{bd^2} = \frac{120.4562 \times 10^5}{(70)(65.5)^2} = 40.1096$$

$$\rho = 0.0126$$

$$As = 57.61 \text{ cm}^2$$

- Armado propuesto para $M_{(+)}$:

$$6 \text{ Vs No. 11} = 57.48 \text{ cm}^2$$

* REFUERZO POR TENSION DIAGONAL :

$$V_{CR} = 0.5FRbd\sqrt{f'c} = 25,937 \text{ kg}$$

$$25.94 \text{ T} < 86.34 \text{ T}$$

Por lo tanto requiere refuerzo por tensión diagonal.

Para estribos del No. 4 la separación será :

$$s = \frac{(FRAvfyd(\sin \theta + \cos \theta))}{V_U - V_{CR}} < \frac{FRAvfy}{3.5b}$$

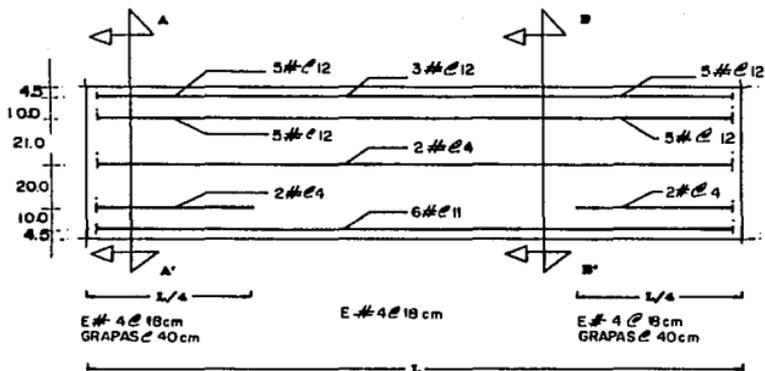
$$s = 18.50 < 69.68$$

$$s \leq 0.25d = 17.50 \text{ cm}$$

Por lo tanto $s = 15 \text{ cm}$ para toda la trabe.

De esta forma se obtiene el armado definitivo de la trabe (VER FIGURA II.5). Este armado se usará para todas las trabes de la estructura en estudio.

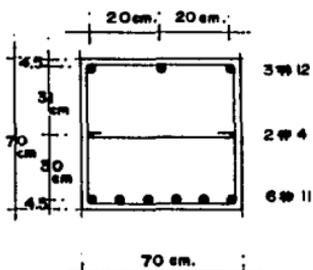
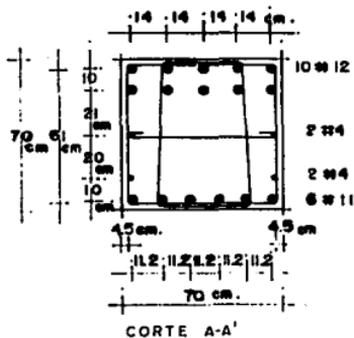
REFUERZO EN TRABE



$L = 16$ m Trabes sentido Y.

$L = 9$ m Trabes sentido X.

Corte Longitudinal.



CORTE A-A'

Corte B-B'

II.4.3 DISEÑO DE COLUMNA

* CASO DE CARGA MAS DESFAVORABLE (Caso a) :

Condición de carga : Vertical

$$M_s = - 144.9661 \text{ T-m}$$

$$M_i = - 94.4513 \text{ T-m}$$

$$P = - 59.5633 \text{ T}$$

Condición de carga : Sísmica

$$M_{\max} = 26.4024 \text{ T-m}$$

* COMBINACION DE CARGAS MAS DESFAVORABLES :

Este análisis es similar al que se realizó para la trabe. Por esta razón se omiten los cálculos.

Para el caso de las columnas, la combinación más desfavorable al igual que las trabes es bajo Cargas Permanentes.

* REVISION PARA EFECTOS DE ESBELTEZ :

En base a lo que especifican las NTC-44 al respecto, se tiene que si cumple con los siguientes puntos, se pueden despreciar los efectos por esbeltez :

Caso 1 : Estructuras simétricas con marcos sujetos a fuerzas verticales que no produzcan desplazamientos laterales apreciables.

$$\frac{H'}{r} < 34 - \frac{M_1}{M_2}$$

donde

H' = Longitud de pandeo efectiva

M_1 = Momento Mayor en los extremos.

M₂ = Momento Menor en los extremos.

$$27.21 < 32.47 \dots\dots \text{Si cumple}$$

Caso 2 : Estructuras asimétricas sujetas a carga vertical que origina desplazamientos laterales considerables.

$$\frac{H'}{r} < 22$$

Este caso no es aplicable para el proyecto en estudio.

Caso 3 : Estructuras con extremos no restringidos lateralmente sujetos a cargas verticales y horizontales.

$$\frac{\Delta_i}{H_i} = \frac{0.08 V_i}{\sum P_i}$$

donde

Δ_i = Desplazamiento relativo en el entrepiso i .

V_i = Cortante sísmico en el entrepiso i .

H_i = Altura del entrepiso i .

$\sum P_i$ = Suma de cargas vivas y muertas desde el extremo superior del edificio hasta el entrepiso considerado.

$$0.0001 < 4.33 \quad \text{Si cumple}$$

Como se cumple con los puntos anteriores pueden despreciarse los efectos de esbeltez.

* ELEMENTOS MECANICOS DE DISEÑO :

En el extremo superior se tiene :

$$M_{xs} = 1.4(144.9661) = 202.9525 \text{ T-m}$$

$$M_{ys} = 1.4(43.4898) = 60.8858 \text{ T-m}$$

$$P_s = 1.4(59.5633) = 83.3886 \text{ T}$$

En el extremo inferior se tiene :

$$M_{xi} = 1.4(94.4513) = 132.2318 \text{ T-m}$$

$$M_{yi} = 1.4(28.3354) = 39.6695 \text{ T-m}$$

$$P_i = 1.4(59.5633) = 83.3886 \text{ T}$$

• CALCULO DE LA CARGA MAXIMA RESISTENTE (P_n) :

- Se propone $\rho = 0.05$

$$A_s = \rho b h = 245 \text{ cm}^2$$

- Obtención de carga axial máxima sin excentricidades (P_o) :

$$P_o = FR(Ac f_c + A_s f_y) ; \text{ Area concreto} = A_c = A_{sección} - A_s$$

$$P_o = 1'456,280 \text{ kg} = 1,456 \text{ Ton}$$

- Obtención de carga axial con excentricidad en X (P_x) :

Para este se hace uso de los diagramas de interacción mediante los siguientes datos :

$$d/h = 0.95$$

$$q = 1.24$$

$$e_x = \frac{M_x}{P}$$

$$\frac{e_x}{h_x} = 3.48 ; K = 0.16$$

$$P_x = KFRbhf_c = 66,640 \text{ kg}$$

- Obtención de carga axial con excentricidad en Y (P_y) :

$$e_y = \frac{M_y}{P}$$

$$\frac{e_y}{h_y} = 1.04 ; K = 0.49$$

$$P_y = KFRbhf_c = 106,624 \text{ kg}$$

- Cálculo de P_n por medio de la Fórmula de Bresler :

$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{P_x} + \frac{1}{P_y} - \frac{1}{P_o}$$

$$P_n = 85,074 \text{ kg} = 85.07 \text{ Ton} > 83.39 \text{ Ton}$$

Por lo tanto se toma como $\rho = 0.05$

- Armado propuesto :

$$16 \text{ Vs No. 12} = 182.40 \text{ cm}^2$$

$$8 \text{ Vs No. 10} = 63.36 \text{ cm}^2$$

- Separación en Refuerzo transversal :

Se usarán estribos del No. 3, cuya separación será la menor de las siguientes :

- $\frac{850}{\sqrt{f_y}}$ veces el diámetro (ϕ) de la barra más delgada de refuerzo longitudinal = 41.71 cm
- 48 veces diámetro (ϕ) estribo = 45.60 cm
- $b/2$ = 35.00 cm

Por lo tanto, se proponen Estribos del No. 3 @ 35 cm

En los extremos, la separación será de : s @ 15 cm .

De esta forma se obtiene el armado definitivo para la columna tipo (VER FIGURA II.6). Para este proyecto se usará un sólo tipo de columna.

Como se puede observar, a lo largo de este capítulo se ha desarrollado un procedimiento general para el diseño del sistema estructural de concreto por medio de elementos colados en sitio, aplicado al proyecto de estacionamiento en estudio. Los detalles de diseño se omitieron ya que no es tema de estudio de este trabajo.

Similar a los pasos seguidos en este capítulo, se hará el desarrollo del mismo proyecto, para el sistema estructural de concreto con elementos prefabricados.

REFUERZO EN COLUMNA.

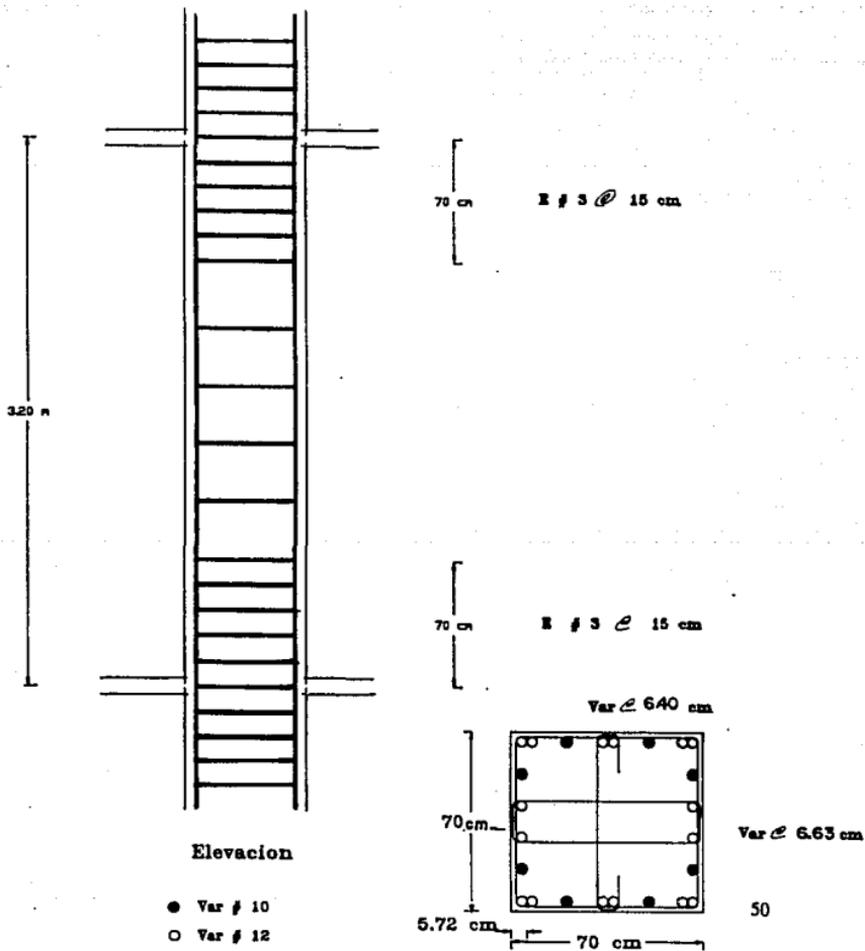


FIGURA II.6

II.5 CONCLUSIONES

Con los resultados del diseño de los elementos estructurales para el proyecto de estacionamiento en estudio, se puede observar que la cantidad de refuerzo requerida tanto en traveses como en columnas es muy alta. Esto se debe a que se tienen claros muy grandes, lo cual provoca también momentos muy grandes en traveses y columnas.

Además, es importante recordar que el acero es uno de los factores principales que influyen en el costo de una construcción.

Por esta razón, no es conveniente tener una estructura que requiera un elevado porcentaje de acero en sus elementos, ya que esto incrementa mucho el costo total de la obra.

En estas situaciones es preferible aumentar la cantidad de concreto ya que es más económico que el acero. Esto se logra mediante un aumento en las dimensiones de los elementos estructurales, o bien, aumentando el número de estos elementos.

En este caso, dado los claros tan grandes que se tienen, el aumentar las dimensiones en los elementos estructurales, tanto en traveses como en columnas no produciría una disminución considerable en la cantidad de acero.

Para este proyecto, la solución para economizar la estructura podría ser mediante otro tipo de estructuración, aumentando el número de columnas y traveses, de tal manera que se puedan repartir mejor las cargas para obtener momentos menores. Logrando así reducir en forma considerable el porcentaje de acero que se requiere en dichos elementos estructurales.

Con esto se puede reducir el costo de la obra, sin embargo existirá un incremento del costo debido al aumento tanto en la cantidad de concreto y cimbra de los elementos estructurales que fueron añadidos, así como en la mano de obra para su realización; existiendo también un incremento en los tiempos de obra.

Además, es importante tomar en cuenta que el aumento en el número de columnas reducirá el espacio disponible para cajones de estacionamiento, con lo cual se complican las maniobras tanto en la entrada y salida del cajón de estacionamiento como en la circulación en los pasillos.

Para fines comparativos de este sistema estructural con el sistema por medio de elementos prefabricados, se usará el diseño presentado en este capítulo.

CAPITULO III



III. SOLUCION DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DE CONCRETO MEDIANTE ELEMENTOS PREFABRICADOS

III.1 INTRODUCCION

Este capítulo tiene por objeto presentar el diseño del proyecto de estacionamiento en estudio, para el caso en que se hiciera mediante elementos prefabricados, mencionando los criterios principales en que se basa el diseño de cada pieza, omitiendo el procedimiento de cálculo ya que esto requiere de un tratado especial. Sin embargo, se presenta el cálculo de diseño para una viga TT prefabricada, por considerarse uno de los elementos más característicos dentro de los prefabricados.

Con lo anterior se podrán visualizar las diferencias principales que hay en el análisis y diseño de una estructura de concreto con elementos prefabricados con otra mediante elementos colados en sitio.

Aunque se puede decir que el análisis para cualquier sistema estructural tendrá un procedimiento igual, ya que se toman los mismos criterios.

En cuanto al diseño si habrá diferencias, ya que en los elementos prefabricados habrá que tomar mayores consideraciones debido a que se fabrican en un lugar diferente al sitio para el cual están destinados.

Así, para el diseño de las piezas prefabricadas se tomarán condiciones de trabajo como las requeridas para el transporte y montaje. Además, es común que estos elementos sean presforzados, lo cual también influye en el diseño.

Antes de continuar, hay que entender primero el concepto de prefabricado y sus principales características.

Se llama **elemento prefabricado** a todo aquel que está construido en un lugar diferente al de su ubicación final, esto quiere decir, el fabricar las piezas y elementos para la construcción en un sitio aunque se vaya a emplear en cualquier otra parte.

Los elementos prefabricados de concreto pueden ser reforzados, aunque es muy común que sean pretensados o postensados.

Un elemento **pretensado** es aquel en el cual el acero se somete a esfuerzos de tensión antes del colado de dicho elemento.

Un elemento es **postensado** cuando se aplican esfuerzos de tensión al acero posteriores al colado del elemento.

Las características anteriores también son aplicables a elementos de concreto colados en el lugar, aunque su proceso de realización es más complicado, dada la maquinaria o equipo que se requiere, además de que al no tener dicho equipo en el lugar de la obra, muchas veces resulta incosteable rentarlo.

En cambio, una planta de elementos prefabricados cuenta con equipo permanente para pretensar (gatos hidráulicos entre otros) y algunas plantas también cuentan con equipos para el postensado.

Es por esta razón que, cuando se requiere un elemento de concreto ya sea pretensado o postensado se haga generalmente sobre elementos prefabricados.

El objeto de pretensar o postensar un elemento de concreto, es el de contrarrestar los esfuerzos que actuarán en dicho elemento.

El principal objetivo del pre-tensado, en el caso de una viga simplemente apoyada, por ejemplo, es el de compactar previamente el concreto en la parte inferior de la viga, con el propósito de contrarrestar toda o parte de la tensión que es provocada por las cargas gravitacionales.

Con esto se pretende obtener una condición de transferencia después del presfuerzo, la cual se refiere a la etapa inmediatamente posterior a la compactación del concreto, suponiendo que el propio peso actúe junto con la fuerza del presfuerzo, después del acortamiento elástico, es decir, después de la pérdida elástica del presfuerzo. La siguiente condición será después de todas las pérdidas del presfuerzo, la cual se refiere a la etapa en que se han presentado todas las pérdidas de presfuerzo y se han aplicado las cargas sobrepuestas.

La finalidad tanto de los elementos pretensados como postensados, al producir la acción de contrarrestar los esfuerzos que actuarán en un elemento estructural determinado una vez que desarrolle la función para la cual ha sido diseñado, es la de reducir sus dimensiones.

Uno de los criterios para determinar si es conveniente usar elementos pretensados, postensados o simplemente reforzados, se basa en los siguientes puntos :

- El tipo de obra (si la obra es chica o grande, si contará con varios niveles o no, si se destinará a cargas pequeñas o grandes, etc.).
- Similitud en los elementos estructurales.

- Los recursos con que se cuenta (en relación a maquinaria y su capacidad ya sea de pretensado o postensado, el espacio en el lugar de la obra para las maniobras requeridas de tensado, etc.).

Lo anterior se refiere a que si por ejemplo, se tiene un edificio chico, o con cargas no muy grandes tal vez la mejor opción sea hacer los elementos estructurales a base de concreto reforzado simplemente, sin ningún tensado anterior o posterior al fraguado del concreto, ya que esto causaría un costo adicional considerable, el cual no se amortizaría con el ahorro de concreto al tener elementos con dimensiones más chicas.

En cambio, una construcción de gran tamaño, en donde muchos de sus elementos estructurales se repiten, el ahorro de concreto al poder reducir sus secciones sí podrá ser considerable, por lo que puede resultar más conveniente hacer dichos elementos pretensados, con lo cual se podrán reducir los costos.

O bien, en el caso en que se tenga por ejemplo un sistema estructural destinado a grandes cargas, tal vez la capacidad del equipo para el pretensado sea insuficiente, por lo que entonces convendrá postensar los elementos para evitar que la maquinaria se voltee o sufra daños durante la operación de tensado.

En conclusión, se puede decir que una de las principales ventajas del pretensado o postensado, desde el punto de vista de funcionalidad es el de contrarrestar los esfuerzos que actuarán en el elemento, y desde el punto de vista económico, es el de reducir las dimensiones de los elementos estructurales, de tal manera que si esta reducción se aplica a todos o a la mayoría de dichos elementos, el ahorro de concreto será considerable, amortizando los costos adicionales por maniobras de tensado.

Estos dos métodos también se pueden usar combinados para obtener grandes ventajas, como en el caso de algunos elementos prefabricados que son pretensados para soportar la carga muerta y también son postensados para soportar la carga viva.

Para el edificio de estacionamiento en estudio, dado que las cargas que actuarán en las trabes portantes no serán muy grandes, ya que aunque los claros tienen dimensiones muy amplias, el sistema de piso mediante vigas TT que se usará es muy ligero. Por esta razón se decidió no hacerlas pretensadas.

En cambio, para el sistema de piso mediante vigas TT, se decidió hacerlas pretensadas ya que los claros son muy grandes por lo que se podrían presentar flechas considerables al hacerlas únicamente reforzadas.

Las consideraciones principales que señalan las NTC-44 con respecto al análisis y diseño, las cuales se mencionaron en el inciso II.1 del capítulo anterior, también son aplicables para este caso. Esto se refiere a los criterios de los estados límite de falla y de servicio para el dimensionamiento, así como a métodos de análisis que supongan un comportamiento elástico.

Para el diseño estructural de los elementos prefabricados de concreto se pueden considerar los mismos aspectos fundamentales que para un sistema estructural de concreto con elementos colados en sitio. Estos aspectos como ya se mencionaron en el capítulo anterior son los siguientes :

- Estructuración
- Análisis
- Dimensionamiento

A continuación se presenta de manera general las diferencias de cada uno de estos aspectos aplicados a un sistema estructural mediante elementos prefabricados.

III.2 ESTRUCTURACION

Esta etapa del proceso, para el caso en que se elija un sistema estructural mediante elementos de concreto prefabricados, se hará de manera semejante que para un sistema estructural con elementos de concreto colados en el lugar.

Por lo tanto, aquí también se seleccionarán los materiales que van a constituir la estructura, así como el arreglo y dimensiones preliminares de los elementos estructurales principales.

Para el proyecto de estacionamiento en estudio, el sistema estructural con elementos prefabricados también tendrá como materiales principales el concreto y el acero, aunque para el concreto se usará una mayor resistencia al existir un mayor control de calidad en las plantas de prefabricados :

Concreto de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ (para elementos estructurales)

Concreto de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ (al destensar)

Concreto de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ (para el firme del sistema de piso)

Acero de Refuerzo $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

Acero de Presfuerzo $f_y = 19,000 \text{ kg/cm}^2$

Acero en placas, accesorios metálicos y tensores $f_y = 2,530 \text{ kg/cm}^2$

Siguiendo la misma división presentada en el capítulo anterior para definir el tipo de estructura, en este caso se tiene que :

Para el subsistema vertical se usarán marcos en el sentido X y muros rígidos en el sentido Y.

Para el subsistema horizontal o de piso se usarán vigas con sección TT pretensadas, las cuales se colocarán en dirección Y apoyándose únicamente sobre los marcos en el sentido X.

Los criterios que se consideraron para usar muros rígidos en el sentido Y en lugar de marcos son los siguientes :

- Dado que el sistema de piso se apoyará únicamente en el sentido X, las cargas verticales en el sentido Y serán mínimas.
- En cambio, las fuerzas laterales (sísmicas) en el sentido Y si serán considerables debido a que es el lado corto del edificio, por lo tanto, resulta más conveniente usar muros rígidos en este sentido ya que absorben mayor cortante sísmica que los marcos.

Ya que todos los tableros son iguales, sólo se representa un tablero para el sistema de piso. Ver planta estructural.(FIGURA III.1).

III.2.1 PREDISEÑO

Esta etapa del proceso es similar al prediseño para elementos de concreto colados en el lugar.

Así, de la misma forma se seleccionarán los materiales que van a constituir la estructura y las dimensiones preliminares de dichos elementos.

