

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

2E3
9

Aplicaciones de la Cimbra Túnel en la Edificación

T E S I S

Que para obtener el título de :

INGENIERO CIVIL

p r e s e n t a :

JOSE LUIS FERNANDO ALARCON GARCIA



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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-59

Señor JOSE LUIS FERNANDO ALARCON GARCIA,
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. José Ignacio Ruiz Barra, para que lo desarrolle como tesis para su Examen Profesional de la carrera de Ingeniero CIVIL.

"APLICACIONES DE LA CIMBRA TUNEL EN LA EDIFICACION"

- I. Descripción del sistema.
- II. Aplicación del sistema en obras de edificación.
- III. Proceso constructivo.
- IV. Costos del empleo del sistema.
- V. Conclusiones.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, 4 de marzo de 1983
EL DIRECTOR

DR. OCTAVIO A. RASCON CHAVEZ

APLICACIONES DE LA CIMBRA TUNEL EN LA EDIFICACION

1. DESCRIPCION DEL SISTEMA

- 1.1 Partes de las que consta el equipo de cimbra
- 1.2 Maquinaria y equipo que se utiliza
- 1.3 Mano de obra

2. APLICACION DEL SISTEMA EN OBRAS DE EDIFICACION

- 2.1 Adaptación del proyecto al sistema
- 2.2 Edificios y casas construidos con cimbra túnel

3. PROCESO CONSTRUCTIVO

- 3.1 Construcción
- 3.2 Mantenimiento

4. COSTOS DEL EMPLEO DEL SISTEMA

- 4.1 Análisis comparativo de costos entre el sistema cimbra túnel y los procesos constructivos tradicionales

5. CONCLUSIONES

APLICACIONES DE LA CIMBRA TUNEL EN LA EDIFICACION

INTRODUCCION,

Nuestro país está en una etapa de desarrollo y se enfrenta a un sin número de problemas, entre los cuales uno de los más importantes es el económico, lo que detiene notablemente el avance de la tecnología, aún cuando en lo que a la ingeniería civil respecta, se encuentra en un nivel relativamente elevado, comparado -- con los países altamente desarrollados. Este gran avance que se ha tenido sobre todo en las últimas décadas, se puede apreciar -- en las grandes obras que se han construido, sobre todo las de -- edificación; ya que a pesar del tipo de subsuelo que existe en -- el Distrito Federal, cada vez se construyen edificios más altos -- y con la más sofisticada arquitectura.

La presente situación del país se refleja en el mercado de la -- construcción, que no solamente demanda un corto tiempo en la eje-- cución de las obras, sino una mayor economía y una mayor calidad en la construcción de las estructuras, por lo que el contratista de las obras de edificación, debe tratar de actualizarse en los-- métodos y procesos constructivos más modernos, para poder compe-- tir ventajosamente.

Sabemos que el concreto armado es sin duda alguna el material de construcción más popular en nuestro país, por que es uno de los-- materiales más versátiles, ya que con él se pueden realizar una-- infinita variedad de formas en comparación con las realizadas -- anteriormente con los otros materiales de construcción como la - piedra, la madera y el acero. El concreto armado tiene la venta-- ja de combinar la manejabilidad de la mezcla en su estado ini--- cial con la resistencia de la misma en su estado final, brindan-- donos así la posibilidad de darle casi cualquier forma, por me-- dio de un molde apropiado, que se llama cimbra y cuya forma toma el concreto al fraguar.

El propósito fundamental de este trabajo, es despertar en todas-- las personas involucradas de una u otra manera en decisiones so-- bre el diseño ó la construcción de obras de edificación, el in-- terés por la aplicación de nuevos métodos para la construcción - de estructuras de concreto, entre los que se considera como el-- más avanzado al SISTEMA CIMBRA TUNEL para estructuras de con-- creto armado, coladas en sitio. En el presente trabajo se expon-- drá la manera de como se utiliza y los resultados que se obtie-- nen, así como también se presentará un análisis comparativo de - los costos de este sistema con respecto a los usados tradiciona-- lmente en la construcción.

DESCRIPCION DEL SISTEMA

1

1.1 PARTES DE LAS QUE CONSTA EL EQUIPO DE CIMBRA

El equipo de cimbra utilizado en el sistema túnel, tiene un amplio rango de aplicación y abarca cualquier fase del proceso de obra, como son: las cimentaciones, las estructuras y las fachadas. En el presente capítulo nos referiremos con mayor detalle al uso de las formas para estructura, que son las más representativas del sistema y es más general su utilización.

El material que se utiliza basicamente para la construcción de las formas metálicas, es la hoja de acero de 1/4" de espesor, la cual se refuerza por medio de perfiles metálicos en forma de canal, unidos por un cordón corrido de soldadura. Estas hojas reforzadas son las que van formando los paneles, y cada panel va --

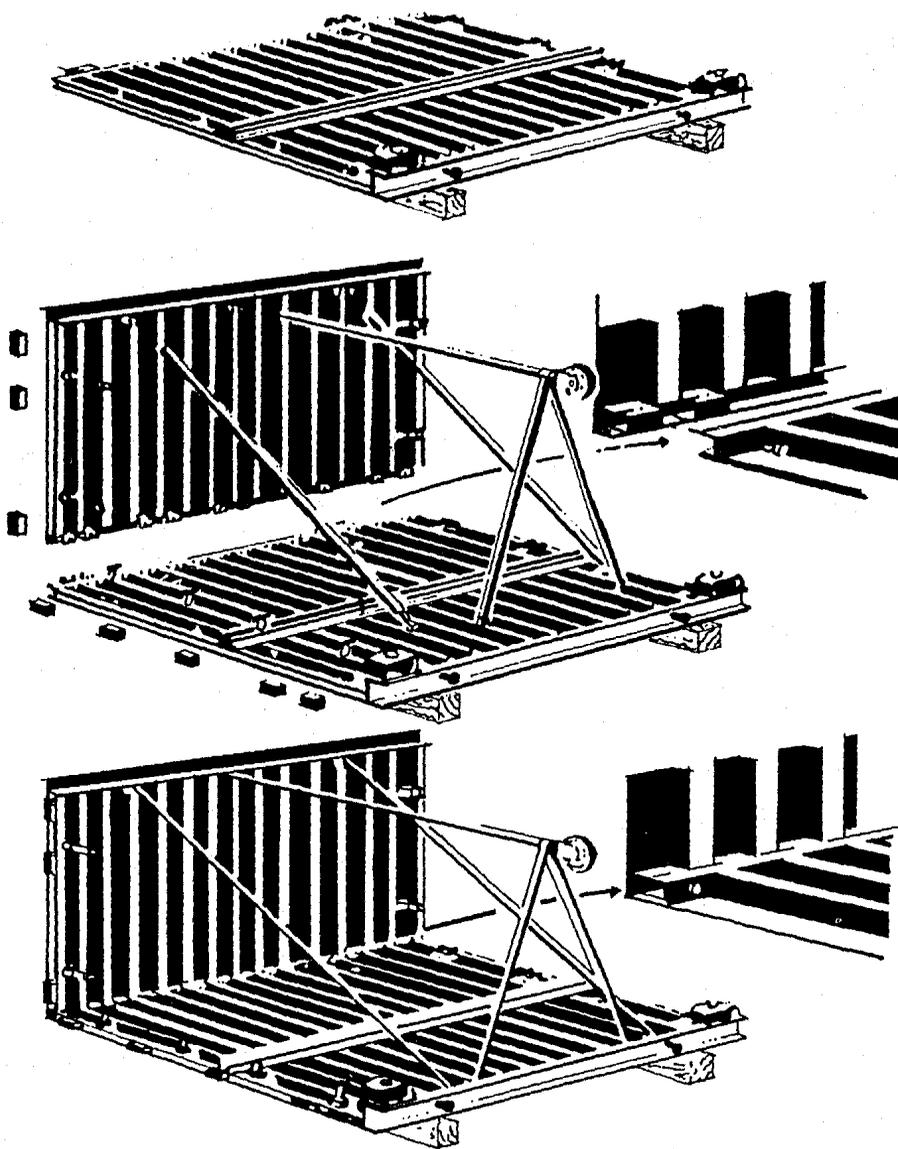


FIGURA # 1 Aquí se muestran los paneles y la forma en que se ensamblan para formar un semitúnel. También se pueden observar los puntales de apoyo y las ruedas.

reforzado transversalmente por un canal en la parte superior y -
otro en la parte inferior, en el centro del panel también lleva-
dos canales que forman una "H". En los canales superior e infe-
rior, y en medio de los dos canales centrales, se localizan unas
perforaciones por donde atraviesan los tornillos que amarran un-
panel con otro a través del muro. Este método de fabricación ---
permite soportar cargas hasta de 5.5 ton/m cuadrado (en una ---
colocación normal de concreto) y al mismo tiempo nos proporciona
un sistema con bastante flexibilidad que nos facilita las manio-
bras de cimbrado y descimbrado.

Es importante hacer notar que una de las ventajas que se obtie-
nen al utilizar placas de acero como superficie de contacto con-
el concreto, es la obtención de estructuras con un acabado espe-
jo, las cuales quedan listas para poder aplicar cualquier tipo -
de acabado, evitando el trabajo de emplastecer; ó simplemente --
dejar la superficie con un acabado aparente.

Otra de las ventajas de los materiales con los que se construye-
el equipo de cimbra, es la frecuencia de uso, ya que éstos equi-
pos, dándoles un mínimo de mantenimiento, se pueden reutilizar -
hasta mil veces.

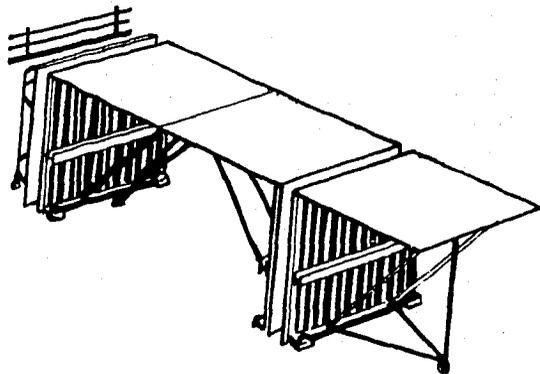


FIGURA # 2 Aquí se muestra -
como se forma una unidad básica
a base de semitúneles y -
formas de muro.

El sistema cimbra túnel, no implica únicamente la utilización de cimbra metálica en una construcción, sino que es el conjunto de actividades, equipos de construcción y equipos humanos, que siguiendo una secuencia de trabajos, logran establecer un ciclo diario de colados. En este capítulo describiremos estos equipos empezando por el de cimbra, el cual tiene como partes principales las siguientes:

- a) La cimbra túnel
- b) Las formas de muro
- c) Las formas especiales
- d) Las plataformas de descimbrado
- e) Los sistemas de soporte
- f) Los accesorios

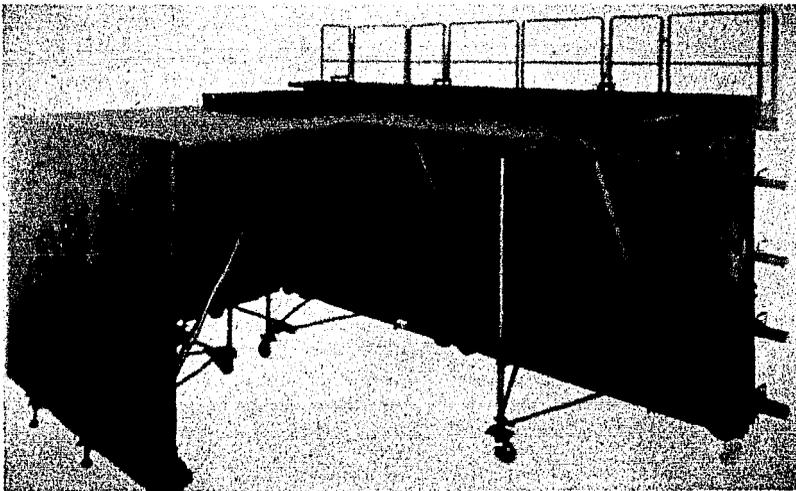


FIGURA # 3 Esta ilustración nos muestra los componentes básicos del equipo de cimbra.

a) La cimbra túnel

Es la parte principal del sistema y se forma por dos semitúneles, cada uno de los cuales, se encuentra formado por un panel horizontal y un panel vertical unidos a noventa grados formando una unidad angular asegurada por medio de tornillos y canales de unión.- Estas unidades se encuentran reforzadas por dos puntales diagonales y un puntal vertical, estos son tubulares metálicos ajustables, lo que permite nivelar al panel horizontal; el cuál soportará la losa.

