



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

13
2FEJ

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ACATLAN"

"PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOSAS
POSTENSADAS EN LA EDIFICACION"

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN INGENIERIA CIVIL

P R E S E N T A :

ISAAC DABBAH HARARI

EDO. DE MEXICO

NOVIEMBRE 1995

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

Dedico esta tesis a
mi abuela
Sara Bucay VDA. Harari
quien siempre admire
por su valor y fortaleza
con la que enfrento a la vida
pero sobre todo el gran
manantial de sabiduria ,
que siempre me ilumino mi vida ,
que en paz descanse .

A mis padres :
Jose Dabbah Amiga
Regina Harari de Dabbah

A quienes agradezco
el haberme dado la vida
para disfrutar y aprender
de ellos , a ustedes les
debo lo que soy , este
logro no es solo mio
si no tambien de ustedes .

A mi hermano :
Rafael Dabbah H .
D-os te ha guardado un
gran sitio tu
inteligencia te llevara
a el

A mi hermana :
Celia Dabbah H .
A mi gran amiga ,
siempre carinosa
y dispuesta a ayudar
con todo mi carino .

A mi tío :
Salomon Harari y su Familia
Mi segundo padre del
que tanto he aprendido
y seguire aprendiendo .

A Grupo " HADI "

Por la oportunidad que
se me brinda , esta tesis
no solo son sucesos que vivi
en una obra , tambien son
un conjunto de ideas que
aprendi de cada uno de ustedes .



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

SR. ISAAC DABBAH HARARI
ALUMNO DE LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL.
P R E S E N T E :

DE ACUERDO A SU SOLICITUD PRESENTADA CON FECHA 8 DE NOVIEMBRE ME COMPLACE NOTIFICARLE QUE ESTA JEFATURA DEL PROGRAMA TUVO A BIEN ASIGNARLE EL SIGUIENTE TEMA DE TESIS:
"PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOSAS POSTENSADAS EN LA EDIFICACION". EL CUAL SE DESARROLLARA COMO SIGUE:

- INTRODUCCION
I.- EL PRESFUERZO
II.- EL POSTENSADO
III.- COMPARATIVO ENTRE LOSAS POSTENSADAS Y SISTEMAS TRADICIONALES.
IV.- EJEMPLOS DE OBRAS QUE SE EFECTUARON CON ESTE PROCESO CONSTRUCTIVO
CONCLUSIONES

ASI MISMO FUE DESIGNADO COMO ASESOR DE TESIS EL SR. ING. JORGE UBIASTE GARCIA.

PIDO A USTED TOMAR NOTA QUE EN CUMPLIMIENTO DE LO ESPECIFICADO EN LA LEY DE PROFESIONES, DEBERA PRESTAR SERVICIO SOCIAL DURANTE UN TIEMPO MINIMO DE SEIS MESES COMO REQUISITO BASICO PARA SUSTENTAR EXAMEN PROFESIONAL. ASI COMO DE LA DISPOSICION DE LA DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES EN EL SENTIDO DE QUE SE IMPRIMA EN LUGAR VISIBLE DE LOS EJEMPLARES DE LA TESIS, EL TITULO DE TRABAJO REALIZADO. ESTA COMUNICACION DEBERA IMPRIMIRSE EN EL INTERIOR DE LA TESIS.

SIN MAS POR EL MOMENTO. RECIBA UN CORDIAL SALUDO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
ACATLAN, EDO. DE MEXICO A 15 DE AGOSTO DE 1985



ENEP-ACATLAN
JEFATURA DEL
PROGRAMA DE INGENIERIA

ING. CARLOS ROSALES ACUILAR
JEFE DEL PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

INDICE	Hoja No.
Introducción	1
Capítulo I	
El Presfuerzo	
A) Antecedentes	6
B) Principios	10
C) Características del concreto de alta resistencia	21
D) Características del acero de alta resistencia	26
E) Diferencias entre pretensado y postensado	32
Capítulo II	
El Postensado	
A) Proceso Constructivo	
1) Cimbra	37
1.1) Cimbra voladora	38
1.1.1) Metálica	40
1.1.2) Aluminio	48
2) Refuerzo no presforzado	53
3) Aligeramiento	54
4) Refuerzo presforzado	55
5) Refuerzo capa de compresión	56
6) Colado	57
7) Tensado	59
8) Descimbrado	60
Capítulo III	
Comparativo entre losas postensadas y sistemas tradicionales	
Tabla comparativa de carga muerta	72
Tabla comparativa de consumos	73
Capítulo IV	
Ejemplos de obras que se efectuaron con este proceso constructivo	
A) Obra denominada Residencial Mónaco	75
1) Estudio de Mecánica de Suelos	78
2) Excavación	95
3) Cimentación	96
4) Cimbra	97
5) Armado	99
6) Colados	101
B) Obra de estacionamientos	
1) Cimentación	106
2) Cimbra	108
3) Armado	108
4) Aligeramiento	108
5) Colados	109
Conclusiones	110
Bibliografías	114

INTRODUCCION

El proceso de globalización que envuelve al mundo actual , rompe con los estilos tradicionales de vida y producción , nuevos conceptos surgen transformando de golpe los estilos , nace el concepto de CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD y desgraciadamente este proceso nos envolvió rápidamente y muchas empresas no lograron entender las nuevas reglas que la globalización de mercado fija , con lo cual nuestro país cae en una gran recesión la de Diciembre de 1994 , donde el deficit de nuestra balanza comercial nos indica que compramos mas de lo que vendemos , la población conoce nuevos estandares de calidad , compara mercancías y elige las importadas por su mayor calidad , las empresas mexicanas no logran satisfacer su propio mercado , con lo que el gobierno de manera paternalista devalua el dolar de manera abrupta , poniendo en ventaja los productos nacionales

En la construcción , con la apertura del mercado se nos abren grandes oportunidades para trabajar en los Estados Unidos y Canadá , la única vía que tenemos para poder seguir trabajando en nuestro mercado nacional y poder expandirnos es la capacitación profesional , desarrollar nuevas tecnologías para la construcción y conocer rápidamente los avances que se dan en nuestro ramo en todo el mundo , este debe de ser nuestro perfil para salir de esta crisis , en esta tesis se persigue el siguiente objetivo :

Describir el proceso constructivo y la utilización de las losas postensadas en la edificación , sus antecedentes que la originaron , el control de calidad necesario en obra así como resaltar sus

ventajas , haciendo la comparación con otro tipo de losas , consideradas tradicionales , además de mencionar diferentes obras en las que se han utilizado dichas losas .

Esta tesis consta de los siguientes cuatro capítulos :

Capitulo I

El presfuerzo

En este capítulo se explican los principios del presfuerzo , como base fundamental del postensado , sus antecedentes , así como la necesidad de desarrollar un concreto y acero de alta resistencia .

Capitulo II

El postensado

En este capítulo se describe el proceso constructivo de losas postensadas así como el control de calidad que debe de englobar todo este proceso .

Capitulo III

Comparativo entre losas postensadas y sistemas tradicionales

En este capítulo se enumeran las ventajas y desventajas del postensado en comparación a sistemas tradicionales utilizados en México , específicamente una losa aligerada .

Capitulo IV

Ejemplos de obras que utilizaron este proceso constructivo.

En este capitulo se describe una obra de departamentos y otra obra de estacionamiento que se efectuaron con este proceso constructivo , se mencionan problemas especificos de cada obra y se dan indices de consumo por m^2 .

En la actualidad existen en México por lo menos tres compañías que se dedican al calculo de losas postensadas así como la colocación del cable toron , es importante que antes de elegir a cualquiera se tomen los siguientes factores :

- Experiencia :

La experiencia de su personal de obra es sumamente importante ya que si no la tienen pueden atrasar el calendario de obra , con lo que las ventajas de este sistema se perderían .

- Respaldo :

Debe de contar con una solida infraestructura y con un fuerte respaldo económico (de acuerdo a las obras que maneje) , ya que las placas son importadas y un retraso en la entrega de estas perjudica gravemente nuestro calendario de obra .

- Economía :

No se debera de elegir a la empresa que de un mejor precio por m^2 , sino que habrá que considerar los indices de

consumo de material por m² , en el capitulo III y IV se detalla claramente estos indices .

Este sistema se ha utilizado en México , para centros comerciales , oficinas , edificios de departamentos de lujo y estacionamiento , y se esta dando una gran aceptación , este es el motivo por el que se realiza esta tesis para que sirva como una pequeña guia de todo el proceso que engloban este tipo de losas .

Capitulo I
El Presfuerzo

A) Antecedentes

Aun cuando en 1866, en California , se obtuvo una patente para el material , no fue sino hasta fines de la década de los cuarenta , cuando realmente se inicio el desarrollo del concreto presforzado , así mismo , contribuyo a su uso la aguda escasez del acero que se presento en Europa al finalizar la Segunda Guerra Mundial durante el periodo de reconstrucción .

Aunque los historiadores no concuerdan con el " descubridor " de este sistema , algunos reconocen a Eugene Freyssinet como el padre del concreto presforzado. Su interés en la materia , y las pruebas que realizo a principios del siglo , lo llevaron a pensar , que el presfuerzo seria una proposición practica si existiese disponibilidad tanto de acero de alta resistencia como concreto de alta calidad. Ambos materiales arribaron lentamente , y fue hasta 1928 cuando Freyssinet logro obtener su primera patente , estableciendo así la teoría del presfuerzo .

Sin embargo la primera aplicación del concreto presforzado se atribuyo al Ingeniero P.A. Jackson , de San Francisco , el cual patentó en el año de 1872 un esquema novedoso para la construcción de arcos y bóvedas . En este método Jackson hizo pasar los tirantes sensores de hierro a través de los bloques de concreto y los fijo por medio de tuercas.

Durante las cinco décadas posteriores al novedoso método de construcción de Jackson , se registro un progreso relativamente pequeño en el concreto presforzado. algunos ingenieros americanos y

Europeos aplicaron la misma idea a estructuras diferentes con algunas variantes.

En el año de 1907, Lund inicio la fabricación de bóvedas presforzadas constituidas por bloques de concreto, unidos mediante mortero. En este método, el presforzado se logro por medio de tirantes tensores de hierro y la compresión se transmitio a los bloques por medio de placas de apoyo a los extremos, mientras que la traba se destrozó por alargamiento. En el año de 1908 se inicio un método similar por parte de G.R Steiner, quien propuso apretar inicialmente los tirantes de presforzado en contra del concreto húmedo con objeto de destruir la traba o ligazón y luego aumentar la tensión después de que el concreto alcanzara cierta resistencia.

Sin embargo, el futuro del presfuerzo requirió del paso del tiempo hasta una época en la que mas se le requirió, es decir después de la Segunda Guerra Mundial.

Se contaba ya con nuevas herramientas y materiales, por lo que fueron los ingenieros europeos quienes encabezaron este nuevo método de construcción, captando el interés del resto del mundo. En Estados Unidos, por ejemplo se había anticipado algún uso del concreto presforzado en la construcción de depósitos de agua y pilotes, pero fue hasta 1951 cuando realmente se perfecciono, al terminar la construcción de un puente, que se destaca particularmente por ser la primera estructura de concreto presforzado.

En 1952, en una reunión en Cambridge, fue creada una sociedad internacional bajo el nombre de " Federation Internationale de la

Precontrainte (FIP) ". El objetivo principal de este grupo de ingenieros visionarios era el de diseminar el mensaje e iluminar al mundo acerca del concepto relativamente desconocido de la construcción con concreto presforzado , lo cual se llevaria a cabo alentando la integración de grupos nacionales en todos los países que tuvieran particular interés en el asunto y facilitando un foro internacional para el intercambio de información . La Gran Bretaña y algunos otros países europeos contaban ya con su propio grupo (el Prestressed Concrete Development Group o PCDG) , cuya labor había sido emprendida por The Concrete Society .

Por lo general , la labor de FIP se realiza calladamente por comisiones técnicas , quiénes investigan los aspectos especiales de la tecnología del concreto presforzado , proporcionando recomendaciones para métodos de diseño y construcción , ya que cada cuatro años se celebra un congreso que atrae a la mayoría de las autoridades mundiales mas relevantes en la materia . El presforzado ha hecho posible tanto la aparición de nuevos métodos constructivos como el que se diseña en tipos enteramente de estructuras , las que no hubiesen sido concebidas sin el . Sin embargo , existe un numero limitado de medios con los cuales se pueden tensar y anclar a los cables y varillas , por lo que el panorama de inovación tiene que ser pequeño ahora . Existe mucho por hacer en el trabajo detallado de refinar el presfuerzo aun mas para extender su uso .

Dos de las aplicaciones mas desafiantes y útiles se han desarrollado en los últimos años para las grandes estructuras

marítimas (Puertos , Terminales fuera de la costa , Plataformas fijas y flotantes para la producción de petróleo) y estaciones de energía nuclear .

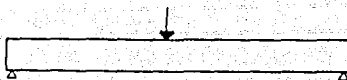
Así mismo, es posible que el concreto presforzado incremente su participación en la construcción de puentes y los defensores del concreto de alta resistencia compitan con los defensores del concreto ligero sobre la mejor forma de proceder.

B) Principios

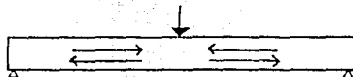
El concreto presforzado también puede definirse como concreto precomprimido , esto significa que a un miembro de concreto antes de empezar su vida de trabajo , se le aplica un esfuerzo de compresión en aquellas zonas donde se desarrollan esfuerzos de tensión bajo cargas de trabajo .

Podríamos preguntarnos , el porque nos inquieta los esfuerzos de tensión en el concreto , y la respuesta es sencilla por que aunque el concreto es resistente en compresión , es débil en tensión .

Consideremos una viga de concreto simple soportando una carga (Figura No.1)



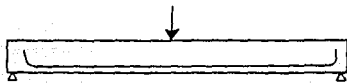
Al incrementar la carga , la viga se deflexiona ligeramente y después falla repentinamente bajo la carga , los esfuerzos de la viga serán de compresión en las fibras superiores y de tensión en las fibras inferiores (Figura No. 2)



Es probable que la viga se agriete en su parte inferior y sufra ruptura aun con carga relativamente pequeña , debido a la baja resistencia a la tensión del concreto . Existen dos formas de contrarrestarla :

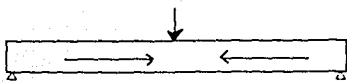
- Con el empleo de refuerzo o presforzando .

En el concreto reforzado , en las zonas donde se desarrollan esfuerzos de tensión bajo la carga , debe colocarse refuerzos en forma de varillas de acero (Figura No. 3) .



El refuerzo absorbe toda la tensión y si se limita al esfuerzo con el acero , el agrietamiento en el concreto se podra mantener dentro de los limites aceptables.

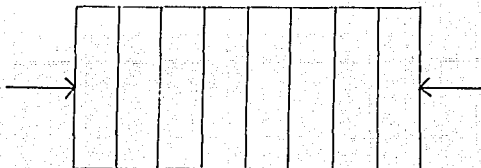
En el concreto presfrozado , los esfuerzos de compresión introducidos en las zonas donde se desarrollan los esfuerzos de tensión bajo la carga , resistiran o anularan estos esfuerzos de tensión . En este caso , el concreto reacciona como si tuviera una alta resistencia a la tensión propia y en tanto que los esfuerzos de precompresión , no podran presentarse agrietamientos en la parte inferior de la viga (Figura No. 4) .



Un ejemplo cotidiano del principio fundamental del presfuerzo lo utiliza una persona que transporta varios ladrillos con el fin de acomodarlos verticalmente , uno encima del otro y soportarlos por debajo . Los ladrillos pueden levantarse y moverse en una fila horizontal ejerciendo presión con una mano colocada en cada extremo. La resistencia a la tensión de la hilera de ladrillos es nula , pero en cuanto se aplica una presión suficiente , toda la hilera puede levantarse en conjunto , si la presión se utiliza cerca del extremo superior, se descubriría que la " unidad " no es muy estable y tendera ha abrirse la parte inferior . Si la presión se aplica abajo de la mitad de la altura , sera posible colocar mas ladrillos en su parte superior , de tal manera que dicha unidad también soportara una carga . Mientras mayor sea la carga que se coloca encima mayor sera la presión requerida en cada extremo . También puede efectuarse una demostración sencilla por medio de unas cuantas cajas de cerillos vacías , colocadas una junto a la otra y sostenidas por una liga de hule. La magnitud de la carga que pueden soportar varia con la presión empleada por la liga de hule .

La idea fundamental de usar varias unidades separadas se transforma en una solución estructural muy practica , cuando es necesario salvar un gran claro . Sobre una obra falsa , se hizan unidades prefabricadas de concreto , se presionan contra otras y se retira la obra falsa . Si se mantiene la presión , se tendra un miembro capaz de soportar cargas .

Sin embargo , la flexión están solo una de las condiciones involucradas , ya que también existe la fuerza cortante , la cual en una viga se desarrolla horizontalmente o verticalmente , dando origen a esfuerzos de tensión y compresión diagonal de igual intensidad . Como el concreto es débil en tensión , se presentarían grietas en una viga de concreto reforzado , en donde estos esfuerzos de tensión diagonal son altos , lo que normalmente ocurre cerca de los apoyos . En el concreto presforzado se pueden calcular los esfuerzos de precompresión , de tal manera que sobrepasen los de tensión diagonal .(Figura No. 5)



Una viga sujeta a carga experimenta una flexión y la compresión interna disminuye gradualmente . Al retirar la carga , se restituye la compresión y la viga regresa a su condición original , demostrando la resistencia del concreto presforzado . Mas aun , las pruebas han demostrado que puede efectuarse un numero virtualmente ilimitado de dichas inversiones de carga , sin afectar la capacidad de la viga para soportar la carga de trabajo o reducir su capacidad de carga ultima . En otras palabras , el " presforzado " dota a la viga de una , gran resistencia a la fatiga .