PLANTA ESTRUCTURAL PARA EL PROYECTO DE ESTACIONAMIENTO
CON ELEMENTOS DE CONCRETO PREFABRICADOS

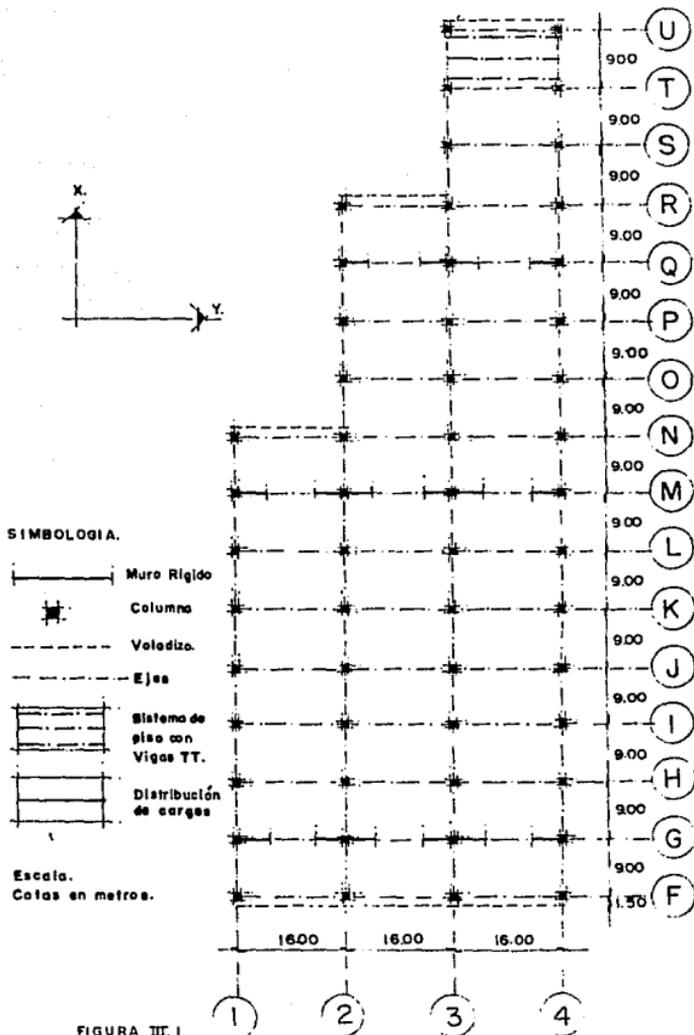


FIGURA III. I

En el capítulo anterior se mencionó que para realizar el prediseño de los elementos estructurales se puede hacer un análisis preliminar por medio de métodos aproximados, haciéndolos iterativamente, o bien usando programas de computación para Análisis Estructural, de tal manera que se puedan optimizar las dimensiones para cada elemento. Esto es importante para lograr un diseño económico sin afectar la calidad y seguridad que debe tener cada elemento.

Una vez determinadas las diferentes secciones de los elementos estructurales, se procede a realizar el análisis definitivo por medio de un método exacto, con el cual se obtienen los efectos en cada elemento estructural producidos por las diferentes acciones a las que va estar sujeta la estructura durante su vida útil. Con los resultados obtenidos se efectúa el diseño definitivo.

A continuación se presentan los datos iniciales requeridos para el prediseño y análisis de cargas del sistema estructural con elementos de concreto prefabricados para el proyecto en estudio.

OBRA	: Estacionamiento para edificio de oficinas
LUGAR	: Av. Constituyentes # 1001, D.F.
TIPO	: Grupo B
UBICACION	: Zona D Tipo de Suelo I
MATERIALES	: Concreto $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ (para elementos estructurales prefabricados). Concreto $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ (para el firme del sistema de piso). Acero de refuerzo $f_y = 4,200 \text{ kg/m}^2$ Acero de prestuerzo $f_{ps} = 19,000 \text{ kg/cm}^2$
SECCIONES PROPUESTAS :	
COLUMNAS	: 70 x 70 cm
TRABES	: 70 x 70 cm
ACARTELADAS	: 15 x 150 cm (forma parte de las ménsulas)
MUROS DE CONCRETO	: 25 x 300 cm
SISTEMA DE PISO	: vigas TT 70 cm peralte 298 cm ancho superior

III.2.2 ANALISIS DE CARGAS

* CARGA VIVA (C.V.)

Las cargas vivas que marca el Reglamento de Construcciones del D.D.F. son iguales para todos los tipos de sistemas estructurales, más bien las variantes que existen en dichas cargas dependen del uso y ocupación de la construcción.

Por esta razón para el sistema estructural de concreto con elementos prefabricados se usarán las mismas cargas vivas que para el sistema estructural con elementos colados en sitio. Estas cargas son :

$$W_m = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$W_a = 100 \text{ kg/m}^2$$

* CARGA MUERTA (C.M.)

Carga Losa Entrepiso :

$$\text{Peso Propio sección TT} \quad 260 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Firme con } h = 6 \text{ cm} \quad 144 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Superficie de rodamiento} \quad 96 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Carga Adicional por Reglamento} &= \underline{40 \text{ kg/m}^2} \\ \text{Carga Muerta} &= 540 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

* CARGAS DE DISEÑO.

En el cálculo de la $W_{m\acute{a}x}$ (Ton/ml) se requiere conocer el área tributaria que cargará el elemento que se esté analizando. La distribución del área tributaria depende del tipo de sistema de piso que se trate. Así por ejemplo, para el sistema de piso a base de losas macizas coladas en el lugar la distribución de cargas por tablero será como en la figura A. En cambio, cuando el

sistema de piso sea por medio de elementos prefabricados como las secciones TT, las cuales se apoyan en una sola dirección la distribución de cargas en cada tablero será como se presenta en la figura B.

A1: Area Tributaria

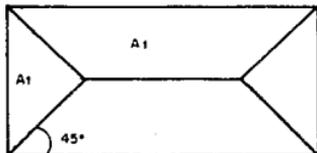


FIGURA - A

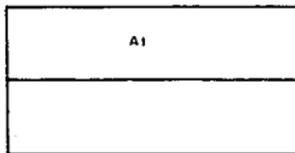


FIGURA-B

a) Para Diseño Estructural con Cargas Verticales :

$$C.M. = 540 \text{ kg/m}^2$$

$$C.V. = \frac{250 \text{ kg/m}}{790 \text{ kg/m}^2}$$

$$W = 0.79 \text{ Ton/m}^2$$

b) Para Diseño Sísmico :

$$C.M. = 540 \text{ kg/m}^2$$

$$C.V. = \frac{100 \text{ kg/m}^2}{640 \text{ kg/m}^2}$$

$$W = 0.64 \text{ Ton/m}^2$$

Cargas de Diseño (cargas verticales) por ml :

1) Sentido X :

· Marcos en los extremos	W = 8.36 Ton/ml
· Marcos intermedios	W ₁ = 13.86 Ton/ml
	W ₂ = 8.36 Ton/ml

2) Sentido Y :

Como las vigas TT sólo se apoyan sobre los marcos del sentido X, en el sentido Y no se transmiten cargas verticales.

* CARGAS LATERALES (SISMICAS)

El cálculo de las fuerzas sísmicas también será por medio del Método Estático.

$$F_i = \frac{W_i h_i}{\sum W_i h_i} c \sum W Q$$

Para este caso se tienen los siguientes datos :

$$W_i = 4,349.68 \text{ Ton}$$

$$h_i = 3.20 \text{ m}$$

$$c = 0.16$$

$$Q = 2$$

Por lo tanto las fuerzas sísmicas para cada nivel serán :

$$F_4 = 566.13 \text{ Ton}$$

$$F_3 = 424.60 \text{ Ton}$$

$$F_2 = 283.10 \text{ Ton}$$

$$F_1 = 141.50 \text{ Ton}$$

III.3 ANALISIS

Como ya se mencionó antes, esta etapa incluye todo el procedimiento mediante el cual se determina la respuesta de la estructura ante las diferentes acciones que pueden afectarla.

La manera en que se puede realizar dicho análisis para el caso de un sistema estructural de concreto con elementos prefabricados es similar al análisis para un sistema estructural de concreto con elementos colados en sitio.

Para el análisis del sistema estructural con elementos prefabricados del proyecto en estudio, se usará el mismo programa de computación que se utilizó en el análisis realizado en el capítulo anterior. Este programa como ya se mencionó se llama SUPER-ETABS.

III.3.1 DATOS DE ENTRADA DEL PROGRAMA SUPER-ETABS

Los datos de entrada requeridos por el programa para el sistema estructural de concreto con elementos prefabricados, del proyecto de estacionamiento en estudio, son similares a los que se utilizaron para el sistema estructural de concreto con elementos colados en el lugar (ver inciso II.3.1). Los datos diferentes serán el tipo de estructuración que en este caso será mediante marcos para el sentido X, y muros rígidos para el sentido Y, así como las cargas y los datos relacionados con éstas, los cuales se presentan a continuación.

Fuerzas Sísmicas Estáticas por nivel :

F₄____566.13 Ton

F₃____424.60 Ton

F₂____283.10 Ton

F₁____141.50 Ton

·Masa Traslacional para cada nivel____450.90 Ton

·Masa Rotacional para cada nivel____659,098 T-m²

·Centro de Masas :

X_____56.25 m

Y_____20.22 m

Centro de Torsión :

Excentricidad Positiva :

X _____ 61.10 m

Y _____ 33.70 m

Excentricidad Negativa :

X _____ 51.50 m

Y _____ 6.70 m

III.3.2 RESULTADOS DEL PROGRAMA SUPER-ETABS PARA LOS CASOS MAS DESFAVORABLES

* TRABES

Condición de Carga : VERTICAL

Ubicación : - Marco Eje " 2 "

- Nivel 4

- Crujía 2

Momento I = 75.5413 Ton-m

Momento J = -98.4313 Ton-m

Cortante I = 59.8267 Ton

Cortante J = 64.9133 Ton

* COLUMNAS

Condición de Carga : VERTICAL

Ubicación : - Marco Eje " 3 "

- Nivel 4

- Línea 2

Momento S = -59.9547 Ton-m

Momento I = -42.6263 Ton-m

Carga Axial = -80.6179 Ton-m

III.4 DIMENSIONAMIENTO

Como ya se mencionó al principio de este capítulo, las estructuras prefabricadas se diseñarán con los mismos criterios empleados para estructuras coladas en el lugar, teniendo en cuenta además, las condiciones de carga que se presenten desde la fabricación inicial de los elementos hasta la terminación.

Lo anterior se refiere a los medios de sujeción o rigidización temporales, el equipo de izado, los apoyos provisionales, etc., que deben diseñarse para las fuerzas que puedan presentarse durante el montaje, incluyendo los efectos de sismo y viento, así como las deformaciones que se prevea ocurrirán durante estas operaciones.

También se debe tomar en cuenta las condiciones de restricción que den las conexiones, las cuales se diseñarán de modo que el grado de restricción que proporcionen esté de acuerdo con lo supuesto en el análisis de la estructura. La resistencia de una conexión a cada fuerza y momento internos que deba transmitir no será menor que 1.3 veces el valor de diseño de dicha acción interna.

Al detallar las conexiones también deben preverse las tolerancias y holguras necesarias para la manufactura y el montaje.

Las conexiones viga-columna con elementos prefabricados podrán efectuarse en las zonas adyacentes al nudo o alejadas del mismo, cumpliendo en ambos casos con los requisitos que especifican las NTC-44 del D.D.F..

Si los elementos prefabricados que se usen, son presforzados, se deberá cumplir con las especificaciones que señalan las NTC-44 del D.D.F. sobre Concreto presforzado, pudiendo aplicar las disposiciones contenidas en otras partes de este documento, siempre y cuando no contradigan los requisitos de concreto presforzado.

Es importante mencionar que en todo elemento de concreto presforzado y parcialmente presforzado deben revisarse los estados límite de falla. Se tomarán en cuenta las concentraciones de esfuerzos debidos al presfuerzo.

En los incisos siguientes se presenta el diseño definitivo que se tomó para los elementos estructurales del proyecto de estacionamiento en estudio por medio de elementos prefabricados. Así mismo, se mencionan los criterios generales que se tomaron en cuenta para cada elemento en particular.

Para el caso de las trabes, sí se realizará todo el procedimiento de diseño, ya que es donde se presentan las conexiones. Así mismo, se presenta el diseño para una de las vigas TT, por ser uno de los elementos más representativos dentro de los elementos prefabricados, y con más variantes en cuanto a su procedimiento de diseño, ya que serán presforzadas.

Las constantes de diseño utilizadas en los elementos prefabricados que se tratan a continuación se obtuvieron en base a las NTC-44 del D.D.F..

CONSTANTES DE DISEÑO:

$$f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f^*c = 0.8f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$f''c = \left[1.05 - \frac{f^*c}{1250}\right]f^*c = 231 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho_{\text{mín}} = \frac{0.7\sqrt{f'c}}{f_y} = 0.0031$$

$$\rho_b = \frac{f''c}{f_y} \frac{4800}{f_y + 6000} = 0.0259$$

Para Zona Sísmica :

$$\rho_{\text{máx}} = 0.75\rho_b = 0.0194$$

III.4.1 DISEÑO VIGA TT PREFABRICADA

Como ya se mencionó antes, el sistema de piso para este caso estará formado por vigas TT, las cuales serán presforzadas por tratarse de claros grandes, ya que de otra manera las flechas verticales serían considerables. Por otro lado, como se requerirá un gran número de piezas de este tipo, resultará más económico hacerlas presforzadas debido al ahorro en concreto al obtener dimensiones más chicas.

El diseño de estas secciones TT se hará considerándolas como vigas simplemente apoyadas, siguiendo las especificaciones para vigas de concreto que marcan las NTC-44, así como las especificaciones sobre elementos presforzados que señalan dichas normas. (VER FIGURA III.2.A y III.2..B)

1.- Análisis de Cargas.

VIGA TT TIPO 300/70

$W_{pp\ TT}$ _____ 260 kg/m²

Firme H= 8.50 cm (promedio) _____ 204 kg/m²

Carga adicional por Reglamento _____ 20 kg/m²

$$W = 484 \text{ kg/m}^2$$

a) Para Diseño Gravitacional :

Carga Muerta _____ 484 kg/m²

Carga Viva _____ 250 kg/m²

$$W = 734 \text{ kg/m}^2$$

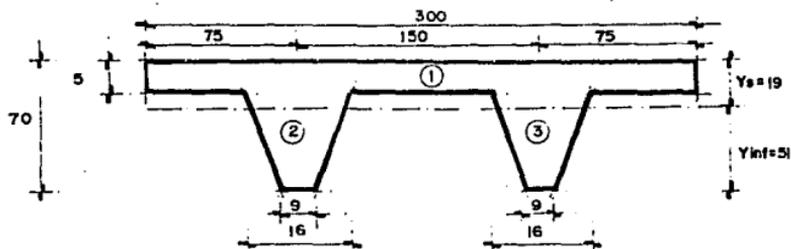
b) Para Diseño por Sismo :

Carga Muerta _____ 484 kg/m²

Carga Viva _____ 100 kg/m²

$$W = 584 \text{ kg/m}^2$$

2.- Propiedades Geométricas de la Sección Simple.



$A = \text{Area (de catálogo)} = 3,210 \text{ cm}^2$

$L_{viga} = \text{Longitud viga} = 15.60 \text{ m}$

$$I = \sum I_c + A d^2$$

I = Momento de Inercia

I_c = Momento de Inercia Centroidal

I_{ss} = Momento de Inercia de la Sección Simple

$$I_{ss} = 1'375,766 \text{ cm}^4$$

S_{ss} = Módulo Inferior de la Sección Simple

$$S_{ss} = \frac{I_{ss}}{y_1} = 26,991 \text{ cm}^3$$

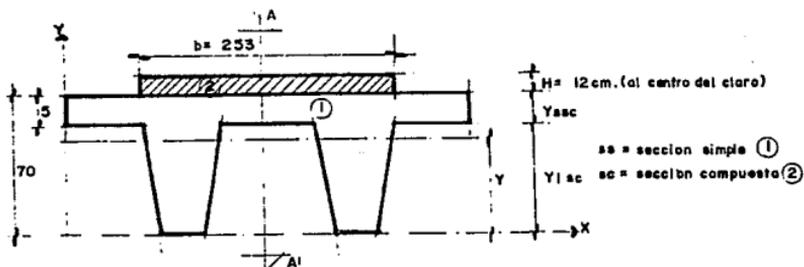
S_{sss} = Módulo Superior de la Sección Simple

$$S_{sss} = \frac{I_{ss}}{y_2} = 72,298 \text{ cm}^3$$

3.- Propiedades Geométricas de la Sección Compuesta.

$$n = \sqrt{\frac{f'c \text{ (concreto del firme)}}{f'c \text{ (concreto para presfuerzo)}}} = \sqrt{\frac{250}{350}} = 0.845$$

$$b = 300(0.845) = 253 \text{ cm}$$



Sección	Area	y	Ay	d	Ad ²	I
1	3,210	51	163,710	12.1518	474,007	1'375,766
2	3,036	76	230,736	12.8482	501,173	36,432
Σ =	6,246		394,446		975,180	1'412,198

$$y = \text{Distancia al Eje Neutro} = \frac{\sum Ay}{\sum A} = 63.1518 \text{ cm}$$

I_{sc} = Momento de Inercia de la Sección Compuesta

$$I_{sc} = 2'387,378 \text{ cm}^4$$

y_{isc} = Dist. Inf. de la Sección Compuesta = 63.2 cm

y_{ssc} = Dist. Sup. de la Sección Compuesta = 18.8 cm

S_{isc} = Módulo Inferior de la Sección Compuesta

$$S_{isc} = \frac{I_{sc}}{y_i} = 37,775 \text{ cm}^3$$

S_{ssc} = Módulo Superior de la Sección Compuesta

$$S_{ssc} = \frac{I_{sc}}{y_i} = 126,988 \text{ cm}^3$$

4.- Momentos Actuales.

$$W_{pp} = 260(3.00) = 780 \text{ kg/m}$$

$$W_{fmas} = 260(3.00) = \frac{80 \text{ kg/m}}{w_{cm}} = 1,392 \text{ kg/m}$$

$$w_{cv} = 250(3.00) = 750 \text{ kg/m} + 1,500 \text{ kg (carga concentrada por Reglamento)}$$

M_{ms} = Momento Máximo de la Sección Simple

$$M_{ms} = \frac{wL^2}{8} = 42,345 \text{ kg-m}$$

M_{mac} = Momento Máximo de la Sección Compuesta

$$M_{mac} = \frac{wL^2}{8} + \frac{PL}{4} = 28,665 \text{ kg-m}$$

5.- Esfuerzos Actuales.

$$f = \frac{My}{I} = \frac{M}{S}$$

5a) Sección Simple :

f_{iss} = Esfuerzo Inferior de la Sección Simple

$$f_{ss} = -156.89 \text{ kg/cm}^2$$

f_{ss} = Esfuerzo Superior de la Sección Simple

$$f_{ss} = 58.57 \text{ kg/cm}^2$$

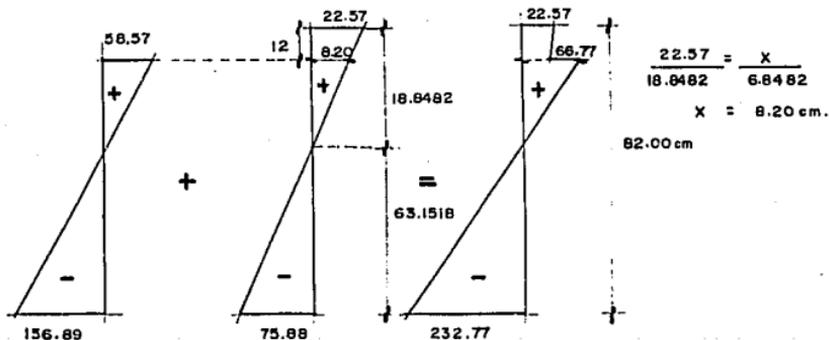
5b) Sección Compuesta :

f_{sc} = Esfuerzo Inferior de la Sección Compuesta

$$f_{sc} = 75.88 \text{ kg/cm}^2$$

f_{sc} = Esfuerzo Superior de la Sección Compuesta

$$f_{sc} = 22.57 \text{ kg/cm}^2$$



6.- Esfuerzos Permisibles (De NTC-44, pág. 54).

6a) En Concreto :

- Inmediatamente después de la transferencia.

f'_{ci} = Resistencia del Concreto a Compresión cuando ocurre la transferencia en concreto presforzado

$$f'_{ci} = 0.8f'_{c} = 0.8(350) = 280 \text{ kg/cm}^2$$

* Compresión _____ $0.60f'_{ci} = 168 \text{ kg/cm}^2$

* Tensión en miembros _____ $\sqrt{f'_{ci}} = -16.73 \text{ kg/cm}^2$
 sin refuerzo en la zona de tensión

- En condiciones de servicio :

* Compresión $0.45f'c = 0.45(350) = 157.50 \text{ kg/cm}^2$

* Tensión $1.6\sqrt{f'c} = 1.6\sqrt{350} = 29.93 \text{ kg/cm}^2$

6b) En acero de presfuerzo :

$f_o = 0.70f_{tr} = 0.70(19,000) = 13,300 \text{ kg/cm}^2$

$f = 0.8f_o = 0.8(13,300) = 10,640 \text{ kg/cm}^2$

$F_o = a_{sp}f_o = 0.0.929(13,300) = 12,356 \text{ kg}$

$F = a_{sp}f = 0.929(10,640) = 9.885 \text{ kg}$

donde

f_o = Esfuerzo inmediatamente después de la transferencia

f_{tr} = Esfuerzo resistente del acero de presfuerzo

f = Esfuerzo efectivo

a_{sp} = Area del torón ($1/2 \text{ " } \phi$)

F_o = Fuerza del torón

F = Fuerza efectiva

6c) En acero de refuerzo :

$f_s = 0.5f_y = 0.5(4,200) = 2,100 \text{ kg/cm}^2$

donde

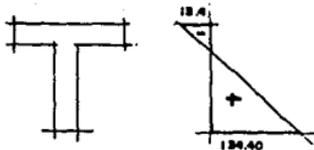
f_s = Esfuerzo en el acero

f_y = Esfuerzo especificado de fluencia del acero

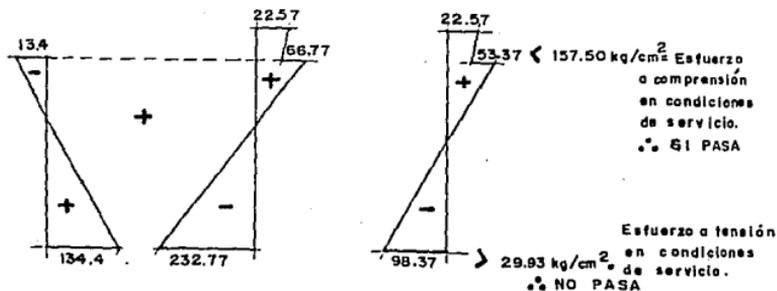
7.- Capacidad máxima de presfuerzo de la sección simple.