En los extremos del canal de refuerzo inferior y en el extremo del puntal vertical que está en contacto con el piso, se localizan unas ruedas metálicas que nos sirven para facilitar el deslizamiento del semitúnel hacia afuera en la maniobra de descimbrar.- A cada lado de las ruedas que están en la parte inferior del panel, se localizan unos tornillos que funcionan como gatos y se utilizan para poner el semitúnel a nivel.

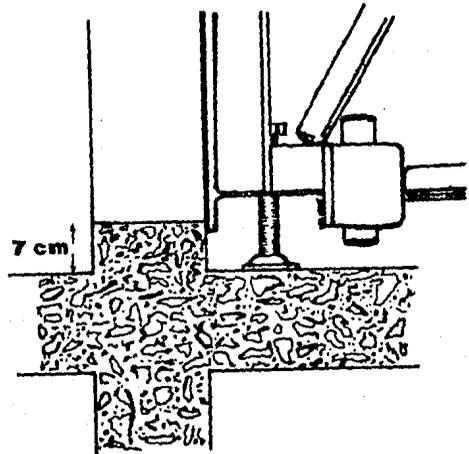
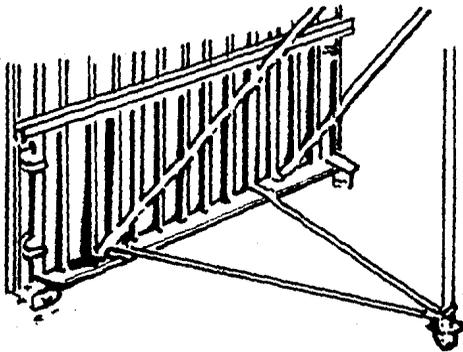
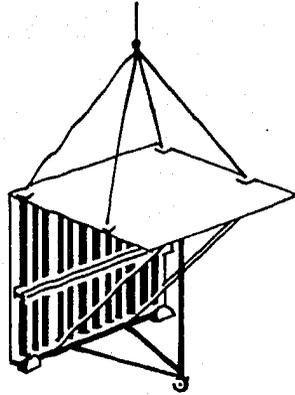


FIGURA # 4 Aquí se observan los tornillos que funcionan como gatos y nos auxilian en la puesta a nivel de la cimbra.

Esta unidad que acabamos de describir es la más sencilla que se puede formar y tiene un peso aproximado de novecientos kilogramos; ésta por el reducido peso que tiene puede ser elevada y colocada en cualquier lugar de la estructura en donde vaya a ser utilizada, por casi cualquier tipo de grúa con una capacidad mínima de 1.5 toneladas.

FIGURA # 5 Se ilustra una unidad sencilla de semitúnel con peso aproximado de 900 kg.



Para trabajar más rápido y eficientemente, lo mejor es conectar un número de unidades de medios túneles en un solo elemento más largo y por lo tanto más pesado; por lo que es necesario hacer esto previendo la capacidad de acarreo de la grúa que se piense utilizar; verificando ésto, es posible utilizar hasta cinco unidades de 2.5 m de longitud, para poder formar una unidad de medio túnel con 12.5 m de largo, que si tiene dos metros de ancho y dos metros de altura, nos alcanza a proporcionar un área (entre muros y losas) de contacto de 50 m cuadrados. Este largo elemento de medio túnel, llega a pesar aproximadamente 3.5 toneladas.

También es posible hacer combinaciones con túneles y semitúneles por ejemplo: si reemplazamos una unidad de semitúnel de cinco metros de longitud por dos unidades de dos metros y medio, que formen un túnel completo de dos y medio metros de longitud.

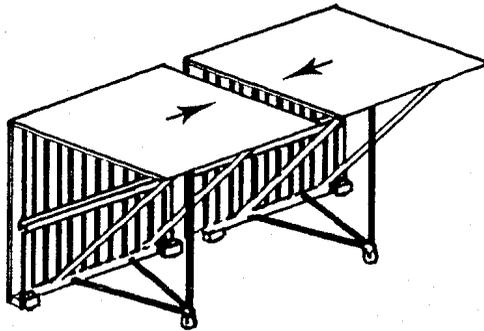
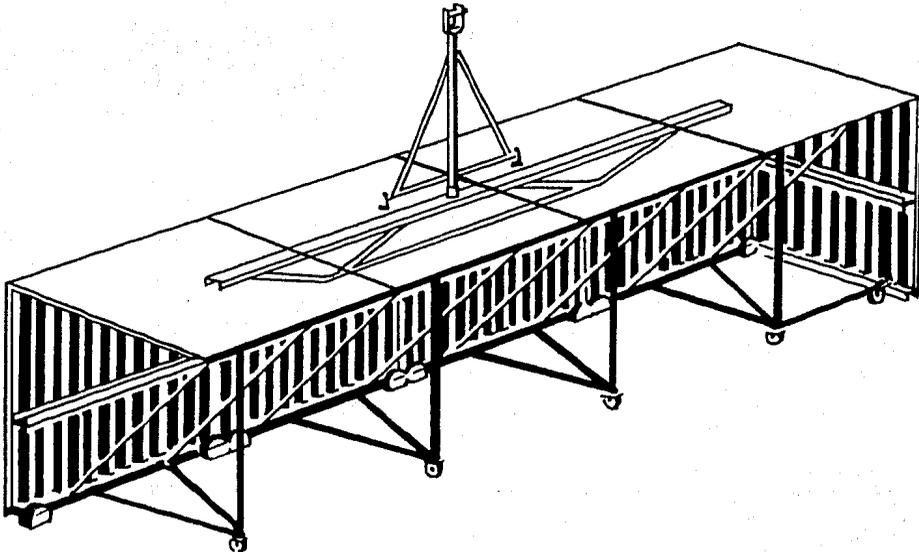


FIGURA # 6 En la parte superior se muestra la forma en que se unen los semitúneles; en la parte inferior se ilustra un semitúnel compuesto por 4 unidades sencillas y un panel de fondo.



La diferencia que existe entre dos semitúneles y un túnel completo es el tipo de unión que las ensambla, ya que si se trabaja -- con medios túneles, éstos solo llevan una placa de unión que se asegura a base de tornillos, y en las maniobras de cimbrado y -- descimbrado se mueven independientes; si la unidad se utiliza -- como un túnel completo, éstas se sujetan por debajo con una bisagra de cople en la junta que asegura la unión permanentemente y -- es necesario colocar un puntal horizontal de extremo a extremo -- en la parte inferior de los paneles. Un túnel completo puede subsecuentemente ser utilizado como un medio túnel reemplazando el cople de bisagra por una placa sujeta por tornillos y removiendo el puntal horizontal.

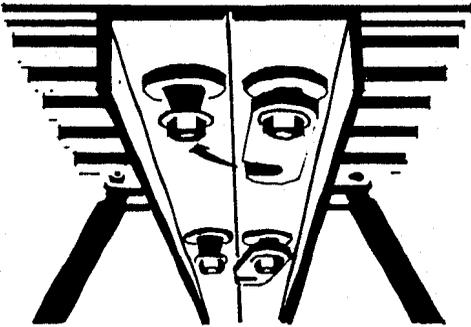
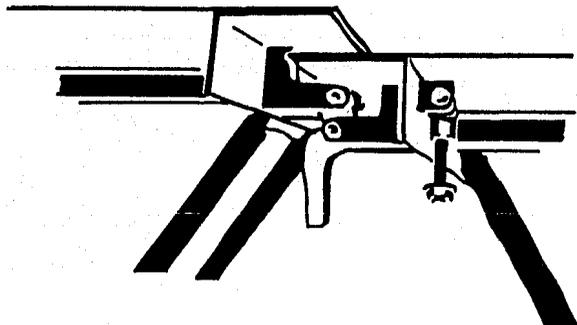


FIGURA # 7 Aquí se observan los mecanismos de unión entre semitúneles y túneles completos.



Las uniones en el sentido longitudinal del túnel o el semitúnel también se pueden hacer de dos formas; permanentes si se ensamblan varios paneles para formar una unidad más larga, y se sujetan por medio de canales de unión y tornillos; ó transitorias si se unen dos unidades largas para completar la longitud del túnel por medio de un mecanismo de cerrojo de acción rápida.

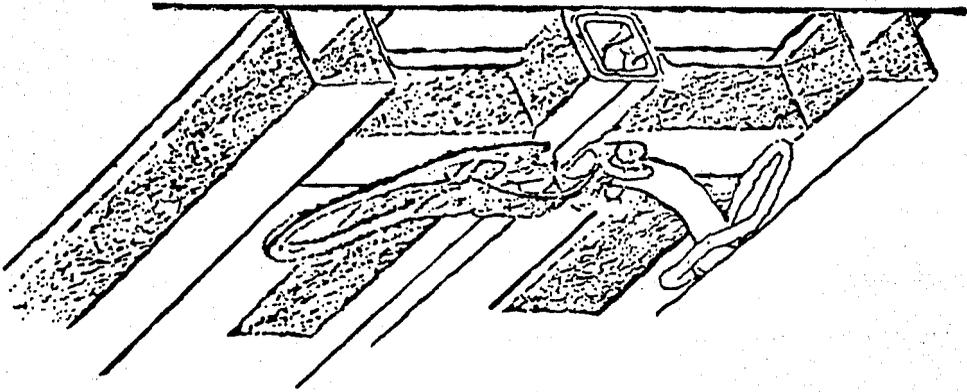


FIGURA # 8 Muestra la ilustración de un mecanismo de cerrojo de -
Acción Rápida.

Al medio túnel o al túnel completo se les pueden añadir un panel de fondo para poder colar los muros transversales al mismo tiempo. Este panel se puede atornillar a cada sección del semitúnel o al túnel completo formando ángulos de noventa grados con los paneles horizontales y verticales, si se piensa descimbrar junto con éstos; ó se puede utilizar un panel plegable que se une por medio de cerrojos de acción rápida y se descimbra independientemente a los paneles que forman el túnel.

FIGURA # 9 Semitúnel con --
panel de fondo.

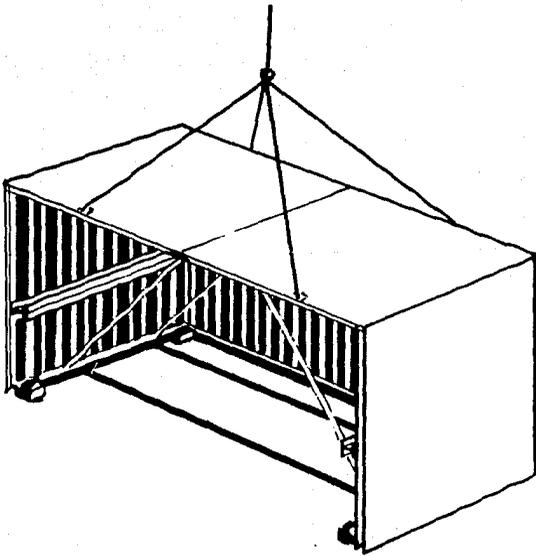
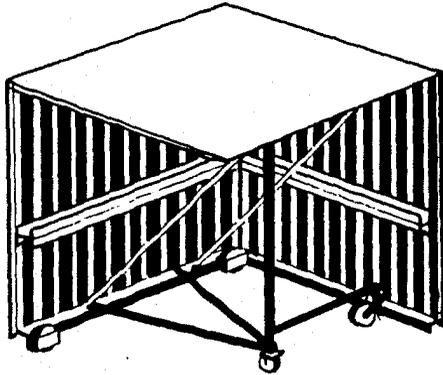


FIGURA # 10 Túnel completo
con panel de fondo.

Es importante mencionar que a las unidades de medios túneles y -
de túneles completos, se les da una contraflecha positiva a los-
paneles horizontales, con el fin de prevenir (en claros largos)-
algún tipo de deflexión que la losa pudiera presentar.

Para cualquiera que sea la combinación que se piense utilizar, -
es importante tomar dos cosas en cuenta: primero se debe conside-
rar la capacidad de acarreo de la grúa y en segundo lugar, se --

debe suponer en todos los casos un ciclo parejo de operación y luego suponer todos los trabajos sin el ciclo de operación para que exista un balance de uno con el otro.

Para fines de planeación de obra, es suficiente con saber que el peso aproximado de una forma de panel es de 62 kg por metro cuadrado, así como el peso estimado de una unidad completa que incluye soportes, ruedas, tornillos, etc., es de aproximadamente de 70 kg por metro cuadrado.

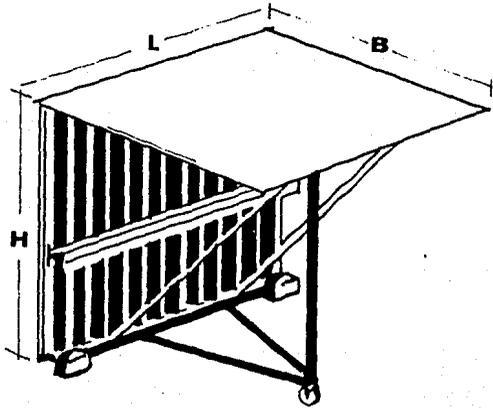
A continuación se muestran algunas dimensiones estandar de los túneles, aunque estas formas se pueden fabricar casi con cualquier longitud requerida, sólo es importante tener en cuenta la selección de las dimensiones que nos puedan proporcionar un máximo valor de reutilización.