Con objeto de comprender el objeto del presforzado en el concreto , considerese un miembro de concreto simple apoyado en algún tipo de apuntalamiento . Se supondrá que la resistencia del concreto a los 28 días es de 246.5 Kg/cm² y que el miembro tiene una sección transversal rectangular de 30.5 cm. de profundidad y 15.2 cm. de ancho .

El miembro , cuya longitud es de 6.1 m , sera utilizando una carga uniformemente repartida de 446 Kg/m .

Considerando que se aplica una fuerza de presforzado horizontal de 20.43 Ton. y tomando encuentra que el punto de acción de la fuerza de presforzado se encuentra localizado a 7.6 cm. por debajo del eje neutro , se generan momentos en los extremos y la viga comienza a doblarse . Tan pronto como esto ocurre , el peso propio de la viga se transforma en una carga hacia abajo que actúa sobre la misma .

Los esfuerzos en las fibras de los extremos superior e inferior a lo largo de la trabe o viga debido a las fuerzas de presforzado , solo pueden expresarse como siguen :

$$-P/A + P e y / I$$

y

$$-P/A - P e y / I$$

respectivamente , en que el signo negativo indica un esfuerzo de compresión y donde :

P = fuerza del presforzado

A = área de la sección transversal de la viga

e = excentricidad de la fuerza del presforzado

y = distancia

I = momento de inercia de la sección alrededor del eje horizontal .

En este problema , las propiedades de sección de la viga son :

$$A = 15.2 \times 30.5 = 436.5 \text{ cm}^2$$

$$I = (1 / 12) \times 15.2 \times (30.5)^2 = 35\,939 \text{ cm}^4$$

$$I = 35\,939 = 2\,364 \text{ cm}^3$$

$$Y = 15.2$$

Asimismo , los esfuerzos de presforzado y la excentricidad son conocidas :

$$P = 20.43 \text{ Ton.}$$

$$e = 7.60 \text{ cm.}$$

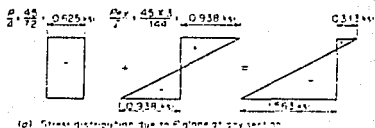
El esfuerzo en la fibra superior extrema de cualquier sección a lo largo de la viga debido tan solo a la fuerza de presforzado es:

$$\begin{aligned} -P/A + P e y / I &= 20.43 / 463.6 + (20.43 \times 7.6) / 2364 \\ &= -0.044 + 0.066 \\ &= 0.022 \text{ Ton / cm}^2 \text{ (Tensión)} \end{aligned}$$

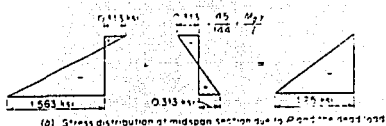
El esfuerzo en la fibra inferior extrema es :

$$\begin{aligned}
 -P/A - P_{ey}/I &= 20.43 / 463.6 - (20.43 \times 7.6) / 2364 \\
 &= -0.044 - 0.066 \\
 &= 0.022 \text{ Ton / cm}^2 \\
 &= - 0.110 \text{ Ton/cm}^2 \text{ (Compresión)}
 \end{aligned}$$

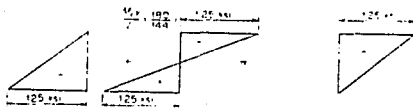
La figura No.6 muestra la distribución de esfuerzos debidos a la fuerza del presforzado . El diagrama de la izquierda muestra la distribución de esfuerzos a través de la profundidad de la viga debido a la carga axial P .



(a) Stress distribution due to P at the end of the beam



(b) Stress distribution at midspan section due to P and the dead load



(c) Stress distribution at midspan section due to P, dead load and the prestress

El diagrama intermedio muestra la distribución de esfuerzos debido al momento P_e . El diagrama de la derecha muestra la distribución de esfuerzos en cualquier sección alrededor de la viga debida a la suposición de los efectos axial y de doblado de la fuerza del presforzado .

Como se menciona antes , la fuerza del presforzado no actúa sola . Tan pronto como la viga se flexiona hacia arriba cambiando la forma de esta , el peso de la viga comienza a actuar , sin embargo , el peso de la viga no tiene efecto en los extremos de la misma , ya que el momento de flexión debido al peso de la viga serán iguales a los mostrados en la Figura No. 6 . Sin embargo , al centro del claro los esfuerzos debido a la fuerza de presforzado y del peso de la viga en las fibras superior e inferior sera :

$$-P / A + P_{ey} / I - M_y / I$$

y

$$-P / A - P_{ey} / I - M_y / I$$

Respectivamente , en donde M es el momento al centro del claro debido al peso de la viga .

Para este problema se tiene :

$$M = \frac{463.6 \times 2403 \times (6.1)^2 \times 10^4}{10^6 \times 8} = 51.8 \text{ cm-Ton.}$$

Se ha supuesto que el peso unitario del concreto es de 2403 Kg/m^3 .

El esfuerzo de la fibra superior extrema al centro del claro debido a la fuerza del presforzado y la carga muerta es , como sigue :

$$-P / A - P_{ey} / I - M_y / I = 0.022 - 51.9 / 2364 = 0$$

El esfuerzo de la fibra inferior extrema al centro del claro debido a la fuerza del presforzado y a la carga muerta es :

$$-P / A - P_{ey} / I + M_y / I = 0.110 + 0.022 = 0.088 \text{ Ton / cm}^2$$

Puede observarse que , debido a la fuerza de presforzado y el peso de la viga , se presenta un esfuerzo de compresión de 0.088 Ton / cm² en la fibra inferior y un esfuerzo de 0 en la fibra superior . La figura No. 6 muestra la distribución de esfuerzos al centro del claro debido a la carga muerta y la fuerza de presforzado . Ahora se aplicara una carga distribuida uniformemente de 446 Kg/m en la viga , el esfuerzo de la fibra superior extrema al centro del claro debida a la fuerza de presforzado , carga muerta y carga aplicada es :

$$-P / A + P_{ey} / I - M_y / I - M_{ay} / I$$

en donde :

M_a = Es el momento al centro del claro debida a la carga aplicada .

El esfuerzo en la fibra inferior extrema debido a la fuerza de presforzado , carga muerta y carga aplicada es :

$$-P / A - P_{ey} / I + M_y / I + M_{ay} / I$$

Para este problema se tiene :

$$M_a = 0.446 \times (6.1)^2 = 208 \text{ cm} / \text{Ton.}$$

$$8 \times 100$$

Y los esfuerzos totales en las fibras superior e inferior son :

$$-P / A + P_{ey} / I - M_y / I - M_{ay} / I = 0 - 208 / 2364 = 0.088 \text{ Ton/cm}^2 \text{ (Compresión)}$$

y

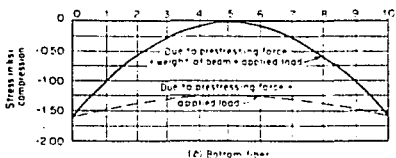
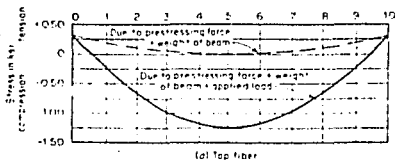
$$-P / A - P_{ey} / I + M_y / I + M_{ay} / I = -0.088 + 208 / 2364 = 0$$

La figura No. 6-c muestra la distribución de esfuerzos al centro del claro debido a la carga aplicada y a la carga total .

La Figura No. 7 muestra la variación del esfuerzo de la fibra superior a lo largo del claro . La línea discontinua indica la variación en el esfuerzo de la fibra superior debida a la fuerza de presforzado y la carga muerta .

La línea discontinua indica la variación en el esfuerzo de la fibra superior debida a la fuerza de presforzado y la carga muerta .

La línea continua muestra la variación del esfuerzo de la fibra superior debido a todas las cargas que actúan en la viga . La Figura No.7-b. indica la variación de los esfuerzos a lo largo del claro de la fibra inferior .



El estudio de la magnitud del esfuerzo a lo largo del claro indica que todos los esfuerzos se encuentran dentro de los límites permisibles usuales . el esfuerzo de tensión de 0.022 Ton/cm^2 en la fibra superior extrema probablemente es menor que la resistencia a la flexión .

Si fuera posible aplicar la fuerza de presforzado de 20.43 Ton en forma permanente en contra de las paredes de anclaje indeformables , la viga podría soportar satisfactoriamente la carga . No obstante , en la practica no es posible asegurar la existencia de ensambles rígidos y un movimiento relativamente pequeño eliminaría el presforzado .

C) Características del concreto de alta resistencia

1) Concreto :

El concreto es un material heterogéneo , compuesto de agregados aglutinados en una pasta ; por lo general , los agregados son arenas y gravas naturales o piedra triturada y la pasta es de cemento Portland hidratado por medio de agua .

Generalmente , el concreto utilizado para presfuerzo tiene una resistencia de 200 a 500 Kg/cm² , con los avances tecnológicos que se han registrado en los últimos años , este tipo de concreto se puede producir económicamente en la mayor parte del mundo .

2) Agregados :

Ya que se requiere obtener un concreto de alta resistencia , el tamaño máximo del agregado (TMA) se debe limitar ; en la mayoría de los casos , el tamaño máximo óptimo es de 1.9 cm (3/4 pulgada) .

Los agregados gruesos no deben contener vetas de arcilla que puedan producir cambios excesivos de volumen , como en los casos de flujo plástico y contracción .

Para concreto normal de alta resistencia , se utilizan con éxito tanto la grava como la roca triturada , pero con la grava se obtiene mejor manejabilidad y compactación con relaciones bajas de agua / cemento ; Para concreto de muy alta resistencia es mejor utilizar la roca tritura y angularidad adecuada pero se requiere un vibrado intenso para obtener una buena compactación .

En ambientes con agua salada , los agregados deben ser sanos y no atacables por los sulfatos (ver especificación ASTM C88) .

Los agregados no deben reaccionar con las sustancias alcalinas del cemento , los agregados de sílice son mas propensos a hacerlo que los de arcilla , pero se ha informado de algunos casos raros respecto a estos últimos (ver especificación ASTM C289 y C227 para pruebas estandar de la reactividad alcalina) . Se tienen informes de un puente en Alemania que se esta desintegrando debido a los agregados reactivos usados en su construcción .

El tamaño de los agregados finos puede ser mayor que en el concreto común y corriente , ya que con los altos factores de cemento que se utilizan en el concreto presforzado no se utiliza una graduación perfecta e inclusive no puede convenir ; Se puede aplicar una graduación suficiente para rellenar todos los huecos , para reducir la contracción y mejorar la resistencia y el modulo de elasticidad .

Los agregados deben de estar limpios ya que hasta un pequeño porcentaje de polvo o tierra puede hacer que las mezclas secas para el concreto presforzado sean excesivamente pegajosas y dificiles de colocar . La tierra o polvo ocasionan a menudo un fraguado demasiado rápido y reduce la resistencia , aumentando la concentración , generalmente se pueden eliminar mediante un lavado , con buenos resultados .

Los agregados no deben contener sal , la cual puede depositarse en ellos , especialmente los finos , después de sumergirlos en agua salada , o a causa de nieblas salinas . Aun en porcentajes pequeños , la sal reduce el valor del cemento para frenar la corrosión y puede contribuir a que se inicie la corrosión electroquímica ; Esto es particularmente peligroso cuando se utiliza el curado con vapor .

3) Cemento :

Comúnmente en el concreto presforzado se emplea cemento Portland , del cual se tienen cinco tipos , de acuerdo a las especificaciones ASTM C 150 :

Tipo I :

Es el estandar

Tipo II :

Tiene un contenido moderadamente bajo de sustancias alcalinas

Tipo III :

Es de alta resistencia rápida

Tipo IV :

Es de fraguado lento

Tipo V :

Resistencia a los sulfatos .

Los mas utilizados en concreto presforzado son los tipo I , II y III , o una modificación de estos ; El cemento se escoje sobre las bases de su alta resistencia rápida , contracción mínima , durabilidad y economía , debiendo evitarse un fraguado demasiado

rápido . El tipo I es adecuado para la mayoría de trabajos en edificios , pero el Tipo II es preferible para ambientes costeros y marinos ; Las neblinas o partículas de sal pueden llegar hasta 80 Km o mas tierra adentro y el cemento Tipo II proporciona al concreto una mayor durabilidad . Debido a sus propiedades que frenan la corrosión del acero .

Recientemente , en esfuerzo para obtener el balance óptimo de propiedades , se han desarrollado cementos Tipo II modificados . Estos tienen un molido mas fino que el Tipo II convencional .

4) Agua :

Hasta ultimas fechas , el único requisito estandar para el agua era que fuese potable ; Sin embargo , el agua que se utiliza en trabajos de presfrozado debe tener restricciones mayores en cuanto a su contenido de sal , polvos y materias orgánicas ; Las limitaciones son las siguientes :

A) No contener impurezas que modifiquen en mas de un 25 % el tiempo de fraguado , y una reducción en la resistencia a los 14 días mayor de un 5 % ; ambos porcentajes provienen de la comparación de resultados obtenidos con agua destilada .

B) Menos de 650 partes por millón de iones de cloruro (algunas autoridades permiten hasta 1000 PPM) .

C) Menos de 1300 partes por millón de iones de sulfato (algunas autoridades limitan esta a 1000 PPM) .

D) El agua no debe de contener aceite .

5) Aditivos :

Los aditivos son muy útiles en el concreto presforzado , pues permiten el uso de una relación de agua/cemento mas baja conservando la manejabilidad ; Algunos reducen también la contracción y otros son retardantes a temperaturas normales , pero ocasionan aceleración en el incremento de resistencia bajo el curado del vapor . Muchos aditivos utilizados en colados de concreto convencional contienen CaCl_2 . Esto debe prohibirse absolutamente en trabajos de presfuerzo pues hay pruebas suficientes para asegurar que causa corrosión , especialmente cuando se utiliza el curado con vapor .

D) Características del acero de alta resistencia

El método más común para inducir un esfuerzo de compresión en el concreto es tensar un toron y anclarlo al mismo ; Dicho toron se puede localizar dentro de la sección transversal del concreto , ya sea empotrado directamente , o dentro de un ducto . Como una alternativa se puede localizar fuera de la sección , ya sea junto , o a determinada distancia de ella (por ejemplo , como el tirante de un arco) .

El toron debe tener alta resistencia a la tensión y capacidad para mantener indefinidamente un alto estado de esfuerzos , con escasas pérdidas por relajamiento , corrosión o fatiga ; El alambre y las varillas de acero estirados en frío tienen estos atributos y son materiales más comunes para la fabricación de cables toron .

Sin embargo existen otros materiales (Filamentos metálicos y no metálicos como la fibra de vidrio) que tienen potencialmente mejores propiedades de resistencia su utilización práctica depende de aspectos técnicos como su estabilidad química y de los aspectos económicos de costo de materiales e instalación .

El alambre de acero estirado en frío se fabrica en diámetros de 7 mm (.276 pulgadas) y tiene resistencias que varían de 17 000 a 21 000 Kg/cm² (220 000 a 300 000 lb/pl²) con módulos de elasticidad de 2 000 000 a 2 100 000 Kg/cm² (29 000 000 a 30 000 000 lb/pl²) ; Sin embargo , la adherencia entre los alambres lisos y el concreto , es baja , lo cual requiere gran cantidad de alambres pequeños para el pretensado o bien , medios de anclaje adecuados para el postensado . Entrelazando varios alambres para formar un toron o cable se puede

lograr un toron de capacidad considerable y excelentes propiedades de adherencia , aunque existe una pequeña reducción en el modulo de elasticidad (del 5 al 10 %) el cable de 7 alambres se usa ampliamente en el pretensado . En algunas losas de pisos pretensadas , presforzadas ligeramente y producidas en serie , se utilizan torones de 19 alambres , similares al cable de acero de alta resistencia .

1) Relajación de esfuerzos

Los torones de acero tensados sufren una perdida de esfuerzo debida al flujo de plástico en aplicaciones comunes se pueden esperar perdidas del 6 al 13 % .

El alambre de acero puede recibir un tratamiento mediante un proceso conocido como estabilización en el que se combina temperatura y esforzado , lo cual , al parecer , reduce considerablemente la relajación de esfuerzos a largo plazo .

Si durante la operación de presfuerzo se sobreesfuerza un toron (hasta el 75 u 80 % de su resistencia máxima) y se mantiene así durante 1 o 2 minutos a temperaturas normales (20 °C) se inducirá un efecto similar al de suavizado de esfuerzos .

Algunas autoridades europeas prefieren limitar el esfuerzo inicial al 50 % de la resistencia máxima, lo cual elimina prácticamente la relajación , mientras que otras lo limitan hasta el 80 % ; En los Estados Unidos la practica normal es utilizar un 70 %.

2) Ductilidad

La ductilidad es un requisito esencial para los tendones , y su objetivo es evitar que se rompan fácilmente durante su instalación y servicio . Para medirla se utilizan por lo general pruebas de doblado y alargamiento ; Estas ultimas deben hacerse con tramo de toron suficientemente largos para compensar el área de estrangulamiento . La mayoría de las especificaciones requieren un alargamiento del 2 % mas .

3) Corrosión

Es esencial proteger los tendones contra una corrosión considerable , pues esta puede afectar su ductilidad o simplemente reducir su sección transversal , reduciendo así el presfuerzo y por tanto la resistencia máxima ; La corrosión puede reducir también la resistencia a la fatiga . Se pretende colocar un tendón en servicio y mantenerlo así aproximadamente en las mismas condiciones que cuando salio de la planta del fabricante ; Este periodo comprende las etapas del transporte , almacenamiento en la obra , manejo , instalación , esforzado y colado o relleno . Para lograr mejor este objetivo , se recomienda las " reglas " que se mencionan a continuación ; Aunque no todas ellas se aplican en la practica actual , no significa necesariamente que la corrosión se presentara , pues esta depende de las probabilidades y siguiendo las reglas que mencionare , dichas probabilidades se reduciran al mínimo .