$k\sqrt{f'c} = 0.8 \cdot 280 = 13.4 \text{ kg/cm}^2$

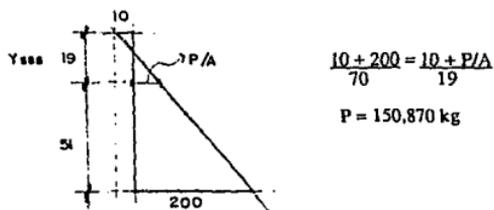
$0.6kf'c = 0.6(0.8)(280) = 134.4 \text{ kg/cm}^2$



8.- Análisis de la sección en el centro del claro en condiciones de servicio.

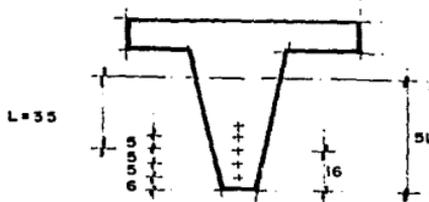


- Aumentando el diagrama de presfuerzo en la sección simple



No. Torones = $P/F = 15$ Torones

- Probando con 10 Torones



9.- Revisión por esfuerzos permisibles.

- Inmediatamente después de la transferencia :

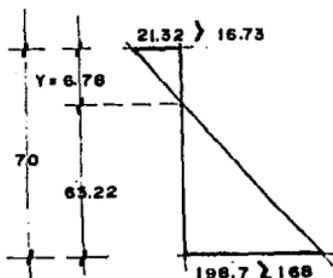
$$P_o = 10F_o = 10(12,356) = 123,560 \text{ kg}$$

$$f_i = \frac{P_o}{A_{ss}} + \frac{P_o L_c}{S_{ss}} = 198.72 > 168 \text{ kg/cm}^2 \text{ (esfuerzo permisible a compresión)}$$

$$f_s = \frac{P_o}{A_{ss}} + \frac{P_o L_c}{S_{ss}} = 21.32 > 16.73 \text{ kg/cm}^2 \text{ (esfuerzo permisible a tensión)}$$

$$f_i = \frac{P_o}{A_{ss}} + \frac{P_o L_c}{S_{ss}} = 198.72 > 168 \text{ kg/cm}^2 \text{ (esfuerzo permisible a compresión)}$$

$$f_s = \frac{P_o}{A_{ss}} + \frac{P_o L_c}{S_{ss}} = 21.32 > 16.73 \text{ kg/cm}^2 \text{ (esfuerzo permisible a tensión)}$$



$$\frac{21.32 + 198.7}{70} = \frac{21.3}{x}$$

$$x = 6.78 \text{ cm}$$

Por lo tanto se debe colocar acero de refuerzo para resistir los esfuerzos excedentes.

$$F_s = \sigma A ; F_s = \text{Fuerza Superior}, \sigma = \text{Esfuerzo}, A = \text{Area}$$

$$F_s = (21.32 - 16.73)(6.78/2)(300) = 4,668 \text{ kg}$$

$$A_s = \frac{F_s}{f_s} ; A_s = \text{Area del acero de refuerzo}$$

$$f_s = \text{Esfuerzo en el acero}$$

$$A_s = 2.22 \text{ cm}^2$$

$$F_i = \sigma A ; F_i = \text{Fuerza Inferior}, \sigma = \text{Esfuerzo}, A = \text{Area}$$

$$F_i = (198.7 - 168)(63.2/2)(25) = 24,253 \text{ kg}$$

$$A_s = \frac{F_i}{f_s} ; A_s = \text{Area del acero de refuerzo}$$

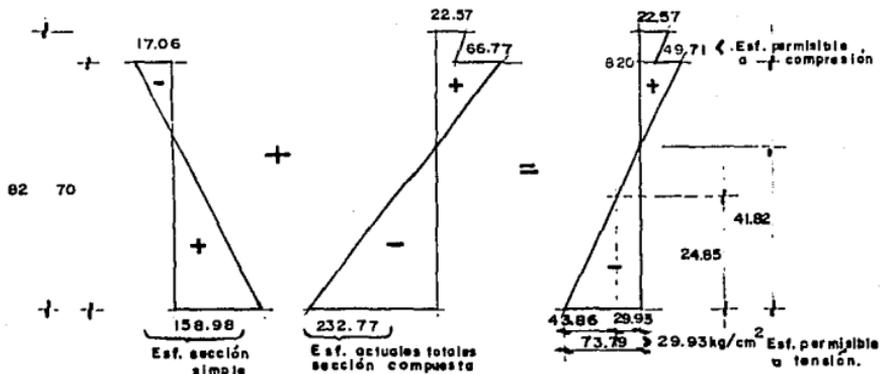
$$f_s = \text{Esfuerzo en el acero}$$

$$A_s = 11.55 \text{ cm}^2$$

- En condiciones de servicio :

$$f_i = \frac{F}{A_{ss}} + \frac{F_L}{S_{ss}} = 158.98 \text{ } 157.5 \text{ kg/cm}^2 \text{ (esfuerzo permisible a compresión)}$$

$$f_s = \frac{F}{A_{ss}} - \frac{F_L}{S_{ss}} = -17.06 < 29.93 \text{ kg/cm}^2 \text{ (esfuerzo permisible a tensión)}$$



$$\frac{49.71 + 73.79}{70} = \frac{73.79}{x} \quad x = 41.82$$

$$\frac{73.79}{41.82} = \frac{43.86}{x} \quad x = 24.85$$

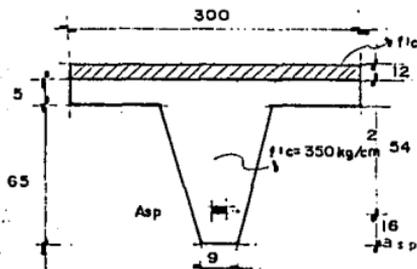
$$F_i = \frac{43.86(24.85)(25)}{2} = 13,624 \text{ kg}$$

$$A_s = \frac{13,624}{2,100} = 6.49 \text{ cm}^2 \quad 4 \text{ Vars. N}^\circ 5 \text{ con } A_s = 7.92 \text{ cm}^2$$

10.- Revisión por Resistencia (De NTC-44, pág. 56).

- * $M_{UR} \geq M_{UA}$; M_{UR} = Momento último resistente
 M_{UA} = Momento último actuante
 $M_{UA} = F.C. (M_{ss} + M_{sc})$; F.C. = Factor de carga = 1.4 (Regl. de Const. del DDF, Art. 194, Fracc. I)

$$M_{UA} = 99,414 \text{ kg-m}$$



$$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$f^*c = 0.8f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f''c = 0.85f^*c = 170 \text{ kg/cm}^2$$

$$10 \text{ torones de } \phi \text{ 1/2''}$$

$$asp = \text{Area del torón} = 0.929 \text{ cm}^2$$

$$A_{sp} = 10(0.929) = 9.29 \text{ cm}^2$$

Suponiendo que $a \leq 12 \text{ cm}$

$$c = abf''c ; \quad a = \frac{c}{bf''c} \quad (\text{NTC-44, pág. 55})$$

$T_{rp} = A_{sp}f_{sp}$; $T_{sp} = \text{Tensión del presfuerzo}$

$$C = T_{sp} \quad abf''c = A_{sp}f_{sp}$$

$$a = \frac{A_{sp}f_{sp}}{bf''c}$$

$$f_{sp} = f_{sr}(1 - 0.5P_p f_{sr})$$

donde

$f_{sp} = \text{Esfuerzo en el acero de presfuerzo cuando se alcanza la resistencia.}$

$f_{sr} = \text{Esfuerzo resistente en el acero de presfuerzo}$

$P_p = \text{Cuantía de acero presforzado} = A_{sp}/bd_p$

$$P_p = \frac{9.29}{300(82-16)} = 0.00047$$

$$f_{sr} = 19,000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{sp} = 18,501 \text{ kg/cm}^2$$

$$a = 3.37 \text{ cm} < 12 \text{ cm}$$

$$MUR = F.R. [A_{sp}f_{sp}(d_p - a/2)]$$

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

$$M_{UR} = 0.9[9.29(18,501)(66-3.37/2)]/100$$

$$M_{UR} = 99,487 \text{ kg-m} > M_{UR} = 99,414 \text{ kg-m}$$

Por lo tanto la sección y el refuerzo se aceptan.

11.- Revisión por Tipo de Falla.

$$\epsilon_{sp} + \epsilon_i \geq \frac{\epsilon_{yp}}{0.75}$$

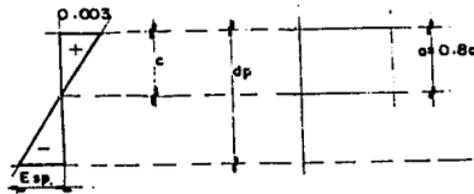
ϵ_{sp} = Deformación unitaria del acero de presfuerzo

ϵ_i = Deformación inicial debida al presfuerzo efectivo

ϵ_{yp} = Deformación unitaria convencional de fluencia del acero de presfuerzo. Se obtendrá del fabricante de los tendones. Si no se tienen datos puede suponerse igual a 0.01

$$a = 0.8c ; c = a/0.8 = 3.37/0.8 = 4.21$$

$$\frac{\epsilon_{cu}}{c} = \frac{\epsilon_{sp}}{d_p - c} ; \epsilon_{cu} = \text{Deformación unitaria máxima del concreto en compresión}$$



$$\frac{0.003}{4.21} = \frac{\epsilon_{sp}}{(66-4.21)}$$

$$\epsilon_{sp} = 0.044$$

$$\epsilon_i = \frac{f}{E_{sp}} = \frac{0.7(0.8)(19,000)}{1.9 \times 10^6} = 0.0056 ;$$

E_{sp} = Módulo de elasticidad del acero de presfuerzo

$$\epsilon_{yp} = 0.01$$

$$\epsilon_{sp} + \epsilon_i = 0.044 + 0.0056 = 0.0496$$

$$0.01/0.75 = 0.0133$$

$$0.0496 > 0.0133$$

Por lo tanto la falla potencial es dúctil.

Para profundizar sobre diseño de vigas presforzadas se puede consultar el libro de Dan E. Branson, titulado DISEÑO DE VIGAS DE CONCRETO PRESFORZADO, Serie Concreto Estructural IMCYC.

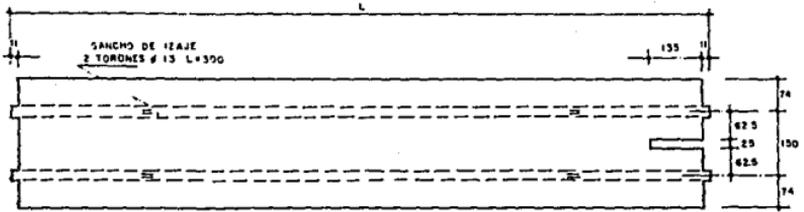
Para el proyecto en estudio, habrá un total de 10 tipos diferentes de vigas TT que formarán el sistema de piso de la estructura. Las diferencias entre ellas será en su longitud, así como en sus apoyos debido a su ubicación final.

A continuación se presentan las dimensiones de estas vigas:

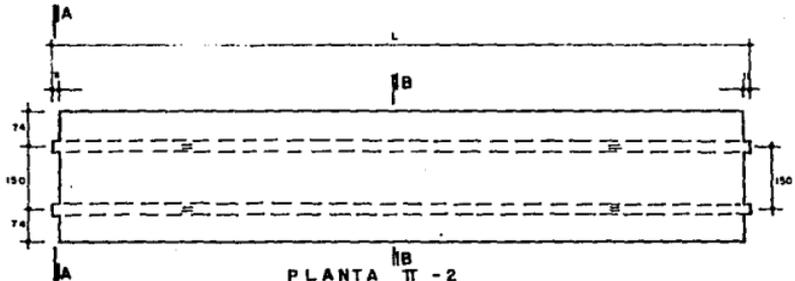
TIPO	PERALTE	ANCHO	LONGITUD (L)
TT-1	0.70 m	2.98 m	15.52 m
TT-2	0.70 m	2.98 m	15.52 m
TT-3	0.70 m	2.98 m	15.52 m
TT-4	0.70 m	2.98 m	10.52 m
TT-5	0.70 m	2.98 m	10.52 m
TT-6	0.70 m	1.37 m	4.52 m
TT-7	0.70 m	2.98 m	15.52 m
TT-8	0.70 m	1.42 m	4.52 m
TT-9	0.70 m	2.83 m	4.52 m
TT-10	0.70 m	2.98 m	4.52 m

En las figuras siguientes se presenta el armado para las vigas TT con longitud de 15.52 m.(VER FIGURA III.2.A y III.2.B).

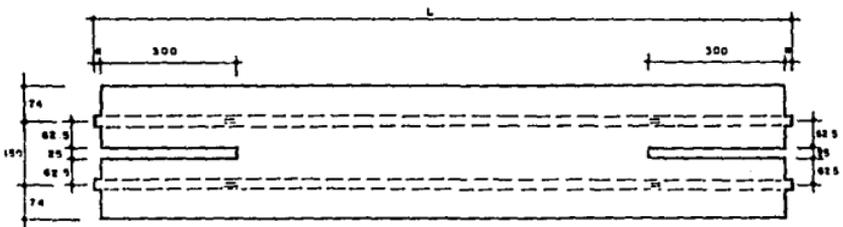
REFUERZO EN SISTEMA DE PISO, SECCION TT



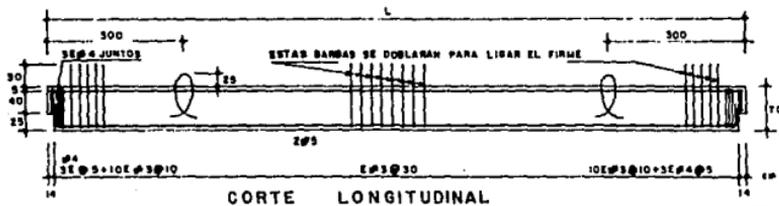
PLANTA TT - 1



PLANTA TT - 2



PLANTA TT - 3



CORTE LONGITUDINAL

REFUERZO DE SECCION TRANSVERSAL

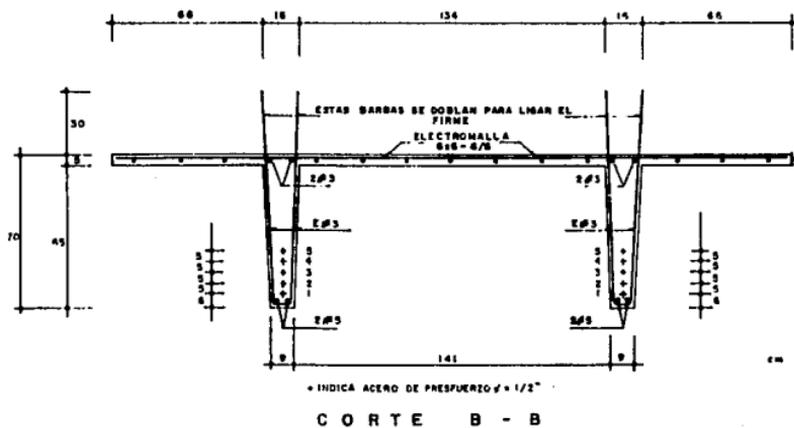
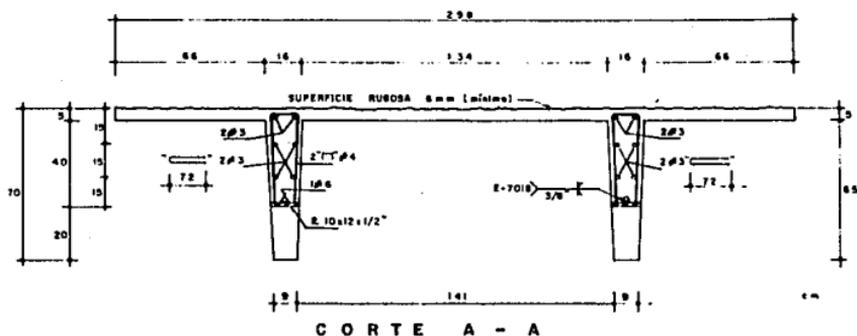


FIGURA III 2.B.

III.4.2 DISEÑO DE TRABE PORTANTE PREFABRICADA

Para el proyecto en estudio, la trabe portante no será presforzada, si no únicamente de concreto reforzado, ya que las cargas que actúan sobre ella no son tan grandes debido a que las vigas TT que formarán el sistema de piso son muy ligeras, por lo tanto las flechas verticales no serán considerables. Además, dado que el número de piezas de este tipo no es muy grande, no se amortizaría el costo del pretensado con el ahorro en concreto que se logra al poder reducir las secciones de la viga con el uso del presfuerzo.

En este caso se ahorrará concreto colocando un sonotubo en las partes de la trabe en donde no trabaja el concreto. Por lo tanto la trabe tendrá secciones en donde existirá un hueco. Esto se aplicará a lo largo de toda la trabe exceptuando los extremos en donde se hará la conexión con las columnas.

Como se explicará más adelante, la unión de trabes y columnas será por medio de ménsulas que se cuelan junto con las columnas, pero en realidad estas ménsulas formarán parte de la trabe, trabajando en continuidad con ésta. La continuidad se logra con un buen diseño de la conexión.

Por esta razón, la ménsula se puede diseñar como parte de la trabe a la cual se unirá. Sin embargo se tendrá que cumplir con las especificaciones que marcan las NTC-44 sobre ménsulas, o bien, cualquier otro reglamento, siempre y cuando se cumpla con lo descrito en dichas normas.

La sección de la trabe en la parte constante será de 70 x 70 cm, la parte de sección variable es la comprendida por la ménsula y será de 70 cm de ancho, con un peralte de 70 a 91.73 cm. (VER FIGURA III.3.A).

*** CASO DE TRABE MAS DESFAVORABLE :**

Condición de carga : Vertical

$$M_i = 75.5413 \text{ Ton-m}$$

$$M_j = -98.4313 \text{ Ton-m}$$

$$V_i = 59.8267 \text{ Ton}$$

$$V_j = 64.9133 \text{ Ton}$$

*** REVISION DE PERALTE MINIMO Y FLECHA MAXIMA :**

Las revisiones por peralte mínimo y flecha máxima que marcan las normas son similares a las realizadas para el diseño de la trabe de concreto colada en el lugar, por lo cual se omiten dichos cálculos. (Ver inciso II.4.2).

*** ELEMENTOS MECANICOS DE DISEÑO :**

$$M_i = 1.4(75.5413) = 105.7578 \text{ Ton-m}$$

$$M_j = 1.4(-98.4313) = -137.8038 \text{ Ton-m}$$

$$V_i = 1.4(59.8267) = 83.7574 \text{ Ton}$$

$$V_j = 1.4(64.9133) = 90.8786 \text{ Ton}$$

*** CALCULO DE MOMENTO MAXIMO POSITIVO :**

Se obtiene por medio de la ecuación de momentos de la trabe en estudio, para el punto donde el cortante es igual a cero. Los cálculos son similares a los realizados en el inciso II.4.2

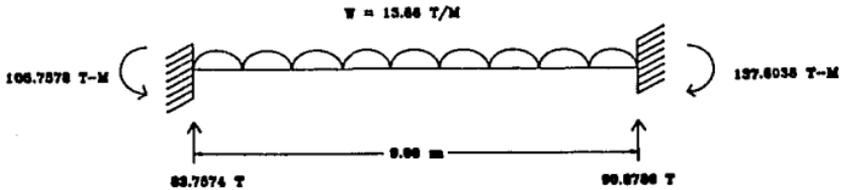
Aquí el cortante es igual a cero en $x = 4.32 \text{ m}$.

Ecuación de momento :

$$M_x = -75.5413 + 59.8567x - \frac{13.86x^2}{2}$$

$$M_{(x)=4.32} = M_{4.32} = 53.5797 \text{ T-m}$$

DIAGRAMAS TRABE



Corte longitudinal

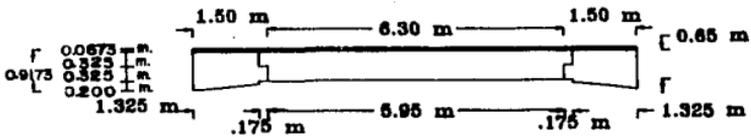


FIGURA III.3A.

Diagrama de Cortante

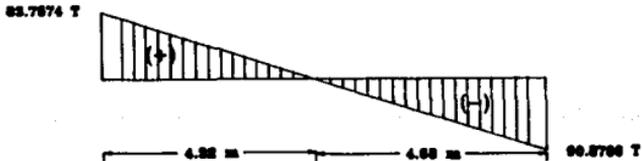


FIGURA III.3.B.

Diagrama de Momento

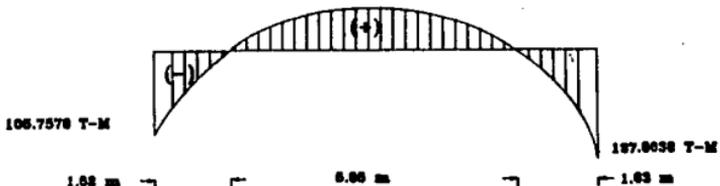


FIGURA III.3.C.

En las figuras anteriores se presentan los diagramas de momento y cortante para la trabe.
(VER FIGURA III.5.B y III.5.C).