LONGITUDES :

L = 0.625 m

L = 1.250 m

L = 2.500 m



ALTURAS ESTANDARD :

H = 2.460 m

H = 2.553 m

H = 2.490 m

H = 2.583 m

H = 2.520 m

H = 2.613 m

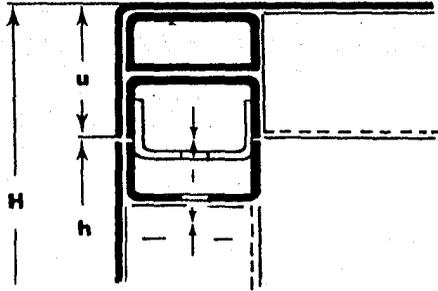
Se pueden obtener alturas especiales, si se selecciona una sección diferente de esquina, por ejemplo :

$u = 33 \text{ mm}$

$u = 63 \text{ mm}$

$u = 93 \text{ mm}$

$H = h + u$



Los CLAROS ESTANDAR son: $(2 \times B)$ menor a 5.50 m

Los CLAROS ESPECIALES son: $(2 \times B)$ entre 5.50 y 7.0 m

b) Las formas de muro

Esta forma se utiliza para cimbrar muros independientes o como complemento de los muros del túnel, para el caso en el que por la forma de la estructura no sea posible utilizar una unidad de medio túnel, o sea necesario colar el muro final sin ningún tramo de losa ó con un tramo muy corto de ésta. Esta unidad se forma únicamente con paneles horizontales y una pequeña estructura tubular que proporciona el soporte.

Estas unidades no cuentan con ruedas, solamente con los gatos -- que se usan para su puesta a nivel. La estructura metálica con la que cuentan estos elementos sirve básicamente para mantenerlos en una posición vertical y proporcionarles soporte, pero --- cuenta también con unas escaleras que permiten un fácil acceso a la parte superior de la cimbra, y tienen un pequeño andador que-

permite la circulación de los trabajadores y facilita los trabajos de armado y colado. El andador tiene un barandal para que el personal trabaje con seguridad.

En la parte superior de los paneles, se les puede ensamblar una banda adicional por medio de canales de unión y tornillos, para que dependiendo del proyecto esta pueda funcionar como frontera para la parte superior de la losa, si es vertical al igual que el panel ó puede ser horizontal para permitir que la losa tenga un volado por encima del muro; también puede ser la combinación de ambas.

c) Las formas especiales

Como ya mencionamos anteriormente la cimbra túnel es muy versátil, y se pueden formar semitúneles hasta de 12.5 m de longitud y con alturas hasta de 3.0 m, teniendo claros entre muros que pueden variar de 0.75 m hasta 7.30 m; pero para lograr estos últimos es necesario utilizar unas formas especiales llamadas --mesas, las cuales están formadas por un panel horizontal soportado por unos puntales hechos a base de tubulares metálicos debidamente contraventeados. En la parte inferior de estos puntales se localizan las ruedas metálicas que giran en cualquier dirección y facilitan su deslizamiento. Estas mesas se acoplan perfectamente entre los dos semitúneles, con una unión a base de placas y tornillos.

Otro equipo que forma parte de las formas especiales, son las --bandas adicionales, las cuales se fijan a los extremos de los --paneles mediante unas bisagras, lo que permite que sean abatidos hacia abajo cuando no se requiere utilizar el ancho extra que --estos nos proporcionan. Estas se pueden fijar también en ambos --lados de las formas de mesa.

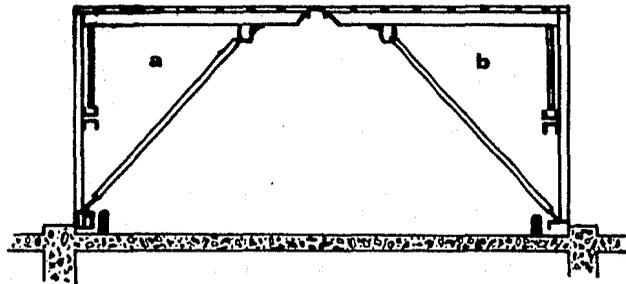
Cuando es necesario formar alturas que excedan los 2.76 m del panel normal, se utiliza una banda adicional en el muro vertical

el cual se atornilla a los paneles horizontales y verticales estandar, reforzandolos con tirantes metálicos. Las alturas máxi--mas de claro que se pueden lograr con estos paneles especiales --son hasta de tres metros. Cuando estos paneles son removidos, --las unidades de túnel se pueden seguir utilizando como unidades--estandar.

Es importante hacer notar que el claro mínimo en el que puede --ser utilizada una unidad completa de túnel, es de 0.75 m, ya --que una unidad menor es imposible de descimbrar. También es im--portante poner atención especial en la estabilidad de cualquier--unidad estrecha.

Estos paneles de extensión ó bandas adicionales se pueden fabri--car en varios anchos, que con la adición de las mesas es posible lograr un sinúmero de combinaciones de claros libres, de las cua--les se presenta el siguiente ejemplo:

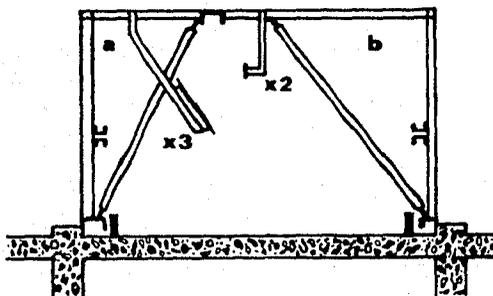
$$B1 = a + b$$



$$B2 = a + b + x2$$

$$B3 = a + b + x3$$

$$B4 = a + b + x2 + x3$$

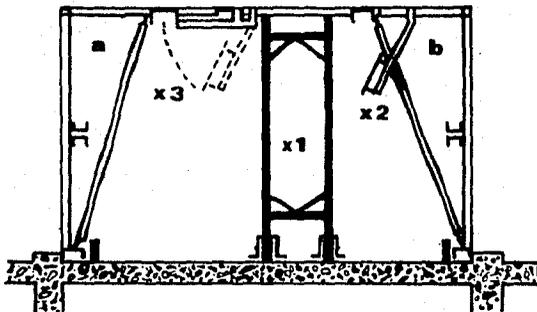


$$B5 = a + b + x1$$

$$B6 = a + b + x1 + x2$$

$$B7 = a + b + x1 + x3$$

$$B8 = a + b + x1 + x2 + x3$$



d) Las plataformas de descimbrado

Al descimbrar los túneles ó los medio túneles, estos se deslizan hacia afuera por medio de las ruedas metálicas, por lo que en -- los niveles siguientes al nivel de basamento, es necesario colocar una superficie de apoyo en donde se coloca la unidad para -- que pueda ser sujeta y levantada por la grúa. Esta superficie de apoyo es la llamada plataforma de descimbrado.

Estas plataformas estan formadas por una estructura tubular que encaja perfectamente en el hueco por donde es sacada la cimbra -- en el nivel inferior, donde se fija perfectamente. En la parte -- superior esta estructura tiene unas preparaciones para ser reves

tida por tablones de madera, los cuales van a formar la superficie de apoyo para los túneles. Estas plataformas cuentan con un barandal abatible de tubulares metálicos, por lo que éstas unidades cumplen una doble función, ya que además de servir de soporte a la cimbra, se utilizan como un seguro andador para los trabajadores.

e) Los sistemas de soporte

Entre estos sistemas mencionaremos primero a las plataformas de soporte, que están construidas similarmente a las plataformas de descimbrado; la principal diferencia es que éstas no se acoplan en el hueco de la estructura como las plataformas de descimbrado sino que van atornilladas directamente en el muro de concreto; otra diferencia es que éstas son mucho más angostas que las de descimbrado, y la razón de esto es que su finalidad no es presentar un área para apoyar las formas de túnel, sino solamente un área para poder dar apoyo a las formas de muro. Estas también tienen una protección para los trabajadores y se utilizan como andadores, que conjuntamente con las plataformas de descimbrado permiten la circulación del personal a todo el rededor de la estructura.

Otras plataformas de soporte son las que se colocan en los huecos, como los que se forman en los cubos de los elevadores. Estas plataformas están hechas a base de ángulos metálicos que tienen unas preparaciones para recibir los tablones de madera que forman la superficie de soporte. Este tipo de sistema de soporte se construye del tamaño exacto de los huecos y se va fijando en los muros por el interior del cubo, colocándose en el cubo conforme se van colando los muros. Estas plataformas también realizan una doble función, ya que sirven de soporte a los paneles de muro y proporcionan seguridad al personal que trabaja en esa área, ya que no corren el peligro de caer al interior del cubo.

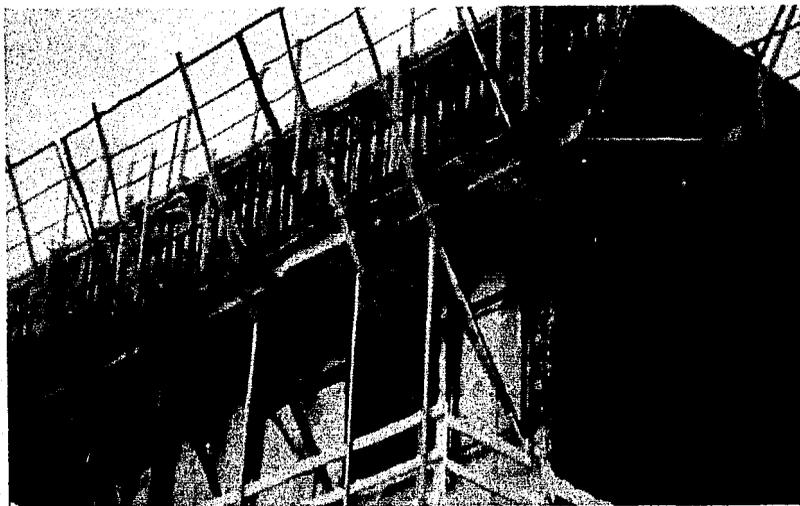


FIGURA # 11 Esta ilustración nos muestra las plataformas de descimbrado y los sistemas de soporte.

f) Los accesorios

Entre los accesorios se agrupan todas las piezas complementarias para las estructuras, como son: los claros de puertas y ventanas, las fronteras de losa y muros, los cuadros de reserva para huecos en losa y en muros, los ángulos metálicos y todos los mecanismos necesarios para la fijación de éstos.

Primeramente describiremos los marcos para puertas y ventanas, - los cuales están fabricados con placa de acero del mismo ancho - que el espesor del muro, y reforzados por una estructura tubular abatible que los rigidiza, evitando deformaciones ó pandeos al momento del colado y facilita su descimbrado. Estas formas se -- construyen con las medidas exactas de los claros que se requieren en el proyecto, sin temor a tener algún descuadre durante el colado, ya que van fijados en ambas caras de los paneles que forman los muros mediante unos tornillos que los atraviesan de lado a lado. También cuentan con un sistema de gatos para su correcta nivelación.

Las fronteras de losa y de muro también son tiras de placa de -- acero con el ancho exacto del espesor de los muros ó de la altura de la losa. Las fronteras de los muros se colocan entre los -- dos paneles que forman el muro y van fijados a éstos por medio -- de tornillos, las fronteras de losa se colocan sobre los paneles horizontales y van también fijados por tornillos. Esta forma de fijación de los elementos directamente sobre los paneles en barrenos perforados previamente, disminuye notablemente la posibilidad de tener algún error de descuadre ó desplome.

Una de las características principales del sistema es el monolitismo que adquieren las estructuras al colarse conjuntamente los muros y las losas, por lo que adquiere gran importancia el elemento que describiremos a continuación, que son los ángulos metálicos. Estos sirven de cimbra a siete centímetros de muro que se cuelga en la parte superior de la losa (cuando la estructura continúa hacia arriba), lo que nos proporciona una mayor continuidad entre el nivel superior y el nivel que se está construyendo. Otra de las ventajas que se obtienen al colar estos desplantes -- es que los muros quedan perfectamente localizados en el siguiente nivel, al igual que los claros de las puertas, permitiendo -- colocar en el siguiente nivel la cimbra con una mayor rapidez y exactitud, evitándose el trabajo del trazo de los muros.