- Embarque :

Los torones se deben envolver con papel impermeable , y colocar cristales dentro de la envoltura para impedir la producción

de vapor ; Los rollos no deben de apretarse mucho ; pues al tener radios de dobles muy pequeños se presentan grietas microscópicas en la superficie del acero , lo cual ocasiona corrosión por esfuerzos .

- Almacenamiento :

Es preferible que el lugar de almacenamiento sea cerrado y tenga clima artificial para mantener una humedad relativa menor del 20 % , nunca se deben almacenar en el lodo y se debe evitar el almacenamiento abierto cerca de refinerías y plantas industriales , especialmente aquellas en las que se quema carbón o aceite y que emiten sulfatos a la atmosfera .

- Manejo :

Los torones no se deben arrastrar sobre el piso , ni doblarse a radios muy cortos .

- Instalación :

Cuando los tendones se usan para pretensado , no hay que exponerlos a la atmosfera por mas de 24 horas y menos aun en las cercanías de refinerías u otro tipos de plantas que emitan aunque sea cantidades mínimas de gases sulfurosas (H_2S) ; Una vez esforzados , el tiempo de exposición a la intemperie debe ser el mínimo posible .

- Fatiga :

La fatiga no es un problema en los aceros utilizados para presfuerzo porque los tendones de presfuerzo atraviesan por un rango muy pequeño de cambio de esfuerzos mientras la carga varia desde cero hasta su valor máximo ; Esto ha sido verificado por medio de exhaustivas pruebas efectuadas por la Asociación Americana de Ferrocarriles (American Association of railroads) . Sin embargo , las cargas cíclicas pueden causar una reducción entre la adherencia

toron - concreto , esto aumentara la longitud de transferencia y puede ocasionar un problema en miembros pretensados muy cortos , como durmientes para ferrocarril y voladizos .

4) Adherencia :

La adherencia (y la longitud de transferencia) es un mecanismo complejo en el cual influyen la contracción del concreto alrededor del tendón , la dilatación del tendón debido al efecto de Poisson , la liga mecanica de las corrugaciones o vueltas del cable toron , la adherencia todavía no se entiende completamente el fenómeno , pero al menos se sabe que depende en gran parte de las diminutas variaciones de la superficie . Una superficie muy pulida ofrece mucho menos adherencia de manera similar cualquier lubricante que se deje en los alambres después de colocarlos , reducira la adherencia .

La reducción de la adherencia en realidad puede ser benéfica para las trabes , pilotes , etcétera , por que reduce los esfuerzos de tensión en los extremos ; a continuación se menciona algunos medios para reducir intencionalmente la adherencia :

A) Usar una envoltura de plástico

B) Recubrir con ceras o materiales bituminosos y envolver en papel

C) Engrasar .

En los Estados Unidos se utiliza para este objeto una sustancia comercial llamada " Lubabond " .

Temperaturas muy bajas :

A temperaturas muy bajas , los aceros usados para presforzado , como el alambre estirado en frio , conservan completamente las propiedades adecuadas , aumentan la resistencia y el modulo de elasticidad y disminuye la ductilidad .

Temperaturas elevadas :

Conforme aumenta la temperatura , se incrementa sustancialmente la relación de relajación de esfuerzos y aumenta la ductilidad ; Por encima de una temperatura critica de 400 a 500 °C (750 a 900 °F) se presenta una pedida importante de esfuerzo .

E) Diferencias entre Pretensado y Postensado

1) Pretensado :

El pretensado se efectúa presforzando los tendones y anclandolos luego en salientes exterior a continuación , el concreto se cuele y se cura de modo tal que alcance una resistencia adecuada a la compresión y a la adherencia .

Una vez logrado esto , se sueltan los tendones de los anclajes y se transfiere el " presfuerzo " al miembro del concreto .

Cuando se utiliza el metodo del pretensado , para la fabricación en planta , la fricción ocasionada por el peso del concreto o la restricción que causan las cimbras pueden impedir el acortamiento longitudinal , mientras no se saca el miembro de estas ultimas ; Durante este periodo pueden presentarse contracciones o agrietamientos térmicos que no son resistidos por el presfuerzo , ya que el miembro aun no se ha acortado , por consiguiente no esta todavía presforzado .

En el pretensado se requiere una longitud adecuada de transferencia para transmitir el esfuerzo del tendón al concreto ; Por lo tanto , los tendones se diseñan para realizar esta transmisión en una distancia tan corta como sea posible . El alambre liso se usa solo en los tamaños menores , por lo general el menos de 3 mm. (1/8 de pulgada) por encima de esta medición se emplean torones o cables de 3 , 7 o 19 alambres . En los Estados Unidos el toron de 7 alambres , en diámetros de 10 a 13 mm. (1/8 a 1/2 de pulgada) , se usa casi universalmente en la fabricación de elementos pretensados .

En Inglaterra se utiliza ampliamente el toron de 15 mm. (0.06 pulgadas) .

Cuando debe resistirse un momento alto a corta distancia de un extremo es conveniente tener una longitud corta de transferencia , por ejemplo , en vigas en voladizo , durmientes para ferrocarril y conexiones rígidas de columnas ; En este tipo de elementos deben hacerse esfuerzos espaciales para obtener la mas corta longitud de transferencia posible , los pasos necesarios son los siguientes :

- 1) Consolidación completa del concreto en los extremos
- 2) Resistencia a la compresión mas alta , al inducir el presfuerzo en el concreto
- 3) Reducción del nivel de esfuerzos en los tendones , aumentando el área transversal del acero
- 4) Aumento del área superficial de los tendones , utilizando alambres o torones mas pequeños .
- 5) Inducción gradual del presfuerzo en el concreto , usando medios hidráulicos para eliminar la aplicación de los gatos
- 6) Soporte lateral adecuado en los extremos del miembro , por medio de estribos o espirales .

Por otra parte , en trabes , pilotes , vigas y losas , prácticamente en casi todo el concreto pretensado , es conveniente contar con una longitud de transferencia relativamente larga , una longitud corta ocasiona altos esfuerzos transversales de tensión en el bloque del extremo y puede , inclusive , ocasionar agrietamientos entre los grupos de torones , en el extremo de la trabe . Con una longitud ligeramente mayor , se distribuyen estos esfuerzos internos a lo largo de una zona mas grande .

2) Postensado

El postensado se puede utilizar tanto en miembros precolados como en miembros colados en sitio ; Por lo general , los torones se insertan después de que el concreto a endurecido y se ha curado , sin embargo en esta tesis se manejara el proceso de postensado en el que el toron es colocado antes del colado , la fricción durante el postensado se puede verificar aplicando primero el esfuerzo desde un extremo y después desde el otro ; A veces la fricción excesiva se puede reducir al mínimo , moviendo el tendón en donde se esta aplicando el gato , unos cuantos centímetros en una dirección y luego hacia a tras . Se recomienda aplicar el esfuerzo por ambos extremos en todos los tendones que tengan doble curvatura y en los tendones de curvatura simple con longitud mayor de 24 metros , así como en todos los casos en que exista curvatura muy marcada . Cuando esto no sea practico deben hacerse cálculos y pruebas para determinar las perdidas por fricción , haciendo los ajustes adecuados.

Al aplicar el presfuerzo deben confirmarse los alargamientos teóricos comparandolos con los reales , mediante las lecturas en el medidor del gato , y también las perdidas calculadas por fricción ; Las diferencias mayores del 5 % deben investigarse cuidadosamente para determinar su causa y hacer las correcciones necesarias .

Para mantener los esfuerzos a los niveles adecuados durante todas las etapas del montaje y de la construcción de la superestructura , puede aplicarse el presfuerzo en etapas , es en este proceso se presfuerzan algunos tendones al montarlos , mientras

que otros se dejan sin presforzar , hasta una etapa posterior del montaje , o hasta que se cuele parte de la cubierta o toda ella .

Los torones que se presforzaran en diferentes etapas deben estar en ductos separados , para reducir al mínimo los problemas de fricción y de protección contra la corrosión .

En algunas circunstancias puede presforzarse parcialmente un toron durante una de las etapas , volviendolo a presforzar a un nivel mas alto en una etapa siguiente ; En tal caso , el anclaje debe diseñarse para facilitar el pretensado sin que se dañe el tendón .

A) Proceso Constructivo

1) Cimbra

Una de las decisiones mas importantes que tiene que tomar el ingeniero civil , es la optimizacion de materiales que se requiere para un proyecto determinado , donde el ingeniero cuente con la cantidad minima necesaria de material para poder lograr en un tiempo optimo prefijado el termino de una obra ; En esta desicion influye principalmente el aspecto tecnologico aunque el factor economico interviene en forma preponderante , pero sin descuidar los factores de seguridad que ofrece el equipo a utilizar .

De los materiales mas requeridos en la construccion se encuentra la madera que es utilizada para el cimbrado , la optimizacion de esta puede llegar a ser la diferencia de obtener utilidades o de perder recursos en una obra .

Una de las ventajas que se obtiene al utilizar un sistema de losas postensadas , es la variedad de metodos de cimbrados que se pueden utilizar , desde el tradicional , hasta el de la cimbra voladora ; Esta variedad se logra ya que se evita el detalleo de la cimbra por los claros mayores entre columnas y muros de carga , asi como la disminucion del peralte en las trabes o en ocasiones la ausencia total de estas (hablando para efectos de cimbrado unicamente)

1.1) Cimbra Voladora

En estructuras de grandes edificaciones , ya sean para vivienda , oficinas u hoteles , donde la modulacion y distribucion es similar nivel con nivel , es costoso y desgastante utilizar un sistema de cimbra tradicional , tan solo con considerar el tiempo y por consiguiente el dinero necesario para descimbrar , juntar toda la madera , acarrearla o subirla al siguiente nivel , separar y volver a colocar de nueva cuenta , para cimbrar un siguiente nivel .

Este sistema es util cuando los niveles son pocos , cuando la modulacion cambia o simplemente por que no se considero la utilizacion de una grua torre (sin embargo para la utilizacion de este tipo de losas , consideramos que requerimos de salvar grandes claros y una cantidad considerable de niveles , por consiguiente generalmente se utiliza una grua torre) .

Este procedimiento permite :

- Descimbrar una gran area en un tiempo menor , asi como la ventaja de cimbrar una gran area en un tiempo minimo .
- Se realiza un cimbrado mayor con una cantidad menor de mano de obra , disminuyendo de esta forma el personal especializado de carpinteria
- Se reduce el desgaste y por consiguiente substitucion de las partes estructurales de la cimbra de contacto
- Permite una nivelacion de mayor calidad con respecto al sistema tradicional , reduciendo costos en acabados y detalles .

Existe una clasificacion de acuerdo al material que compone a la cimbra voladora :

- Cimbra voladora de aluminio
- Cimbra voladora metalica

Las diferencias entre materiales , provoca por resistencia de materiales , una diferencia en cuanto a pesos y resistencias .

De igual forma , se escogera el tipo de cimbra voladora de acuerdo a nuestras necesidades en la obra y los recursos con los que contamos , como :

- Peso :

La diferencia entre pesos entre una cimbra metalica y una de aluminio es importante , y es necesario conocerla para las maniobras que realizara la grua torre , asi como las maniobras que realizara el personal para " arrastrarla " hasta que es elevada , tambien debemos considerar el peso , para cuando es retirada de la obra ya que nos ocasionara una gran cantidad de tiempos muertos para su separacion y entrega a la compania arrendadora .

- Modulacion :

La modulacion la dara el proyecto arquitectonico , el sistema que nos brinde un espaciamento mayor con un equipo minimo , este sera seguramente el mas economico .

- Economia :

Despues de asegurarnos de que el sistema nos proporcionara un grado de seguridad satisfactorio , elegiremos el sistema del que obtengamos :

- La menor cantidad de equipo
- La menor cantidad de madera
- La que cubra mayores areas
- La que cumpla con mayor seguridad para nuestro personal
- Que se encuentre en el mercado en el tiempo requerido .

Estos puntos se explicaran claramente cuando se detalle cada cimbra .

1.1.1) Cimbra voladora metálica

La cimbra voladora metálica surge como una necesidad en la edificación y es la antecesora de la cimbra voladora de aluminio , Esta cimbra se utilizo y se utiliza en la construcción para apuntalamientos de losas ,para el cimbrado de losas a alturas variables , sinembargo también se puede utilizar como cimbra voladora realizando pequeños ajustes a la cimbra y aprovechando la capacidad de carga de una grúa torre .

Este sistema que no nació con la idea de " volar " , tiene grandes desventajas frente a la cimbra voladora de aluminio , sinembargo la analizaremos porque este tipo de cimbra se puede adquirir con mayor facilidad que la cimbra voladora de aluminio en el mercado nacional y la mayoría de los constructores han tenido contacto con este tipo de cimbra de marcos tubulares de acero , ya sea para cimbrar losas o simplemente para apuntalarlas , en esta tesis analizaremos la cimbra que nos puede proveer " Andamios Patentados S.A de C.V " .

El sistema es conocido por dicha compañía como :

Marcos Tubulares de Acero " Extencimbra "

A diferencia del sistema de aluminio , en la que cada mesa es una unidad , aquí la unidad sera la de dos marcos que unidos por dos crucetas forman una unidad básica y la unión de varias unidades básicas formaran una " mesa de cimbrado " , en la que las dimensiones estarán dadas por varias condicionantes .

En este sistema es necesario conocer cada pieza de una unidad básica , para determinar la longitud de una mesa .

El sistema :

Cada sistema es adaptado a cada necesidad particular , los determinantes de cada sistema están dados principalmente por las partes de la unidad básica y obviamente por el proyecto .

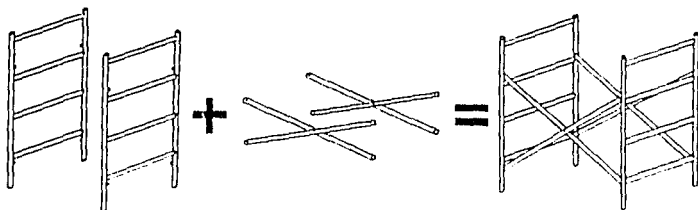
Las partes que integran una unidad básica , son las siguientes :

- Los marcos , prefabricados en 1 , 1.50 y 2 metros de altura , para satisfacer la altura de entrepiso a cimbrar .
- Los marcos se unen por medio de crucetas que pueden espaciarlos a 1 , 1.50 , 2 , 2.50 y 3 metros ; Formando así la unidad básica , mediante este proceso se pueden formar torres a todo lo largo , con la simple adición de marcos .
- Para nivelar las losas , se colocan los Gatos No.33 , estos se colocan en cada pata de los marcos .
- Para soportar la cimbra se colocan 2 vigas ya sean metálicas o de madera , estas se colocan sobre el Remate No.35 que esta diseñado para recibir las vigas .
- Se colocan las Bases No. 34 , esta base es una placa que tiene agujeros con la finalidad de fijar las " rastras " , que serán de suma importancia al elevar la mesa.
- Si la altura de entrepiso así lo requiriera se cuenta con el Tubo de extensión No.39 que se inserta en los extremos superiores de las patas de los marcos proporcionando una altura adicional de 115 cm. incluidos hasta 6 incrementos de ajuste de 15 cm.

- El numero de unidades básicas se debera de considerar sobre un plano arquitectonico , en el que se debera marcar las trabes si es que llegaran a existir y se debera de dar sobre el plano la distribución de dichas unidades de la manera mas eficiente , es decir logrando el mínimo de unidades básicas y que estas a su vez formen un numero de unidades básicas o mesas que sean capaces de arrastrar ya que en este sistema es necesario tomar en cuenta el peso de la cimbra tanto para su arrastre como para su elevación.

Ya que se ha armado la estructura metálica , es necesario añadir a nuestro costo (a diferencia de la cimbra de aluminio) la colocación de vigas que van sobre los Remates No.35 y en el otro sentido se tendrán que colocar polines a cierta distancia , esta distancia sera recomendada por el arrendador de la cimbra al diseñar esta.

A continuación se muestran unas fotos en las que se puede observar las partes que se han descrito.

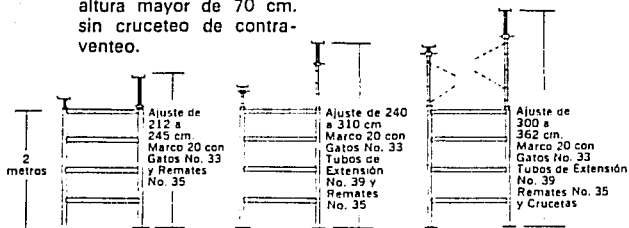


Los marcos, prefabricados en 1, 1.50 y 2 metros de altura, para satisfacer cualquier requisito.

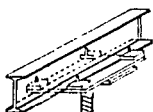
se unen por medio de crucetas que pueden espaciarlos a 1, 1.50, 2, 2.50 y 3 metros,

formando esta unidad básica. Mediante este proceso se pueden formar torres en todos los anchos y alturas deseadas, con la simple adición de marcos, ya sea lateral o verticalmente.

NOTA: Los tubos de Extensión, no deberán usarse a una altura mayor de 70 cm. sin cruceteo de contra-venteo.



Alturas adicionales desde 5 hasta 45 cm. se obtienen usando el equipo mostrado y Gatos No. 33 en la parte inferior de las patas de los Marcos. Cuando se desea que tal aumento sea en proporciones mayores, se pueden usar Marcos No. 10, 15 y 20.



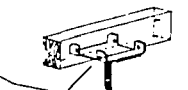
GATO CON REMATE DE SUJECION

GATO No. 33

Se usa tanto en la base como en el remate de las unidades ó torres de apuntalamiento. Una sobresaliente característica de los Gatos les permite usarse tanto en las patas de los marcos con la adición de una roldana ó en tubos de extensión, sin roldana.



EL REMATE No. 35 está diseñado para máxima versatilidad en condiciones de trabajo. Puede recibir una viga de tamaño comercial (standard) en una dirección. Si es necesario puede girarse el remate permitiéndole recibir dos vigas traslapadas, eliminando así la necesidad de cortar la madera para empatar los extremos.