* ARMADO PARA MOMENTO NEGATIVO (Momento en los extremos) :

$$M(-) = 137.8038 \text{ T-m}$$

Cálculo de refuerzo necesario :

$$M_n = FRbd^2f''c q(1-0.5q); \quad q = \frac{p f_y}{f''c}$$

$$q(1-0.5q) = \frac{M_n}{FRbd^2f''c}$$

$$q - 0.5q^2 = 0.1174$$

$$q^2 - 2q + 0.2347 = 0$$

$$q_1 = 0.1252$$

$$q_2 = 1.8748$$

$$p = \frac{q f''c}{f_y}$$

$$p = 0.0069$$

$$A_s = pbd = 44.31 \text{ cm}^2$$

- Armado propuesto para $M(-)$ (armado en los extremos, con peralte variable) :

$$4 \text{ Vs No. 12 con } A_s = 45.60 \text{ cm}^2$$

* ARMADO PARA MOMENTO POSITIVO :

$$M(+) = 1.4(53.5797) = 75.0116 \text{ T-m}$$

De manera similar que para el momento negativo, se obtiene el porcentaje de acero necesario, resultando por tanto :

$$\rho = 0.0062$$

$$A_s = \rho b d = 30.11 \text{ cm}^2$$

- Armado propuesto para $M(+)$ (sección con peralte constante) :

$$4 \text{ Vs No. 6 con } A_s = 11.40 \text{ cm}^2$$

$$2 \text{ Vs No. 12 con } A_s = 22.80 \text{ cm}^2$$

con

$$A_{sT} = 34.20 \text{ cm}^2$$

* REFUERZO POR TENSION DIAGONAL :

$$V_{cr} = FRbd(0.2+30\rho)\sqrt{f'c} = 22,997 \text{ kg}$$

$$23.00 \text{ T} < 90.88 \text{ T}$$

Por lo tanto se requiere refuerzo por tensión diagonal.

Para estribos del No. 4 la separación será :

$$s = \frac{FRAvfyd(\sin \theta + \cos \theta)}{V_u - V_{cr}} < \frac{FRAvfy}{3.5b}$$

$$s = 8.79 < 34.83$$

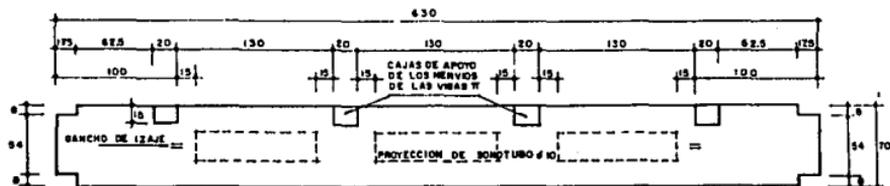
$$s_{max} = 0.50d = 35.00 \text{ cm}$$

Por lo tanto se proponen estribos del No. 4 con la siguiente separación :

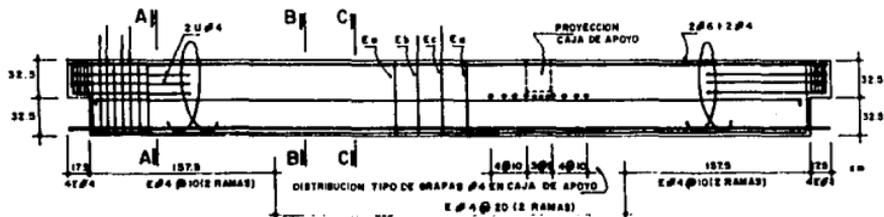
@ 10 cm para los extremos.

@ 20 cm para la parte intermedia.

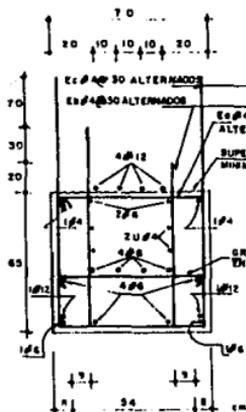
REFUERZO EN TRABE PORTANTE



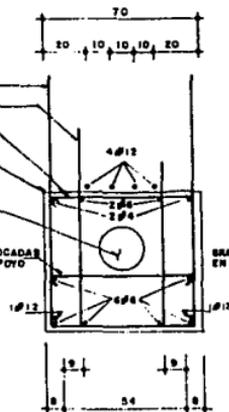
PLANTA



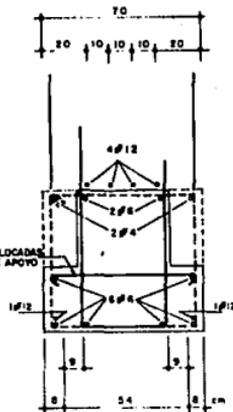
CORTE LONGITUDINAL



CORTE A - A



CORTE B - B



CORTE C - C

En la figura se presenta el armado definitivo de las trabes portantes. El refuerzo adicional que se señala es por temperatura.(VER FIGURA III.4).

III.4.3 DETALLE DE MENSULA

Como ya se mencionó en el inciso anterior, la ménsula se puede diseñar como parte de la trabe a la cual se unirá, siguiendo las especificaciones que marcan las NTC-44 sobre ménsulas.

El peralte total en el extremo de la ménsula no debe ser menor que 0.5 el peralte efectivo medido al paño donde arranca la ménsula.

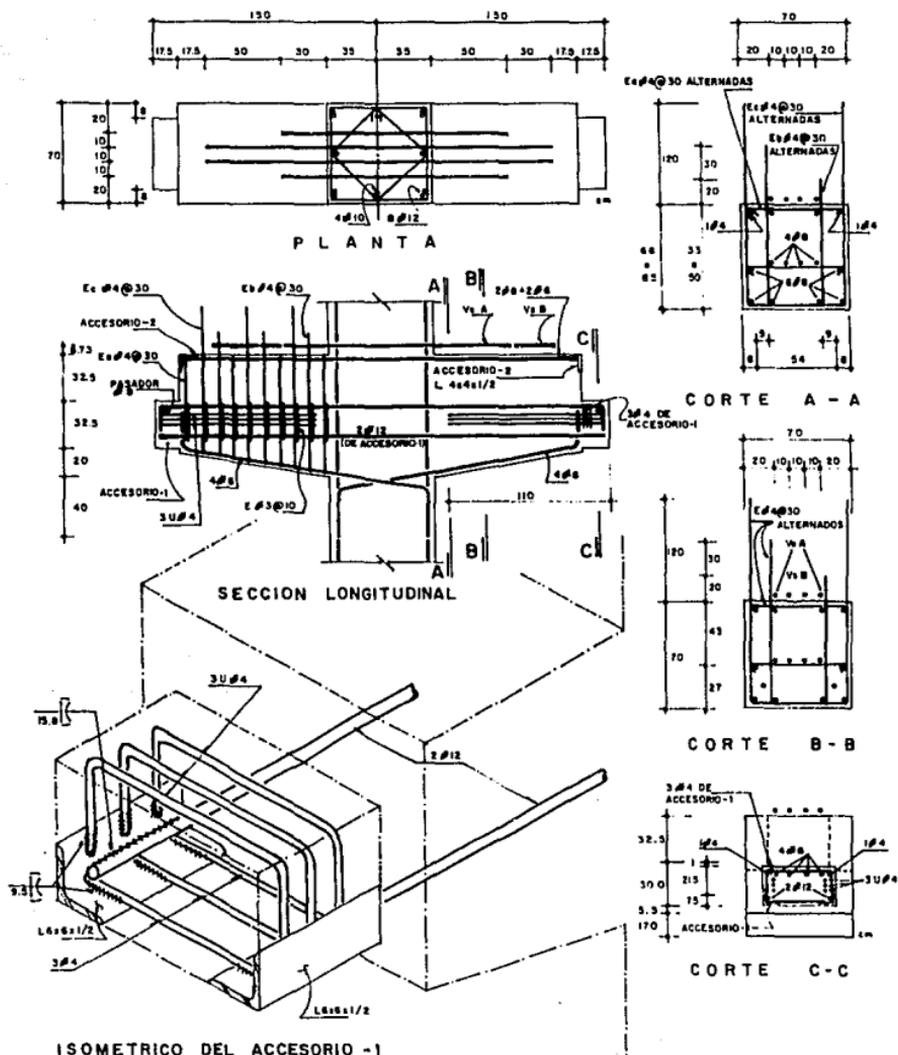
La sección donde arranca la ménsula debe dimensionarse para que resista simultáneamente un fuerza cortante, un momento flexionante y una tensión horizontal de acuerdo a lo que señalan las normas.

El refuerzo de una ménsula constará de barras principales y estribos complementarios horizontales. El refuerzo por cortante se determina de acuerdo con el criterio de cortante por fricción que marcan las normas.

El refuerzo principal debe anclarse dentro de la ménsula con alguna de las formas siguientes :

- a) soldándolo a una barra transversal de diámetro no menor que el de las barras que forman dicho refuerzo.
- b) doblándolo horizontalmente de modo de formar barras en forma de letra U en planos horizontales.
- c) mediante algún otro medio efectivo de anclaje.

REFUERZO EN MENSULA



ISOMETRICO DEL ACCESORIO-1

FIGURA III.5.

El refuerzo horizontal complementario debe constar de estribos cerrados los cuales quedan paralelos a las barras principales de refuerzo, repartidos uniformemente en los dos tercios del peralte efectivo adyacentes al refuerzo principal.

El detalle del armado de la ménsula se puede observar en la figura.(VER FIGURA III.5).

III.4.4 DETALLE DE COLUMNA PREFABRICADA

* CASO DE CARGA MAS DESFAVORABLE :

Condición de carga : Vertical

$$M_s = -59.9547 \text{ Ton-m}$$

$$M_i = -42.6263 \text{ Ton-m}$$

$$P = -80.6179 \text{ Ton-m}$$

* REVISION PARA EFECTOS DE ESBELTEZ :

Esta revisión es similar para columnas prefabricadas o coladas en el lugar por lo que se omiten los cálculos.(ver inciso II.4.3).

* ELEMENTOS MECANICOS DE DISEÑO :

En el extremo superior se tiene :

$$M_{sS} = 1.4(-59.9547) = - 83.9366 \text{ T-m}$$

$$M_{yS} = 1.4(-17.9864) = - 25.1810 \text{ T-m}$$

$$P_s = 1.4(-80.6179) = -113.8651 \text{ T}$$

En el extremo inferior se tiene :

$$M_{sI} = 1.4(-42.6263) = - 59.6768 \text{ T-m}$$

$$M_{yI} = 1.4(-12.7879) = - 17.9031 \text{ T-m}$$

$$P_i = 1.4(-80.6179) = -112.8651 \text{ T}$$

REFUERZO EN COLUMNA

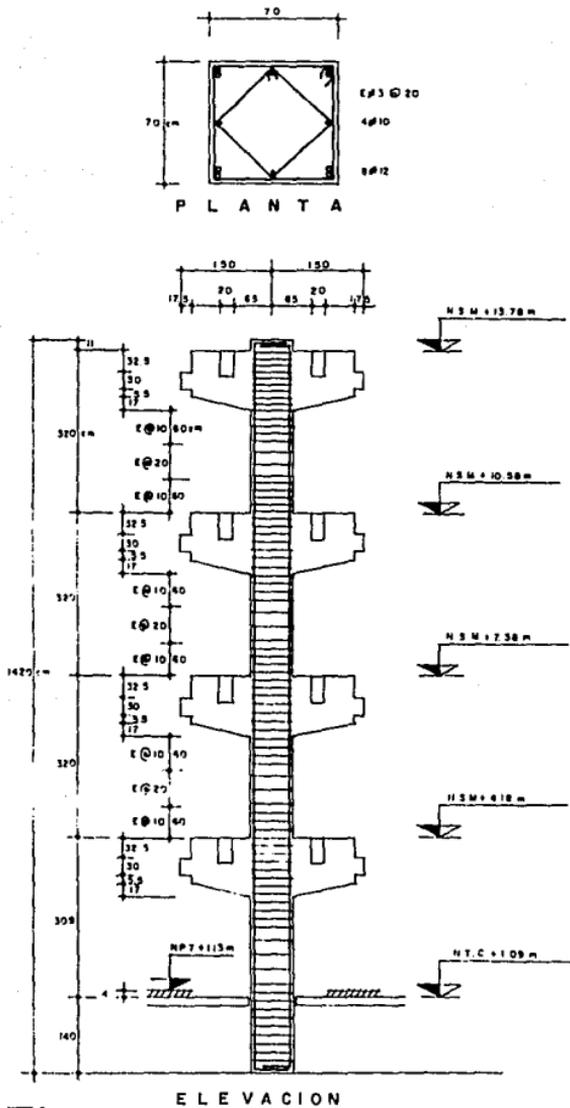


FIGURA. III. 6.

El diseño de la columna prefabricada se realiza de manera similar a la columna colada en el lugar.

La diferencia que hay en las columnas de ambos sistemas estructurales es que la columna prefabricada ya que se colará como una sola pieza para todos los niveles junto con las ménsulas en donde se apoyarán las trabes, se tendrá que considerar el armado de la ménsula en cada nivel, tanto para su refuerzo principal como para su anclaje. En la figura se presenta el armado definitivo de la columna.(VER FIGURA III.6).

III.4.5 DETALLE DE MURO RIGIDO COLADO EN SITIO

Como se mencionó en el inciso III.2, para la estructura en estudio se usarán muros de rigidez en el sentido Y para absorber las fuerzas laterales, ya que para el sentido X se tendrán marcos debido a que las cargas verticales se distribuyen únicamente en el sentido X. Esto se debe a que las vigas TT utilizadas como sistema de piso solamente se apoyan en un sentido (sentido X). La carga vertical que soportará el muro será su peso propio y el peso de los muros en niveles superiores. Por lo tanto para el diseño de estos muros se tomarán las especificaciones que marcan las normas NTC-44 en lo referente a muros sujetos a fuerzas horizontales en su plano.

En estructuras con muros de rigidez, la demanda de ductilidad que debe esperarse en un sismo intenso es menor que en estructuras a base de marcos, por lo tanto los requisitos de refuerzo en este caso son menos estrictos.

Se especifica un refuerzo mínimo vertical y horizontal ($\rho \geq 0.0025$), que cumple esencialmente fines de evitar que haya agrietamientos previos por cambios volumétricos que

afecten la capacidad de muro para resistir sismos. La colocación de dos capas de refuerzo es siempre conveniente, ya que con ello se reduce la abertura de las grietas en el alma del muro.

Debido a su gran rigidez, los muros generalmente absorben una porción mayoritaria de las fuerzas sísmicas y se inducen en ellos momentos flexionantes de gran magnitud que demandan una cuantía de refuerzo muy superior del mínimo. Tanto por economía, como por una mejora de ductilidad, conviene colocar dicho refuerzo en los extremos de los muros. Así, los extremos de los muros trabajarán como columnas que, para un sentido del sismo, estarán sujetas a cargas axiales de compresión sumamente altas. Por ello conviene cumplir en estos elementos los requisitos para columnas ya vistos. Los efectos que existan sobre los muros se determinan del análisis que se realiza para toda la estructura en conjunto, considerando el muro como una columna ancha en una dirección.

En la mayoría de los casos se aumenta el espesor de la sección del muro de tal forma que permita colocar el refuerzo sin que su cuantía exceda de la máxima admitida. Además, debe existir el refuerzo transversal mínimo especificado en los extremos de columnas pero ahora en toda la altura del muro.

La sección transversal del muro rígido en este caso será :

0.25 x 3.35 m

El detalle de armado para los muros rígidos que se usarán para el proyecto de estacionamiento en estudio se presenta en la siguiente figura.(VER FIGURA III.7).

REFUERZO EN MUROS RIGIDOS

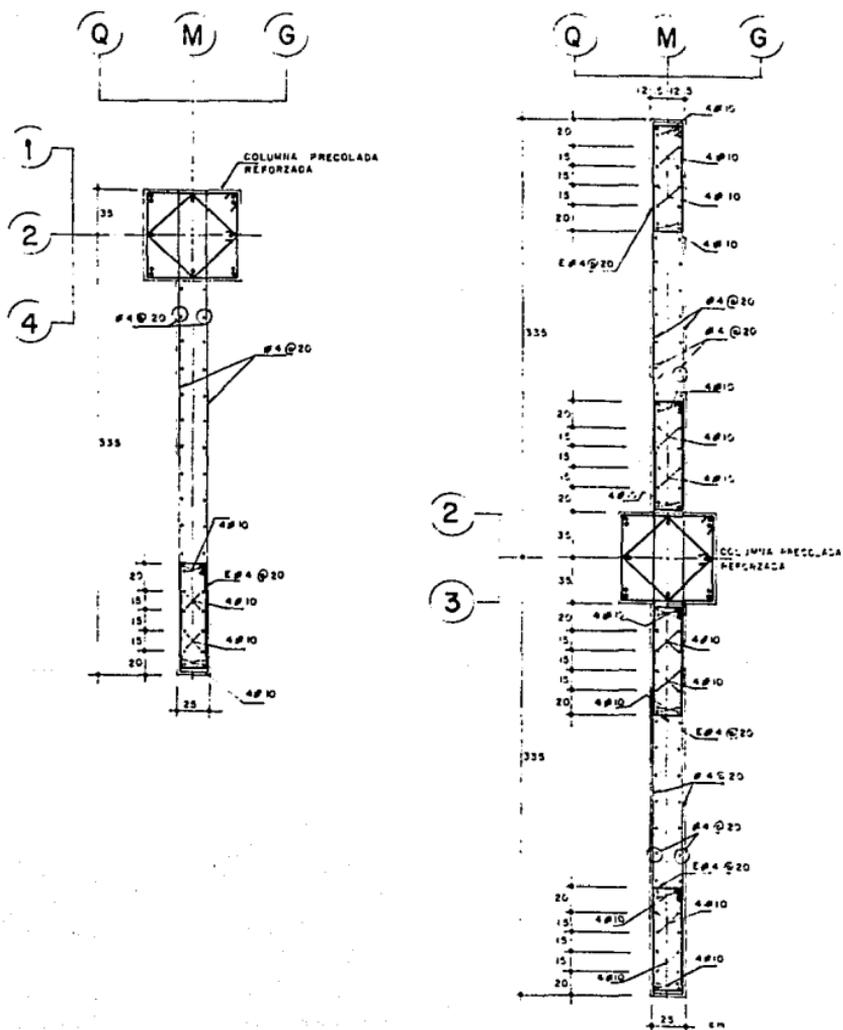


FIGURA III.7.

III.5 CONCLUSIONES

Como se pudo observar en este capítulo, el procedimiento de análisis para los dos tipos de sistema estructural es igual. Las diferencias se presentan en el diseño de los elementos, ya que para las piezas prefabricadas hay que considerar los efectos por transporte y montaje así como las uniones requeridas para su posición definitiva. Otro aspecto importante en el diseño de los elementos prefabricados es que generalmente son presforzados, lo cual requiere un procedimiento de diseño más laborioso.

Con lo anterior se puede decir que hasta cierto punto resulta más laborioso hacer un diseño con elementos prefabricados que mediante elementos colados en sitio.

Sin embargo, bien vale la pena hacer el diseño mediante elementos prefabricados cuando las ventajas en cuanto a funcionalidad, tiempo y/o economía sean significativas.

En cuanto a la estructuración de los dos sistemas en estudio, se puede decir que sus diferencias se deben principalmente a que el sistema de piso en una estructura prefabricada se apoya en un solo sentido, por lo que estas estructuras tendrán un sentido con cargas verticales mínimas. Esto hará variar la estructuración con respecto a otra con elementos colados en sitio. Sin embargo, para elegir la estructuración adecuada a cada obra en particular dependerá sobre todo de la experiencia y creatividad del proyectista, para los dos tipos de sistemas.

Los principios de análisis para una construcción son independientes del sistema que se aplique o de los materiales que se piensen usar.

Para el dimensionamiento de los elementos estructurales existirán algunas diferencias como las que se presentan a continuación.

El sistema de piso se diseña como una viga con apoyos simples, aplicando los criterios de diseño para elementos presforzados. Al hacer las vigas presforzadas serán más ligeras permitiendo librar claros más grandes, lo cual es la ventaja principal de usar este tipo de sistema de piso.

Las trabes portantes se diseñan como cualquier trabe incluyendo también las ménsulas, ya que actuarán como una sola pieza en la etapa final.

Por esta razón, las ménsulas se diseñan dentro de las trabes y se revisan con los criterios que señalan las normas (NTC-44) al respecto.

Ya que como se mencionó antes, el sistema de piso por medio de vigas TT se apoyará únicamente en un sentido, que en este caso será el sentido X, por lo que sólo existirán marcos en este sentido. Para el sentido Y se usarán muros rígidos ya que absorben mayor fuerza sísmica.

Se buscó que el sistema estructural con prefabricados fuera similar al de colado en sitio, de forma que se pueda hacer una comparación entre ambos, tanto estructural como económica y constructiva.

Con lo visto hasta ahora, ya se puede hacer una comparación de los dos tipos de sistema estructural, en cuanto a análisis y diseño. En el capítulo siguiente se estudiará el aspecto económico y constructivo para los dos tipos de sistema, tanto los elementos colados en sitio como los prefabricados.

CAPITULO IV

IV. ANALISIS ECONOMICO-CONSTRUCTIVO PARA CADA SISTEMA ESTRUCTURAL

IV. INTRODUCCION

La finalidad de este capítulo es hacer una comparación de los dos sistemas estructurales que tienen como material principal el concreto, elementos colados en el lugar y elementos prefabricados, aplicados al proyecto de estacionamiento en estudio.

Esta comparación será tanto en el aspecto económico como constructivo, de tal manera que se pueda apreciar cual es el sistema estructural adecuado para el edificio de estacionamiento.

Análisis similares a los que se desarrollen en este capítulo pueden ser aplicables a cualquier construcción con elementos de concreto, ya sea colados en el lugar o prefabricados.

Los conceptos que se usarán para los análisis económico y constructivo serán esencialmente los relacionados con la estructura del edificio, ya que es nuestro punto de estudio.

Mediante el análisis económico se podrá determinar cual es el sistema estructural que resulta más económico para este caso, así como los factores que influyen de manera primordial en el costo total del edificio.

En el análisis constructivo se desarrollará un programa de obra para los dos sistemas estructurales (colado en sitio y prefabricado). El objetivo de estos programas es determinar los tiempos requeridos para cada actividad o concepto del proyecto. De esta forma se podrá observar cuales son los conceptos críticos que van a regir el tiempo total de la obra en cada uno de los sistemas estructurales. Con el resultado de estos tiempos se podrá determinar cual sistema requiere menos tiempo.

Los análisis que se acaban de mencionar son fundamentales para la elección del sistema estructural adecuado, ya que los factores principales que determinan dicha elección son :

- Costo
- Tiempo

Aunque no hay que olvidar que el factor primordial que debe regir la decisión de cualquier sistema estructural es la seguridad de la construcción.

En los siguientes incisos se presenta un resumen de los análisis antes mencionados, aplicados al proyecto de estacionamiento en estudio.

Estos análisis se realizarán con la estructuración mostrada en los capítulos anteriores, referente a los sistemas tanto con elementos colados en sitio como elementos prefabricados.