Los ángulos se colocan sobre unas piezas metálicas especiales, -- que se fijan en la parte superior de los paneles que van a formar los muros y que tienen el espesor exacto de los muros y la -- misma altura de la losa. Una vez colocados los ángulos sobre estas piezas, se les coloca en la parte superior otras piezas en -- forma de "U" invertida que impiden a los ángulos se separen durante el colado. Para definir los claros de las puertas en el -- piso superior, se colocan entre los ángulos unas placas de acero que funcionan como frontera; éstas placas también tienen el mismo espesor de los muros y se fijan por medio de unas horquillas que vienen soldadas a los ángulos. Es importante observar que --

los ángulos se unen firmemente a base de tornillos y que en las esquinas tienen un refuerzo diagonal, obligando a las escuadras de las esquinas a formar un ángulo de noventa grados perfecto, - así mismo por el diseño de estos ángulos, nos proporcionan una - ayuda muy grande en la nivelación de la superficie de concreto - que forma la parte superior de la losa.

Por último se mencionan entre los accesorios, a la diversa cantidad de tornillos que se utilizan; ya que para armar los túneles se usan los canales de unión con sus respectivos tornillos; para fijar cualquier tipo de pieza especial, también se utilizan tornillos de varios tamaños, generalmente las tuercas para éstos -- tornillos se encuentran soldadas a los elementos de panel para - simplificar su colocación y evitar su pérdida. Sin duda alguna, - los tornillos más importantes del sistema, son los que se utili-

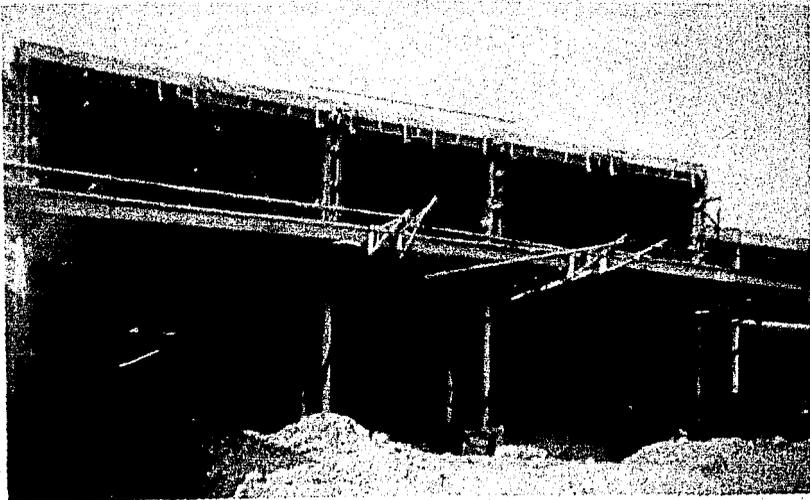


FIGURA # 12 Vista de frente de los semitúneles y las plataformas - de descimbrado.

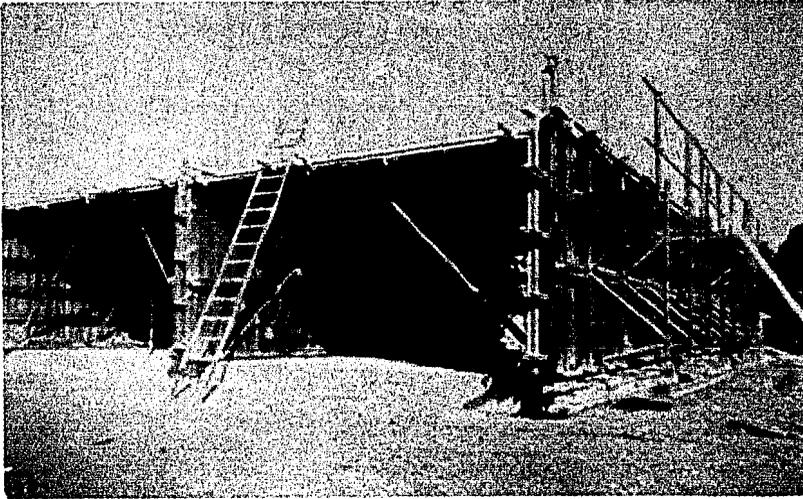


FIGURA # 13 Ilustración de los semitúneles y las formas de muro.

zan para fijar un panel con otro y formar los muros, ya que estos son los mas grandes, por que atraviesan de lado a lado el espesor de los muros, evitando que el concreto se adhiera a ellos - pasando por en medio de unas piezas de acero que a su vez funcionan como separadores. Estas últimas quedan ahogadas en el concreto, pudiendose recuperar al tener los muros descimbrados, ya que pueden salir hacia un lado facilmente, gracias a la forma cónica que tienen.

De todos los barrenos que se les hace a las formas de panel, --- existen algunos que por necesidades de proyecto no se utilicen - en determinados momentos, por lo que es necesario taparlos con - unos tapones plásticos que se quitan y se colocan con facili-dad para evitar que el concreto escurra hacia afuera por estas - perforaciones.

1.2 MAQUINARIA Y EQUIPO QUE SE UTILIZA

Una de las características de las obras de edificación es la mínima utilización de maquinaria pesada con respecto a cualquier otro tipo de obras de ingeniería, y el sistema cimbra túnel no es la excepción. En los últimos años las obras de edificación han adquirido grandes beneficios con la incorporación de las grúas.

Es fácil entender que la maquinaria más importante en el sistema túnel es la grúa, ya que es indispensable para mover las formas metálicas, puesto que cualquiera de éstas por muy sencilla que sea no se puede trasladar únicamente con material humano. La selección de la grúa se debe hacer tomando en cuenta el tipo de proyecto y la velocidad de trabajo; por ejemplo, para un edificio de gran altura, es recomendable utilizar una torre grúa, ya sea fija ó trepadora, ahora bien si el edificio además de alto, es largo; es necesario utilizar una torre grúa móvil, que se deslice sobre una vía. Si el proyecto es de estructuras bajas y entre una y otra existe una distancia regular, como podría ser un conjunto de casas habitación, es más recomendable la utilización de una grúa hidráulica montada sobre neumáticos ó camión móvil, o utilizar una draga montada sobre orugas. En el caso de un proyecto como un conjunto de edificios de mediana altura y que se encuentren separados una distancia media, es recomendable utilizar una torre grúa montada sobre ruedas que deslicen sobre una vía desmontable.

La velocidad de trabajo también se determina con el tipo de grúa ya que dependiendo de la capacidad de carga de ésta, los túneles o los medios túneles se habilitan con más ó con menos paneles; y mientras más largos sean los túneles, es mucho mayor la facilidad de cimbrado y descimbrado, por lo que se adquiere una mayor velocidad de trabajo.

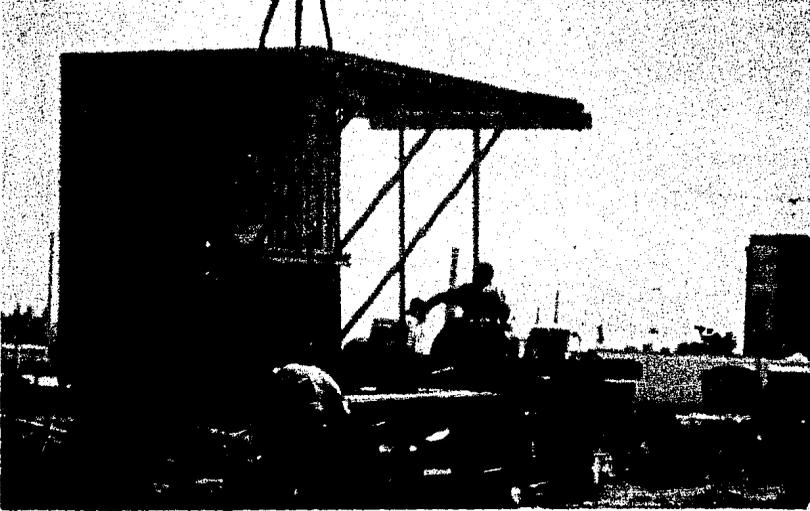


FIGURA # 14 Transporte de una
unidad sobre una
plataforma móvil.

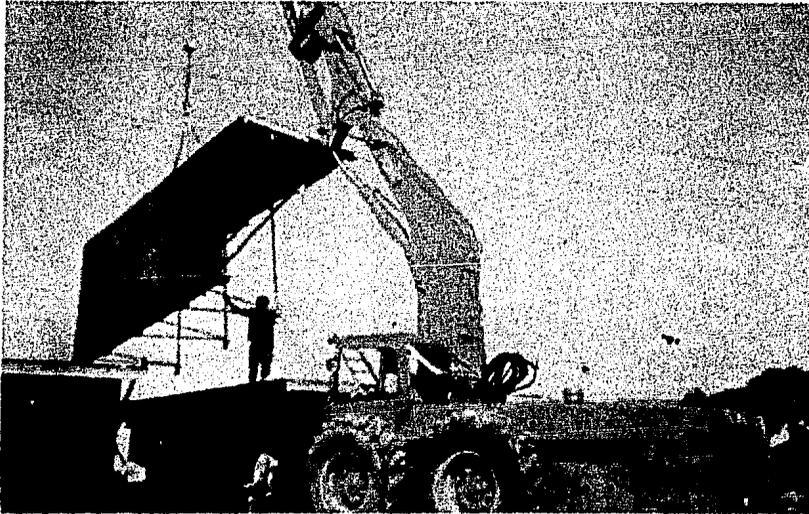


FIGURA # 15 Colocación de un -
semitúnel por medio
de una grúa hidráulica
montada sobre
neumáticos.

Ya hablamos de la importancia que tiene la grúa en el sistema, - con la cual se resuelven los problemas de cimbrado, descimbrado y la elevación de todo tipo de materiales, aún la colocación del concreto se puede resolver prácticamente con la grúa y la utilización de una cubeta para concreto.

Otro tipo de maquinaria que se puede utilizar, dependiendo de -- las condiciones de la obra y de la empresa constructora, es una planta de concreto; mencionamos las condiciones de la obra, porque en el caso de no existir una planta premezcladora en la zona entonces si es indispensable contar con una planta de concreto - en la obra, ya que teniendo en cuenta que el ciclo del sistema - es diario, el volúmen de concreto que se tiene que fabricar y -- colocar diariamente es de aproximadamente cincuenta metros cúbicos, y el tiempo que tenemos para ejecutar estas operaciones es de ocho horas como máximo, por lo que además el rendimiento de - ésta planta debe ser de diez metros cúbicos por hora como mínimo y mencionamos esto por que aunque sabemos que la velocidad de -- colado es determinada por la rapidéz de colocación del concreto, el límite inferior nos lo proporciona el rendimiento que se tenga en la fabricación.

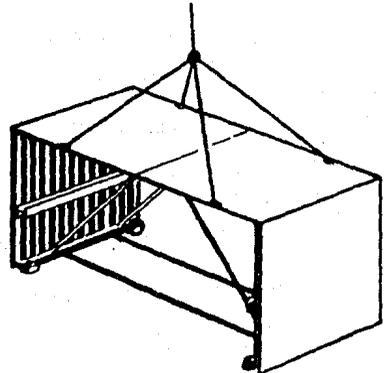
En caso de existir una planta premezcladora en la zona, nuestra única preocupación deberá ser la colocación del concreto; ya que mencionamos ésta operación, que como dijimos anteriormente es la que nos marca la velocidad de colado, y que por las característi- cas de este sistema, la rapidez en la ejecución de sus actividades son un punto importantísimo, haremos las siguientes obser- -- vaciones sobre la colocación del concreto: Tal vez la forma más adecuada para realizar esta operación, sea utilizando la grúa -- con la que se cuenta en la obra y un par de cubetas para concreto, abastecidas directamente por la planta de concreto ó por un camión revolvedora; en caso de que el tiempo de la grúa se use - en otras actividades que nos sean más rentables y que haya posibilidad de utilizar otro método, el más recomendable es el bom- -- beo. Este se puede realizar con una bomba estacionaria abasteci-

da directamente por la planta de concreto, ó por un camión re---
volvedora; ó se puede utilizar una bomba montada sobre camión --
abastecida por camiones revolvedora, ó usar camiones revolvedora
con una bomba de concreto integrada. La selección de estos equi-
pos depende de las condiciones de obra y de la economía que el -
uso de uno u otro nos pueda representar.

El equipo menor que se emplea en el sistema, es básicamente el -
mismo que se usa en cualquier obra de edificación, como pueden -
ser: vibradores para concreto, cortadoras y dobladoras de vari---
lla, etc. Se recomienda utilizar unos vibradores de concreto que
se adhieren a los muros por el exterior de la cimbra. El único -
equipo especial que se utiliza en el sistema, es un juego de ca-
lentadores de aire, los cuales pueden funcionar a base de die---
sel, gas ó gasolina y cuya función empieza una vez terminado el
colado, al calentar el interior de los túneles para que el con-
creto adquiriera una mayor resistencia a temprana edad, acelerando
el curado, lo que nos permite descimbrar al día siguiente.