LAS CRUCETAS No. 30J

Se usan en el plano de marco y las No. 30E, 30F, 30G, 30H y 30T-1 en el otro plano.

TUBO DE EXTENSION No. 39

Esta pieza se muestra en toda su extensión.

Parte superior de un marco.

LAS CRUCETAS No. 30A, 30B, 30C, 30D y 30T-2 que se usan para espaciar los marcos a 1.00, 1.50, 2.00, 2.50 y 3.00 m., respectivamente, se fijan a los tubos de extensión por medio de pernos de seguridad soldados en la parte superior y pernos de seguridad de dos vías en la parte inferior. Cuando 4 ó más agujeros de los tubos de extensión sobresalen de la parte superior extrema de las patas de los marcos, se usan crucetas en ambas direcciones como se ilustra.

PERNO DE SEGURIDAD DE DOS VIAS

Se coloca en los agujeros de los tubos de extensión para asegurar las crucetas en dos direcciones.

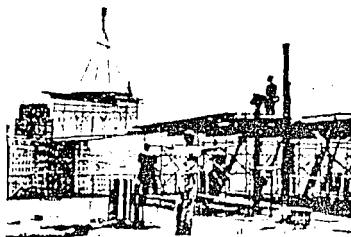
Funcionamiento del sistema :

- Descimbrado :

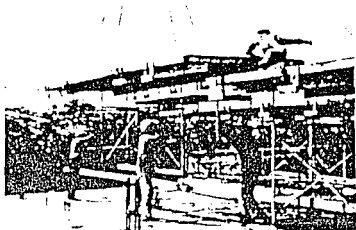
La facilidad del descimbrado dependera en gran medida de la calidad y la cantidad de desmoldante que se le haya colocado a la cimbra antes del colado , el descimbrado se realiza bajando los gatos que tiene cada marco , hasta su nivel maximo o hasta donde se despeguen las hojas de triplay de la losa colada .

- Arrastre y Elevacion :

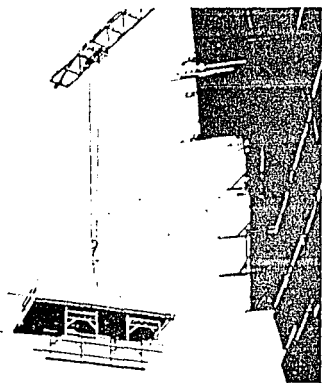
Despues de que se haya descimbrado una mesa en su totalidad , llega el momento de " arrastrar " la cimbra , para este proceso es necesario que la losa de apoyo este lo mas limpio posible para que el arrastre sea lo mas facil y seguro posible , el arrastre se realiza con una cuadrilla de 4 a 6 peones dirigidos por 1 oficial , este numero depende de la experiencia y el numero de unidades basicas que conforman una mesa , la cuadrilla comienza a arrastrar la mesa hasta que un marco se encuentre con una pata volando y la otra en el filo de la losa , se toman los estobos y se enganchan dos , uno en cada pata del marco que se encuentran sobre el filo de la losa (es necesario que con anterioridad se realicen las perforaciones sobre la cimbra para recibir los estobos) , una vez enganchados y asegurados , se comienza nuevamente el arrastre hasta que la mesa se encuentre " sujeta " por la losa (ver figura , en esta posicion la mesa se encuentra en cierto equilibrio , se colocan otros dos estobos en las patas de los marcos , ya que estan asegurados se elevan con precaucion hasta que la grua este soportando la carga , en ese momento la mesa se encuentra bajo el control de la grua ,



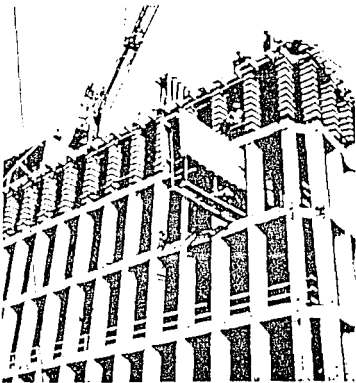
After a 365-high swing over Michigan Avenue, Chicago flying shoring unit lands next to a previously fixed unit.



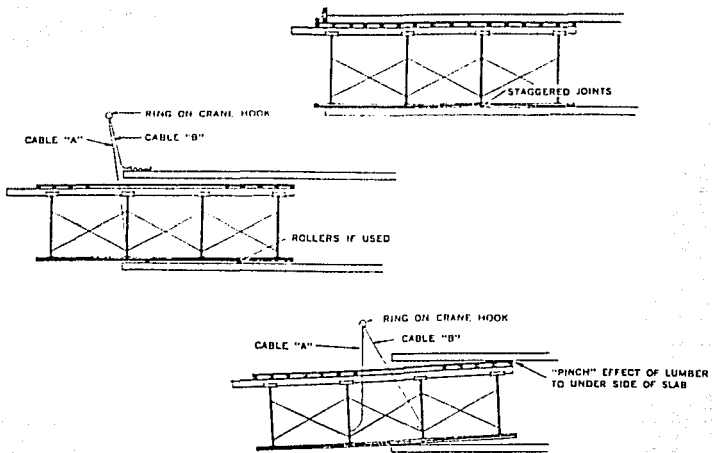
Workman atop previously landed flying shoring unit helps guide next unit to safe landing on Fairfax, Va., project.



Shoring section "in flight" on 14-story apartment job in Seattle. Note "built-in" guard rail on end of formwork.



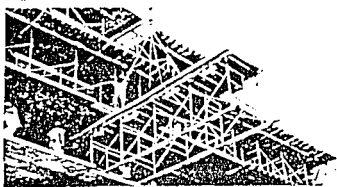
Ask for additional information describing how ringed formwork panels were used on Toronto building.



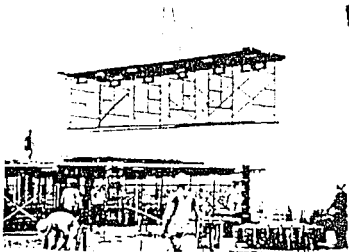
sin embargo todavía no rebasa la losa y no puede ser jalada por la grúa , por lo que se continua el arrastre hasta que la grua tenga el control total de la mesa , el siguiente paso es colocarla en el nivel superior en el mismo lugar que ocupaban en el nivel anterior , esta secuencia se continua hasta elevar toda las mesas y contar con una losa completamente cimbrada .

A continuacion se muestran unas fotos en las que se puede observar todo el proceso de elevacion de las mesas.

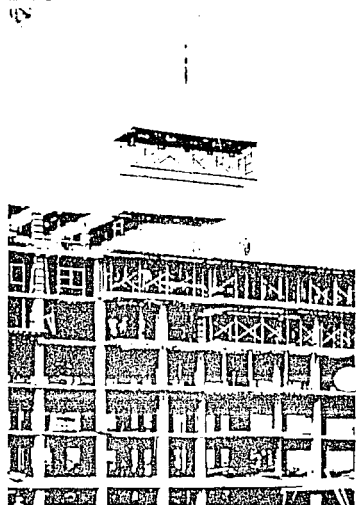
Using rollers under girders, workmen move 5' x 25' unit to edge of slab of Alexandria, VA, apartment building.



Shoring section lands, ready for next pour. Moving these units in this manner saves time and manpower.



Complete shoring unit, with formwork intact, is lifted by tower crane to next pour area two floors above.



1.1.2) Cimbra voladora de Aluminio

Entre las ventajas de esta cimbra , encontramos , la ligereza del equipo , la disminucion de piezas con las que cuenta , asi como el ahorro en los polines y de las vigas que en el sistema de cimbra voladora de acero son necesarios , la desventaja que presenta es que el peralte de una trabe colgada esta restringida , el detalle en el cimbrado se puede lograr eliminando unas alumas (estructuras de aluminio que ocupan el lugar de los polines en la cimbra voladora metalica) y colocando la hoja de triplay sobre la armadura de la mesa .

En el mercado nacional , contamos ya con varias arrendadoras que rentan este tipo de cimbra , en esta tesis solo analizaremos la cimbra que nos puede proveer " Andamios Patentados S.A de C.V " ; El sistema es conocido por dicha compania como :

Interform

Cada mesa Interform es una unidad , una unidad integral que puede ser movida y colocada de una posicion a otra con un promedio de la capacidad de carga de una grua torre . El tamano de las unidades es dictaminada por el constructor y la capacidad de carga de la grua torre .

Los componentes primarios de este sistema logran una alta resistencia y a la vez ligereza debida al aluminio , entre sus ventajas se encuentran los gatos niveladores telescopicos de acero , mientras que el ancho de mesa requerida estan en funcion del numero de crucetas y su tamano , estas crucetas cumplen con la funcion de rigidizar las mesas , estas crucetas estan fabricadas de material de

acero . El resultado final es un sistema completo , durable y facil de ensamblar y colocar nivel con nivel .

El sistema :

Cada sistema es adaptada a cada necesidad particular , este sistema ofrece :

- Mayor rango de capacidad de carga frente a otros sistemas convencionales , la altura de la estructura es unicamente de 152.4 cm. (5 pies) , lo que permite una mayor flexivilidad en su uso .
- Sistema integrado de gatos de acero para cada modulo , que a su vez embonan con una extension telescopica para lograr alturas de 213.4 a 609.6 cm. (7 a 20 pies)
- El sistema de estructura puede acoplarse para formar longitudes desde 182.9 hasta 609.6 cm. (6 a 20 pies)
- El sistema Interform es un diseno unico que combina el aluminio con el acero . El acero provee la durabilidad y rapidez necesaria para componentes con un trato rudo . El aluminio contribuye con un peso minimo con el que se reduce el tiempo de ensamble y el tiempo " vuelo " .

A continuacion se muestras unas fotos en las que se puede observar el funcionamiento de este tipo de cimbra .

Funcionamiento del sistema

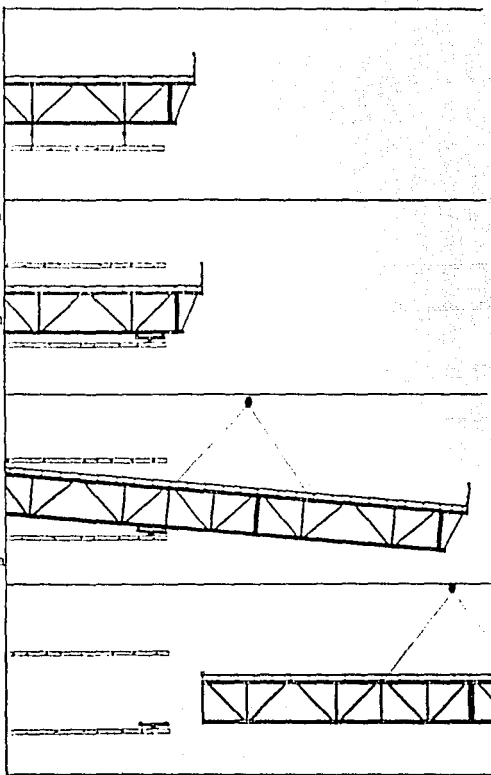
Generalmente la mesa puede ser descimbrada y colocada en la siguiente losa en un promedio entre 15 y 20 minutos (dependiendo de las condiciones de trabajo).

Los modulos preensamblados son enviados al sitio de trabajo , las mesas son colocadas de acuerdo a un plan , se ajustan los gatos hasta el nivel requerido hasta completar la forma necesaria .

Despues de haberse realizado el colado ,cuando el concreto adquiere su resistencia minima para descimbrar , la mesa es bajada y colocada en las unidades " rollout "

La mesa se desliza lentamente hacia fuera y la grua torre la sujeta .

La mesa vuela y es colocada en el siguiente nivel.

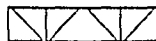


Equipo del sistema

Los modulos de la estructura o armadura se encuentran en diferentes largos , la estructura de las armaduras pueden ensamblarse en juegos rapidamente . La capacidad de carga con la que se puede trabajar y someter a este tipo de cimbra , ya sea para una unidad , o varias unidades es de 2979 Kg por cada metro lineal (2000 lb/ft) con un factor de seguridad de 2.5 : 1



30 foot truss module no. 40030



20 foot truss module no. 40020



10 foot truss module no. 40010



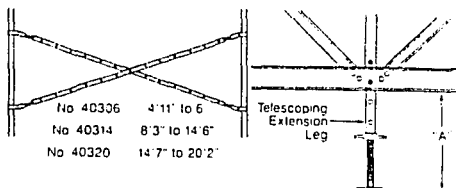
5 foot truss module no. 40005



2-1/2 foot outrigger no. 40002

Crucetas :

Estan formadas de acero por lo que se encuentran en condiciones aptas para trabajo pesado , estas rigidizan la union entre las armaduras que conforman a una mesa .



Gatos con extension telescopica :

Los gatos de acero tubular , su extension telescopica permite lograr alturas de 213.4 a 609.6 cm. (7 a 20 pies) , estas son colocadas en la base de cada pata y son utilizadas para dar la nivelacion y ajustes finales.

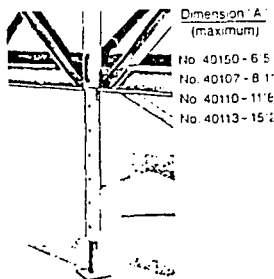


Tabla Comparativa

	Cimbra Metalica	Cimbra Aluminio
Area cimbrada por unidad basica	Menor	Mayor
Madera Requerida	Hojas de Triplay Polines : - Rastras - Apoyo de Hojas de triplay Vigas : - Apoyo de polines	Hojas de Triplay
Numero de partes de la cimbra	Mayor	Menor
Peso de la cimbra	Mayor	Menor
Posibilidad de detalleo en la cimbra	Mayor	Restringido
Personal requerido el arrastre	Mayor	Menor para

2) Refuerzo no presforzado

Despues de que esta cimbrada una parte o la totalidad de la losa , el siguiente paso es el trazo de las nervaduras y trabes con las que cuente la losa por colar , en losas de este tipo se maneja dos planos , uno con el refuerzo no presforzado y el otro con el refuerzo presforzado , en el plano del refuerzo no presforzado , encontramos la cantidad de acero o varillas necesarias en cada nervaduras y/o trabes , en este tipo de losas , el promedio de acero por m^2 es de aproximadamente $8 \text{ Kg}/m^2$, contando trabes , capiteles y nervaduras.

El acero de refuerzo , en este tipo de losas es muy sencillo por lo que se puede crear (dependiendo de la necesidad de cada obra) un taller de habilitado de tal forma que este se encuentre dentro del campo de accion de la grua torre , logrando que al termino del cimbrado se pueda elevar un gran porcentaje de acero ya habilitado , solo dejando pendiente los cruces entre nervaduras .

El habilitado de las nervaduras es sencillo y a diferencia de las nervaduras de losas reticulares , los estribos van abiertos formando una " u " y estas permiten a su vez sujetar los casetones de poliestireno .

Es importante que los ductos de las instalaciones hayan sido contempladas con anterioridad por el calculista para que en esas zonas se coloque algun refuerzo adicional para evitar fisuras mas adelante .

El refuerzo es importante ya que elimina en gran parte las fisuras que pudiera ocasionar el tensado .

3) Aligeramiento

En este tipo de losas , ademas de ser postensadas son aligeradas, los casetones que son bloques de poliestireno comprimido son colocados entre las nervaduras , el despiece de este se puede dar en un plano o se puede cuantificar directamente en el plano de refuerzo no presforzado , revisando las nervaduras y el espaciamento entre estos , su espesor sera del total de la losa menos 5 cm. siendo estos los correspondientes a que la capa de compresion , la medida tipica de los casetones pudiera ser de 1.25 X 1.25 X 0.20 cm. , sin embargo esta medida debern de revisarse en cada proyecto o tipo de losa .

Los casetones son colocados despues de finalizar con el armado del acero , despues de colocados los casetones en seguida siguen las instalaciones electricas , las tuberias para agua se colocan por debajo del caseton por seguridad ya que si es necesaria alguna reparacion , gran porcentaje de la tuberia se tendra acceso (con excepcion de los cruces entre nervaduras) , en cuanto a las instalaciones electricas , el tendido del poliducto se realiza a traves de los casetones , evitando lo mas posible no ocupar el area de las nervaduras , para la colocacion del poliducto simplemente se agujera el espacio necesario en el caseton , para agujerarlo se puede realizar aplicandole al caseton un poco de thinner y este se va carcomiendo o aplicandole aire caliente con una pistola especial , cualquiera de estos metodos es el adecuado .

Despues del paso de las instalaciones se van doblando las " u " que como mencionamos se encuentran dentro del diseno de las nervaduras , esto con el fin de sujetar los casetones .

4) Refuerzo presforzado

Al igual que en el refuerzo tradicional , se cuenta con una plano de refuerzo presforzado , en este se indica el numero de cables torones a utilizar en nervaduras y/o trabes asi como la curvatura que debera de tener el cable , ademas indica la localizacion de las placas muertas (se les llama de esta forma ya que la placa queda ahogada en el concreto) , las placas vivas (donde se tensaran los cables) y en ocaciones indica cajones de tensado (ubicados generalmente dentro del area de la losa , estos cajones se dejan sin colar y despues de tensar se cuelan) .

Como el acero , el cable toron debe de ser habilitado , el proceso de habilitado es el siguiente :

- El cable es desenrollado (se utilizan dos peones que toman el cable y corriendo lo desenrollan hasta lograr cierta longitud) .
- Se corta el cable con una esmeriladora , utilizando un disco corte de acero , para este proceso es necesario que el personal utilice el equipo de seguridad necesario (lentes de proteccion y verificar que la esmeriladora se encuentre completa)
- Se desengrasa ambas puntas del cable
- Se coloca la placa muerta en una punta del cable

Terminando con el habilitado de todos los torones de la losa por colar , se elevan con la grua torre (si es que hay) y se comienzan a colocar , primero se colocan en todo el refuerzo , despues se da la traza de la curvatura en los ejes sujetandola con alambre recocido.