IV.2 ANALISIS ECONOMICO

En este inciso se desarrollará un presupuesto para el edificio de estacionamiento con el sistema estructural mediante elementos colados en sitio, y otro con el sistema estructural mediante elementos prefabricados.

La diferencia esencial en estos presupuestos es que en el referente a elementos prefabricados los conceptos principales son la fabricación, transporte y montaje de los elementos estructurales (columnas, trabes portantes, vigas para sistema de piso, etc.). Todos los conceptos referentes a estos elementos prefabricados serán por pieza. Mientras que el presupuesto para un sistema tradicional tendrá como conceptos principales el habilitado (acero), cimbrado (madera) y colado (concreto) de los elementos

estructurales (trabes, columnas, losas, etc.). Las unidades de medida en este caso variarán dependiendo el material que se trate (acero en kg, cimbra en m², concreto en m³, etc.).

Para visualizar mejor como influye el tipo de estructura elegida tanto en los costos como el los tiempos de obra, los presupuestos que se presentan a continuación se concretan a los conceptos relacionados con la estructuración.

Posteriormente se hará un presupuesto con los conceptos complementarios más importantes de tal manera que se pueda obtener un costo real para el edificio de estacionamiento.

Al final de este inciso se realizará un resumen por partidas del proyecto de estacionamiento para los dos sistemas estructurales, de manera que se pueda observar mejor que conceptos influyen en forma primordial para el costo total de la obra.

Los precios utilizados para cada concepto de estos presupuestos están actualizados al mes de Abril de 1991.

IV.2.1

PRESUPUESTO
SISTEMA ESTRUCTURAL DE CONCRETO A BASE DE ELEMENTOS COLADOS EN SITIO
PROYECTO DE ESTACIONAMIENTO

No	DESCRIPCION DEL COMPONENTE	CANT UN OBRA	U	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
ESTRUCTURA					
ACERO DE REFUERZO					
1.	VARILLA CORRUGADA CON LIMITE ELASTICO DE 4200 kg/cm², A CUALQUIER ALTURA O NIVEL, PROFUNDIDAD O DIAMETRO, POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA; (INCLUYE LA SOLDADURA EN DIAMETROS DE 1" Y 1 1/2")				
1.1	EN LOSAS	389,200	kg	\$2,258.55	\$879,027,660.00
1.2	EN TRABES	564,465	kg	\$2,258.55	\$1,274,871,425.75
1.3	EN COLUMNAS	141,754	kg	\$2,258.55	\$320,158,496.70
1.4	EN FALDONES	11,762	kg	\$2,258.55	\$26,565,065.10
CIMBRA APARENTE					
2.	CIMBRA, DESCIMBRA, OBRA FALSA Y MOLDES, POR SUPERFICIE DE CONTACTO, A CUALQUIER ALTURA O NIVEL, POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA INCLUYENDO TODOS LOS ACARREOS				
2.1	EN LOSAS	20,736	M2	\$30,750.00	\$637,632,000.00
2.2	EN TRABES	558	M2	\$30,750.00	\$17,158,500.00
2.3	EN COLUMNAS	1,936	M2	\$30,750.00	\$59,532,000.00
2.4	EN FALDONES	490	M2	\$30,750.00	\$15,067,500.00
CONCRETO					
3.	CONCRETO HIDRAULICO f_c=250 KG/CM², TIPO ESTRUCTURAL, CLASE I, A CUALQUIER ALTURA NIVEL O PROFUNDIDAD (POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA, INCLUYE TODAS LAS CARGAS Y ACARREOS).				
3.1	EN LOSAS	6,553	M3	\$307,529.25	\$2,015,239,175.25

No	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	CANT DE OBRA	U	P.U.	IMPORTE
	3.2 EN TRABES	2,074	M3	\$307,529.25	\$637,815,664.50
	3.3 EN COLUMNAS	339	M3	\$307,529.25	\$104,252,415.75
	3.4 EN FALDONES	8	M3	\$307,529.25	\$2,460,234.00
SUBTOTAL PARTIDA ESTRUCTURA					\$5,989,781,137.05
ALBAÑILERIA					
	FIRMES				
4.	FIRME DE COMPRESION DE CONCRETO PREMEZCLADO $f_c = 250$ KG/CM2, ARMADO CON MALLA 6X6-6/6, INCLUYE EL CIMBRADO DE LAS FRONTERAS EN AMBOS SENTIDOS (POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA A CUALQUIER ALTURA Y/O NIVEL).				
	4.1 DE 10 CM DE ESPESOR EN PLANTA BAJA, INCLUYE EL ACABADO APARENTE PULIDO Y NIVELADO INTEGRAL.	5,184	M2	\$44,599.25	\$231,202,512.00
5.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ADITIVO ENDURECEDOR MASTER-PLATE 200 DE LA MARCA TECNOCRETO EN PROPORCION DE 4 KG/CM2 PULIDO COMO REGLA VIBRATORIA, EN FIRMES DE ESTACIONAMIENTO.	20,736	M2	\$19,500.00	\$404,352,000.00
SUBTOTAL PARTIDA ALBAÑILERIA					\$635,554,512.00
TOTAL					\$6,625,335,649.05

IV.2.2

PRE SUPUESTO
SISTEMA ESTRUCTURAL DE CONCRETO A BASE DE ELEMENTOS PREFABRICADOS.
PROYECTO DE ESTACIONAMIENTO

No.	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	CANT DE OBRA	U	P.U.	IMPORTE
ESTRUCTURA					
FABRICACION					
1.	FABRICACION Y ALMACENAJE EN PLANTA DE VIGAS "TT" (POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA), CON CONCRETO $f_c=350$ KG/CM ² , ACABADO ESPEJO. INCLUYE LOS ACCESORIOS DE LOS SIGUIENTES TIPOS Y DIMENSIONES: DE 0.70 M. DE PERALTE Y 2.98 M. DE ANCHO.				
	1.1 TIPO TT-1 DE 15.52 M. DE LONGITUD.	4	PZA	\$4,729,657.59	\$18,918,630.36
	1.2 TIPO TT-2 DE 15.52 M. DE LONGITUD.	352	PZA	\$4,729,657.59	\$1,664,839,471.68
	1.3 TIPO TT-3 DE 15.52 M. DE LONGITUD.	28	PZA	\$4,729,657.59	\$132,430,412.52
	1.4 TIPO TT-4 DE 10.52 M. DE LONGITUD.	4	PZA	\$3,380,770.93	\$13,523,083.72
	1.5 TIPO TT-5 DE 10.52 M. DE LONGITUD.	24	PZA	\$3,380,770.93	\$81,138,502.32
	1.6 TIPO T-6 DE 4.52 M. DE LONGITUD. Y 1.365 M. DE ANCHO.	4	PZA	\$2,441,426.57	\$9,765,706.28
	1.7 TIPO TT-7 DE 15.52 M. DE LONGITUD.	20	PZA	\$4,729,657.59	\$94,593,151.80
	1.8 TIPO T-8 DE 4.52 M. DE LONGITUD. Y 1.415 M. DE ANCHO.	4	PZA	\$1,593,842.57	\$6,375,370.28
	1.9 TIPO T-9 DE 4.52 M. DE LONGITUD. Y 2.83 M. DE ANCHO.	8	PZA	\$2,034,478.82	\$16,275,830.56
	1.10 TIPO TT-10 DE 4.52 M. DE LONGITUD.	1	PZA	\$2,038,313.57	\$2,038,313.57
2.	FABRICACION Y ALMACENAJE EN PLANTA DE TRABES PORTANTES (POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA) CON CONCRETO $f_c= 350$ KG/CM ² , ACABADO ESPEJO, INCLUYE ACCESORIOS DE ACERO TIPOS Y DIMENSIONES : DE 0.65 M. DE PERALTE Y 0.70 M. DE ANCHO :				
	2.1 TP-1 DE 6.30 M. DE LONGITUD.	112	PZA	\$2,853,992.84	\$319,647,198.08

No.	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	CANT. DE OBRA	U	P.U.	IMPORTE
	2.2 TP-2 DE 6.30 M. DE LONGITUD.	80	PZA	\$2,853,992.84	\$228,319,427.20
	2.3 TP-3 DE 6.30 M. DE LONGITUD.	8	PZA	\$2,666,711.84	\$21,333,694.72
	2.4 TP-4 DE 6.30 M. DE LONGITUD.	8	PZA	\$2,853,992.84	\$22,831,942.72
3.	FABRICACION Y ALMACENAJE EN PLANTA DE COLUMNAS DE SECCION 0.7 X 0.7 M. CON CONCRETO $f_c = 350$ KG/CM ² , ACABADO ESPEJO, INCLUYE MENSULAS PARA RECIBIR TRABES PORTANTES, ACERO DE REFUERZO PARA DAR CONTINUIDAD (BARBAS), LOS ACCESORIOS DE ACERO ESTRUCTURAL Y EL PERNO DE NIVELACION, DE ACUERDO CON LO INDICADO EN PROYECTO (POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA) DE LOS SIGUIENTES TIPOS :				
	3.1 C-1 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$11,636,459.87	\$11,636,459.87
	3.2 C-2 DE 14.20 M. DE ALTURA.	9	PZA	\$11,895,269.10	\$107,057,421.90
	3.3 C-3 DE 14.20 M. DE ALTURA.	2	PZA	\$12,006,365.09	\$24,012,730.18
	3.4 C-4 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$12,024,336.48	\$12,024,336.48
	3.5 C-5 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$11,965,405.52	\$11,965,405.52
	3.6 C-6 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$12,019,435.16	\$12,019,435.16
	3.7 C-7 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$11,858,651.84	\$11,858,651.84
	3.8 C-8 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$11,852,116.80	\$11,852,116.80
	3.9 C-9 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$12,006,365.09	\$12,006,365.09
	3.10 C-10 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$11,852,116.80	\$11,852,116.80
	3.11 C-11 DE 14.20 M. DE ALTURA.	3	PZA	\$11,858,651.84	\$35,575,955.52
	3.12 C-12 DE 14.20 M. DE ALTURA.	9	PZA	\$12,006,365.09	\$108,057,285.81
	3.13 C-13 DE 14.20 M. DE ALTURA.	15	PZA	\$11,934,259.55	\$179,013,893.25
	3.14 C-14 DE 14.20 M. DE ALTURA.	5	PZA	\$11,934,259.55	\$59,671,297.75

No.	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	CANT DE OBRA	U	P.U.	IMPORTE
	3.15 C-15 DE 14.20 M. DE ALTURA.	2	PZA	\$11,852,118.75	\$23,704,237.50
	3.16 C-16 DE 14.20 M. DE ALTURA.	3	PZA	\$12,006,365.09	\$36,019,095.27
	3.17 C-17 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$11,858,651.84	\$11,858,651.84
SUBTOTAL PARTIDA FABRICACION					\$3,312,216,192.39
TRANSPORTE					
4.	TRANSPORTE DE VIGAS "TT" (POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA) CON CONCRETO $f_c = 350$ KG/CM ² , ACABADO ESPEJO, DE LOS SIGUIENTES TIPOS, PERALTES Y DIMENSIONES. DE 0.70 M. DE PERALTE Y 2.98 M. DE ANCHIO				
	4.1 TIPO TT-1 DE 15.52 M. DE LONGITUD.	4	PZA	\$938,895.48	\$3,755,581.92
	4.2 TIPO TT-2 DE 15.52 M. DE LONGITUD.	352	PZA	\$939,486.04	\$330,699,086.08
	4.3 TIPO TT-3 DE 15.52 M. DE LONGITUD.	28	PZA	\$937,478.13	\$26,249,387.64
	4.4 TIPO TT-4 DE 10.52 M. DE LONGITUD.	4	PZA	\$855,924.76	\$3,423,699.04
	4.5 TIPO TT-5 DE 10.52 M. DE LONGITUD.	24	PZA	\$857,105.88	\$20,570,541.12
	4.6 TIPO T-6 DE 4.52 M. DE LONGITUD. Y 1.365 M. DE ANCHO.	4	PZA	\$624,299.33	\$2,497,197.32
	4.7 TIPO TT-7 DE 15.52 M. DE LONGITUD.	20	PZA	\$937,241.91	\$18,744,838.20
	4.8 TIPO T-3 DE 4.52 M. DE LONGITUD. Y 1.415 M. DE ANCHO.	4	PZA	\$624,535.56	\$2,498,142.24
	4.9 TIPO T-9 DE 4.52 M. DE LONGITUD. Y 2.83 M. DE ANCHO.	8	PZA	\$642,961.07	\$5,143,688.56
	4.10 TIPO TT-10 DE 4.52 M. DE LONGITUD.	1	PZA	\$643,906.00	\$643,906.00
5.	TRANSPORTE DE TRABES PORTANTES (POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA) CON CONCRETO $f_c = 350$ KG/CM ² , ACABADO ESPEJO, DE LOS SIGUIENTES TIPOS, PERALTES Y DIMENSIONES: DE 0.65 M. DE PERALTE Y 0.70 M. DE ANCHO :				
	5.1 TP-1 DE 6.30 M. DE LONGITUD.	112	PZA	\$345,097.00	\$38,650,864.00
	5.2 TP-2 DE 6.30 M. DE LONGITUD.	80	PZA	\$345,097.00	\$27,607,760.00

No.	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	CANT. DE OBRA	U	P.U.	IMPORTE
	5.4 TP-4 DE 6.30 M. DE LONGITUD.	8	PZA	\$345,097.00	\$2,760,776.00
6.	TRANSPORTE DE COLUMNAS DE SECCION 0.7 X 0.7 M. CON CONCRETO $f_c = 350$ KG/CM2, ACABADO ESPEJO, INCLUYE MENSULAS PARA RECIBIR TRABES PORTANTES, ACERO DE REFUERZO PARA DAR CONTINUIDAD, DE ACUERDO CON LO INDICADO EN PROYECTO (POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA) DE LOS SIGUIENTES TIPOS :				
	6.1 C-1 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$999,286.58	\$999,286.58
	6.2 C-2 DE 14.20 M. DE ALTURA.	9	PZA	\$999,286.58	\$8,993,579.22
	6.3 C-3 DE 14.20 M. DE ALTURA.	2	PZA	\$999,286.58	\$1,998,573.16
	6.4 C-4 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$999,286.58	\$999,286.58
	6.5 C-5 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$999,286.58	\$999,286.58
	6.6 C-6 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$999,286.58	\$999,286.58
	6.7 C-7 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$999,286.58	\$999,286.58
	6.8 C-8 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$999,286.58	\$999,286.58
	6.9 C-9 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$999,286.58	\$999,286.58
	6.10 C-10 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$999,286.58	\$999,286.58
	6.11 C-11 DE 14.20 M. DE ALTURA.	3	PZA	\$999,286.58	\$2,997,859.74
	6.12 C-12 DE 14.20 M. DE ALTURA.	9	PZA	\$999,286.58	\$8,993,579.22
	6.13 C-13 DE 14.20 M. DE ALTURA.	15	PZA	\$999,286.58	\$14,989,298.70
	6.14 C-14 DE 14.20 M. DE ALTURA.	5	PZA	\$999,286.58	\$4,996,432.90
	6.15 C-15 DE 14.20 M. DE ALTURA.	2	PZA	\$999,286.58	\$1,998,573.16
	6.16 C-16 DE 14.20 M. DE ALTURA.	3	PZA	\$999,286.58	\$2,997,859.74
	6.17 C-17 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$999,286.58	\$999,286.58
SUBTOTAL PARTIDA TRANSPORTE					\$540,204,803.18

No.	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	CANT DE OBRA	U	P.U.	IMPORTE
	MONTAJE				
7.	MONTAJE DE VIGAS "TT" (POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA), CON CONCRETO $f_c = 350$ KG/CM ² , ACABADO ESPEJO, INCLUYE TODOS LOS ACCESORIOS DE MONTAJE Y EL CIMBRADO Y JUNTEO INFERIOR ACABADO APARENTE DE LOS SIGUIENTES TIPOS, PERALTES Y DIMENSIONES :				
	DE 0.70 M. DE PERALTE Y 2.98 M. DE ANCHO				
	7.1 TIPO TT-1 DE 15.52 M. DE LONGITUD.	4	PZA	\$787,924.35	\$3,151,697.40
	7.2 TIPO TT-2 DE 15.52 M. DE LONGITUD.	352	PZA	\$787,924.35	\$277,349,371.20
	7.3 TIPO TT-3 DE 15.52 M. DE LONGITUD.	28	PZA	\$787,924.35	\$22,061,881.80
	7.4 TIPO TT-4 DE 10.52 M. DE LONGITUD.	4	PZA	\$739,678.35	\$2,958,713.40
	7.5 TIPO TT-5 DE 10.52 M. DE LONGITUD.	24	PZA	\$739,678.35	\$17,752,280.40
	7.6 TIPO T-6 DE 4.52 M. DE LONGITUD. Y 1.365 M. DE ANCHO.	4	PZA	\$681,782.85	\$2,727,131.40
	7.7 TIPO TT-7 DE 15.52 M. DE LONGITUD.	20	PZA	\$787,924.35	\$15,758,487.00
	7.8 TIPO T-8 DE 4.52 M. DE LONGITUD. Y 1.415 M. DE ANCHO.	4	PZA	\$681,782.85	\$2,727,131.40
	7.9 TIPO T-9 DE 4.52 M. DE LONGITUD. Y 2.83 M. DE ANCHO.	8	PZA	\$681,782.85	\$5,454,262.80
	7.10 TIPO TT-10 DE 4.52 M. DE LONGITUD.	1	PZA	\$681,782.85	\$681,782.85
8.	MONTAJE DE TRABES PORTANTES (POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA) CON CONCRETO $f_c = 350$ KG/CM ² , ACABADO ESPEJO, DE LOS SIGUIENTES TIPOS, PERALTES Y DIMENSIONES:				
	DE 0.65 M. DE PERALTE Y 0.70 M. DE ANCHO :				
	8.1 TP-1 DE 6.30 M. DE LONGITUD.	112	PZA	\$920,365.23	\$103,080,905.76
	8.2 TP-2 DE 6.30 M. DE LONGITUD.	80	PZA	\$920,365.23	\$73,629,218.40
	8.3 TP-3 DE 6.30 M. DE LONGITUD.	8	PZA	\$920,365.23	\$7,362,921.84
	8.4 TP-4 DE 6.30 M. DE LONGITUD.	8	PZA	\$920,365.23	\$7,362,921.84

No.	DESCRIPCIÓN DEL CONCEPTO	CANT. DE OBRA	U	P.U.	IMPORTE
9.	MONTAJE DE COLUMNAS DE SECCION 0.7 X 0.7 M. CON CONCRETO $f_c = 350$ KG/CM ² , ACABADO ESPEJO, INCLUYE MENSULAS PARA RECIBIR TRABES PORTANTES, ACERO DE REFUERZO PARA DAR CONTINUIDAD, DE ACUERDO CON LO INDICADO EN PROYECTO (POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA) DE LOS SIGUIENTES TIPOS :				
	9.1 C-1 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$2,182,207.49	\$2,182,207.49
	9.2 C-2 DE 14.20 M. DE ALTURA.	9	PZA	\$2,182,207.49	\$19,639,867.41
	9.3 C-3 DE 14.20 M. DE ALTURA.	2	PZA	\$2,182,207.49	\$4,364,414.98
	9.4 C-4 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$2,182,207.49	\$2,182,207.49
	9.5 C-5 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$2,182,207.49	\$2,182,207.49
	9.6 C-6 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$2,182,207.49	\$2,182,207.49
	9.7 C-7 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$2,182,207.49	\$2,182,207.49
	9.8 C-8 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$2,182,207.49	\$2,182,207.49
	9.9 C-9 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$2,182,207.49	\$2,182,207.49
	9.10 C-10 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$2,182,207.49	\$2,182,207.49
	9.11 C-11 DE 14.20 M. DE ALTURA.	3	PZA	\$2,182,207.49	\$6,546,622.47
	9.12 C-12 DE 14.20 M. DE ALTURA.	9	PZA	\$2,182,207.49	\$19,639,867.41
	9.13 C-13 DE 14.20 M. DE ALTURA.	15	PZA	\$2,182,207.49	\$32,733,112.35
	9.14 C-14 DE 14.20 M. DE ALTURA.	5	PZA	\$2,182,207.49	\$10,911,037.45
	9.15 C-15 DE 14.20 M. DE ALTURA.	2	PZA	\$2,182,207.49	\$4,364,414.98
	9.16 C-16 DE 14.20 M. DE ALTURA.	3	PZA	\$2,182,207.49	\$6,546,622.47
	9.17 C-17 DE 14.20 M. DE ALTURA.	1	PZA	\$2,182,207.49	\$2,182,207.49
SUBTOTAL PARTIDA MONTAJE					\$666,444,534.42

No.	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	CANT DE OBRA	U	P.U.	IMPORTE
	COLADOS EN SITIO				
	ESTRUCTURA				
	ACERO DE REFUERZO				
10.	VARILLA CORRUGADA CON LIMITE ELASTICO DE 4,200 KG/CM2, A CUALQUIER ALTURA O NIVEL, PROFUNDIDAD O DIAMETRO, POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA; (INCLUYE LA SOLDADURA EN DIAMETROS DE 1" Y 1 1/2").				
	10.1 EN MUROS Y FALDONES	60,702	KG	\$2,258.55	\$137,098,502.10
	10.2 ADICIONAL EN TRABES PORTANTES	31,297	KG	\$3,188.59	\$99,793,301.23
	10.3 EN BASTONES PARA DAR CONTINUIDAD A FIRME DE COMPRESION	45,492	KG	\$2,707.67	\$123,177,323.64
	CIMBRA APARENTE				
11.	CIMBRA, DESCIMBRA, OBRA FALSA Y MOLDES, POR SUPERFICIE DE CONTACTO, A CUALQUIER ALTURA O NIVEL, POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA INCLUYENDO TODOS LOS ACARREOS.				
	11.1 EN MUROS	1,317	M2	\$30,750.00	\$40,497,750.00
	11.2 EN FALDONES	490	M2	\$30,750.00	\$15,067,500.00
	CONCRETO				
12.	CONCRETO HIDRAULICO $f_c = 250$ KG/CM2, TIPO ESTRUCTURAL, CLASE I, A CUALQUIER ALTURA, NIVEL O PROFUNDIDAD (POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA, INCLUYE TODAS LAS CARGAS Y ACARREOS).				
	12.1 EN MUROS Y FALDONES	190	M3	\$361,981.96	\$68,776,572.40
	12.2 COMO COMPLEMENTO DE TRABE PORTANTE, EN TODA SU LONGITUD, DE 5 CM. DE ESPESOR, DE ACUERDO A PROYECTO.	25	M3	\$392,964.27	\$9,824,106.75
13.	FABRICACION DE CONEXION DE TRABE PORTANTE PRECOLADA TP A MENSULA DE COLUMNA, INCLUYE ESTRIBOS DE VARS. # 5, ACERO ADICIONAL CON VARS. # 4, VARS. # 8 PARA CONEXION DE ACERO ESTRUCTURAL, CIMBRA ACABADO ESPEJO, COLADO CON CONCRETO $f_c = 350$ KG/CM2, DESCIMBRADO Y TODO LO				