La herramienta que se utiliza es en realidad mínima, ya que sólo
se requieren un par de llaves para aflojar y apretar tornillos,-
un par de martillos de hule, un par de cisallas para cortar ma--
lla, y también es necesario utilizar uno ó más pares de cables -
de acero con ganchos de seguridad para elevar objetos pesados. -

FIGURA # 16 Túnel completo
elevado por medio de cables
de acero.



En caso de utilizar túneles ó medios túneles muy largos, es necesaria la utilización de un tripié de levantamiento y balance, el cual es fijado en el centro de gravedad de la unidad, por medio de un tornillo y una mariposa de acero.

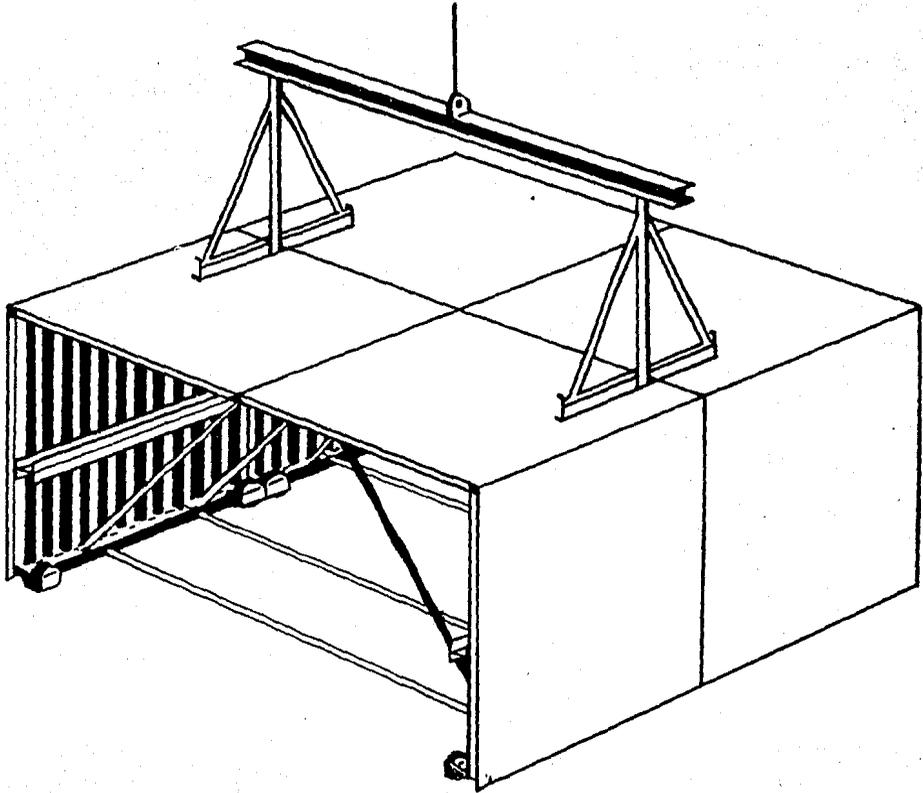


FIGURA # 17 Túnel completo elevado por medio de tripies de levantamiento y balance.

El siguiente equipo que se menciona, no es indispensable para la ejecución del ciclo, pero su utilización resulta muy ventajosa.- Mencionaremos primero la máquina de lavado, que consiste en un motor eléctrico ó de gasolina que funciona conjuntamente a un --

compresor de aire, a la que se le conecta agua y nos proporciona un chorro de ésta a gran presión, que nos sirve para limpiar el juego de cimbra, la maquinaria, el equipo y la lechada de concreto que escurre hacia las losas. Otro equipo que se puede utilizar es una regla vibratoria, que nos ayuda en la colocación del concreto en las losas y nos proporciona un acabado muy parejo,-- que nos facilita el rodamiento de la cimbra en el nivel supe----rior. También es recomendable contar con algunos pies derechos - metálicos, que se utilizan para el apuntalamiento de las losas - en los claros que se acaban de descimbrar. Para la limpieza diaria de la cimbra es bueno usar una espátula de mango largo para quitar los residuos de concreto y un tanque de aire portátil para aplicar desmoldante. Es importante tener una máquina pulidora de mano para el caso de que el concreto adherido no se pueda despegar con facilidad, y una pequeña planta de soldar para efec---tuar trabajos menores de reparación en la cimbra.

1.3 MANO DE OBRA

En las obras de edificación, la mano de obra es la que nos representa el porcentaje más alto de los costos, por lo que éste es - un punto muy importante, y una de las características del siste--ma es la notable reducción en la utilización de la mano de obra, y por lo tanto del costo de la misma.

El número de trabajadores puede variar un poco, dependiendo de - las características del proyecto y las condiciones de trabajo, -- pero son al rededor de cincuenta personas las cuales las podemos agrupar en las siguientes cuadrillas :

CUADRILLA	ACTIVIDAD	CATEGORIAS
I	Cimbra y descimbra	(1) cabo (8) oficiales (2) ayudantes
II a	Habilitado del <u>ace</u> ro de refuerzo	(2) oficiales (2) ayudantes
II b	Colocaci <u>o</u> n del <u>ace</u> ro de refuerzo	(2) oficiales (2) ayudantes
III a	Habilitado de ins- talaciones	(1) cabo (4) oficiales (4) ayudantes
III b	Colocaci <u>o</u> n de ins- talaciones	(4) oficiales (4) ayudantes
IV	Colados y elemen- tos prefabricados	(2) maniobristas (3) oficiales (2) vibradoristas
V	Limpieza de la cim- bra y mantenimien- to	(1) soldador (2) ayudantes
VI	Operadores	(1) op. de grúa *(1) op. de planta de concreto *(2) ayudantes planta de concreto

* en caso de existir

APLICACION DEL SISTEMA EN OBRAS DE EDIFICACION

2

2.1 ADAPTACION DEL PROYECTO AL SISTEMA

El curso que sigue la industria de la construcción hoy en día, - está guiado cada vez más hacia la reducción del tiempo de construcción. Con el sistema cimbra túnel, organizado en un ciclo -- diario preplaneado, nos permite no solo llegar a construir la -- estructura rápidamente, sino llegar a tener considerables aho-- rros de tiempo en las actividades subsecuentes, ya que éstas ope-- raciones se podrían procesar en un patrón integrado, esto es lle-- gar a industrializar todas las actividades. Aquí es por lo tan-- to, en donde la apreciable ventaja del sistema de cimbra metáli-- ca empieza.

Cuando los equipos de cimbra túnel son organizados en un ciclo diario de actividades, el acortamiento del tiempo de terminación es logrado. Este, cualquiera que sea, requiere un adicional desarrollo en las operaciones de planeación y supervisión a través de todo el tiempo de construcción. Es muy importante la organización de las actividades para llegar a realizar lo que se mencionó en el párrafo anterior, pero tal vez el punto más importante sea el tener una información muy completa y un total conocimiento del proyecto que se está desarrollando.

Ya que mencionamos el proyecto, es importante observar, que un punto importantísimo en el funcionamiento del sistema, es el tener un proyecto adecuado, con esto queremos decir que el proyecto se debe concebir completamente adaptado al sistema constructivo; y no tratar de forzar en un determinado proyecto el uso del sistema cimbra túnel, por que seguramente no se obtendrán los resultados esperados.

Lo anterior es importante, por que no basta que en el proyecto se utilicen las medidas dimensionales que nos permitan la utilización de los moldes metálicos, sino que es necesario tener en cuenta también los siguientes puntos :

a) Los armados del acero de refuerzo

Se deben calcular considerando que la estructura se va a colar monolíticamente, por lo que se deberán tratar de proponer los armados lo más sencillo posible, así como también se debe tratar de que éstos sean lo más repetitivos en toda la estructura, lo que permitirá que se puedan habilitar previamente y en gran escala, para facilitar su colocación. También se debe procurar que el espaciamiento entre las varillas nos permita el rápido y fácil vaciado del concreto en los muros.

b) El concreto

En lo que respecta a la mezcla de concreto, esta debe diseñarse de tal forma que asegure una buena manejabilidad, así como un --

tamaño máximo de agregado de acuerdo a los espaciamientos del -- acero de refuerzo y de los espesores de los elementos estructurales. En lo que respecta a la resistencia del concreto, es necesario tratar de que ésta sea uniforme en todos los elementos estructurales, porque resulta muy difícil y tardado el vaciado del concreto cuando se tienen que variar las resistencias en la mezcla.

c) Las instalaciones

Estas se deberán proyectar de tal forma que permitan su habilitación previo y en gran escala, para su rápida colocación, por lo -- que es recomendable evitar en lo más posible las instalaciones -- ahogadas en los muros y en las losas, y estas se deberán tratar de colocar en los espacios que queden libres entre los plafones -- y la losa ó en los cubos de ductos, para que en la estructura sólo se dejen los pasos que permitan completar los trabajos posteriormente.

Una vez tomados en consideración los puntos anteriores, el encargado de la realización del proyecto, tendrá una amplia variedad -- de formas para seleccionar la estructura y desarrollar su imaginación, ya que este sistema nos proporciona soluciones que van -- desde la simple estructura en forma de caja, con muros cruzados -- ó con muros paralelos hacia uno y otro lado; estructuras para fachadas circulares ó poligonales, y en forma de estrella ó radiales.

Pero sea cual fuere la forma de la estructura, para obtener los -- mejores resultados, el arquitecto deberá considerar los siguientes requerimientos esenciales:

- La altura del entrepiso no deberá variar a través de todo el edificio.

- Las variaciones en el espesor de la losa de piso ó los bordos que presenten un cambio de nivel, deberán ser evitados
- La unidad básica de la estructura deberá permanecer abierta en uno de sus lados, para permitir las maniobras de descimbrado
- Las variaciones pequeñas en los claros individuales se deben evitar
- Un alto grado de repeticiones en la estructura nos reducirán al máximo el costo de la cimbra
- Las trabes en cantiliver deberán ser evitadas, o dar soluciones a éstas con previsiones que nos permitan ejecutar--las posteriormente ó prefabricarlas.

2.2 EDIFICIOS Y CASAS CONSTRUIDOS CON CIMBRA TUNEL

La cimbra tunel tiene un amplio rango de aplicación en la edificación, ya que el único requisito que se debe cumplir para que la utilización del sistema resulte costeable, es que la obra presente un alto grado de repetición, lo cual asegurará nuestra inversión, ya que el factor de depreciación calculado para la cimbra tunel, se iguala al de la tradicional cimbra de madera ----- aproximadamente a los sesenta rehusos, y cuando el sistema túnel es utilizado en una vida de quinientos rehusos, este factor de depreciación es reducido aproximadamente a un diez por ciento de el valor normal de la depreciación computada para la cimbra de madera.

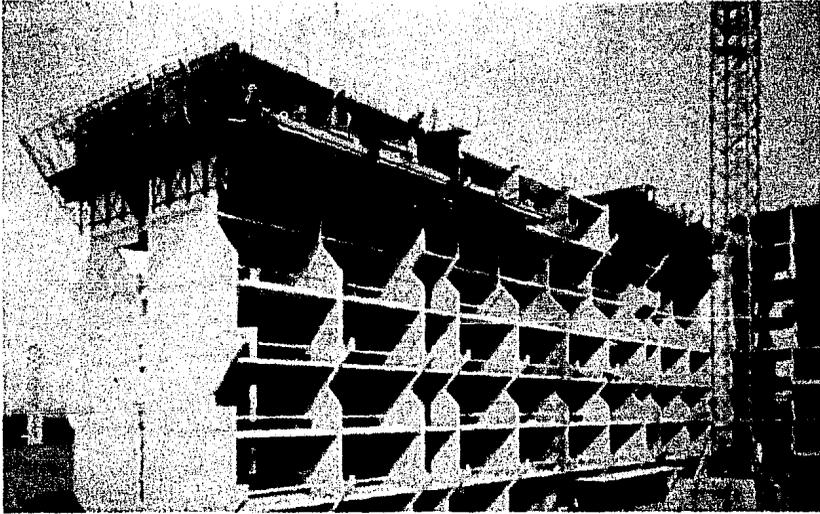


FIGURA # 18 Vista de una estructura construída con cimbra túnel.

Es por esta razón que resulta muy económico el empleo de este -- sistema en los proyectos de grandes ó medianos edificios, en los proyectos habitacionales en forma horizontal y en los conjuntos- de edificios. A continuación se presentan algunos ejemplos de -- proyectos concebidos para este tipo de cimbra y que se han reali- zado en diferentes partes del mundo.



FIGURA # 19 Fotografía de -
un gran edificio construído
con cimbra túnel.