5) Refuerzo de la capa de compresión

Después de colocar todos los torones , y de supervisar todas las instalaciones y el armado de la losa por colar , el paso siguiente consiste en extender la malla electrosoldada 6-6 / 6x6 o bien una cadricula de varilla de 3/8 @ 30 cm. , la opción mas económica es la colocación de malla electrosoldada por varias razones:

- Costo
- Facilidad en colocación
- Almacenaje

Ademas si contamos con una grúa torre , su elevación en comparación con la elevación de varilla es mas fácil , la malla simplemente se eleva y se desenrolla , conforme se va desenrollandose se va amarrando a las nervaduras .

La función del refuerzo en la capa de compresión es evitar fisuras por fraguado , ademas de " unir " estructuralmente las áreas aligeradas .

6) Colado

Después de que se ha supervisado todo el siguiente proceso ,se " cuele " la losa , es importante que la losa por colar se encuentre lo mas limpia posible , el principal enemigo que se para no poder lograr esta , es el caseton que se coloco con anterioridad ya que al paso de la gente , este se va desvaratando y se van regando los pedazos de poliestireno por toda la losa , en las áreas donde se queden estos pedazos no habrá concreto ya que serán substituidos por el volumen de poliestireno y esto puede resultar peligroso sobretodo en la zonas donde se sujetan las placas ,(ya que al tensar estas se pueden botar) para la limpieza es recomendable utilizar una aspiradora de tipo industrias de 1.5 a 2 HP de potencia e ir limpiando la totalidad de la losa .

Una vez supervisada la limpieza , se comienza el colado , el concreto a utilizar es un concreto de alta resistencia con una $f'c = 300 \text{ Kg/cm}^2$, es conveniente hablar con nuestro proveedor y exigirle que se garantice una resistencia a las 72 horas de un mínimo de 165 Kg/cm^2 , con concreteras como :

- Concretos Alta Resistencia (CARSA)
- Concretos Apasco
- Concretos Metropolitanos

Se puede obtener la garantía de cumplir con esa resistencia a las 72 horas , sin embargo es necesario el contar con un laboratorio de control de calidad que se ha totalmente independiente a la concretera contratada .

Cuando se comienza el colado , es de vital importancia la calidad del vibrado , sobretodo en las áreas de las placas y anclajes de torones , así como en las nervaduras , es recomendable tener a una persona que se dedique en todos los colados al vibrado y que sea de antemano conocida su calidad de vibrado , se debera de observar que el cabezal del chicote del vibrador penetre adecuadamente en el concreto y que este penetre en un ángulo de 45 grados , permaneciendo el tiempo adecuado , así también que la distancia para la siguiente penetración sea la adecuada .

El laboratorio de control de calidad debera revisar el revenimiento de todas las unidades que lleguen a la obra , es recomendable que este revenimiento sea de 14 cm. para tener cierta manejabilidad con el concreto .Cada 20 m³ es necesario obtener cuatro muestras , con el objeto de obtener mas adelante lecturas de falla de los cilindros a la compresión a los :

- 3 días
- 7 días
- 28 días (dos muestras)

Es importante que el laboratorio cuente con un servicio puntual ya que a las 72 horas dependemos del reporte del cilindro a los 3 días para poder tensar la losa .

En este tipo de losas , el volumen aproximado de concreto es de alrededor de 180 lts / m² , tomando en cuenta trabes y nervaduras .

7) Tensado de la losa

Después de cumplidas las 72 horas del colado de la losa , debemos rectificar la resistencia del concreto de la losa , por lo que es importante que nuestro laboratorio cuente con un servicio eficiente que nos proporcione la resistencia obtenida por los cilindros ya sea por vía telefónica o por vía fax , esto es muy importante ya que la resistencia mínima que requerimos para poder tensar es de 165 Kg/cm^2 y nunca se debiera tensar sin conocimiento de la resistencia alcanzada .

La razón por la que se utiliza concreto de 300 Kg/cm^2 y no de 250 Kg/cm^2 se debe a que si utilizáramos el de 250 mas un aditivo para obtener resistencia alta a temprana edad , resulta mas económico utilizar el de 300 Kg/cm^2 ademas de que es garantía de obtener la resistencia deseada a las 72 horas .

Después de conocer la resistencia si esta es la adecuada , se comienza a tensar .

Ciertos trabajos para la preparación del tensado se pueden adelantar cumplidas las 24 horas del colado , primeramente se quita la frontera de toda la losa colada y a continuación se comienza a limpiar los conos .

8) Descimbrado

Después de tensada completamente la losa , se puede comenzar a descimbrar (después de un poco mas de 72 horas) por lo que es importante que antes de descimbrar un gran porcentaje de los muros y columnas del nivel superior deberan de estar colados (si no es así no se logra ningún provecho de este sistema) , inmediatamente se debiera de apuntalar la losa de la siguiente manera , se colocaran puntales en forma de tresbolillo en los cruces de nervaduras , es decir un cruce debiera de estar apuntalado y el siguiente no , podemos generalizar que @ 1 o 1.25 m debiera de haber un puntal y en la losa inferior serán la mitad de los puntales , por lo que resumiendo tendremos :

- Una losa cimbrada y preparada para colar
- Losa inferior apuntalada @ 1 o 1.25 m.
- Segunda losa inferior apuntalada @ 2 o 2.5 m

Los puntales a utilizar pueden ser metálicos o polines de madera , se recomienda utilizar el polin nacional ya que la mala calidad del polin importado nos causara una elevación de nuestros costos por su mala calidad .

B) Control de calidad

En los últimos años se ha hablado demasiado sobre la calidad ya que México tiene que enfrentarse a uno de los retos más importantes de esta época en que la productividad y competitividad definen la exclusión o permanencia de un país en los mercados internacionales. El reto , consiste en generar bienes y servicios a precios relativamente bajos y que cumplan con los estándares mundiales de calidad .

Para hacerlo con éxito , deberá de contar con un procedimiento de mejoramiento sistemático de productos y servicios , así con lograr que todas las organizaciones que participan en el desarrollo socio-económico y tecnológico del país tengan una actitud de excelencia . Esto significa que , para ser competitivo por precio y calidad , se debe garantizar que las actividades organizadas se realizan de la manera en que se planearon y que las cosas se hacen bien a la primera.

En una obra como en cualquier actividad generadora de bienes se deben de analizar todas las circunstancias que influyen a un proceso constructivo es decir , el ingeniero debe de visualizar todos los problemas posibles que engloban un proceso constructivo con la finalidad de lograr :

- Optimización de recursos
- Mayor rendimiento ya sea de la mano de obra o del equipo
- Calidad excelente del trabajo efectuado
- Supervisión de todo el proceso

Si el ingeniero preve y visualiza el proceso constructivo y los problemas que pudieran surgir antes de que se de el problema , se estará ahorrando :

- Desgaste del personal
- Disminución de tiempos muertos

Logrando por lo tanto un ahorro o eliminación de un sobre costo que si este lo llegamos a analizar , no produce ningún bien material ya sea para el obrero o patrón y sin embargo aumenta el costo final de una obra .

Es importante que al inicio de una obra , se revise todos los problemas por surgir y la solución a estos , para esta junta se debiera de contar con subcontratistas , dueños e ingenieros residentes .

Se debe de puntualizar que la calidad no es un sobre costo de un bien pero sin duda el no contar con esta da un sobre costo al bien .

1) Control de calidad en obra

Se debe de concientisar a todo el personal de la obra , desde peones , supervisores y residentes de la importancia de realizar un trabajo con calidad desde la primera , no solo por el costo que llevaria el no tenerla sino por la importancia de las obras ya que su falta de calidad puede poner en riesgo a un numero importante de vidas humanas .

1.1) Concreto

Para grandes obras en donde la mayoría o casi todo el concreto que se utiliza se contrata con alguna compañía premezcladora , es necesario el contar con un laboratorio de control de calidad independiente de la premezcladora , todas las ollas deberan verificarse y no se aceptaran ollas que tengan un revenimiento mayor a ± 2 , @ 20 m^3 se tomaran 4 muestras para ensayar .

Podemos decir orgullosamente que las premezcladoras que trabajan en México , laboran con los controles de mas alto nivel mundial y por experiencia propia se que si llegara a existir algún daño ocasionado por la premezcladora por un concreto de mala resistencia esta respondera pagando todos los daños ocasionados .

Es importantísimo para el concreto que el vibrado se efectúe lo mejor posible , evitando vacíos , es necesario que el equipo de vibrado se revise antes de cada colado y contar con por lo menos otro equipo que se pueda disponer en caso de emergencia , se debe de supervisar y comprobar el mantenimiento que se le da al equipo .

1.2) Acero

Es necesario que por cada cierta cantidad de toneladas de acero colocado en obra se manden varillas para comprobar su resistencia a la tensión , en los casos donde existan soldaduras es necesario calificar al soldador y después radiografiar un cierto numero de bulbos , dependiendo del numero de soldaduras defectuosas serán el numero de radiografías a tomar .

El supervisor debera de revisar que todo el acero colocado sea el mismo de planos o el proporcional en caso de cambio de diámetros de varillas .

1.3) Cimbra

La cimbra es sin duda una de las partes mas importantes de una obra , es de suma importancia revisar los niveles y plomos de la cimbra ya que la falla en estos puede llegar a ocasionar :

- Estructuralmente puede crear excentricidades en columnas no consideradas en el calculo

- Se requiere una cantidad mayor de materiales para " cubrir " con el aplanado los errores de la cimbra

- Pueden incluso modificar los planos arquitectónicos .

Es necesario que antes de cada colado se supervise la cimbra ya que se pueden realizar todos los ajustes antes de colar sinembargo después de colar los ajustes son muy problemáticos y por consiguiente demasiado costosos y esto sin duda se puede lograr con una adecuada planeación y organización de la obra .

Capítulo III
Comparativa entre los sistemas postensados y sistemas
tradicionales

Comparativo entre losas postensadas y sistemas tradicionales

Para que el ingeniero pueda tomar una decisión sobre cual sistema debe de elegir , debe de considerar todas las ventajas y desventajas que le puede brindar cada sistema , sin perder de vista :

- Economía
- Seguridad
- Eficiencia

de la obra por construir .

Para poder realizar una comparación real se calculo una losa reticular de 12 x 8 m (entre ejes) y se comparo con los índices que se obtuvieron en la realidad de la obra denominada Residencial Mónaco (Ver Capitulo IV) , la comparación no se realizo con otros sistemas como el de losa maciza o vigueta y bovedillas por los impedimentos estructurales que presentan para grandes claros .

Las ventajas que presenta este sistema contra otros , son :

- Economía :

Con el presfuerzo se logra disminuir el peralte de una losa , con el consiguiente ahorro de concreto ademas de que este substituye un gran porcentaje del acero .

Se logra un ahorro en cimbra , ya que despues de 72 horas se puede descimbrar , evitando tener cimbra muerta y a la vez recortando el tiempo de colados entre losa y losa .

Por tener una carga muerta menor , se reduce considerablemente el acero en columnas y muros así como en cimentación .

Al disminuir el peralte y disminuir o evitar totalmente las trabes colgadas , se logra un ahorro en plafones y rellenos y se aprovecha mayormente la altura permisible para un edificio .

- Arquitectura :

Se logran diseños atrevidos y grandes espacios entre muros y/o columnas , esto se puede aprovechar en estacionamientos , centros comerciales , salones de fiestas , etc.

Desventajas :

Dentro de las desventajas de este tipo de losas , tenemos :

A) Impedimentos de construcción :

Este tipo de losas se restringen para la Zona III y para la Zona II a menos que se aumente sus índices de acero por m^2 , logrando rigidizar la losa .

B) Material :

Las placas son de importación , por lo que se debiera de contar en almacén con un mínimo para no detener la obra .

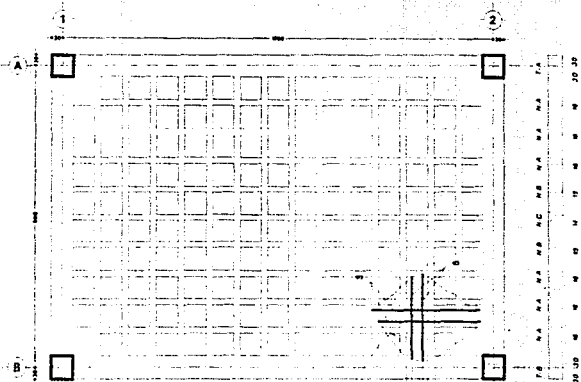
C) Equipo :

El equipo de tensado continuamente debe de ser calibrado .

D) Vida útil :

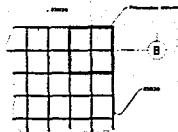
Se supone una vida útil de 75 años .

A continuación se presenta plano , cuantificaciones y tablas comparativas entre una losa postensada y una losa aligerada .

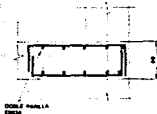


PLANTA

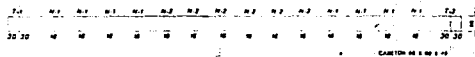
PLANO DE CUBA DE COMPRESION



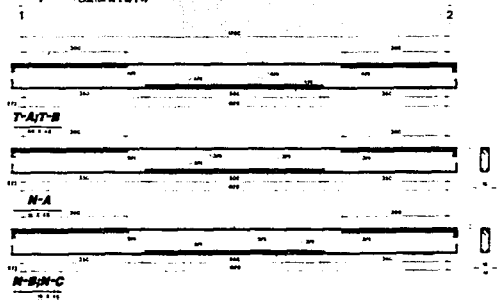
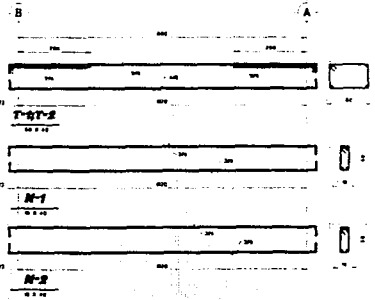
DETALLE DE CAPITAL



CORTE A-A



CAMBIO DE CUBA



REVISIONES

POSTENSA

AV. DE LAS PALMAS 700 - 801
CALLE LINDAS DE CHINA 150-C
CALLE BRUNO, HOGAR, D.C.
TEL. 849 32 92 849 32 94
MEXICO D.F.

PLANTA ESTRUCTURAL

PROYECTO
HACIENDA LAS PALMAS

APROBADO
AUTORIZADO
DISEÑADO

ACOT CU
EFC 1103



Concepto	localizacion eje tramo diam.	largo	numero de var. elem.	3 0.557	5 1.560	6 2.250
T1 = T2	ly2 A-B	6 9.10	7 2			286.65
		6 2.25	5 2			50.63
	Estribos	3 2.30	44 2	112.74		
N1	A-B	5 9.10	6 8		681.41	
	Estribos	3 2.30	44 8	450.95		
N2	A-B	5 9.10	6 6		511.06	
		3 1.42	44 6	208.81		
TA = TB	A-B ly2	6 12.60	8 2			453.60
		6 11.80	4 2			212.40
		Estribos	3 2.30	63 2	161.42	
NA=NB=NC	ly2	5 12.60	6 9		1061.42	
		5 6.50	3 9		273.78	
		5 5.00	2 9		140.40	
		Estribos	3 1.42	63 9	448.46	
Capiteles		3 1.48	10 4	32.97		
Armado de capa de compresion		3 8.60	42 1	201.19		
		3 12.60	29 1	203.53		
Subtotal :				1820.06	2668.07	1003.28
Total :					5491.41 Kg	

Quantificación de concreto en losa aligerada

Area Total Peralte de la losa
(12.6) x (8.6) x (0.5) = 54.16 m

Menos Volumen del Aligeramiento

No. de pzas. Volumen del aligeramiento
(146 pzas.) x (0.6) x (0.6) x (0.45) = -23.65 m

Total de concreto : = 30.51

TABLA COMPARATIV. DE CARGA MUERTA ENTRE LOSA POSTENSADA
Y LOSA SIN PREESFUERZO EN UN TABLERO DE 12.6 X 8.6 M

CONCEPTO	LOSA POSTENSADA		LOSA ALIGERADA		
	PESO VOL. Kg/m ³	INDICE POR M ²	PESO TOT. KG	INDICE POR M ²	PESO TOT. KG
CONCRETO	2400	0.19	456	0.28	672
ACERO			14.28		36.4
ALIGERAMIENTO 10 kg/m ³		0.11	1.1	0.22	2.2
PREESFUERZO			2.28		
CARGA MUERTA POR M ²			473.66		710.6

POR LO TANTO LA LOSA POSTENSADA ES CASI UN 50 % MAS LIGERA COMPARADA
A UNA LOSA ALIGERADA .

TABLA COMPARATIVA DE COSTOS EN EL PERIODO
 - CON SIN FRECUENCIA DE MUESTREO DE 10 DÍAS -

DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO (C/USO)		COSTO UNITARIO (C/USO)		DIFERENCIAS EN CANTIDAD POR M3	DIFERENCIAS EN PRECIO UNITARIO POR M3	DIFERENCIA EN PRECIO UNITARIO POR M3
	CON FRECUENCIA DE MUESTREO DE 10 DÍAS	SIN FRECUENCIA DE MUESTREO DE 10 DÍAS	CON FRECUENCIA DE MUESTREO DE 10 DÍAS	SIN FRECUENCIA DE MUESTREO DE 10 DÍAS			
CONCRETO	21.42	27.11	1.45	9.22	1.45	5.00	ME 48.00
ACERO	15.70	14.20	-1.50	3.42	3.42	3	ME 10.20
ALISAMIENTO	11.40	11.11	-0.29	4.22	4.22	1.00	ME 17.20
FRECUENCIA	247.16	248.13	0.97	-0.29	-0.29	34	ME -17.52
							ADDED FOR MP ME 34.20

Capítulo IV
Ejemplos de obras que se efectuaron con este proceso
constructivo

A) Obra denominada Residencial Mónaco

Esta obra fue construida y dirigida por la compañía " Duek y Bodegas Arquitectos " , su construcción se inicio en Marzo de 1993 y esta obra se localiza en Avenida Residencial Club de Golf Lomas ocupando los lotes 1 y 5 de la Manzana C , esta se encuentra a 5 minutos del centro comercial denominado " Interlomas " , lo que caracteriza principalmente a esta obra es , su belleza arquitectónica , el aprovechamiento de los claros que se pueden visualizar en la fachada principalmente y que sobresale en el " Lobby " de este edificio , el colorido de su fachada y la armonía con el entorno en el que se desarrollo pero sobretodo su imponencia de este edificio de 16 niveles , en el que cada nivel consta de 4 departamentos con excepción de los dos primeros que cuentan únicamente con dos departamentos de los cuales , en el primer piso uno fue destinado como " Casa Club " , y con excepción de los últimos niveles en los que se encuentran cuatro P.H. que ocupan el espacio de 2 departamentos , teniendo por lo tanto una totalidad de 53 departamentos , cada departamento tipo consta de 320 m2 sin contar las áreas comunes .