No.	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	CANT. DE OBRA	U.	P.U.	IMPORTE
	NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCION DE LA CONEXION DE ACUERDO CON LOS DETALLES DEL PLANO. (POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA A CUALQUIER ALTURA O NIVEL.	416	PZA	\$148,374.97	\$61,723,987.52
14.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE MORTERO ESTABILIZADOR, A BASE DE CONCRETO $f_c = 500$ KG/CM2 ADICIONADO CON ESTABILICRETO EN PROPORCION DE 255 KG/M3 DE CONCRETO. EN CANDILEROS DE CIMENTACION PARA FIJACION DE COLUMNAS, INCLUYE LA JUNTA DE CELOTEX DE 1" DE ESPESOR Y 10 CM DE ANCHO PARA DAR SELLO IMPERMEABLE (POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA).	40	M3	\$2,921,419.22	\$116,856,768.80
15.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE MORTERO ESTABILIZADOR, A BASE DE CONCRETO $f_c = 350$ KG/CM2 ADICIONADO CON ESTABILICRETO EN PROPORCION DE 255 KG/M3 DE CONCRETO, PARA FIJACION DE TRABES "TT" EN TRABES PORTANTES DE ENTREPISO (POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA).	5	M3	\$2,490,282.04	\$12,451,410.20
	ALBAÑILERIA				
	FIRMES				
16.	FIRME DE COMPRESION DE CONCRETO PREMEZCLADO $f_c = 250$ KG/CM2, ARMADO CON MALLA 6x6-6/6, INCLUYE EL CIMBRADO DE LAS FRONTERAS EN AMBOS SENTIDOS (POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA A CUALQUIER ALTURA Y/O NIVEL).				
	16.1 DE 6 CM. DE ESPESOR MINIMO, EN LA CRESTA QUE SE FORMA POR LA CONTRAFLECHA DE LAS PIEZAS "TT" EN CAPA DE COMPRESION DE NIVELES DEL ESTACIONAMIENTO, ACABADO APARENTE PULIDO Y NIVELADO INTEGRAL.	15,552	M2	\$35,168.67	\$546,943,155.84
	16.2 DE 10 CM. DE ESPESOR EN PLANTA BAJA, INCLUYE EL ACABADO APARENTE PULIDO Y NIVELADO INTEGRAL.	5,184	M2	\$44,599.25	\$231,202,512.00
17.	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ADITIVO ENDURECEDOR MASTER-PLATE 200 DE LA MARCA TECNOCRETO EN PROPORCION DE 4 KG/CM2 PULIDO COMO REGLA VIBRATORIA, EN FIRMES DEL ESTACIONAMIENTO.	20,736	M2	\$19,500.00	\$404,352,000.00
SUBTOTAL PARTIDA COLADOS EN SITIO					\$1,867,764,890.48

TOTAL: \$6,386,630,420.47

IV.2.3

PRESUPUESTO

RELACION DE CONCEPTOS COMPLEMENTARIOS PARA LOS DOS SISTEMAS ESTRUCTURALES
PROYECTO DE ESTACIONAMIENTO

DESCRIPCION DEL CONCEPTO	CANT. DE UNIDAD	U.	P.U.	IMPORTE
TRABAJOS PRELIMINARES				
DESMONTE				
1. DESMONTE DEL TERRENO (INCLUYENDO LIMPIEZA, DESHIERBE, TRAZO Y NIVELACION), POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA, INCLUYENDO TODOS LOS ACARREOS FUERA DEL LUGAR DE LA OBRA.	5,980	M2	\$2,950.00	\$17,641,000.00
DEMOLICIONES (POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA)				
2. DEMOLICION TOTAL DE ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO A CUALQUIER ALTURA O NIVEL, INCLUYE TODAS LAS CARGAS Y ACARREOS FUERA DEL SITIO DE LA OBRA.				
2.1 CONTRATABES, DADOS Y MOJONERAS.	16	M3	\$160,650.00	\$2,570,400.00
2.2 COLUMNAS.	4	M3	\$154,700.00	\$618,800.00
2.3 FIRMES.	180	M3	\$136,850.00	\$24,633,000.00
2.4 CADENAS DE DESPLANTE.	20	M3	\$154,700.00	\$3,094,000.00
3. DEMOLICION DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA Y PAVIMENTOS, A CUALQUIER NIVEL Y/O PROFUNDIDAD, POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA, INCLUYE TODAS LAS CARGAS Y ACARREOS.				
3.1 MAMPOSTERIA DE PIEDRA BRASA DE CIMENTACION EXISTENTE	510	M3	\$84,500.00	\$43,095,000.00
3.2 CARPETA ASFALTICA	82	M3	\$44,362.50	\$3,637,725.00
4. DEMOLICION DE MUROS Y PRETILES DE MAMPOSTERIA DE CUALQUIER ESPESOR, A CUALQUIER ALTURA O NIVEL, INCLUYENDO CASTILLOS, CADENAS DE CONCRETO, INSTALACIONES AHOGADAS, ACABADOS, CARGAS Y ACARREOS.				
4.1 DE TABIQUE	11	M3	\$88,388.30	\$972,271.30
4.2 DE PIEDRA	176	M3	\$92,950.00	\$16,359,200.00

DESCRIPCION DEL ÍTEM	CANT. DE OBRA	U.	P. U.	IMPORTE
5. TALA CON DESENRAISE Y/O TRASPLANTE DE ARBOLES, INCLUYENDO LA TRAMITACION Y PERMISOS NECESARIOS Y CON CAROO POSTERIORAL PROPIETARIO DE LO QUE DICHS TRAMITES REPRESENTE, INCLUYENDO EN SU CASO EL PLANTADO DEL NO. DE ARBOLES QUE LAS AUTORIDADES INDIQUEN POR CADA ARBOL QUE SE RETIRE, CON DIAMETROS DE 0.15M HASTA 0.80 M.	200	PZA	\$155,770.94	\$31,154,188.00
EXCAVACIONES				
6. EXCAVACIONES, POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA CUALQUIERA QUE SEA SU CLASIFICACION Y PROFUNDIDAD, INCLUYENDO TODAS LAS CARGAS, ACARREOS FUERA DEL SITIO DE LA OBRA, AFINES Y BOMBEO.				
6.1 EN CAJA PARA DAR NIVELES DE PROYECTO.	43,000	M3	\$30,625.00	\$1,316,875,000.00
6.2 EN CEPAS O EN CAJON PARA DESPLANTE DE ZAPATAS, CANDELE	911	M3	\$30,625.00	\$27,899,375.00
7. EXCAVACIONES, POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA CUALQUIERA QUE SEA SU CALIFICACION Y PROFUNDIDAD EN CEPAS O EN CAJON PARA DESPLANTE DE ZAPATAS, CANDELEROS Y CONTRATRES DE CIMENTACION (CON UTILIZACION POSTERIOR, COMO MATERIAL DE RELLENO, INCLUYENDO TODOS LOS MOVIMIENTOS Y ACARREOS DENTRO DEL SITIO DE LA OBRA, AFINES Y BOMBEO).	1,199	M3	\$15,900.00	\$19,064,100.00
COMPACTACION				
8. COMPACTACION DEL TERRENO NATURAL, EN LA SUPERFICIE DE DESPLANTE DE CIMENTACION COMPACTADO AL 90 % DE LA PRUEBA PROCTOR STD., POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA. INCLUYENDO LA ESCARIFICACION Y LA INCORPORACION DEL AGUA NECESARIA.	5,980	M2	\$2,565.00	\$15,338,700.00
RELLENOS				
9. RELLENO PARA CEPAS DE ELEMENTOS DE CIMENTACION POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA, INCLUYENDO TODOS LOS ACARREOS, MOVIMIENTOS, CARGAS Y DESCARGAS.				
9.1 CON MATERIAL PRODUCTO DE LA EXCAVACION COMPACTADO AL 90 % PROCTOR STD. EN CAPAS DE 15 cm DE ESPESOR, PREVIA INCORPORACION DEL AGUA NECESARIA.	1,199	M3	\$12,500.00	\$14,987,500.00
SUBTOTAL PARTIDA PRELIMINARES				\$1,537,940,259.30

No.	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	CANT. DE OBRA	U.	P. U.	MORTE
CIMENTACION					
PROTECCION DE TALUDES					
10.	PROTECCION DE TALUDES A BASE DE MALLA ELECTROSOLDADA 6x6-5/6 CON ANCLAS DE VARILLA CORRUGADA DE 3/8", FY 4200 KG/CM2, DE 1M DE LONGITUD HINCADAS A PERCUSION ALTERNADAS A CADA 3M Y CONCRETO LANZADO CON UN ESPESOR DE 0.05 cm A CUALQUIER ALTURA O NIVEL (POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA)	2,197	M2	\$38,237.50	\$84,007,787.50
	PLANTILLA				
11.	PLANTILLA SOBRE SUPERFICIE DE DESPLANTE DE CIMENTACION, DE 5 cm DE ESPESOR PROMEDIO CON CONCRETO Fc 100 KG/CM2 (POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA)	1,381	M2	\$13,060.15	\$18,036,061.07
	ACERO DE REFUERZO				
12.	VARILLA CORRUGADA CON FY 4200 KG/CM2, A CUALQUIER ALTURA O NIVEL, PROFUNDIDAD, INCLUYE TRASLAPES, DOBLECES, GANCHOS Y LA SOLDADURA EN DIAMETROS DE 1" Y 1 1/2" (POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA A CUALQUIER NIVEL O PROFUNDIDAD).				
	12.1 EN ZAPATAS AISLADAS Y/O CANDELEROS.	79,039	KG	\$2,331.00	\$184,239,909.00
	12.2 EN ZAPATAS CORRIDAS Y/O CONTRATRABES	77,275	KG	\$2,331.00	\$180,128,025.00
	12.3 EN MURO DE CONTENCIÓN	22,809	KG	\$2,331.00	\$53,167,779.00
	CONCRETO HIDRAULICO				
13.	13.1 EN ZAPATAS AISLADAS Y/O CANDELEROS	249	M3	\$273,710.85	\$68,154,001.65
	13.2 EN ZAPATAS CORRIDAS Y/O CONTRATRABES	558	M3	\$273,710.85	\$152,730,654.30
	13.3 EN MURO DE CONTENCIÓN	464	M3	\$273,988.10	\$127,130,478.49
	CIMBRA				
14.	CIMBRA, DESCIMBRA, OBRA FALSA Y MOLDES, POR SUPERFICIE DE CONTACTO, A CUALQUIER ALTURA O NIVEL, POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA INCLUYENDO TODOS LOS ACARREOS.				

DESCRIPCION DEL CONCEPTO	CANT. DE OBRA	U	P.U.	IMPORTE
COMUN				
14.1 EN ZAPATAS AISLADAS Y/O CANDELEROS	647	M2	\$26,780.00	\$17,326,660.00
14.2 EN ZAPATAS CORRIDAS Y/O CONTRATABES	1,391	M2	\$26,780.00	\$37,250,980.00
APARENTE				
14.3 EN MURO DE CONTENCION	1,890	M2	\$30,750.00	\$58,117,500.00
SUBTOTAL PARTIDA CIMENTACION				\$980,289,836.02
TOTAL				\$2,518,230,064.32

IV.2.4

RESUMEN POR PARTIDAS		
PARTIDA	IMPORTE COLADO EN SITIO	IMPORTE PREFABRICADO
TRABAJOS PRELIMINARES	\$1,537,940,259.00	\$1,537,940,259.00
CIMENTACION	\$980,289,836.10	\$980,289,836.10
ESTRUCTURA	\$5,989,781,137.00	\$5,206,893,533.00
RAMPAS	\$252,038,089.20	\$252,038,089.20
ALBAÑILERIA	\$635,554,512.00	\$1,182,497,668.00
ACABADOS Y HERRERIA	\$185,000,000.00	\$185,000,000.00
HISTALACION HIDROSANITARIA	\$409,058,823.00	\$409,058,823.00
ISTALACION ELECTRICA	\$906,411,764.70	\$906,411,764.70
TOTAL	\$10,896,074,421.00	\$10,660,129,973.00

Con los cálculos realizados hasta el momento, se puede determinar el costo por m² de construcción para el edificio de estacionamiento, en cada uno de los sistemas estructurales en estudio.

Así, se tiene que :

\$/m² para el Sistema Estructural con elementos colados en sitio será :

\$ 525,466.55/m²

\$/m² para el Sistema Estructural con elementos prefabricados será :

\$ 514,088.06/m²

Con lo anterior, se puede observar que en el aspecto económico, no hay una diferencia significativa que pudiera influir de manera determinante para elegir el sistema estructural conveniente.

El ahorro económico que pudiera existir al hacer el edificio de estacionamiento mediante elementos prefabricados, se encuentra en el ahorro de los gastos generales de la obra al terminarse 6 meses antes que si se hiciera mediante elementos colados en sitio.

Por otro lado, el factor de inflación, como se verá más adelante, afectará más al sistema que requiera mayor tiempo para la terminación de la construcción.

IV.3 ANALISIS CONSTRUCTIVO

Este análisis se realiza mediante un programa de obra que determina el tiempo requerido para cada actividad o concepto, con lo que se obtienen las actividades críticas que rigirán el tiempo de terminación de la obra.

Este programa se realizará para los dos tipos de sistemas estructurales, con lo que se puede observar cual sistema requiere más tiempo y que conceptos son los que influyen en su determinación.

Para realizar estos programas se hace un estudio como se acaba de mencionar, de todas las actividades que requiere la obra para su realización, determinando el tiempo que se necesita para cada concepto o actividad. Esto dependerá en gran medida de la cantidad de obra y equipo que se tenga disponible, así como del rendimiento que tenga cada cuadrilla de trabajo.

Para el caso del sistema con elementos colados en sitio, el cálculo de estos rendimientos es más difícil ya que en la obra siempre existen imprevistos los cuales varían en cada construcción. Es por esto que el programa de obra para este caso requiere márgenes de holgura en los tiempos de los conceptos críticos de tal manera que se pueda amortiguar cualquier imprevisto sin que afecte el tiempo de terminación de la obra.

En cambio, para el caso del sistema con elementos prefabricados, al realizarse dichos elementos en una planta, el cálculo de los rendimientos para la elaboración de las piezas será más real, ya que existe un mayor control tanto de la mano de obra como del equipo. Además al trabajar siempre en un lugar establecido, los imprevistos se minimizan considerablemente. Por esta razón, aquí no se requerirán holguras muy grandes en los tiempos de las actividades críticas que rigen el tiempo de terminación de la obra.

En los incisos siguientes se presentan los programas de obra propuestos para el proyecto de estacionamiento en estudio, tanto para el caso con elementos colados en sitio como el caso con elementos prefabricados.

IV.3.1

SISTEMA ESTRUCTURAL DE CONCRETO A BASE DE ELEMENTOS COLADOS EN SITIO.																		
PROYECTO DE ESTACIONAMIENTO																		
CONCEPTO	FEBR 1991	MAR 1991	ABR 1991	MAY 1991	JUN 1991	JUL 1991	AGO 1991	SEPT 1991	OCT 1991	NOV 1991	DIC 1991	ENE 1992	FEB 1992	MAR 1992	ABR 1992	MAY 1992	JUN 1992	
TRABAJOS PRELIMINARES																		
1. TRAZO, NIVELACION, DISEÑO	****																	
2. DEMOLICIONES	*****	****																
3. EXCAV. COMPACT. Y RELLENOS.	*****	*****	*****	*****														
CIMENTACION																		
1. TALUDES Y PLANTILLA.		*****																
2. ZAPATA.		*****	*****	*****	*****													
3. CONTRAARRIBES Y DADOS.		*****	*****	*****	*****													
4. MUROS DE CONTENCIÓN.		*****	*****	*****	*****													
ESTRUCTURA																		
1. COLUMNAS.					-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2. LOSA Y TRABES.					-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3. FALDONES.																		
4. RAMPAS.																		
ALBAÑILERIA																		
ACABADOS Y HERRERIA																		
INSTALACION HIDROSANITARIA																		
INSTALACION ELECTRICA																		
LIMPIEZA GENERAL																		

IV.3.2

PROGRAMA DE OBRA
SISTEMA ESTRUCTURAL DE CONCRETO A BASE DE ELEMENTOS PREFABRICADOS.

CONCEPTO	FEB 1991	MAR 1991	ABR 1991	MAY 1991	JUN 1991	JUL 1991	AGO 1991	SEP 1991	OCT 1991	NOV 1991	DIC 1991
TRABAJOS PRELIMINARES											
1. TRAZO, NIVELACION, DESHIEBE.	****										
2. DEMOLICIONES.	*****	****									
3. EXCAV. COMPACT. Y RELLENOS.	****	*****	*****	*****							
CIMENTACION											
1. TALUDES Y PLANTILLA.		*****									
2. ZAPATAS.		****	*****	*****	*****						
3. CONTRATRES Y DADOS.		****	*****	*****	*****						
4. MUROS DE CONTENCIÓN.		****	*****	*****	*****						
ESTRUCTURA											
1. COLUMNAS PREFABRICADAS.	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
2. TRAMES PREFABRICADAS.		////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
3. MUROS Y FALDONES.				////	////	////	////	////	////	////	////
4. RAMPAS.			////	////	////	////	////	////	////	////	////
ALBAÑILERIA							
ACABADOS Y HERRERIA							
INSTALACION HIDROSANITARIA			
INSTALACION ELECTRICA						
LIMPIEZA GENERAL.								

//// FABRICACION

++++ MONTAJE

IV.4 PROGRAMA DE EROGACIONES

La finalidad de este programa es el cálculo del costo mensual de la obra, para determinar su comportamiento a lo largo de todo el desarrollo. Esto es importante para hacer una planeación conveniente de la obra, conjugando el aspecto económico con el aspecto del tiempo.

Este programa dependerá esencialmente del programa de obra desarrollado.

A continuación se presentan los programas de erogaciones para el proyecto de estacionamiento, realizando un programa para el sistema estructural con elementos en sitio y otro para elementos prefabricados.

PROGRAMA DE ERO
SISTEMA ESTRUCTURAL DE CONCRETO A BASE D
PROYECTO DE ESTACIONAMIENT

CONCEPTO	FEBRERO 1991	MARZO 1991	ABRIL 1991	MAYO 1991	JUNIO 1991	JULIO 1991	AGOSTO 1991
TRABAJOS PRELIMINARES							
1. TRAZO, NIVELACION, DESHIERBE.	\$17,641,000.00						
2. DEMOLICIONES.	\$84,089,722.47	\$42,044,861.23					
1. EXCAV. COMPACT. Y RELLENOS.	\$232,360,779.17	\$232,360,779.17	\$464,721,558.33	\$464,721,558.33			
CIMENTACION							
1. TALUDES Y PLANTILLA.		\$102,041,848.60					
2. ZAPATAS.		\$44,953,428.45	\$89,906,856.90	\$89,906,856.90	\$44,953,428.45		
3. CONTRATRADES Y DADOS.		\$61,684,943.22	\$123,369,886.43	\$123,369,886.43	\$61,684,943.22		
4. MUROS DE CONTENCIÓN.		\$39,735,959.58	\$79,471,919.17	\$79,471,919.17	\$39,735,959.58		
ESTRUCTURA							
1. COLUMNAS.				\$50,941,359.20	\$50,941,359.20	\$50,941,359.20	\$50,941,359.20
2. LOSAS Y TRABES.					\$496,522,338.64	\$496,522,338.64	\$496,522,338.64
3. FALDONES.							
4. RAMPAS.							
ALBAÑILERIA							
ACABADOS Y HERRERIA							
INSTALACION HIDROSANITARIA.							
INSTALACION ELECTRICA.							
LIMPIEZA GENERAL.							
IMPORTE PARCIAL	\$334,091,501.63	\$522,823,820.25	\$757,470,220.83	\$808,411,580.03	\$743,881,691.09	\$652,412,792.78	\$652,412,792.78
IMPORTE ACUMULADO	\$334,091,501.63	\$856,915,321.88	\$1,614,385,542.72	\$2,422,797,122.75	\$3,166,678,813.84	\$3,819,051,606.61	\$4,471,504,399.39
FACTOR INFLACIONARIO							
IMPORTE PARCIAL INFLAC.	\$339,203,101.61	\$538,944,616.98	\$792,772,765.52	\$859,033,440.98	\$802,556,840.24	\$714,642,409.70	\$725,576,438.57
IMPORTE ACUMULADO INFLAC.	\$339,203,101.61	\$878,147,718.59	\$1,670,920,484.11	\$2,529,953,925.09	\$3,332,510,765.33	\$4,047,153,175.03	\$4,772,729,613.66

PROGRAMA DE EROGACIONES
SISTEMA ESTRUCTURAL DE CONCRETO A BASE DE ELEMENTOS COLADOS EN SITIO.
PROYECTO DE ESTACIONAMIENTO

	JUNIO 1991	JULIO 1991	AGOSTO 1991	SEPTIEMBRE 1991	OCTUBRE 1991	NOVIEMBRE 1991	DICIEMBRE 1991	ENERO 1992	FEBRERO 1992	MARZO 1992	ABRIL 1992
6.33											
6.50	\$44,953,428.45										
6.43	\$61,684,943.22										
9.17	\$39,735,959.58										
9.20	\$50,941,359.20	\$50,941,359.20	\$50,941,359.20	\$50,941,359.20	\$50,941,359.20	\$50,941,359.20	\$50,941,359.20	\$50,941,359.20	\$25,470,679.60		
	\$496,522,338.64	\$496,522,338.64	\$496,522,338.64	\$496,522,338.64	\$496,522,338.64	\$496,522,338.64	\$496,522,338.64	\$496,522,338.64	\$496,522,338.64	\$496,522,338.64	\$496,522,338.64
								\$63,009,522.30	\$63,009,522.30	\$63,009,522.30	\$63,009,522.30
	\$50,043,662.00	\$60,052,394.84	\$60,052,394.84	\$60,052,394.84	\$60,052,394.84	\$60,052,394.84	\$70,061,127.60	\$43,037,549.63	\$43,037,549.63	\$43,037,549.63	\$43,037,549.63
		\$44,896,700.10	\$44,896,700.10	\$44,896,700.10	\$44,896,700.10	\$44,896,700.10	\$44,896,700.10	\$27,935,724.50	\$27,935,724.50	\$27,935,724.50	\$27,935,724.50
						\$50,356,209.14	\$50,356,209.14	\$50,356,209.14	\$90,641,176.50	\$90,641,176.50	\$90,641,176.50
10.03	\$743,881,691.09	\$652,412,792.78	\$652,412,792.78	\$652,412,792.78	\$652,412,792.78	\$702,769,001.92	\$712,777,734.58	\$751,802,703.41	\$766,616,991.17	\$771,146,311.57	\$755,239,110.00
10.75	\$3,166,678,813.84	\$3,819,061,606.61	\$4,471,504,399.39	\$5,123,917,192.17	\$5,776,329,984.94	\$6,479,098,986.86	\$7,191,876,721.43	\$7,943,679,424.84	\$8,710,296,416.01	\$9,481,442,727.57	\$10,236,681,838.00
10.96%	1.08%	1.10%	1.11%	1.13%	1.15%	1.16%	1.18%	1.20%	1.22%	1.24%	1.26%
10.98	\$802,556,840.24	\$714,642,409.70	\$725,576,438.57	\$736,677,758.08	\$747,948,927.78	\$818,005,943.15	\$842,349,598.07	\$902,062,268.00	\$933,910,936.15	\$953,801,919.82	\$948,419,041.00
10.09	\$3,332,510,765.33	\$4,047,153,175.03	\$4,772,729,613.60	\$5,509,407,371.68	\$6,257,356,299.46	\$7,075,362,742.61	\$7,917,711,840.68	\$8,819,774,108.65	\$9,753,685,044.82	\$10,707,486,964.66	\$11,655,906,006.00

LADOS EN SITIO.