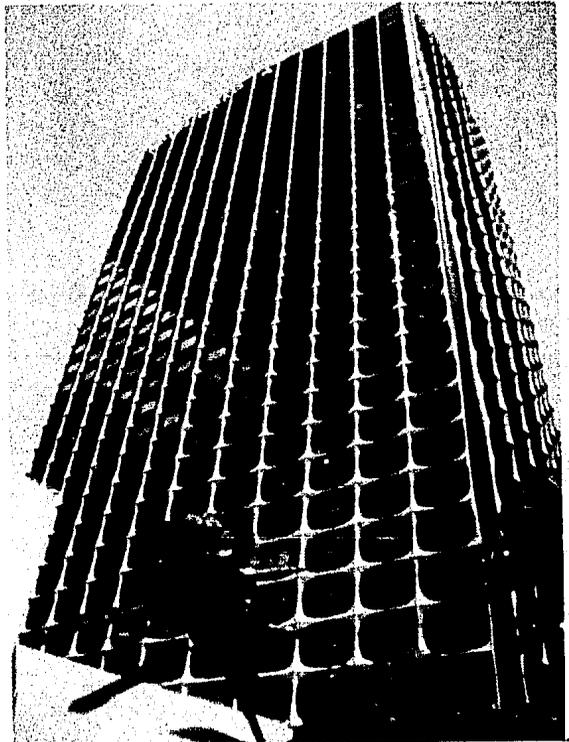
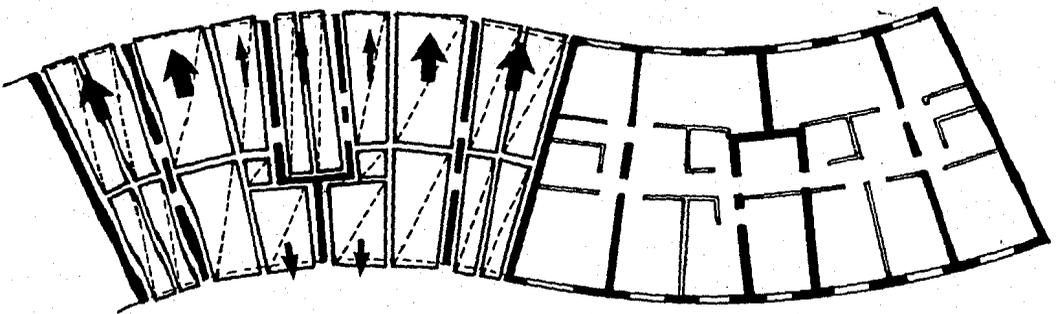


FIGURA # 20 Fotografía del
mismo edificio anterior, --
completamente terminado.

PROYECTO # 1

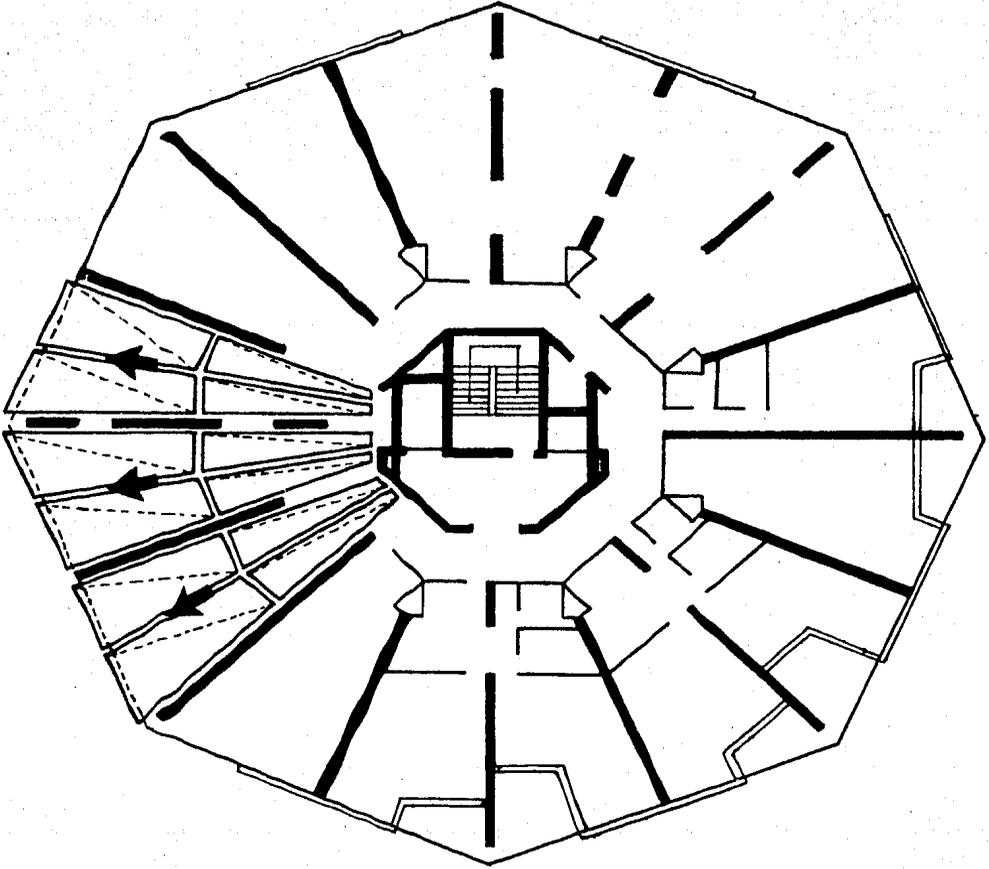
Este edificio está diseñado con una forma de curvas opuestas, -- por lo que la fachada será revestida a base de paneles curvos -- que se harán prefabricados en el mismo sitio de la obra. Este -- proyecto ha sido claramente diseñado para obtener una completa -- ventaja de los muros de concreto que soportan cargas y que serán formados con la cimbra túnel; en el croquis se pueden localizar -- marcados con las líneas más gruesas.

La característica principal de este proyecto es que los paneles -- horizontales se cortaron en forma diagonal para adaptarlos a la -- forma de la estructura y los cuales pueden ser desensamblados pa -- ra sustituirse por paneles estandar y rehusarse en cualquier --- otro tipo de estructura. Cada movimiento se realiza con cinco -- túneles completos, los cuales se forman por los semitúneles que -- están marcados con una línea diagonal, y las flechas nos indican -- hacia donde salen éstos.



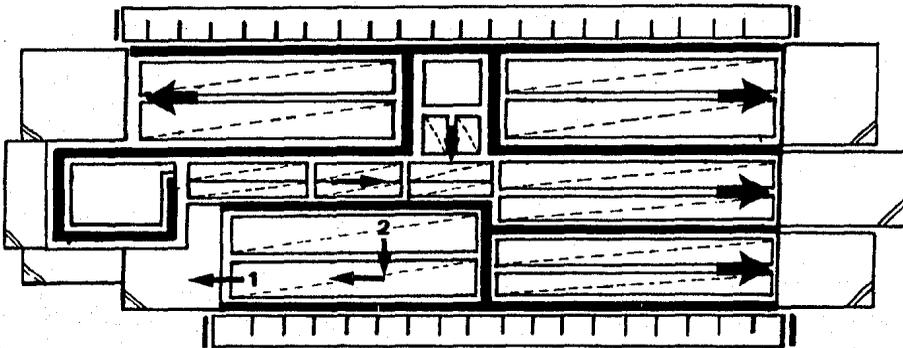
PROYECTO # 2

Esta estructura tiene una forma poligonal, con los muros de soporte colocados radialmente, el núcleo central donde se encuentra ubicado el cubo de las escaleras, es colado simultáneamente a los túneles, pero utilizando solo formas para muro, y la losa con cimbra tradicional. Todos los muros divisorios y los muros cruzados que limitan los departamentos se construyen en una etapa más tarde y con otro tipo de material (block ó tabique), estos se marcan en el croquis con líneas más angostas que las de los muros de concreto, las áreas cruzadas por una línea diagonal representan las unidades de medio túnel, las cuales utilizan una banda adicional en forma de cuña para lograr la forma de la estructura sin necesidad de cortar los paneles estándar. Cada planta de este edificio es construida en cuatro movimientos de cimbra, formadas por cuatro unidades completas de túnel. Las flechas nos indican hacia donde salen los túneles.



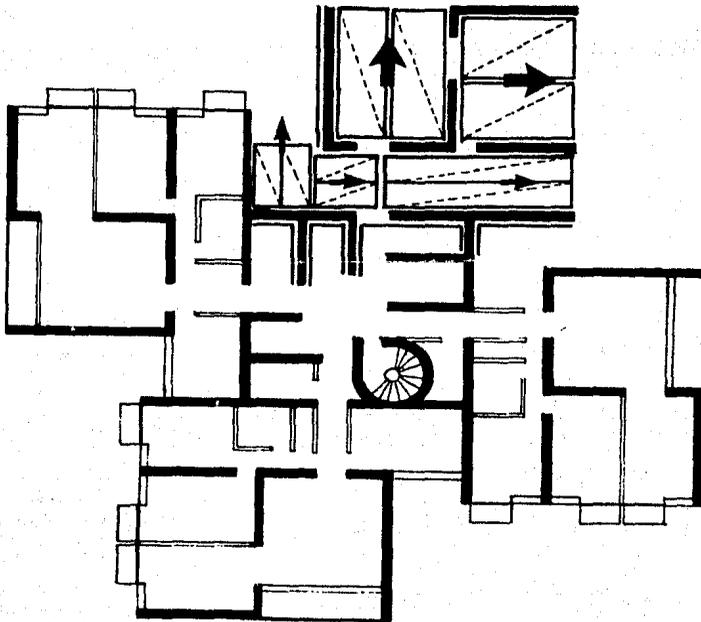
PROYECTO # 3

Este proyecto de edificio a primera vista parece complicado, por que el cubo de las escaleras es exterior e interfiere la salida de la unidad de semitunel, pero en realidad no lo es, porque para la maniobra de descimbrado, se mueve hacia afuera primero el semitunel número uno y luego el número dos se desliza hacia un lado a la posición que ocupaba la unidad número uno, en donde ya es posible moverla hacia la plataforma de descimbrado, las demás unidades salen en la dirección que indican las flechas. En esta estructura el diseño básico de la extensión de los cuartos es -- muy simétrica. El cubo de la escaleras se construye independientemente a los túneles, por medio de formas de muro 6 en un caso dado se puede utilizar una cimbra deslizante. Cada planta de este edificio se construye en una sola operación.



PROYECTO # 4

Este proyecto pertenece a un edificio elevado, que es eminentemente concebido para la utilización de la cimbra túnel, incluyendo el cubo de la escalera y el del elevador. La construcción de cada piso se realiza en cuatro etapas, colocando los túneles en los cuartos dispuestos al rededor del núcleo central como se muestra en la figura. Este núcleo central se va formando conforme se va rotando la cimbra, utilizando las formas para muro, y se complementa con losas prefabricadas. Las escaleras en forma de caracol también son prefabricadas y se cuelan en el mismo sitio de la construcción. En el croquis están marcados los muros de concreto con líneas gruesas y los muros interiores que son de tablaroca se distinguen con las líneas más delgadas, éstos últimos se construirán posteriormente. Las flechas nos indican hacia donde salen los túneles.



PROYECTO # 5

Por último se presenta el primer proyecto que se realizó en México utilizando una cimbra de este tipo, el cual se construyó en la ciudad de Cancún, Quintana Roo. Este edificio tiene una forma piramidal, por lo que la superficie de cada planta va disminuyendo conforme se va ascendiendo, está estructurado con los muros que forman los cuartos en el sentido del menor momento de inercia del edificio, reforzados por dos muros transversales que forman el pasillo central. Los cuartos extremos también se proyectaron en el sentido perpendicular y con dimensiones diferentes a las de los cuartos centrales, razón por la cual se decidió construir primero todos los cuartos standard, para que al final se cambiaran las dimensiones de los túneles agregandoles unas formas de mesa y se construyeron los cuartos cabeceros.

El núcleo de elevadores se construyó paralelamente a los movi---mientos de la cimbra túnel, pero utilizando una cimbra tradicional. Todas las escaleras y descansos se hicieron precolados en el mismo sitio de la obra, al igual que las placas de concreto estriado que forman las fachadas. Los muros interiores están marcados en el croquis con líneas más delgadas, se construyeron a base de tablaroca y los muros marcados con línea gruesa son de concreto. Las áreas marcadas con una línea diagonal son las que representan el equipo de cimbra túnel que se utilizó. Las fle---chas nos indican hacia donde salen los túneles.