En edificios de esta magnitud donde sus " habitantes " que son de clase alta es importante que desde proyecto se tome en cuenta el factor seguridad y el factor comfort , ya que este tipo de proyecto el comprador no solo adquiere su casa , sino que adquiere un conjunto del que puede gozar y disponer , por ejemplo , este proyecto cuenta con un salón de fiestas apto para 250 personas que puede ser utilizado para cualquier evento de algún departamento , ademas de que en la " Casa Club " , se encuentra un área de gimnasio con baños y

vapores así como de una alberca que parte es techada y otra es descubierta , ademas se cuenta con un " Lobby " de aproximadamente 300 m2 en el que se controla la entrada de visitantes a los departamentos y que sirve ademas como sala de espera o sala de convivio para las personas de los departamentos y sus visitantes .

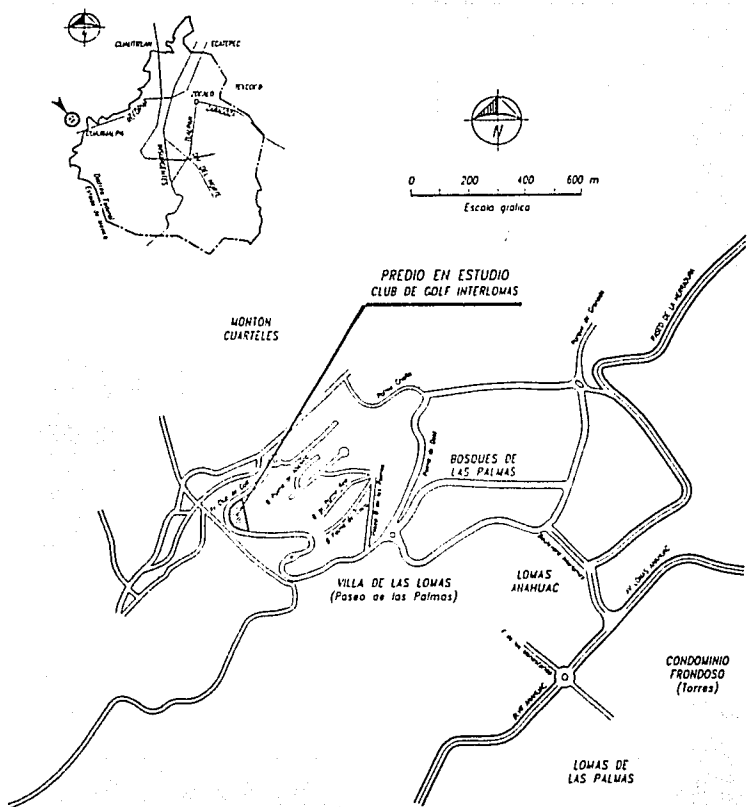


Fig 1 Croquis de localización

1) Estudio de Mecánica de Suelos

El estudio de mecánica de suelos fue elaborado por la compañía TGC , en el mes de Junio de 1993 , en el cual podemos encontrar los siguientes datos :

-Condiciones Geotécnicas :

Conforme a la zonificación del Valle de México , el predio se encuentra en la zona geotécnica denominada de Lomas , donde se observan diferentes elementos litológicos producto de las erupciones de los grandes volcanes de la Sierra de las Cruces y los formados por los ríos y glaciares (ver figura). Sin embargo , dadas las condiciones topográficas del terreno el predio se ubica parcialmente sobre material de relleno constituido por arrastres (arcillas y limos arenosos con raíces y troncos) hasta la cañada y por el producto de las excavaciones (cascajo y basura) para la construcción de los conjuntos habitacionales y comerciales de la zona, colocados a volteo sobre sus laderas.

-Estratigrafía del sitio :

La estratigrafía del sitio se definió a partir de recorridos realizados en la zona y de la ejecución de dos sondeos de penetración estandar (SPT-1 y 2) , localizados dentro del predio, complementada con el conocimiento que se tiene de la zona.

Los sondeos demuestran que el sitio esta cubierto con importantes rellenos, el mas antiguo se ubica hacia el centro de la fracción poniente del predio , constituido por arrastres hacia la

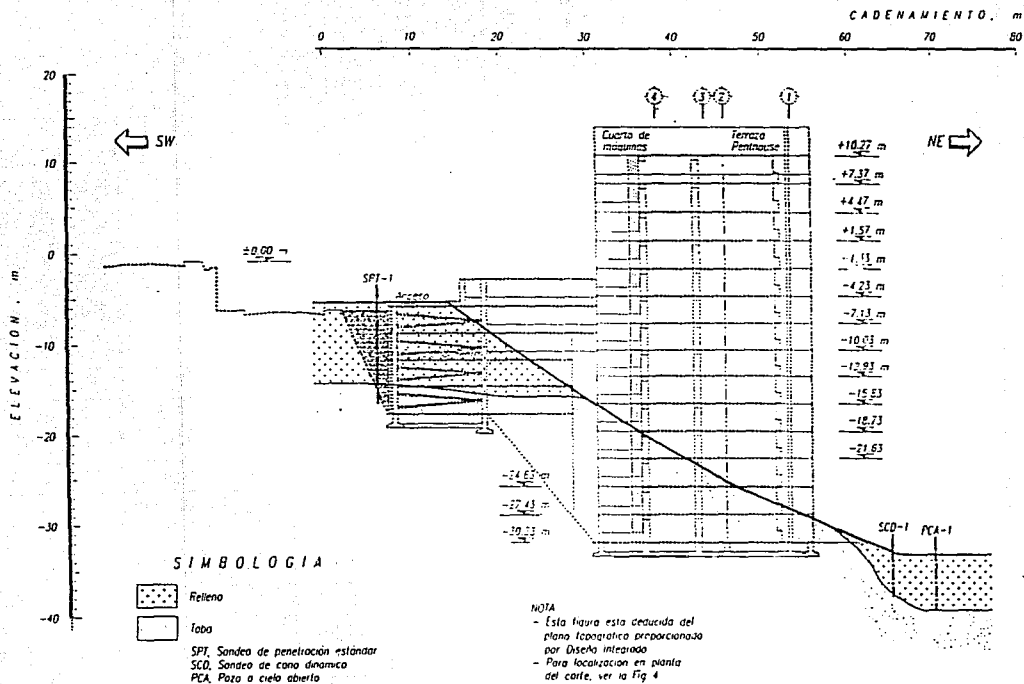


Fig 2 Corte estratigráfico A-A'

FALLA FACINA No.

81

cañada de arcillas y limos arenosos con raíces y troncos; en general se encuentre en estado suelto medianamente compacto. El relleno mas reciente proviene de las excavaciones que se vienen efectuando en la zona, constituido por arenas y gravas limosas , el cual se localiza al oriente del predio; dentro de los rellenos se encuentran gravas , fragmentos de roca aislados , escombros y basura . El espesor de rellenos varia entre 4.5 y 8.0 m. para la zona poniente y entre 0 y 4.8 m. para la oriente .

El terreno que subyace a los rellenos esta constituido por las tobas arcillosas características de la zona de Lomas del Valle de México , cuya cohesión media es de 47 ton/m².

El NAF no se detecto.

Análisis y Diseño Geotécnico de la Cimentación.

-Datos generales :

El proyecto contempla la construcción de dos estructuras :una torre de 16 niveles para departamentos que se construira al oriente y , una de cuatro niveles que albergara el estacionamiento y se localizara al poniente del terreno , cubriendo en conjunto 9,000 m² , aproximadamente. Estructuralmente se resolverán con columnas y muros de concreto.

-Solucion de la cimentación :

Dado que para alcanzar los niveles de proyecto serán retirados la mayoría de los rellenos detectados , la cimentación se resolverá a base de zapatas corridas de concreto , empotradas mínimo 1.5 m en la toba .

-Zapatas :

Capacidad de carga. La capacidad de carga admisible para la cimentación se evalúo con la siguiente expresión :

$$q_a = q_u / FS$$

donde

$$q_u = ac c N_c$$

q_u capacidad de carga ultima , ton/m²

c cohesión del material de apoyo , 47 ton/m²

N_c factor de capacidad de carga , 6.4

FS factor de seguridad , 3

De acuerdo con lo anterior , se tiene una capacidad de carga admisible ,media de 100 Ton/m² .

Para las zapatas que se localizan cercanas a taludes se recomienda que la separación entre talud y el pie de la zapata sea de 1.5 veces el ancho de la zapata como mínimo .

Comportamiento :

El calculo de asentamientos de las cimentaciones se efectuara considerando que la deformación elástica sera su componente principal, la expresión empleada es la que define la deformación bajo una placa rígida :

$$\delta = \frac{(1 - \nu^2)}{2E} \sigma \pi r$$

donde :

- δ deformación elástica bajo la cimentación, cm
- ν relación de Poisson
- σ esfuerzo de la cimentación, Kg/cm²
- r semillado de la cimentación
- E modulo elástico del suelo bajo la cimentación , Kg/cm²

Para las condiciones analizadas , los asentamientos son menores de 4.0 cm. y se presentaran durante el procedimiento constructivo.

Estructuras de retención y taludes

Estructuras de retención

Empujes en muros. De acuerdo con la configuración topográfica del predio, se hace necesario construir muros de retención.

Los muros se diseñaran para soportar los empujes dados por la siguiente expresión :

$$Eh = (q + \gamma H)k$$

donde :

q sobrecarga en la superficie , 1 Ton/m²

γ peso volumétrico del material de relleno, 1.7 Ton/m³

H espesor del material de relleno tras el respaldo del muro,m

k coeficiente de empuje de tierras, ver Tabla 1

El desplante de los muros sera sobre los materiales tobáceos a una profundidad mínima de 1.5 m , teniendose en cuenta una capacidad de carga de 100 Ton/m².

Tabla 1 Coeficientes de empuje de tierras

Condición	Material retenido		Observaciones
	Toba	Relleno	
Reposo	0.3	0.4	Muros que forman marcos con la estructura
Activa	0.2	0.3	Muros tipo cantiliver

Fricción en la base. La fuerza de fricción en la base del muro, se evaluará con la siguiente expresión :

$$Fr/A = \sigma \tan \phi$$

donde

Fr fuerza de fricción en la base del muro, Ton

A área de la base del muro, m²

σ esfuerzo vertical al nivel de desplante del muro, 1.7H Ton/m²

ϕ ángulo de fricción del material de apoyo, 45

El valor así calculado, deberá ser menor al de la fuerza actuante.

Taludes

Tobas. Los taludes existentes en tobas en el predio deberán tenderse a una pendiente 0.3:1 (horizontal a vertical) , debiéndose recubrir para su protección.

Rellenos antiguos. Para los taludes en rellenos de buena calidad, la pendiente será de 0.6:1 ; con una protección de concreto lanzado reforzado con malla electrosoldada.

Rellenos recientes. Dada la mala calidad de estos rellenos, no se recomienda dejar taludes en estos materiales, los cuales serán contenidos por estructuras de retención.

Procedimientos constructivos

Es indispensable contar con un equipo topográfico para referenciar los ejes y niveles de localización de las estructuras proyectadas, así como llevar un estricto control de movimientos durante los trabajos tanto de excavación como de construcción.

Excavaciones

Las excavaciones para alcanzar los niveles de proyecto, se efectuarán por etapas, dejando berma y talud .

Para las áreas de rellenos recientes en la zona del edificio de estacionamientos, se plantean los siguientes trabajos :

a) Efectuar el hincado previo de pilotes metálicos, dejando un empotramiento mínimo de 2.0 m en terreno resistente.

b) Excavación alternada de la berma y talud en forma de arco vertical, colocándose en paralelo con el propósito de evitar la erosión e intemperismo de los materiales, una capa de 5 cm de concreto lanzado, reforzado con malla electrosoldada 6x6-6/6, que se fijara al talud con escarpías de 60 cm de largo.

c) Ya recubierto con el concreto lanzado se procedera a la instalación de anclas antes de continuar con el recorte y teniendo un avance máximo de 4 m de altura por 10 m de longitud. Las anclas serán de 1 pulgada por 6 m de longitud, separadas a cada 2x2 m en arreglo tresbolillo. La perforación tendrá 3" de diámetro máximo, la

inyección de mortero de cemento sera a 1 Kg/cm² de presión y su resistencia sera $f_c = 150 \text{ Kg/cm}^2$.

d) Se continuara con el recorte del talud y con la secuencia hasta llegar al nivel de piso de proyecto.

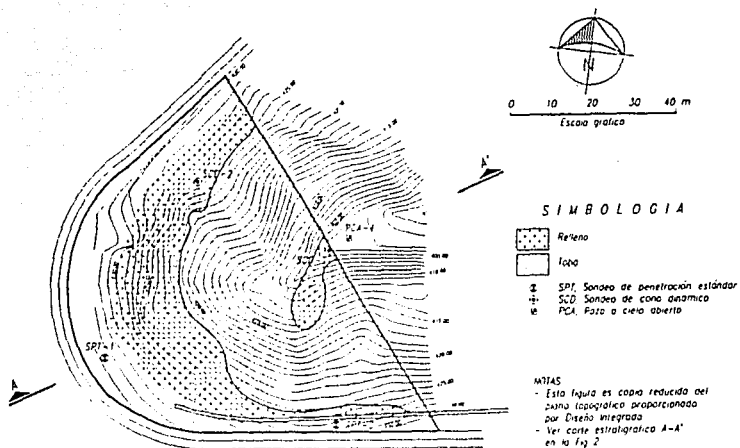
Zapatas

Las excavaciones para las zapatas podran efectuarse con taludes verticales, hasta alcanzar la profundidad de desplante, dejandolas abiertas el menor tiempo posible para evitar alteraciones tanto en sus paredes como en el fondo. El piso de la excavación debera afinarse manualmente para luego colocar una plantilla de mortero de 5 cm de espesor. Una vez colocadas las zapatas, se rellenara la sobreexcavación con material limo-arenoso colocado en capas de 20 cm de espesor y compactado al 95% proctor estandar.

Estructuras de retención

Los muros de retención deberan ir desplantados cumpliendo las mismas recomendaciones de cimentación indicadas para las zapatas de la estructura.

Para poder garantizar el correcto comportamiento de los muros, es necesario proporcionar un sistema de drenaje adecuado, ya que de lo contrario, se presentarian empujes hidrostáticos que incrementan los esfuerzos actuantes en estos elementos.