	OCTUBRE 1991	NOVIEMBRE 1991	DICIEMBRE 1991	ENERO 1992	FEBRERO 1992	MARZO 1992	ABRIL 1992	MAYO 1992	JUNIO 1992
2.20	\$50,941,359.20	\$50,941,359.20	\$50,941,359.20	\$50,941,359.20	\$25,470,679.60				
1.64	\$496,522,338.64	\$496,522,338.64	\$496,522,338.64	\$496,522,338.64	\$496,522,338.64	\$496,522,338.64	\$496,522,338.64		
				\$63,009,522.30	\$63,009,522.30	\$63,009,522.30	\$63,009,522.30		
1.84	\$60,052,394.84	\$60,052,394.84	\$70,061,127.60	\$43,037,549.63	\$43,037,549.63	\$43,037,549.63	\$43,037,549.63	\$43,037,549.63	
				\$20,000,000.00	\$20,000,000.00	\$20,000,000.00	\$20,000,000.00	\$52,500,000.00	\$52,500,000.00
2.10	\$44,896,700.10	\$44,896,700.10	\$44,896,700.00	\$27,935,724.50	\$27,935,724.50	\$27,935,724.50	\$27,935,724.50	\$27,935,724.50	
		\$50,356,209.14	\$50,356,209.14	\$50,356,209.14	\$90,641,176.50	\$90,641,176.50	\$90,641,176.50	\$271,923,529.40	\$211,496,078.40
2.78	\$652,412,792.78	\$702,769,001.92	\$712,777,734.58	\$751,802,703.41	\$766,616,991.17	\$771,146,311.57	\$755,239,110.67	\$395,396,803.53	\$263,996,078.40
2.17	\$5,776,329,984.94	\$6,479,098,986.86	\$7,191,876,721.43	\$7,943,679,424.84	\$8,710,296,416.01	\$9,481,442,727.57	\$10,236,681,838.24	\$10,632,078,641.77	\$10,896,074,720.17
1.13%	1.15%	1.16%	1.18%	1.20%	1.22%	1.24%	1.26%	1.27%	1.29%
3.08	\$747,948,927.78	\$818,005,943.15	\$842,349,598.07	\$902,062,268.00	\$933,910,936.15	\$953,801,919.82	\$948,419,041.85	\$504,130,917.74	\$341,744,898.88
1.68	\$6,257,356,299.46	\$7,075,362,422.61	\$7,917,711,840.68	\$8,819,774,108.65	\$9,753,685,044.83	\$10,707,486,964.66	\$11,655,906,006.50	\$12,160,036,924.24	\$12,501,781,823.12

PROGRAMA DE EROGACIONES
SISTEMA ESTRUCTURAL DE CONCRETO A BASE DE ELEMENTOS PREFABRIC
PROYECTO DE ESTACIONAMIENTO

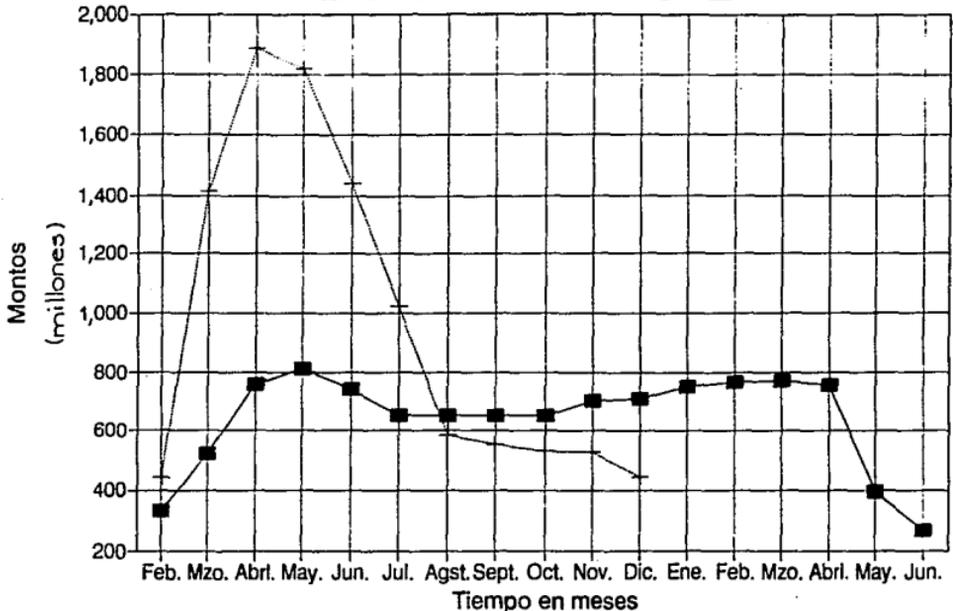
CONCEPTO	FEBRERO 1991	MARZO 1991	ABRIL 1991	MAYO 1991	JUNIO 1991	JULIO 1991
TRABAJOS PRELIMINARES						
1. TRAZO, NIVELACION, DESHIERBE.	\$17,641,000.00					
2. DEMOLICIONES.	\$84,089,722.47	\$42,044,861.23				
3. EXCAV. COMPACT. Y RELLENOS.	\$232,360,779.17	\$464,721,558.33	\$464,721,558.33	\$232,360,779.17		
CIMENTACION						
1. TALUDES Y PLANTILLA.		\$102,043,848.60				
2. ZAPATAS.		\$44,953,428.45	\$89,906,856.90	\$89,906,856.90	\$44,953,428.45	
3. CONTRATRADES Y DADOS.		\$61,684,943.22	\$123,369,886.43	\$123,369,886.43	\$61,684,943.22	
4. MUROS DE CONTENCIÓN.		\$39,735,959.58	\$79,471,919.17	\$79,471,919.17	\$39,735,959.58	
ESTRUCTURA						
1. COLUMNAS PREFABRICADAS.	\$108,709,709.72	\$217,419,419.44	\$217,419,419.44	\$217,419,419.44	\$217,419,419.44	
2. TRABES PREFABRICADAS.		\$440,785,091.11	\$881,570,182.22	\$881,570,182.22	\$881,570,182.22	\$881,570,182.22
3. MUROS Y FALDONES.				\$104,576,129.80	\$104,576,129.80	\$52,288,064.90
4. RAMPAS.			\$31,504,761.15	\$63,009,522.30	\$63,009,522.30	\$63,009,522.30
ALBAÑILERIA						
ACABADOS Y HERRERIA						
INSTALACION HIDROSANITARIA						
INSTALACION ELECTRICA						
LIMPIEZA GENERAL						
IMPORTE PARCIAL	\$442,801,211.36	\$1,413,339,109.97	\$1,887,964,583.65	\$1,819,620,419.93	\$1,440,885,309.52	\$1,024,803,493.92
IMPORTE ACUMULADO	\$442,801,211.36	\$1,856,190,321.33	\$3,744,154,904.98	\$5,563,775,324.91	\$7,004,660,634.43	\$8,029,464,128.35
FACTOR INFLACIONARIO	1.02%	1.03%	1.05%	1.06%	1.08%	1.10%
IMPORTE PARCIAL INFLAC.	\$449,576,069.89	\$1,456,969,876.99	\$1,975,954,780.82	\$1,933,563,087.45	\$1,554,538,006.53	\$1,122,553,154.19
IMPORTE ACUMULADO INFLAC.	\$449,576,069.89	\$1,906,545,746.88	\$3,882,500,527.70	\$5,816,063,615.15	\$7,370,601,611.68	\$8,493,151,775.88

PROGRAMA DE EROGACIONES
SISTEMA ESTRUCTURAL DE CONCRETO A BASE DE ELMENTOS PREFABRICADOS.
PROYECTO DE ESTACIONAMIENTO

MAYO 1991	JUNIO 1991	JULIO 1991	AGOSTO 1991	SEPTIEMBRE 1991	OCTUBRE 1991	NOVIEMBRE 1991	DICIEMBRE 1991
\$232,360,779.17							
\$89,906,856.90	\$44,953,428.45						
\$123,369,386.43	\$61,684,943.22						
\$79,471,919.17	\$39,735,959.58						
\$217,419,419.44	\$217,419,419.44						
\$881,570,182.22	\$881,570,182.22	\$881,570,182.22					
\$104,576,129.80	\$104,576,129.80	\$52,288,064.90					
\$63,009,522.30	\$63,009,522.30	\$63,009,522.30	\$31,504,761.15				
			\$236,499,533.60	\$236,499,533.60	\$236,499,533.60	\$236,499,533.60	\$236,499,533.60
			\$52,500,000.00	\$52,500,000.00	\$30,000,000.00	\$25,000,000.00	\$25,000,000.00
\$27,935,724.50	\$27,935,724.50	\$27,935,724.50	\$81,312,912.38	\$81,312,912.38	\$81,312,912.38	\$81,312,912.38	\$81,312,912.38
			\$181,282,352.90	\$181,282,352.90	\$181,282,352.90	\$181,282,352.90	\$181,282,352.90
					\$0.00	\$0.00	\$0.00
\$1,819,620,419.93	\$1,440,885,309.52	\$1,024,803,493.92	\$583,099,560.03	\$551,594,728.88	\$529,094,798.88	\$524,094,798.88	\$442,781,886.50
\$5,563,775,324.91	\$7,004,660,634.43	\$8,029,464,128.35	\$9,612,563,688.38	\$9,164,158,872.26	\$9,693,253,286.14	\$10,217,348,085.02	\$10,660,129,971.52
1.06%	1.08%	1.10%	1.11%	1.13%	1.15%	1.16%	1.18%
\$1,933,563,087.45	\$1,554,538,006.53	\$1,122,553,154.19	\$646,490,199.43	\$622,842,157.78	\$606,572,850.65	\$610,033,537.46	\$523,272,720.28
\$5,816,063,615.15	\$7,370,601,611.68	\$8,493,151,775.88	\$9,141,644,975.31	\$9,764,483,181.09	\$10,371,056,041.74	\$10,981,089,579.20	\$11,504,362,299.48

h&l

Grafica de Erogaciones Importe Parcial

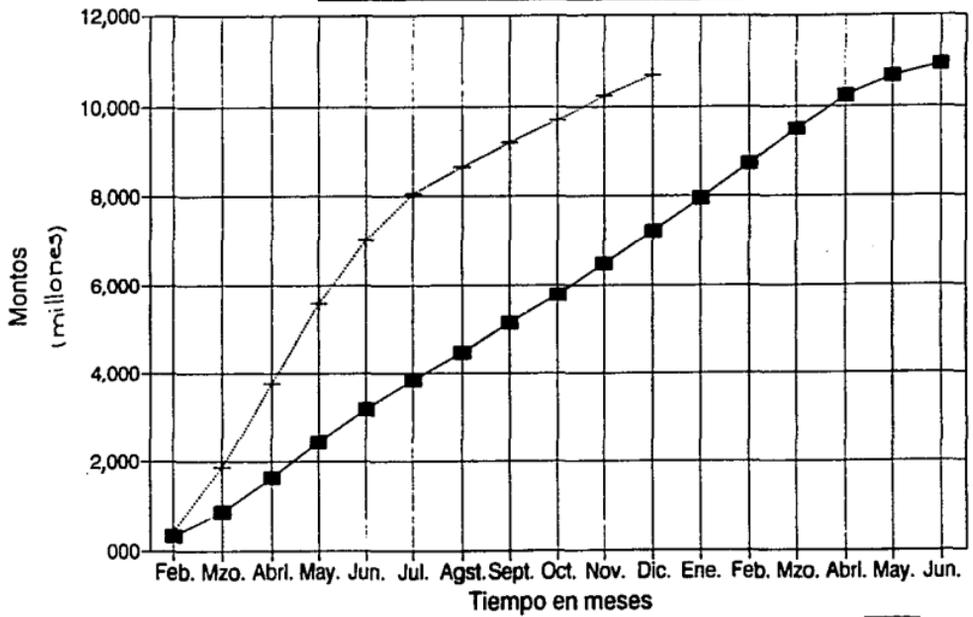


1991

1992

■ Col. Sitio + Prefabricado

Grafica de Erogaciones Importe Acumulado



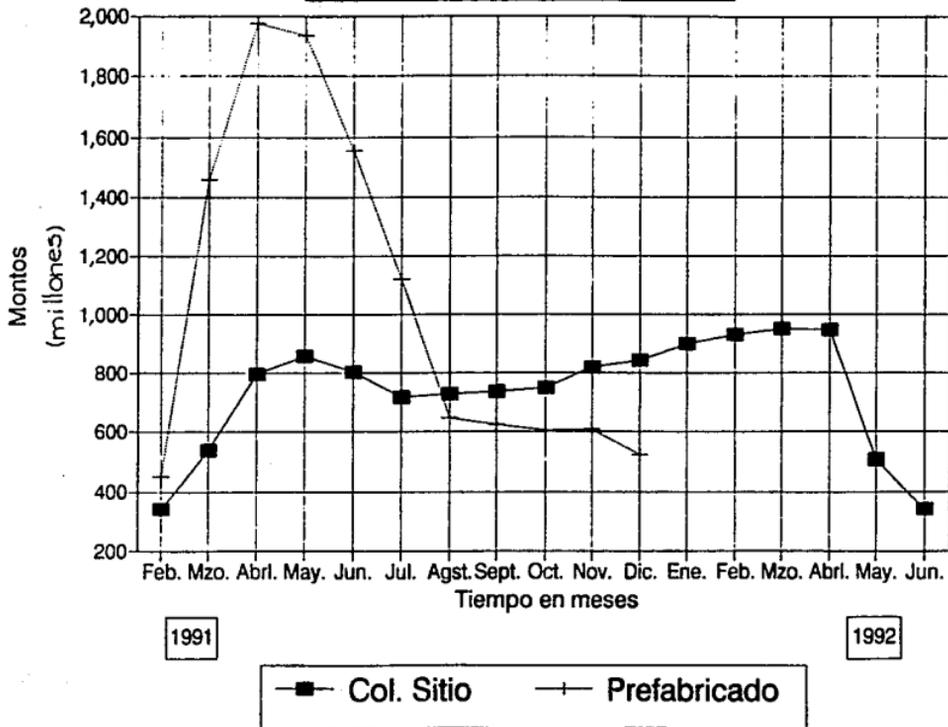
1991

1992

Col. Sitio
 Prefabricado

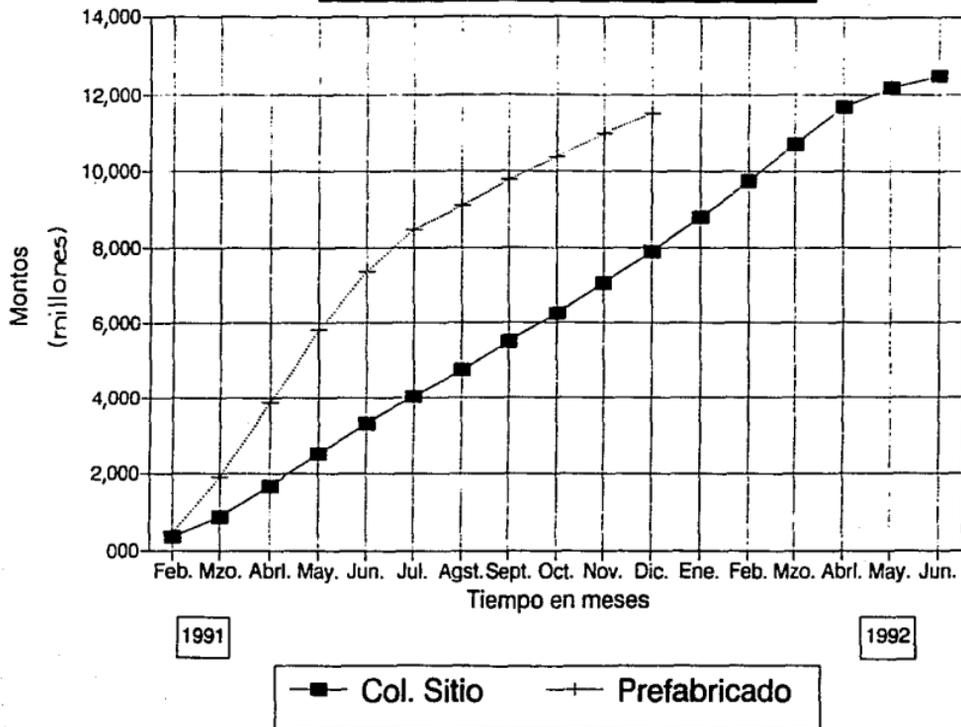
SRI

Grafica de Erogaciones Importe Parcial Inflacionario



Grafica de Erogaciones Importe Acumulado Inflacionario

861



IV.5 CONCLUSIONES

Como se puede observar, para este caso, la diferencia en el aspecto económico no es muy significativa, ya que es del 2.21 %, resultando más económico el proyecto mediante elementos prefabricados. Lo anterior es sin considerar el factor inflacionario, que para este caso es muy importante tomarlo en cuenta ya que la diferencia en el tiempo total de terminación de la obra entre ambos sistemas es de 6 meses, siendo más tardado el Sistema por medio de elementos colados in situ. Así, considerando este factor, se tiene una diferencia en el aspecto económico del 9.37 %, que equivale a \$ 1076'144,520 siendo más caro el Sistema con elementos colados in situ. Esta cifra ya puede ser significativa para tomar una decisión sobre la opción más adecuada.

Aunque en México es común que la diferencia en el aspecto económico no sea muy significativa, ya que todavía no son muchos los lugares que se dedican a la producción de piezas prefabricadas, así como la maquinaria y equipo necesarios para el transporte y montaje de dichas piezas. Estos factores contribuyen al encarecimiento de los elementos.

En otros países, la diferencia en el aspecto económico entre un sistema y otro es más significativo, lo que se debe a varios factores como la existencia de una gran cantidad tanto de fábricas como de maquinaria y equipo que se dedican a la producción, transporte y montaje de elementos prefabricados.

Por otro lado, en las gráficas de erogaciones se observa que con elementos prefabricados el costo se eleva considerablemente durante los primeros meses de construcción, ya que en esta etapa se lleva a cabo la fabricación en planta de todos los elementos estructurales, debido a que cuando se concluya en obra tanto los trabajos preliminares como la cimentación, deben estar listos los elementos estructurales en el lugar de la obra.

Lo anterior es una ventaja para el sistema de prefabricados en lo referente a tiempos, ya que al hacer trabajos simultáneos el tiempo total de la obra se reduce considerablemente, terminando seis meses antes que con el sistema tradicional por medio de elementos colados en sitio. Además, al terminar antes, el factor inflacionario no afectará tanto los costos, lo cual es otra ventaja para el sistema prefabricado.

Una diferencia clara en los dos tipos de elementos es la calidad, ya que, al tener un mejor control en la planta prefabricadora que en la obra, se pueden garantizar materiales con mayor resistencia. Así por ejemplo, para este caso el concreto en los elementos prefabricados tendrá una resistencia de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$, mientras que en los elementos colados en sitio será de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$. Esto se debe, como se acaba de mencionar, a que en la obra no se puede tener el mismo control de calidad que se logra en una planta prefabricadora, la cual cuenta con laboratorios permanentes para las pruebas requeridas.

Se puede concluir que para el proyecto de estacionamiento en estudio, la solución adecuada es por medio del sistema con elementos prefabricados, ya que aunque el ahorro en el aspecto económico no es muy significativo, en cuanto al tiempo y a la calidad la diferencia si será considerable. De esta manera, se podrá terminar la obra en 11 meses, mientras que si se usa el sistema con elementos colados en sitio se requerirá 17 meses, o sea 6 meses más que mediante elementos prefabricados. Lo cual repercutirá también en el aspecto económico ya que el factor inflacionario será más grande entre mayor sea el tiempo de terminación de la obra.

Además, con el sistema mediante elementos prefabricados se tendrá mayor calidad y mejores acabados en la estructura.

CAPITULO V

V. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DOS SISTEMAS ESTRUCTURALES

V.1 INTRODUCCION

La finalidad de este capítulo es presentar un estudio de las ventajas y desventajas de los dos sistemas estructurales que se han tratado a lo largo de este trabajo, de manera que se pueda fundamentar la elección del sistema estructural conveniente para el proyecto de estacionamiento en estudio.

Este estudio se basa tanto en aspectos de cálculo y proyecto como económico y técnico. Es importante mencionar que dichos aspectos tendrán una influencia particular dependiendo de la obra que se trate y del lugar donde se vaya a realizar dicha construcción.