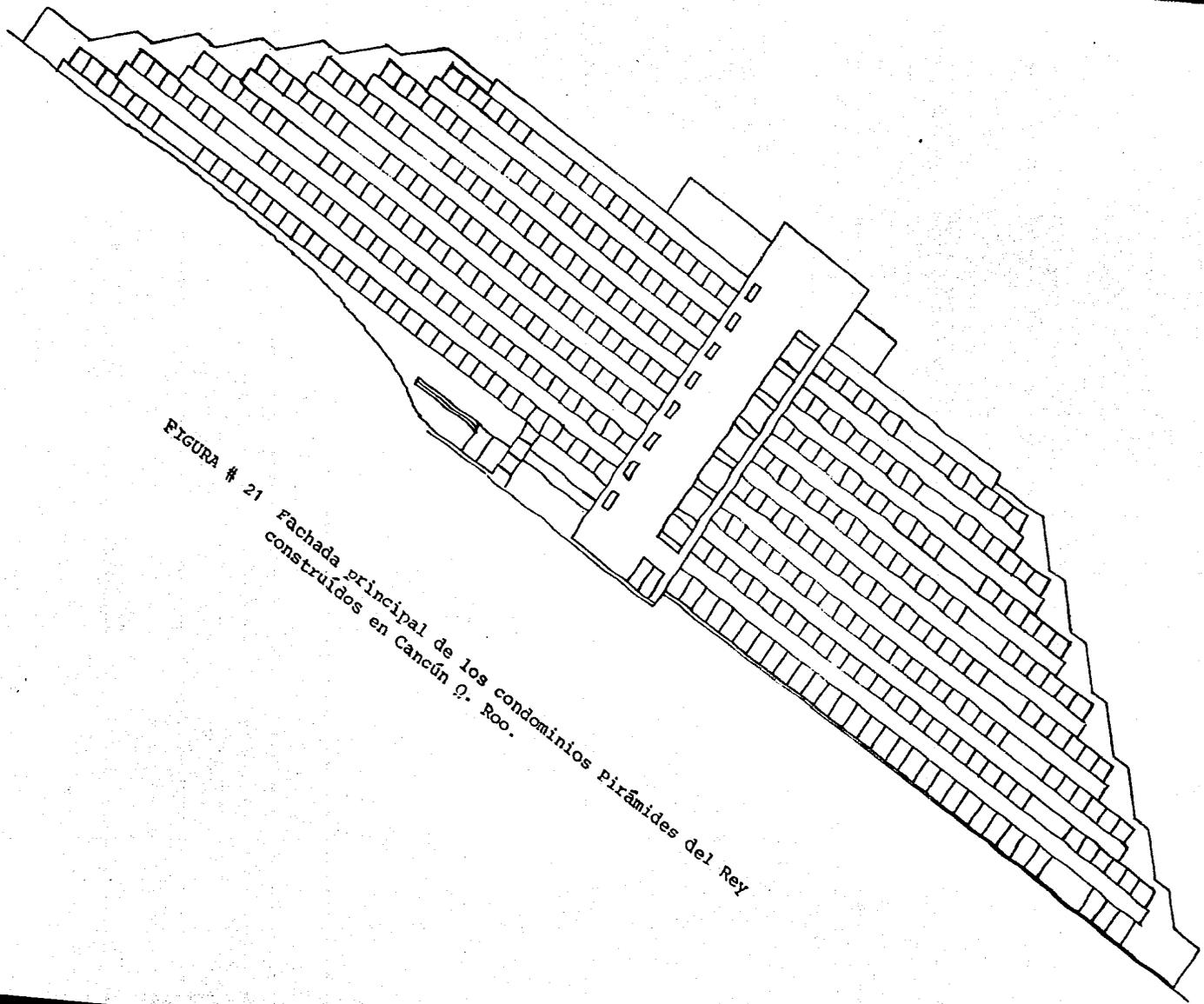


FIGURA # 21 Fachada principal de los condominios Pirámides del Rey
construïdos en Cancún Q. Roo.

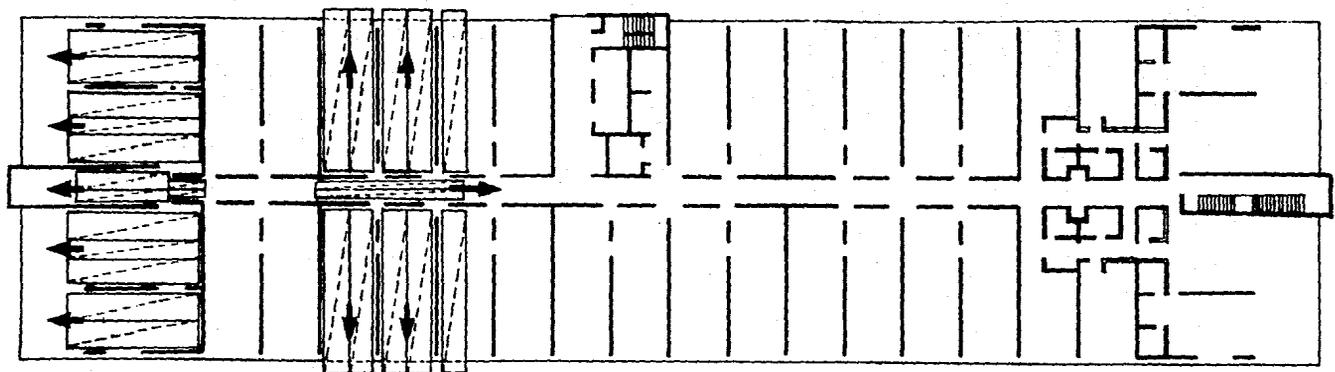


FIGURA # 22 Planta tipo de los condominios construídos en Cancún
Q. Roo.

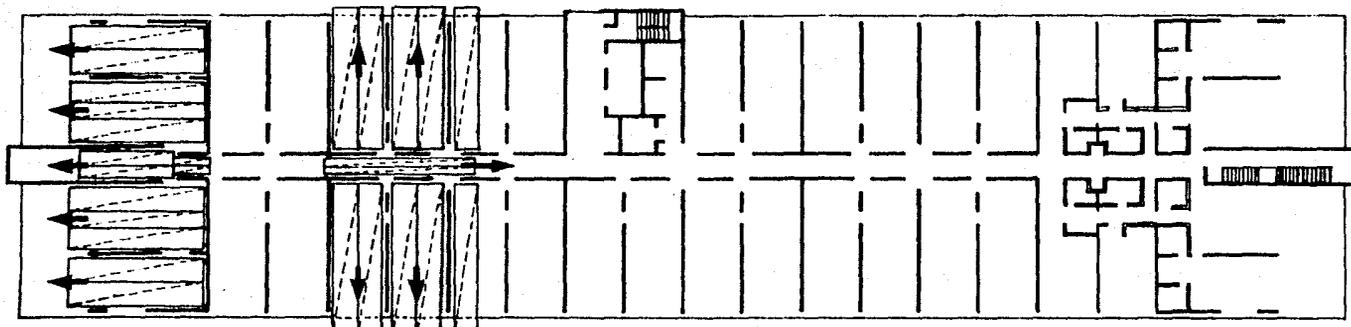


FIGURA # 22 Planta tipo de los condominios construidos en Cancún
Q. Roo.

3

PROCESO CONSTRUCTIVO

3.1 CONSTRUCCION

En los capítulos anteriores se ha mencionado al ciclo diario de trabajo como una de las principales características del sistema-cimbra túnel, el cual puede definirse como el conjunto de actividades que ejecutadas en un orden determinado, nos llevan a construir en un día una ó varias unidades básicas de la estructura, entendiendo por unidad básica, el espacio que forman dos muros y una losa. Las actividades de que consta un ciclo son: cimbrado, armado y colocación de instalaciones, colado, curado y des-cimbrado. Estas se describen a continuación.

El ciclo de colados empieza con el vaciado del concreto en la losa de cimentación simultaneamente con los desplantes de muro, utilizando los ángulos metálicos para cimbrar éstos últimos, los cuales nos asegurarán la alineación tanto horizontal como vertical de los muros, así como las dimensiones de los cuartos. En la losa de cimentación deberán quedar ahogadas las instalaciones que van bajo el piso; en las salidas de éstas se deberá dejar algún tipo de preparación para que no impidan el movimiento de los túneles al ser descimbrados y se puedan continuar los trabajos de las instalaciones posteriormente. En los inicios de los muros, que deberán tener una altura de aproximadamente siete centímetros, se deberán dejar ahogados unos tramos de varilla que nos proporcionarán la continuidad del armado de acero entre la cimentación y los muros.

Una vez descimbrados estos desplantes, se procede a la colocación del acero de refuerzo de los muros, así como de las instalaciones que irán ahogadas en éstos. Para este paso los constructores han ideado dos ó tres formas para hacerlo; unos prefieren colocar las instalaciones directamente en el armado de acero, asegurándolas a éste por medio de alambre recocido; otros prefieren colocar las instalaciones sobre la cimbra, fijándolas a ésta por medio de tornillos.

Ya que se finalizó con el acero de refuerzo y las instalaciones en los muros, se procede a la colocación de los túneles ó semi-túneles que con la ayuda de la grúa se posicionarán en medio de dos líneas de desplantes de muros. Las formas metálicas se presionarán contra éstas, para asegurar su alineamiento. Estas se deberán colocar en forma de tablero de ajedrez, para permitir la colocación de los marcos para puertas y ventanas, así como los tornillos que fijarán la cimbra a través de los muros.

El desplante de los muros es interrumpido solamente en las partes en donde van los huecos para puertas y ventanas que inician-

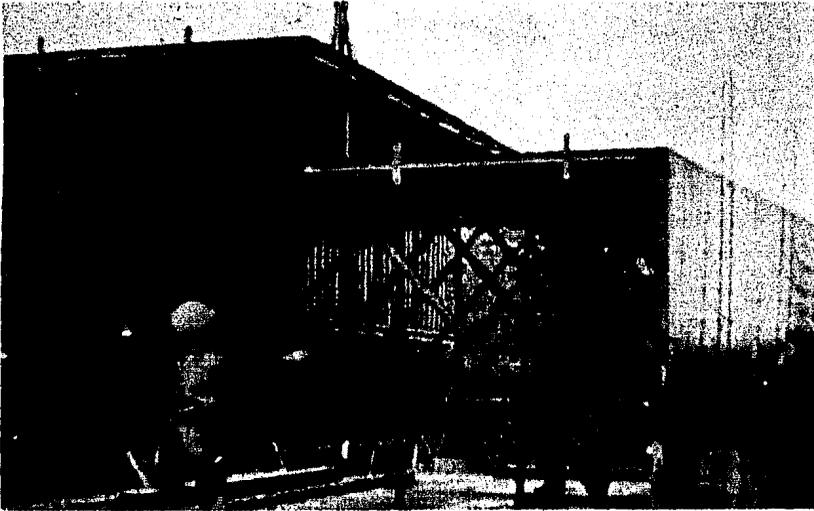


FIGURA # 23 Colocación de un semitúnel en la etapa de cimbrado.

a nivel de piso. Los marcos metálicos que van a formar estos espacios son colocados y nivelados por medio de tornillos que funcionan como gatos. Una vez hecha esta operación, estos elementos son fijados a las formas metálicas que ya están en posición por medio de tornillos.

Al mismo tiempo que los marcos de puertas y ventanas son colocados, otros trabajadores se encargan de nivelar los túneles que fueron colocados, utilizando para ello los tornillos y el nivel que tienen marcado para obtener la correcta elevación. Las partes bajas de los paneles que forman los muros deberán quedar dos ó tres centímetros por debajo del nivel de los inicios de los muros. Los puntales angulares se deben ajustar junto con los verticales, para que la parte que soportará el centro del claro-



FIGURA # 24 Puesta a nivel de los elementos de cimbra.

de la losa, también quede a nivel y pueda transmitir el peso del concreto hacia los desplantes de los muros.

Ya que se colocaron y nivelaron la mitad de los túneles, los marcos de puertas y ventanas, así como los huecos que se van a dejar en los muros para el paso de las instalaciones, se procede a la colocación de los tornillos y de los separadores cónicos que asegurarán a los paneles a través de los muros.

El siguiente paso es colocar los túneles restantes que completarán el cimbrado. Conforme éstos se van colocando, se van nivelando de la misma forma que los anteriores y se van cerrando los claros, para permitir que los fierreros empiecen el armado de la losa. Una vez nivelados todos los túneles se procede a asegurarlos por medio de los mecanismos de unión que tienen en el centro

de la losa y por los tornillos que atraviesan el espesor de los muros y que se fijan a base de tuercas a uno y otro lado de los túneles. Al mismo tiempo que se realizan estas actividades de nivelado y fijación, otro grupo de trabajadores realizan las labores arriba en la losa, colocando el acero de refuerzo, las instalaciones y los huecos para aire acondicionado y demás servicios.