PLANTA

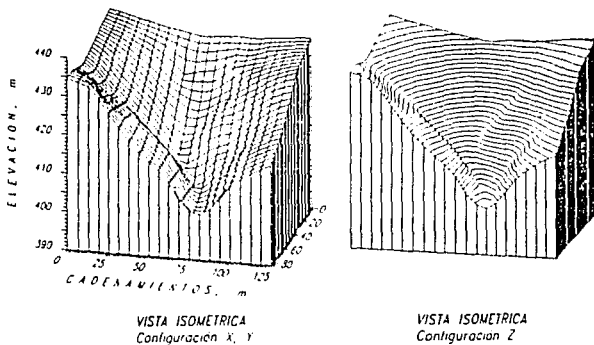


Fig 4 Planta topográfica y localización de trabajos de campo

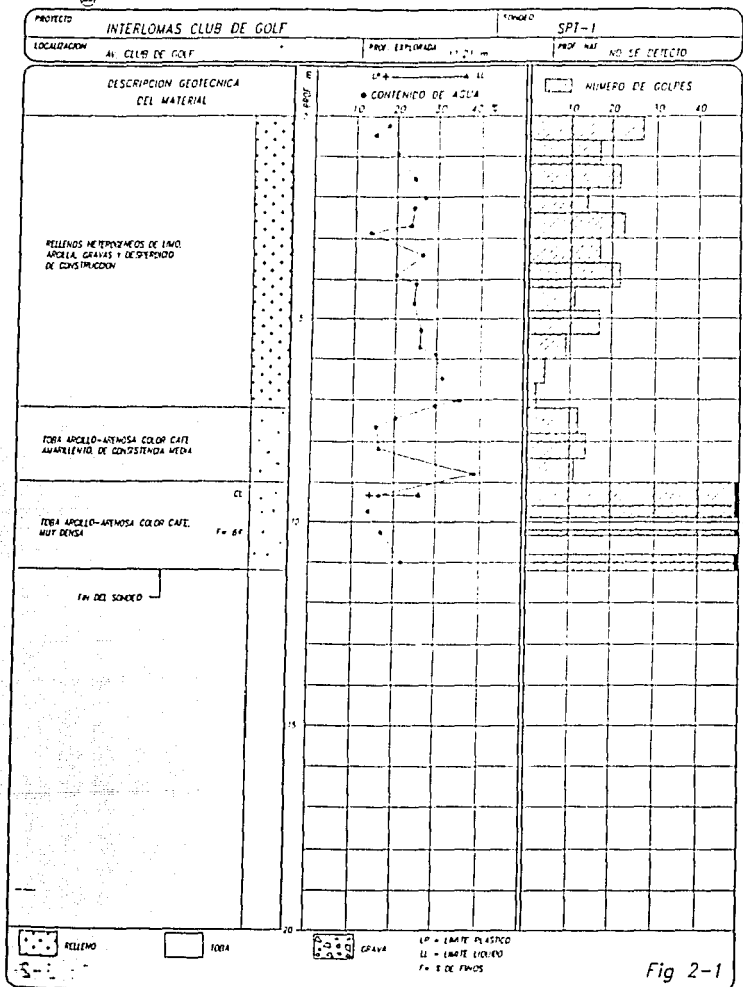
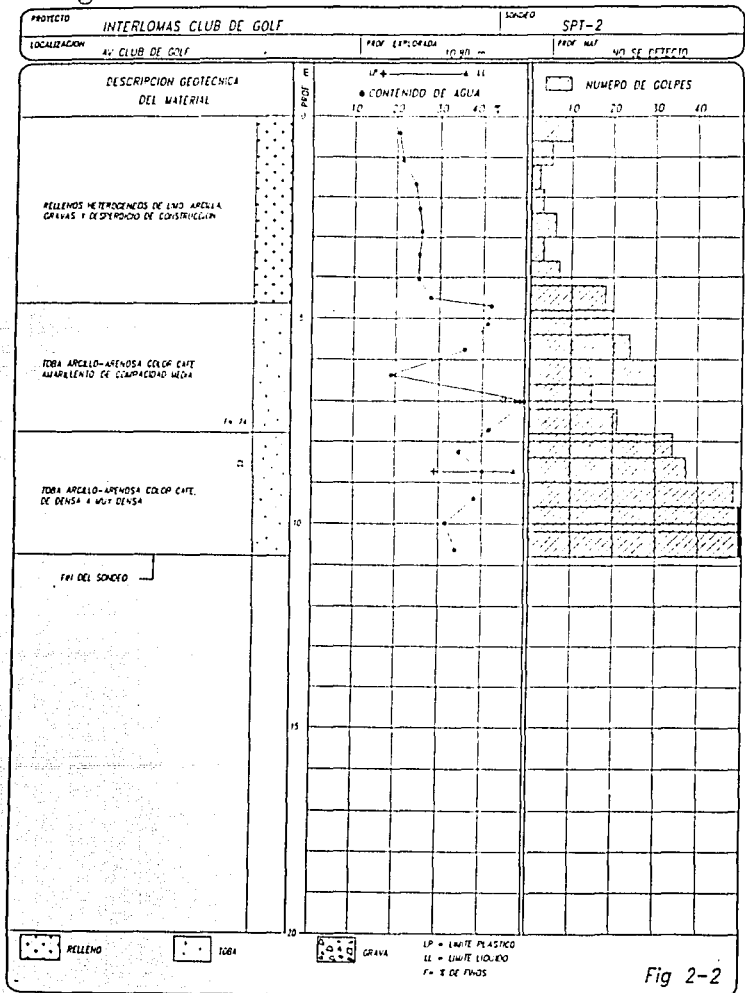
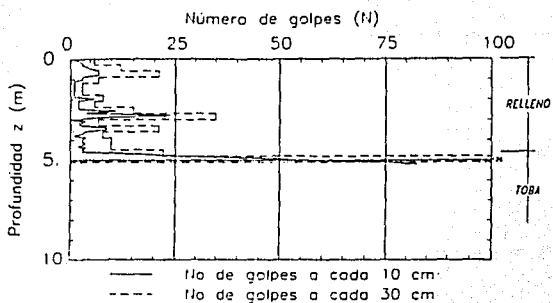
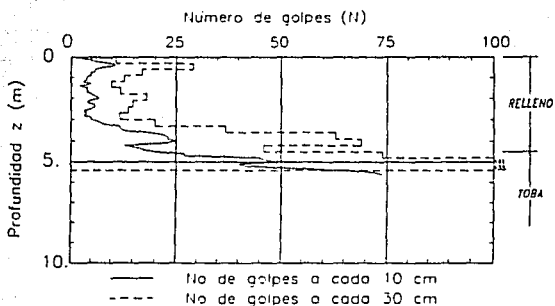


Fig 2-1





SCD-1



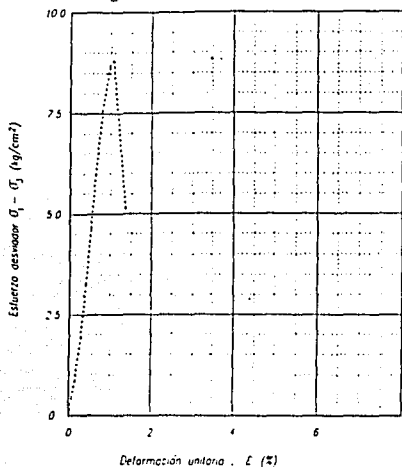
SCD-2

CLUB DE GOLF INTERLOMAS

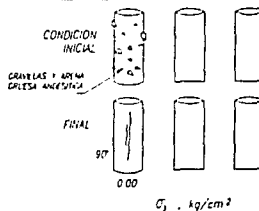
Fig 2-3

PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: INTERCALAS CLUB DE COLE



DESCRIPCION DE MATERIAL		
CL (TOBA) Arcilla café amarillento claro con gravillas andesíticas		
SÍMBOLO	σ_3 kg/cm ²	E_{50} kg/cm ²
.....	0.00	1308



SONDEO	PROF m	T_s	σ_3 kg/cm ²	σ_d kg/cm ²	w_s %	w_f %	S_s	e_i	e_f	G_w %	G_w %	γ_n kg/cm ³
U/R	1.60	UU-1	0.00	8.82	21.7	21.5	2.69	1.06	1.06	54.8	54.3	1.581

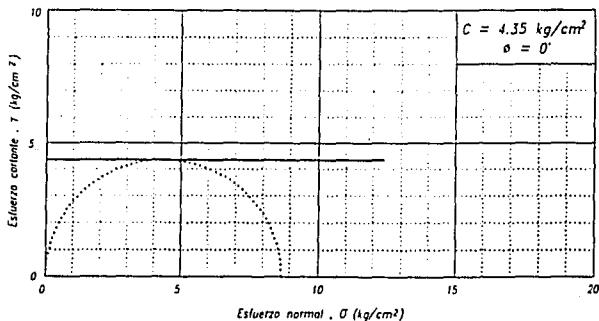


Fig 2-4

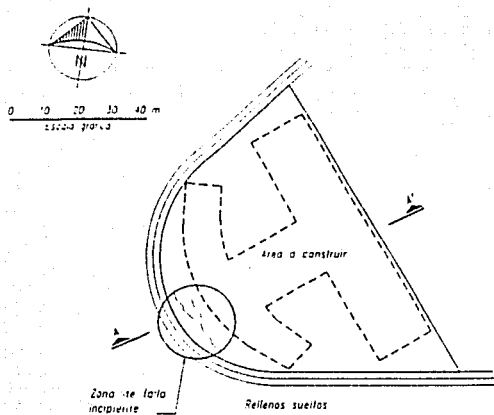


Fig 1 Planta esquemática

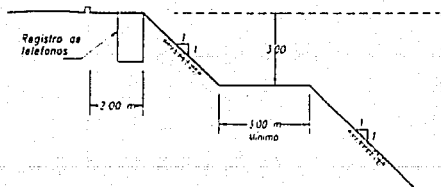


Fig 2 Corte A-A'

Para ello debiera colocarse entre el muro y relleno, un respaldo permeable de grava y arena bien graduado, instalando un tubo colector en la parte inferior del respaldo; adicionalmente, se deberan colocar drenes a través del muro para permitir la salida del agua, utilizando tubos de PVC de 2 " de diámetro, colocados a cada 2.0 m en ambas direcciones, distribuidos en tresbolillo y con una malla en el contacto con la grava y arena que impida su salida de esas partículas.

2) Excavación

La excavación se contrato a la compañía Quetzal ,que fue la que dirigió completamente el movimiento de tierras en las áreas del edificio y del estacionamiento , los cortes de los taludes fueron de 60 hasta los 90 grados , ya que se realizaba la excavación llegando a los niveles que el proyecto mandaba ,al llegar al nivel de proyecto , se bajaba (por el desnivel con respecto a la calle) un rollo de malla electrosoldada 10-10 / 10x10 , que se anclaba al talud con varillas de 3/4" de 1 m de longitud y después se le coloco una capa de concreto de 5 cm. de espesor , con el objeto de impedir intemperismo sobre los taludes , esto no se tomo como medida curativa sino como una medida que daría el tiempo para aplicar anclas y concreto lanzado . En ciertas áreas , los taludes tenían capas de basura y fueron cubiertas de igual forma, sin que se registraran problemas durante la obra , en estos taludes se lograron cortes de hasta 70 y 80 grados y tuvieron que ser tratados de una forma especial (se mencionara mas adelante) , el tratamiento que se dio a estos taludes) . La excavación duro aproximadamente 3 meses en el

área del edificio y se continuo la excavación del edificio de estacionamientos .

Una parte importante del material , se aprovecho para rellenar lo que serían las áreas verdes del edificio , por lo que se requirió de un muro de aproximadamente 15 m , este muro se realizo con suelo cemento y con su filtro de grava , la compactación de este fue con una " bailarina " y ademas se le coloco en forma de tresbolillo malla electrosoldada , el funcionamiento de este muro fue perfecto.

3) Cimentación

La cimentación consto de zapatas corridas y zapatas aisladas , se utilizo un concreto de $f'c = 300 \text{ Kg/cm}^2$, para su cimbrado se utilizo tarimas .

La cimentación consto de dos partes :

La primera o central :

Esta se encontro del eje F al eje P , fue la cimentación mas complicada ya que a pesar de haber bajado mas de 9 m del nivel que se encontraba en su estado natural , se encontro en la parte central una gran cantidad de basura que tuvo que ser retirada y en el eje K , donde se encontraba una zapata aislada , se encontro un muro de mampostería , se excavo con una retroexcavadora aprovechando al maximo la longitud de su brazo , sin embargo se encontro basura y ademas continuaba el muro de mampostería (quizás este muro tenia la finalidad de contener toda la basura que era arrojada) , se siguio excavando 4 m. mas y el muro continuaba , por lo que se decidio

rellenar todo el hueco con concreto ciclopio y se desplanto la zapata sobre el muro de contención.

La segunda :

Esta se localizo de los ejes A al F y del eje P al U , su desnivel con respecto a la cimentación central (tomando esta como N 0) , era de + 9 m. , el material que se encontro era de una calidad excelente por lo que no hubo problemas , la unión entre ambas cimentaciones se dio con un muro de concreto armado con una doble parrilla de varilla de 1/2" , que se colo sobre el talud .

4) Cimbra

La cimbra que se utilizo para esta obra fue la cimbra voladora , esta se contrato con 2 empresas , para las primeras dos losas se utilizo cimbra de andamios patentados que era voladora pero metálica.

El equipo para armar la cimbra fue recibido en 4 entregas , para la primera entrega , ya se habían colado los muros y los firmes de lo que seria la casa club en la torre A y el departamento 101 de la torre B, se comenzo el armado de las mesas conforme al plano de la compañía arrendadora , en este se indicaba el acomodo de las unidades para formar mesas y el armado de una unidad , se formaron los marcos y estos se espaciaban @ 2 m , ya teniendo los marcos con sus crucetas y colocados los gatos , sobre el remate de estos se colocaron las vigas de madera , en seguida se colocaron transversalmente los polines @ 60 cm. y sobre estos se colocaron las hojas de triplay , para el diseño de esta cimbra se tomaron las siguientes consideraciones :

El diseño de largueros y vigas de madera se hacen tomando en cuenta madera de primera con las siguientes características físicas :

Flexión	70 Kg/cm ²
Corte perpendicular al grano	7 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad	100,000 Kg/cm ²

Todo el diseño de la cimbra es por cuenta de la compañía arrendadora y es responsabilidad del contratista cumplir con las indicaciones que se dan , para esto la compañía arrendadora brinda un servicio de asesoría y de supervisión en obra por seguridad de su equipo y para la seguridad del personal que opera con este , antes del primer colado se tuvo dos visitas en las que se superviso el armado del equipo .

Para el armado del equipo , de antemano se sabia que seria laborioso sinembargo el tiempo perdido se recuperaria en las siguientes losas , para el armado se requirió de 9 parejas de carpinteros y el proceso del cimbrado duro alrededor de 3 semanas , dejando pendiente los muros centrales , donde iría la grúa torre que aun no estaba montada , primero se monto la grúa y después se termino con el cimbrado de la primera losa.

Para la primera losa se considero en el proyecto una altura de 3.20 m. mientras que para las demás losas era de 2.90 quedando una altura libre de entropiso de 2.95 y 2.65 m. respectivamente .

La diferencia de alturas entre el primer nivel y los demás se debe primeramente porque no se habia terminado con el corte del talud que se encontraba entre el edificio y el estacionamiento , y con esta altura podría pasar una retroexcavadora (cosa que se aprovecho varias veces en el transcurso de la obra) , el escombros que se generaria en el transcurso de la obra se depositaria en esta zona y

la otra que esta altura se podría aprovechar arquitectonicamente en la zona de la casa club .

La cimbra se protegio con Cimbrafest un producto de la compañía de Fester , logrando un rendimiento de las hojas de triplay de hasta 16 usos , a pesar de ser hojas de 16 mm y de importación .

Cabe mencionar que la cimbra que se utilizo en el edificio se utilizo también en la estructura de estacionamientos .

5) Armado

El armado de losas y muros fue planeada desde el momento de la descarga de los trailers de varilla , estos descargaban la varilla en la parte del primer nivel del edificio en una área que se destino exclusivamente para el habilitado del acero , en el habilitado se contaba con un segundo del maestro que dirigia de 2 hasta 4 parejas dependiendo del programa de colados de losas y muros , en esta área se habilitaban completamente las nervaduras con sus estribos y se estibaban de tal forma que al tener cimbrada una losa , con la grúa se podría subir nervaduras y trabes , dejando solo pendiente las nervaduras que corrian en el otro sentido , de esta forma se ahorra gran tiempo de armado ya que mas del 60 % de una losa ya se encontraba habilitado , ademas de que al terminar de colar una losa, al día siguiente se colaba un 30 % de muros y columnas de una torre por lo que no solo se armaba la losa si no que un 30 % de muros , contando al personal de habilitado se llevo a tener hasta 10 parejas que su trabajo " fuerte " en las losas era únicamente el de amarrar las varillas .

Después del armado , se colocan las instalaciones eléctricas y sanitarias , en esta obra se subcontrataron estas instalaciones con la compañía MBD instalaciones , en el contrato de esta empresa se estipulo que ellos nunca podrían ser causa para atrasar un colado , por lo que ellos deberían de contar con el personal y material necesario .

El total de acero que se requirió para un nivel (1280 m²) fue de 28.10 Toneladas , incluyendo el acero de los muros y columnas , sin incluir estos , el total fue de 13.57 Toneladas , con lo cual se obtuvo un índice de 10.6 Kg/m² para la losa (sin incluir el refuerzo de la capa de compresión ya que se utilizo para esta malla electrosoldada 6-6 / 6x6 , si se hubiera reforzado con una parrilla de varilla de 3/8 , el índice sería de 14.28 Kg/cm²)

A continuación se colocaba el caseton de poliestireno con lo que se daba el paso a la colocación de los torones ; Estos al igual que el acero llevan un proceso de habilitado , el postensado se subcontrato con la misma empresa que calculo el proyecto , para esta obra se contrato a I.C Construcciones , ellos al igual que el subcontratista de instalaciones no podrían ser motivos de atraso de colados , y como eran el final del proceso , en un porcentaje alto de los colados , se tuvo que colocar los torones por las noches y fueron supervisados por la constructora antes de cada colado , por la magnitud de la obra , este subcontratista mantenía un ingeniero residente encargado no solo de la supervisión del postensado sino del armado e instalaciones de la obra en general .

El total de cable toron utilizado por una losa 2,435.4 m , siendo su peso por metro lineal de 1.2 Kg/m , obteniendo un total de 2,922.5 Toneladas , obteniendo el siguiente indice 2.28 Kg/m² .

6) Colados

Antes de realizarse cada colado se verificaban niveles de cimbra , el armado no presforzado y el presforzado , las instalaciones y la limpieza de la losa por colar , es un problema muy grande el utilizar el caseton de poliuretano ya que el paso de la gente , los cortés (que eran mínimos ya que se pedian ya con cortes , sin embargo los cortes que se requerian para el paso de instalaciones se hacian con thinner o con una pistola especial de aire caliente) y demás desgajaban al caseton en pedacitos que el viento repartia entre trabes y nervaduras , y en esas áreas el concreto quedaria interrumpido , la solución fue la utilización de una aspiradora industrial , pero este proceso llevaba desde la colocación del caseton hasta minutos antes del colado , por una pareja de peones .

Los colados en esta obra se realizaron en su gran mayoría con la grúa torre , se contaba con dos bachas con una capacidad de 1.4 m³ , con lo que con el llenado de cinco bachas se vaciaba una olla , el tiempo de vaciado de una olla dependia de varios factores , de los cuales :

- Distancia entre la olla y el área por colar

La distancia mas importante es la altura ya que entre mayor sea el trayecto a recorrer mayor sera el tiempo de arribo de la

bacha para la descarga y el tiempo para el cargado . Así también el área por colar , la grúa se encontraba en la parte central del edificio , por lo que los extremos era mas tardado por el recorrido que tenia que realizar la grua .

- Velocidad del viento

La velocidad del viento puede llegar a ser de gran riesgo al utilizar una grúa , en una ocasión (colado del 14 nivel) , el viento era demasiado fuerte , todas las grúas de las demás construcciones estaban paradas mientras que nos encontrabamos colando sin embargo seguimos ya que no se pudo conseguir una bomba , la descarga de las ollas aumento a intervalos de 30 minutos ya que el riesgo de perder el control sobre la carga era muy grande .