Lo anterior se refiere, por ejemplo, a que las condiciones que se presentan en México para la construcción de edificios con elementos prefabricados son muy diferentes a las condiciones que existen en los países europeos, ya que en éstos las ventajas de los elementos prefabricados con respecto a los elementos colados en sitio son mucho mayores. Esto se debe por un lado a la gran tecnología que existe en cuanto a maquinaria y equipo requeridos para el transporte y montaje de los elementos prefabricados. Por otro lado se tiene que en los países europeos la mano de obra es muy cara y escasa, lo cual representa una ventaja en los prefabricados ya que al ser fabricados en serie se requiere menor personal que además estará especializado en este trabajo por lo que alcanzará rendimientos más altos.

En cambio, México que es un país en desarrollo, no cuenta con una tecnología avanzada que permita una gran variedad de elementos prefabricados tanto en tamaño como en forma. Además al no tener aquí problema con respecto a la mano de obra, ésta resulta barata, siendo una ventaja para los elementos colados en sitio.

Por esta razón, es importante que en cada caso se analicen las condiciones favorables para uno u otro sistema estructural.

A continuación se presentan tanto las ventajas como las desventajas que presenta cada uno de los sistemas estructurales en estudio.

V.2 SISTEMA ESTRUCTURAL CON ELEMENTOS COLADOS EN SITIO

Este sistema que es el tradicional, tiene ventajas importantes sobre todo en lo que se refiere al aspecto técnico y económico.

En el aspecto de cálculo, como ya se observó en los capítulos anteriores los análisis son similares para los dos sistemas estructurales.

Los cálculos de diseño para los elementos de la estructura son hasta cierto punto más sencillos. Esto se debe a que al ser una estructura monolítica, no se requiere el cálculo de uniones y conexiones entre los elementos, y tampoco se requiere el diseño de ménsulas las cuales sirven para apoyar un elemento con otro. Tampoco se requerirá de cálculos de diseño para los izajes requeridos en las etapas de transporte y montaje, ya que los elementos se hacen en el lugar de su etapa final.

Por otro lado, los elementos prefabricados generalmente son presforzados o postensados, lo cual implica un procedimiento más laborioso.

En el aspecto técnico una de sus principales ventajas es que permite construir los elementos estructurales con cualquier forma y tamaño, sin que se requiera una fuerte inversión para su realización, como sucedería en un sistema con elementos prefabricados. Por otro lado, al colarse los elementos en

conjunto se tendrá mayor rigidez, a diferencia de los elementos prefabricados que se unirán hasta que sean montados, con lo que se corre el riesgo de que al no contar con un buen diseño de unión o conexión entre dichos elementos la estructura se vuelva insegura.

Otra de las ventajas es que no es indispensable comenzar la obra con una gran inversión, ya que es posible ir planeando tanto las entregas del material como las actividades.

Por otro lado, si durante el desarrollo del proyecto que se trate, se requiere hacer algunas modificaciones es más factible hacerlas.

Entre sus desventajas tenemos en el aspecto técnico que, como cada obra se realiza en un lugar diferente, siempre existirán condiciones diferentes e imprevistos que pueden retrasar la terminación de la obra. Por esta misma razón, el control del personal y de sus rendimientos resulta más complicado que si se tratara de un lugar establecido en donde las condiciones siempre serán las mismas y los imprevistos serán casi nulos. Las condiciones se refieren al lugar donde se desarrolle la obra, así como el clima, la ubicación, el equipo disponible, los medios de comunicación, etc. Los imprevistos se refieren a situaciones como el que se retrase la llegada de los materiales, el que se tenga que parar el trabajo por mal tiempo, etc.

En el aspecto económico, como ya se mencionó antes, no es indispensable iniciar la obra con una gran inversión, ya que es posible planear tanto las entregas de materiales como las actividades de la obra. A diferencia del sistema con elementos prefabricados que si requiere de una inversión fuerte al principio de la obra, debido a que se tiene que hacer el pedido de los elementos.

Además, ya que la mano de obra aquí es relativamente barata y abundante, se puede lograr que un elemento colado in situ sea más económico, aunque requiera mayor personal.

Otra ventaja del sistema con elementos colados en sitio en México, es que existe una gran cantidad de plantas dosificadoras, por lo que es fácil conseguir el material sin problemas.

A diferencia de las plantas prefabricadoras, que todavía no existen muchas, pudiéndose dar el caso en que la construcción se encuentre lejos de una planta prefabricadora, lo que ocasiona que se incrementen los costos en dichos elementos.

En el siguiente inciso se hablará del sistema con elementos prefabricados para crear un mejor criterio de cada uno de los sistemas en estudio.

V.3 SISTEMA ESTRUCTURAL MEDIANTE ELEMENTOS PREFABRICADOS

Desde el punto de vista de cálculo, los elementos prefabricados pueden tener la ventaja de que generalmente se utilizan sistemas estáticamente determinados cuyo cálculo, especialmente cuando se trata de piezas normalizadas, puede ser realizado fácilmente, ya que en ese caso, sólo se requerirá el diseño de una pieza siendo igual todas las demás piezas.

Por otro lado, como ya se mencionó antes, los procedimientos para el diseño de piezas prefabricadas resulta más laborioso, debido a que hay que tomar mayores consideraciones para garantizar el éxito en el funcionamiento y seguridad de la construcción. Además, hay que realizar un buen diseño en las uniones y conexiones, ya que como los elementos son fabricados en forma individual, a la hora de formar la junta será necesario desarrollar elementos de unión adecuados, que aseguren la condición exigida en los nudos, ya sea articulación o empotramiento. Lo anterior no se requiere para el sistema tradicional. Así mismo, se tendrá que hacer un proceso especial para el diseño de piezas presforzadas o postensadas.

La influencia de la contracción se puede eliminar ya que los elementos prefabricados pueden reposar suficiente tiempo antes de su montaje en obra. Las variaciones de temperatura quedan sin efecto a consecuencia de las numerosas juntas y uniones.

En el aspecto técnico se tiene en cuanto a los materiales que definitivamente en una planta prefabricadora existirá un mayor control de calidad, por lo que se pueden admitir mayores tensiones en las construcciones monolíticas, menores dimensiones y menores recubrimientos de concreto, por lo que los elementos constructivos resultan más ligeros.

Debido a que los elementos prefabricados se construyen en fábricas fijas o temporales, bien equipadas por lo que se refiere a máquinas, se hace posible una amplia utilización de elementos presforzados, con lo que se obtiene un ahorro de acero y concreto, consiguiendo también mayor resistencia al transporte y seguridad contra el agrietamiento.

Mediante elementos presforzados se pueden librar claros muy grandes, ya que estos elementos contrarrestan los efectos de las flechas verticales.

Al mantener un control de calidad apropiado, se vigilan todos los pasos de fabricación de los elementos así como sus condiciones al salir de la fábrica. Así mismo, al establecer la automatización y la intervención de maquinaria especializada se logra un mejor acabado en los productos.

Otra ventaja importante de los prefabricados es que permite una planeación racional de los recursos con que se cuenta, ya sea materiales o humanos. Al tener bien planeado un proceso de producción, se evitan muchos desperdicios que aunque parezcan insignificantes a la larga contribuyen al encarecimiento del producto. Además en una planta prefabricadora se genera un mayor aprovechamiento de las horas de trabajo, ya que al lograr la sistematización de las actividades se puede mantener un ritmo de trabajo continuo.

Así mismo, al tener un buen equipo en la fábrica se asegura una producción bien acabada y a medida, una exacta colocación de las varillas de armado, ya que los moldes casi siempre se rellenan en posición horizontal y por lo tanto sin juntas de trabajo. Por consiguiente, se obtiene una superficie exterior lisa y resistente a la intemperie. La vigilancia de los trabajos es en la fábrica más cuidadosa que en la obra, ya que se dispone de laboratorios de ensayo suficientes y personal adiestrado para ello. También el tratamiento posterior, tan importante, se halla sometido a una vigilancia mayor.

Los moldes o cimbras, formados casi siempre con chapas de acero, pueden utilizarse un número ilimitado de veces. Mediante una cuidadosa elección de los materiales de adición y con la ayuda del vibrado y calefacción puede obtenerse un concreto capaz de descimbrarse en cortísimo tiempo. Si de esta forma se aprovecha a fondo el cimbrado, puede dedicarse un mayor cuidado a la construcción y al material para ello utilizado, sin que el mayor costo de dicha cimbra influya notablemente en el precio de las piezas.

Debido a la situación fija de las fábricas, las materias primas se adquieren siempre a los mismos suministradores a precios al por mayor, con lo que puede disminuirse el número de ensayos del material, que continuamente se efectúan.

La característica más importante que distingue las construcciones de concreto prefabricadas con las coladas en sitio, consiste en que siempre "están listas", es decir, se sostienen por sí solas en cualquier parte de la obra en que se coloquen. Lo anterior significa que no requieren andamiaje, cimbrado ni arriostrado, como no sea algún andamio auxiliar para el montaje. Por esto mismo, se hacen innecesarios los tiempos de espera correspondientes al descimbrado y fraguado, siendo por tanto, menos importante los tiempos de limpieza de la obra que en la construcción tradicional.

Un inconveniente del cimbrado de madera serán siempre las burbujas de agua y de aire que se producen en la superficie de concreto. Tampoco pueden evitarse la formación de nódulos, a pesar de su

cuidadoso removido. En la construcción de piezas prefabricadas, la superficie queda siempre uniforme y compacta, ya que las placas de revestimiento siempre se fabrican en posición horizontal, se alisan cuidadosamente y pueden ser mejoradas.

Un aspecto importante en las piezas prefabricadas, es que deben presentar una forma y estructura tales en su sección armada, que queden suficientemente protegidas contra desperfectos durante su transporte y colocación. Para ello, es necesario que exista siempre un armado suficiente de la zona de compresión. Además, estas piezas deben presentar una resistencia lateral suficiente para que no sufran desperfectos al apoyarse involuntariamente de lado durante el transporte o que se flexionen lateralmente una vez colocadas en obra.

Desde el punto de vista económico, se logrará mayor economía en cuanto se logre la mayor tipificación de elementos de manera que se pueda realizar una producción en serie.

Una de las principales ventajas de los elementos prefabricados con lo que se obtiene un rendimiento económico, es la simultaneidad que se puede hacer de los trabajos en la obra y en la fábrica. Así, al mismo tiempo que en la obra se realizan los trabajos preliminares y de cimentación, en la fábrica se construyen los elementos de concreto prefabricados. En cambio, en una obra tradicional no es posible empezar a construir los elementos estructurales hasta que no este la cimentación, o por lo menos una parte de ella.

Esta ventaja de la simultaneidad de trabajos trae como consecuencia la reducción del tiempo de construcción con una consiguiente disminución de los gastos generales.

Por otro lado, el ahorro en cimbra y andamiaje que se puede obtener al usar elementos prefabricados también es considerable, sobre todo en ciertas construcciones monolíticas de gran altura, las cuales resultan antieconómicas a causa de la cantidad desproporcionadamente elevada de madera

para cimbra y andamiajes que se requieren. Al no ser necesarias tantas estructuras de madera, la obra gana limpieza y visibilidad. Al no existir andamiajes se puede empezar inmediatamente el acabado de la obra, no siendo necesarios los tiempos de espera para descimbrar y desmontar andamios, lo cual constituye otro factor importante que influye de manera notable en el tiempo total de la construcción.

Al igual que en la fabricación de los elementos prefabricados, en el montaje también se requiere de menor cantidad de mano de obra, sobre todo personal calificado, especialmente carpinteros, utilizando sólo unos cuantos para vigilar los trabajos de montaje.

Por regla general, se puede decir que el montaje debe realizarse sin interrupciones, una vez iniciado, ya que entre más tiempo se tenga la maquinaria y equipo de montaje en la obra, el precio de las piezas prefabricadas se eleva.

Se puede decir que la ventaja principal del uso de las piezas prefabricadas estriba en la reducción del tiempo total de terminación de la obra. Además dicha obra se podrá economizar si se logra una modulación unitaria y repetitiva de sus elementos.

Dentro de las desventajas principales que presentan los elementos prefabricados, algunas de las cuales se mencionaron en el inciso anterior, es que se requiere de inversiones muy fuertes al principio de la obra, ya que los elementos deben estar listos una vez terminada la cimentación.

Otra de las desventajas de los prefabricados es que la estructura de la obra depende de la forma de las piezas individuales, mientras que en las construcciones monolíticas y debido a la adaptabilidad de la cimbra, puede obtenerse cualquier forma que se desee.

Por otra parte, se debe buscar la uniformidad de los elementos para que el gasto de los moldes que se requieren en la planta sean amortizables. O bien escoger tipos de elementos de los cuales ya se

tengan los moldes. Es por esto que entre más grande y homogénea sea la construcción de manera que requiera muchos elementos iguales será más conveniente este sistema.

De otra forma, si la construcción requiere secciones de forma irregular o muy variables, el costo de los moldes elevará mucho el costo total de la obra.

Un inconveniente de las piezas prefabricadas es el gran espacio que se requiere para el almacenaje de dichas piezas.

Otra limitante para el empleo de prefabricados está en la necesidad de utilizar sistemas especiales de transporte, ya que en la mayoría de los casos los elementos son grandes y requieren de buenas redes de transporte.

Para el montaje y colocación de los elementos prefabricados en obra, también se pueden presentar problemas si no se cuenta con la maquinaria y equipo necesarios. Otra desventaja relacionada con el montaje de los elementos, es la disponibilidad de espacio para las maniobras de montaje. Esto se refiere a que como el equipo necesario para el montaje es grande, la ubicación de la obra en cuanto a sus colindancias y espacios dentro de ella debe permitir dichas maniobras, de lo contrario no será posible emplear elementos prefabricados.

Algunos aspectos que pueden encarecer una construcción con prefabricados, son los siguientes :

- Variaciones en las dimensiones de las piezas.
- El pretender realizar formas constructivas que son fáciles en otros sistemas.
- Construcción de anexos irregulares.
- Las variaciones durante la obra siempre son encarecedoras, provocando graves problemas al perderse la concordancia de los elementos.

- La realización de "juegos arquitectónicos" como esquinas redondas, cúpulas de concreto de radios distintos, etc.

Cabe mencionar que las ventajas y desventajas que se han mencionado varían dependiendo del método de prefabricación que se use, del tipo de proyecto, del sitio de la obra, de los recursos con que se cuenta, así como de la situación socio-política del país, entre otras.

V.4 CONCLUSIONES

Es importante conocer las principales ventajas y desventajas de los sistemas colado en sitio y prefabricado, para tener una idea clara de cuando podría ser factible hacer una comparación de ambos para determinar cual es el adecuado en una obra determinada.

Todo lo que se presentó en los incisos anteriores es aplicable a cualquier construcción, es decir, no necesariamente tiene que tratarse de un estacionamiento.

Así, con los estudios que se acaban de presentar para los dos sistemas estructurales, se pueden analizar las ventajas y desventajas del proyecto de estacionamiento en estudio, tanto para el sistema con elementos colados en sitio como para el sistema con elementos prefabricados.

A continuación se presentan las conclusiones que se pueden sacar para el proyecto de estacionamiento en estudio, en base a lo presentado en este capítulo.

Al contar el proyecto de estudio con claros muy grandes, definitivamente es preferible usar como sistema de piso de vigas prefabricadas ya que son mucho más ligeras que cualquier losa colada en sitio.

Por otro lado, al tener una superficie de construcción bastante grande y siendo todos los niveles similares, se tendrán muchas piezas prefabricadas iguales, lo cual favorece el uso de elementos prefabricados.

Lo anterior también implica un ahorro considerable en tiempo al hacerlo por medio de elementos prefabricados, ya que si se elige el sistema estructural con elementos colados en sitio, los procesos de cimbrado y descimbrado serán muy lentos, lo que provocaría que haya un aumento bastante considerable tanto en los costos como en los tiempos de construcción.

Con las conclusiones principales que se acaban de hacer para el proyecto de estacionamiento en estudio, aunadas con las conclusiones de los capítulos anteriores, en cuanto a diseño, costos y tiempos para los sistemas estructurales que se han venido manejando se puede formar un criterio para la elección definitiva del sistema estructural adecuado en este caso.

Por lo tanto, se puede decir que para el proyecto de estacionamiento que se ha estudiado en este trabajo, la solución adecuada para su elaboración será por medio de un sistema estructural con elementos prefabricados, ya que aunque el ahorro en costos aparentemente no es muy significativo, si se revisa la gráfica de erogaciones inflacionara, se puede observar que el sistema con elementos colados en el lugar, al requerir más tiempo para su terminación necesariamente se elevará el costo total del edificio.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Si se habla de otros países, fundamentalmente los europeos, se puede decir que en la mayoría de los casos el sistema mediante elementos prefabricados resulta más conveniente que el sistema con elementos colados en el lugar.

Esto se debe a que la tecnología con que cuentan estos países está muy avanzada comparada con la de nuestro país. Además de que tienen más años de experiencia trabajando con este sistema. Por otro lado, los países europeos tienen el problema de la escasez de mano de obra, por lo que se han visto obligados a buscar alternativas para la construcción con las que se reduzca la cantidad de mano de obra.

La alternativa para ellos ha sido usar elementos prefabricados, ya que éstos al producirse en una planta con maquinaria y equipo especializado, requieren de una cantidad de personal mucho menor que si se produce en la obra. Además, es lógico que en una planta prefabricadora se tendrán rendimientos más altos debido a que existe un mejor control y planeación de las actividades. Lo cual se debe a que al trabajar siempre en un lugar fijo, se pueden crear las condiciones favorables para que no haya retraso en la producción. En una obra, esto no es posible debido a que siempre existirán diversos imprevistos originados al trabajar siempre en un lugar diferente.

A lo largo de este trabajo, se ha podido presentar las características principales que influyen en un sistema y otro. Dichas características han sido tanto de cálculo como en los aspectos económico y constructivo.

Al aplicar estas características al proyecto de estacionamiento que se trató en este trabajo, se puede evaluar cuál resulta más conveniente.

Este proyecto contiene un área de construcción por nivel relativamente grande, siendo bastante uniforme, condiciones que favorecen el sistema prefabricado.

Por otro lado, se tienen claros muy grandes lo cual es una desventaja para las losas coladas en sitio, ya que resultarían muy pesadas presentando flechas verticales considerables. En cambio, un sistema de piso a base de vigas T ó TT prefabricadas presforzadas permiten librar claros muy grandes debido a que son muy ligeras, además de que el presfuerzo contrarresta la flecha vertical.

En cuanto al tiempo de duración de la obra, al tratarse de una construcción grande, el tiempo que se pueda ahorrar influirá de manera considerable para reducir el costo total del edificio. Siendo una de las principales ventajas de los prefabricados la reducción de tiempo debido a la simultaneidad de actividades, resulta más conveniente hacerlo con estos elementos, ya que como se observar en el programa de obra realizado para los dos sistemas estructurales, en el caso de usar el sistema con prefabricados la obra se terminaría seis meses antes que si se empleara el sistema tradicional por medio de elementos colados en sitio.

Esto representa un incremento considerable en el costo total de la obra, ya que además de que se trabajará más tiempo, existe un factor inflacionario que eleva los costos. Lo anterior se puede apreciar en las gráficas de erogaciones que se realizaron para cada uno de los sistemas.

Con todo lo que se acaba de mencionar se puede concluir que para este caso, **el Sistema Estructural adecuado será mediante Elementos Prefabricados.**

En general, se puede decir que para cualquier construcción de concreto que se vaya a realizar, vale la pena hacer un estudio de los dos sistemas estructurales de concreto, tanto el tradicional mediante elementos colados en sitio como el sistema con elementos prefabricados, ya que las ventajas que se pueden obtener al aplicar el sistema adecuado, son decisivas para el éxito de la obra.

Lo que debe quedar claro es que no se puede decir que un sistema es mejor que el otro, si no más bien cada uno tiene sus ventajas y desventajas que influirán de manera diferente en cada obra en particular.

En este trabajo sólo se establecieron criterios generales que ayuden a la elección del sistema adecuado.

Así, se puede decir que entre mayor sea el número de elementos iguales que se requieran en una construcción determinada, o sea, donde se permita la tipificación y la producción en serie de los elementos podrá ser más conveniente usar el sistema de prefabricados.

Así mismo, también podrá resultar más conveniente este sistema cuando se requiera salvar claros muy grandes, lo cual es muy común en los edificios destinados para estacionamiento.

En cambio, cuando se tengan secciones muy variables en los elementos estructurales, o bien, la construcción tenga una geometría muy irregular será más conveniente usar el sistema con elementos colados en sitio.

BIBLIOGRAFIA

1. Bazán, E. y Meli, R.; Manual de Diseño Sísmico de Edificios. Ed. LIMUSA, México, 1985.
2. Branson, D. E.; Diseño de Vigas de Concreto Presforzado. Serie Concreto Estructural IMCYC, México, 1981.
3. Departamento del Distrito Federal.; Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto. No. 44, México, D.F., Noviembre, 1987.
4. Departamento del Distrito Federal.; Reglamento de Construcciones, México D.F., 1988.
5. Freyssinet Magazine; Métodos de Construcción-Construcción por Dovelas Prefabricadas. Marzo de 1990.
6. González Cuevas, O. M.; Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado. Ed. Limusa, México, 1986.
7. Hayrettin Kardestuncer; Introducción al Análisis Estructural con Matrices. Ed. McGraw-Hill, Colombia, 1974.
8. Kiehne, S.-Bonatz, P.; Construcción con prefabricados de hormigón y hormigón armado. Ed. Reverté, S.A., 1964.
9. Meli Piralla, R.; Diseño Estructural. Ed. LIMUSA, México, 1985.
10. Nilson, A.H.; Diseño de Estructuras de Concreto Presforzado. Ed. LIMUSA, Primera Edición, México, 1982.
11. Park, R.-Paulay T.; Estructuras de Concreto Reforzado. Ed. Limusa, México, 1978.
12. Richardson, J.G.; Productos Prefabricados de Concreto. IMCYC, México, 1981.
13. Röhm, W.; La Prefabricación. Ed. Blume, España, 1977.

14. Suárez Salazar, C.; Costo y Tiempo en Edificación. Ed. Limusa, México, 1986.

15. Vilagut, F.; Prefabricados de Hormigón. Tomo II. Ed. Gustavo Gil, Barcelona, 1975.