- Experiencia del personal

Era muy importante que la cuadrilla que cargaba las bachas fuera la misma , para ahorrar tiempo , se planeo la compra de dos bachas , mientras una se encontraba en el recorrido por descargar la otra se llenaba y en ciertos intervalos de tiempo se limpiaba para que cuando llegara la otra bacha solo se tuviera que desenganchar de la grúa y enganchar la otra bacha que ya estaba cargada . La habilidad del operador así como sus conocimientos y experiencia con la grúa que se esta operando resulta de vital importancia y es determinante del tiempo para colar.

El tiempo promedio para descargar una olla fue de 20 minutos , sin embargo presenta inconvenientes ya que en el lapso de tiempo del colado , la grúa se utiliza única y exclusivamente a ese fin ,

quedando pendientes actividades de ascenso de material o movimiento de este , otro inconveniente es de que la concretera al no tener su bomba en obra da prioridad a obras que si utilizan su bomba , por consiguiente alargando el tiempo de colado que podría realizarse en un lapso poco mayor de 3 horas en lapsos de 6 a 7 horas en los que al pagar horas extras el atractivo económico de no usar bomba se pierde , el otro gran inconveniente es el riesgo a la falta de suministro eléctrico o fallas en la grúa , lo que pone peligro el termino de colado y el residente se encuentra con la dificultad de conseguir una bomba pidiendola en el transcurso del colado , cosa que sucedio en la obra y que en esa ocasion por suerte se pudo contratar la bomba , evitando de esta forma una junta fria .

El total de concreto utilizado para una losa de una torre era de 121 m² , para una area de 640 m² , dando por consiguiente un consumo de concreto de 0.189 lts/m² , manteniendo de esta forma el consumo teorico para losas de este tipo de 0.18 lts/m² .

Para el control de calidad del concreto suministrado , se contaba en la obra con el servicio del Laboratorio Nacional de la Construccion o llamado Lanco , se contaba con 2 personas una de las cuales obtenia el revenimiento de todas las ollas (cabe mencionar que en toda la obra , solo se regreso una olla por no cumplir con el revenimiento) y de cada 20 m³ se obtenian 4 muestras (para 3 , 7 y dos para 28 dias) , mientras que la otra persona realizaba un mapa de la ubicacion del concreto de cada olla con el objeto de poder localizar corazones de cada olla en caso de requerirse .

Despues de las 72 horas de haberse efectuado el colado , si se cumple con una resistencia de por lo menos 165 Kg/cm² (se utilizo concreto de f`c= 300 Kg/cm²) , se procedera a tensar , para esto fue necesario contratar los servicios de un laboratorio serio y con la infraestructura suficiente para que justo a las 72 horas se tuviera la compresion obtenida de las muestras tomadas el dia del colado de la losa .

El proceso de tensado de una losa comienza despues de 24 horas de haberse colado , primero se limpian y se extraen los conos dejandolos listos para que cumplida con la resistencia requerida y el tiempo de 72 horas se pueda efectuar el tensado de la losa , el tiempo promedio para el tensado de las losas era de una jornada , utilizando un solo gato hidraulico para este fin . Al termino del tensado y no antes se comienza a descimbrar , dejando apuntalado solo la mitad de los cruces de nervadura en forma de tresbolillo es decir si se apuntalaba en un cruce , en el siguiente cruce no se apuntalaba , para el apuntalamiento se dejaba solo a una pareja de carpinteros , y se apuntalaba conforme iban saliendo las mesas voladoras .

B) Obra de estacionamiento de Residencial Mónaco

Sin duda , donde se puede ver con facilidad las ventajas de una losa postensada , es en un estacionamiento , imaginemos un estacionamiento con un mínimo de columnas y trabes con esto logramos aumentar el numero de niveles con una altura de entrepiso similar al de un estacionamiento común , logrando ademas un estacionamiento mas libre , que requiere menor iluminación , con un mayor numero de cajones con lo que el conductor de inmediato nota la diferencia , se le facilita enormemente las maniobras necesarias para estacionarse ya que cuenta con un área mayor y con un numero menor de columnas .

Para esta estructura de estacionamientos , se manejaron 4 niveles aprovechando la topografía del terreno , esta estructura quedo unida con dos puentes metálicos por cada nivel comenzando del 6 nivel del edificio llegando hasta el 10mo nivel , donde la losa del estacionamiento se utilizo como plazaola ademas de que se utilizaron 300 m² de este para un Lobby , ademas de que se instalaron fuentes en los dos costados del estacionamiento .

La topografía de esta parte del terreno , se utilizo no solo como estacionamiento , si no que se aprovecharon los recortes y fuera del estacionamiento se colocaron bodegas , los medidores de luz , la cisterna con su cuarto de maquinas , la subestación de la compañía de Luz y se dejo un espacio por si mas adelante se desea contar con una planta de energía eléctrica .

En el nivel inferior del estacionamiento con nivel a la calle se ocupo un área de 400 m² , para un Salón de Fiestas con capacidad para 250 personas y una terraza .

En el nivel que da a la calle se construyo una caseta de vigilancias con el objeto de restringir el paso y controlar los visitantes del edificio .

1) Cimentación

La cimentación se resolvió de manera similar al de la estructura del edificio , y se enfrentaron los mismos problemas con la basura , sin embargo la estructura del estacionamiento era un muro perimetral que quedaba pegado al talud y en ocasiones se tenia que cortar (a pesar de que los cortes eran de por lo menos de 80 grados) y de una columna por cada eje (en total 13 ejes , cada eje abarcaba un área de aproximadamente 100 m²) , la cimentación se resolvió con zapatas corridas y en dos ejes , donde a mas de 15 m se encontraba basura , solo se excavo 2 metros creando un puente donde la cimentación seria soportada únicamente en el material no contaminado , sin embargo para las columnas , si se tuvo que excavar los 15 metros para desplantar a esta profundidad las zapatas .

La cimentación no se colo monolíticamente , por varias razones , entre ellas , la gran cantidad de concreto requerido y la diferencia de desplante entre esta .

En el eje M , que era el intermedio , después de excavar se encontro una salida tremenda de agua (recordando que en el estudio de Mecánica de Suelos , no se detecto el NAF) , sin embargo nos encontrabamos en el pie del talud y existe la posibilidad (ya que

nunca se encontro la verdadera causa) de que hubiera una fuga en la red de agua potable que pasaba en el hombro del talud . Este problema se resolvió con la colocación de un dren por debajo de la cimentación , su funcionamiento parece ser adecuado , esta agua se canaliza a una cisterna para el riego del jardín del que se obtiene un gasto de 6 m³/diarios .

Un eje se utilizo completamente para la cisterna del edificio , este se ubico en una zona donde el tepetate estaba completamente sano , se excavo de tal forma que se logro una altura de 2.5 metros para el tirante de esta , con lo que la cisterna tiene una capacidad un poco mayor de 220 m³ , la losa de la cisterna se construyo con vigueta y bovedilla que fue apoyado en los muros que se construyo en la cisterna , estos tienen el objeto de evitar un alto impacto sobre las paredes de esta en un sismo .

La parte mas problemática fue en el eje K , donde el estacionamiento se remedia un poco mas ya que en el nivel de la calle , seria el paso de los coches , desafortunadamente era la parte donde se encontraba la basura , se resolvió de la siguiente manera :

- Para la cimentación se excavo únicamente la parte necesaria para la zapata , en este proceso se apuntalo el talud , el mismo día que se comenzo la excavación , se armo y se colo

- Se armo el muro perimetral , fue necesario excavar hasta la altura de este , con lo que se remedia la excavación en el talud , se cimbro y se colo el mismo día .

- En la parte superior del talud , se comenzo a retirar la malla electrolosoldada y se excavo de arriba hacia abajo , este proceso lo

realizo una cuadrilla de 4 peones que estaban amarrados , estos fueron supervisados todo el proceso por los ingenieros residentes , en el proceso de excavación se comenzaron a notar grietas , cuando se observo que el talud estuvo a punto de fallar se retiro al personal , esto fue un día Sábado , el Domingo fallo el talud , el Lunes se limpio toda el área , se cimbro la losa y se colo el Miércoles , rellenandose con suelo-cemento el vacio entre el muro y el talud , después de una semana se volvió a colar el mismo eje en el nivel superior .

2) Cimbra

Se utilizo un juego completo de cimbra de la estructura del edificio (cimbra voladora metálica y cimbra de aluminio) , con lo que a pesar de aumentar el tiempo de obra , no se invirtió en madera para cimbra y no se gasto tiempo para armar de nueva cuenta un equipo de cimbra voladora y el personal de obra no vario , la ventaja de esta estructura era que su cimbrado era parejo ya que no existia una sola trabe que colgara (con excepción de la ultima losa , ya que cargaba el Lobby principal , el cual estaba sostenida por columnas que no coincidian con las del estacionamiento) , y el tiempo de entrega de la obra no se vio afectada .

3) Armado

El estacionamiento contaba con 13 ejes . los dos primeros A y B , se localizaba la rampa de ascenso y descenso para los vehiculos , en las restantes se encontraba el area del estacionamiento , cada eje tenia un area aproximada de 100 m² , y en cada eje se encontraba una

sola trabe que tenia 16 cables torones , por cada nivel de estacionamiento se requirio de 2,641 m de cable toron , obteniendo un peso de 3,169.2 Toneladas , con un area total del estacionamiento de 1196.25 m² , se obtuvo un indice de 2.65 Kg/m².

4) Aligeramiento

En cada eje se contaba con 42 casetones de poliestireno , de las siguientes dimensiones 1.2 x 1.2 x 0.34 , el indice que se obtuvo de caseton fue de 20.56 m³ por eje y 0.21 m³ en cada m² .

5) Colados

Por las grandes dimensiones del estacionamiento y la problematica que se tenia en los taludes , los colados no se hicieron completo , se dejaron cortes despues del eje a 1/5 parte del claro , esto por ordenes del calculista , sin embargo como en cada eje se tenia una trabe presforzada , donde se dejaba ell corte solo se postensaba el 60 % de los cables y el resto se tensaban al colar el siguiente eje, todas estas indicaciones se recibieron del calculista que era el corresponsable de la obra .

Cada eje requeria de 28 m³ de concreto , el indice que se obtuvo fue de 0.28 m³ por cada m² de losa .

CONCLUSIONES

Todas las decisiones importantes que en el transcurso de su vida profesional toma el ingeniero civil en su quehacer cotidiano se deben basar en :

- La optimización de los recursos con los que cuenta para el buen término de una obra , sin descuidar en ningún momento el tiempo óptimo prefijado para el término de la obra , esto provoca que el ingeniero deba de utilizar el mínimo de material , con lo que tendrá que hechar mano de la tecnología con la que se cuente en ese momento , para llegar a un fin dado llamado UTILIDAD .

Si este ingeniero se dedica al ramo de la edificación , este sabrá de antemano que se encuentra en un mercado saturado , por lo que la utilización de los nuevos procesos y tecnologías le serán de vital importancia para la permanencia de su empresa en dicho mercado , este ha sido el objetivo de esta tesis , explicar un proceso constructivo relativamente nuevo , detalladamente , y registrando los índices de consumo por m^2 .

El sistema de losas postensadas es viable económicamente , con seguridad y eficiencia , siempre y cuando se requieran grandes claros.

Las principales ventajas de estas losas son :

El ahorro que se obtiene en :

A) Tiempo :

Después de 72 horas de colada una losa y tensada , se comienza a descimbrar obteniendo por consiguiente :

-Menor cantidad de cimbra muerta

-Ciclos de colados de losas mas breves , con lo que el programa de obra se reduce notablemente .

B) Adaptabilidad de sistemas :

- Por ser losas que no son afectadas bruscamente por trabes , su cimbrado es mas fácil ya sea este tradicional o aprovechar las cimbras voladoras que se detallan ampliamente en el Capitulo II .

- Al ser losas aligeradas se tiene la opción de utilizar caseton de fibra de vidrio o bien de poliestireno .

- En la capa de compresión , se puede utilizar malla electrosoldada .

C) Arquitectura :

- Se logran diseños atrevidos y grandes espacios entre muros y/o columnas , esto se puede aprovechar en estacionamientos , centros comerciales , salones de fiestas , etc .

- En oficinas y departamentos este sistema proporciona gran facilidad de cambios de decoracion , eliminación y cambio de muros divisorios (que son la mayoría , dependiendo del proyecto hasta un 90 %) , aprovechamiento de las alturas de entrepiso (por el peralte de la losa) , lo que da un valor agregado al inmueble construido con este sistema .

- Este sistema da a Arquitectos y Diseñadores la posibilidad de crear ambientes atrevidos que antes eran restringidos para la Zona Metropolitana de nuestro país .

D) Disminución del peralte de la losa :

Al utilizar el presfuerzo se disminuye drásticamente el peralte de la losa , lo que trae como consecuencia una disminución del acero .

E) Reducción de personal :

La cantidad de personal así como su especialización se ve drásticamente disminuida por lo siguiente :

- Cimbra :

El cimbrado es sencillo , sin tantos detalles .

- Acero :

El armado del acero de las losas es sencillo (ver índices por m² Capítulo III) .

Este sistema lo podemos observar en México , en Centros Comerciales como :

Pabellón Bosques

Que se ubica en bosques de las lomas y que fue construido por CABBSA .

Edificios de oficinas :

De los cuales la gran mayoría se están construyendo en Avenida Manuel Avila Camacho (periférico) en la altura de Reforma , también se construyó un edificio de oficinas en la calle de Tamaulipas (Zona II) donde se rigidizó la losa .

Edificio de estacionamientos :

Donde se puede apreciar las ventajas de este sistema inmediatamente (ver Capítulo IV) .

Edificio de departamentos :

Donde se logran unas fachadas impresionantes y se aprovecha el sol de gran manera .

Por lo que sin duda si la estructura se encuentra fuera de la Zona III y existen grandes claros , este es el mejor sistema constructivo .

BIBLIOGRAFÍAS

- 1.-Ligby James R.
Modern Prestressed Concrete
Edit. Van Nostrand Reinhold Company
Estados Unidos
- 2.-Allen , A.H
Introducción al concreto presforzado
IMCYC , Limusa
México
- 3.-Narbey Khachaturian
Concreto Presforzado
Diana
México
- 4.-Gerwick Ben C.
Construcción de obras de concreto presforzado
- 5.-TGC
Estudio de Mecánica de Suelos de la obra " Residencial Mónaco "
México
- 6.-Diario de obra
Residencial Mónaco
- 7.-ETAL
Costos Edición Nacional
Bimsa , Marzo 95
México

GLOSARIO DE TERMINOS

A continuación se presenta una pequeña lista de términos para facilitar la comprensión de esta tesis para personas que no conocen el ramo de la construcción , la explicación de cada termino es muy breve y sencillo con lo que se sugiere que si después de leer el termino la comprensión de este no es muy clara , se dirija a un diccionario técnico .

ACOMETIDA :

Ramal de atarjea que se une al colector.

ADITIVO :

Producto que se añade a concretos y morteros para mejorar sus cualidades.

AISLANTE :

Material que impide el paso del calor , frio , humedad , ruido , etc.

ALBAÑAL :

Canal que da salida a las aguas residuales.

ANDAMIO :

Armazón de tablas y vigas (madera o metálicas) que se utiliza , adaptandolo a la altura del muro que se construye , para la edificación y reparación de edificios .

ARENA :

Conjunto de pequeñas partículas de piedras que se emplean para el mezclado con cal , cemento , como mortero para las obras de albañilería , hidráulicas , etc.

CAL :

Oxido de calcio . Es blanca y alcalina , al contacto con el agua se hidrata o apaga , aumentando el volumen y desprendiendo calor.

CEMENTO :

Mezcla de caliza y arcilla . Es un material hidráulico que tiene la propiedad de endurecerse (fraguar) al contacto con el agua.

CIMBRA :

Armazón temporal el cual soporta el peso de la estructura encofrada ademas de darle la forma hasta que el concreto obtenga la capacidad de autosoportarse .

CHAFLAN :

Corte dado en una arista o esquina de un solido .

DESNIVEL :

Diferencia de altura entre dos puntos .

DISTRIBUCION :

Forma en que se reparte el interior de un edificio .

DOSIFICACION :

Proporción en que deben mezclarse los componentes de una mezcla .

DRENAJE :

Disposición de tubos o piedras para dar salida a las aguas muertas en determinados lugares .

EMPALME :

Ensambladura o unión de dos piezas para que queden en prolongación .

EMPARRILLADO :

Cuadrículado de varillas .

EQUILIBRIO :

Estado de un cuerpo cuando dos o mas fuerzas concentradas quedan anuladas entre si .

ESCALA :

Relación entre la dimensión que tiene un objeto en el plano y su dimensión real .

ESTRIBO :

Armado de varilla que tiene como función enlazar las varillas verticales (en el caso de muros , columnas o pilas) u horizontales (en vigas y trabes) dependiendo del caso .

FACHADA :

Parte anterior y generalmente principal de un edificio u otra obra .

FIRME :

Capa generalmente elaborada de concreto pobre sobre la cual se puede cimentar .

FLEXION :

Acción o efecto de doblarse o curvarse una pieza debido a la carga a la que esta sometida .

FRAGUADO :

Fenómeno químico que consiste en el endurecimiento de los aglomerantes , como cales , cementos y yesos , sin que puedan ablandarse nuevamente .

GATO :

Aparato utilizado para levantar a pequeñas alturas elementos muy pesados .

HILADA :

Serie horizontal de tabique , tabicon , block o similares que se colocan a medida que se construye o levanta un muro .

IMPERMEABLE :

Cualidad de algunos cuerpos de oponer resistencia al paso de líquidos .

LOSA :

Placa de concreto que se utiliza en un entrepiso .

NERVADURA :

Armado que se encuentra entre aligeramientos en losas .

POSTENSADO :

Proceso constructivo que consiste en tensar los miembros de una sección para salvar un claro.

RECUBRIMIENTO :

Mínimo espesor requerido de concreto para cubrir el armado con concreto y protegerlo de la corrosión .