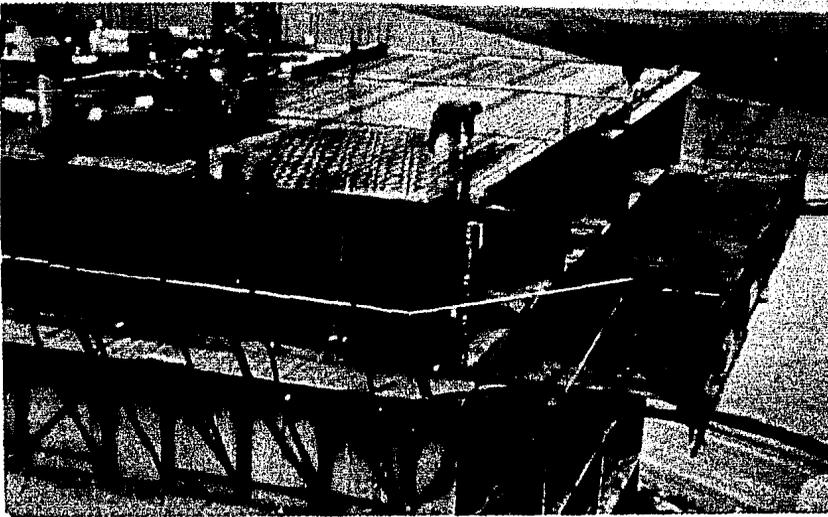


FIGURA # 25 Armado en la losa a base de malla electrosoldada, una vez concluido el cimbrado.

Al final de los trabajos de la losa se colocan las piezas especiales que soportarán los ángulos metálicos para formar en la losa el desplante de los muros del siguiente nivel; el armado de los muros pasa a través de éstos para asegurar la continuidad del acero. Es importante mencionar que las piezas que soportan los ángulos deberán retirarse un tiempo después de terminado el

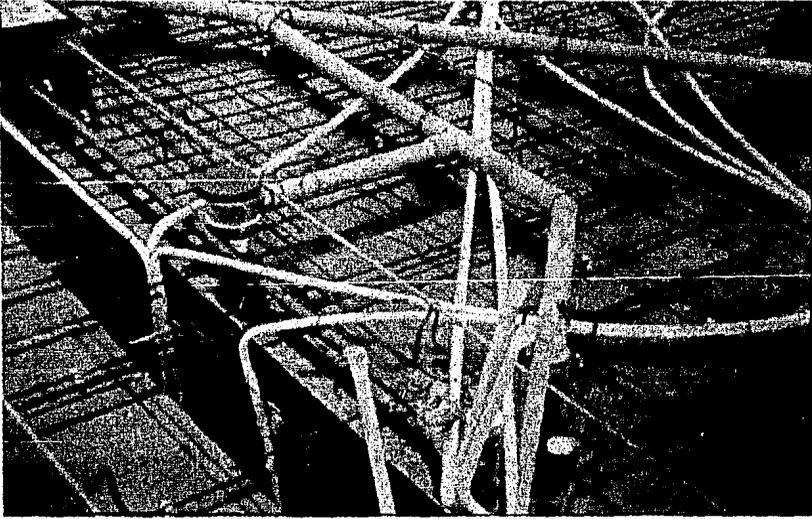


FIGURA # 26 Aspecto de las instalaciones sobre la losa.

vaciado del concreto, antes de que este obtenga mayor resistencia y dificulte su extracción, así como también se deben resanar los huecos que quedan en su lugar. Algunos constructores para evitarse este trabajo de recuperación de las piezas, prefieren prefabricar unos elementos de concreto en forma de cruz que hagan la función de éstas y que queden ahogadas en el concreto de los desplantes de muro. Es importante al colocar estas piezas y los ángulos metálicos, checar su correcta posición exactamente -- arriba de los muros inferiores.

Una vez hechas las tareas anteriores se deben alinear las fronteras que delimiten la losa en sus extremos; el siguiente paso es el vaciado del concreto, el cual se debe realizar mediante cualquier procedimiento que nos proporcione una rápida colocación de éste. Es conveniente llenar primero los muros, compactando el --

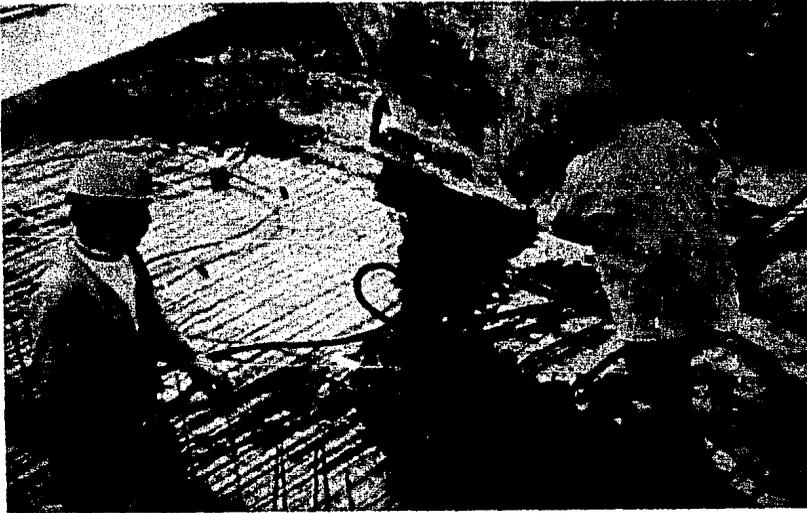


FIGURA # 27 Vaciado del concreto en la losa hecho por medio de --
cubetas para concreto.

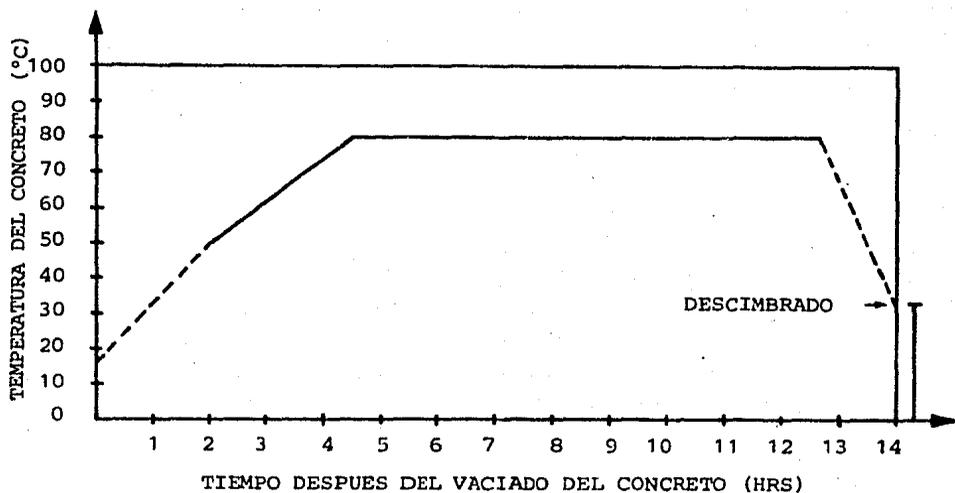
concreto dentro de estos con la ayuda de los vibradores para luego terminar con el vaciado en la losa.

En algunos casos, dependiendo de las condiciones de la obra, es recomendable el empleo de algunos tipos de aditivos para la mezcla de concreto, ya sea que nos proporcionen una mayor manejabilidad para facilitar su colocación ó una mayor resistencia a --- edades tempranas, pero no es recomendable el empleo de aditivos que retarden el fraguado, ya que es probable que el uso de éstos detenga el ciclo de trabajo.

Mientras se realiza el vaciado del concreto, otro grupo de trabajadores se encarga de preparar el equipo de curado, colocando -- los calentadores de aire dentro de los túneles y tapando las par

tes abiertas de éstos con unas lonas, para evitar lo más posible la pérdida de calor. Al terminar el vaciado se le deberá dar el acabado a la superficie de la losa, ya sea solamente regleado, ó un pulido integral; en caso de ser el primerode éstos, una vez - finalizado el fraguado inicial se le deberá aplicar una membrana de curado a la superficie de concreto, para evitar que éste pierda agua con el calentamiento.

Todas estas actividades de cimbrado, armado, colocación de instalaciones y vaciado del concreto se deben ejecutar en el turno -- normal de trabajo, permitiendo que el calentamiento del concreto para acelerar el curado se realice a través de toda la noche y - al día siguiente a primera hora se puedan iniciar las maniobras de descimbra, para lo cual el concreto deberá estar entre el cin cuenta y sesenta por ciento de su resistencia final.



* CEMENT AND CONCRETE ASSOCIATION

FIGURA # 28 Gráfica que nos indica la envolvente de la máxima temperatura necesaria para acelerar el curado.

En el curado, al concreto colocado en su temperatura normal se le aplica el periodo de calentamiento para acelerar el fraguado, elevando la temperatura lentamente arriba de una altura mínima de cincuenta grados centígrados. Es conveniente el uso de un termostato para evitar un calentamiento excesivo y ahorrar combustible.



FIGURA # 29 Vista desde el interior de un túnel en la etapa de curado.

A la mañana siguiente, una vez concluido el curado, termina el ciclo con el descimbrado y comienza uno nuevo con la colocación de los túneles en una nueva posición. Para efectuar el descimbrado se siguen los pasos que a continuación describimos :

- Se deben aflojar y sacar todos los tornillos de unión entre los túneles a través de los muros, así como los mecanismos de unión en el centro del claro.



FIGURA # 30 Aspecto del descimbrado de los semitúneles.

- Se deben aflojar los tornillos que funcionan como gatos hasta que las ruedas del semitúnel queden apoyadas en el piso, y al mismo tiempo se deben aflojar los puntales verticales para romper el sello con el concreto.
- El semitúnel se debe empezar a deslizar hacia la plataforma de descimbrado con la ayuda de unos pequeños malacates manuales que van fijos en el panel de la cimbra y cuyo cable se sujeta a la misma plataforma; con la ayuda de estos malacates se facilita aún más esta maniobra.
- Una vez afuera la unidad, colocada sobre la plataforma es sujeta por la grúa con el triángulo de elevación y balanza ó por cables de seguridad. Si el elemento es largo, el barandal de seguridad se deberá abatir temporalmente para no in--

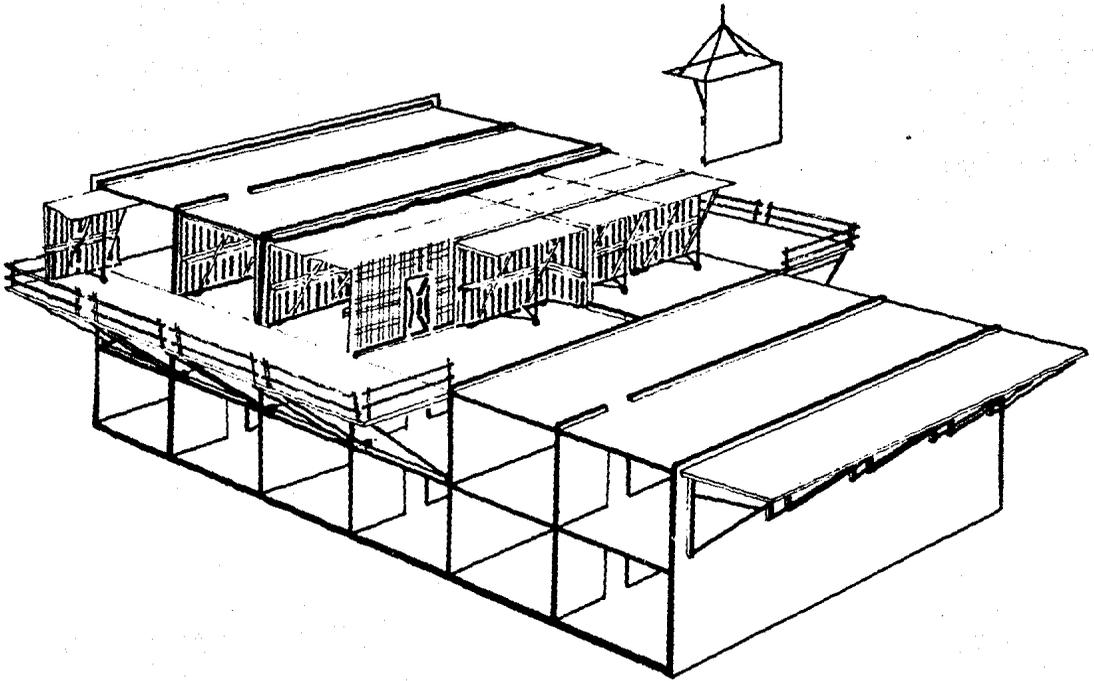


FIGURA # 31

Aquí se muestran las operaciones simultáneas de cimbrado y descimbrado, ya que en un extremo de la estructura el colado ya ha sido completado y curado, por lo que las unidades de medio túnel han sido descimbradas y parcialmente colocadas sobre las plataformas, en tanto que la grúa está trasladando una de éstas unidades a su nueva posición. Debe notarse que el acero de refuerzo los marcos de puertas y las instalaciones ya se encuentran debidamente colocadas en los muros.

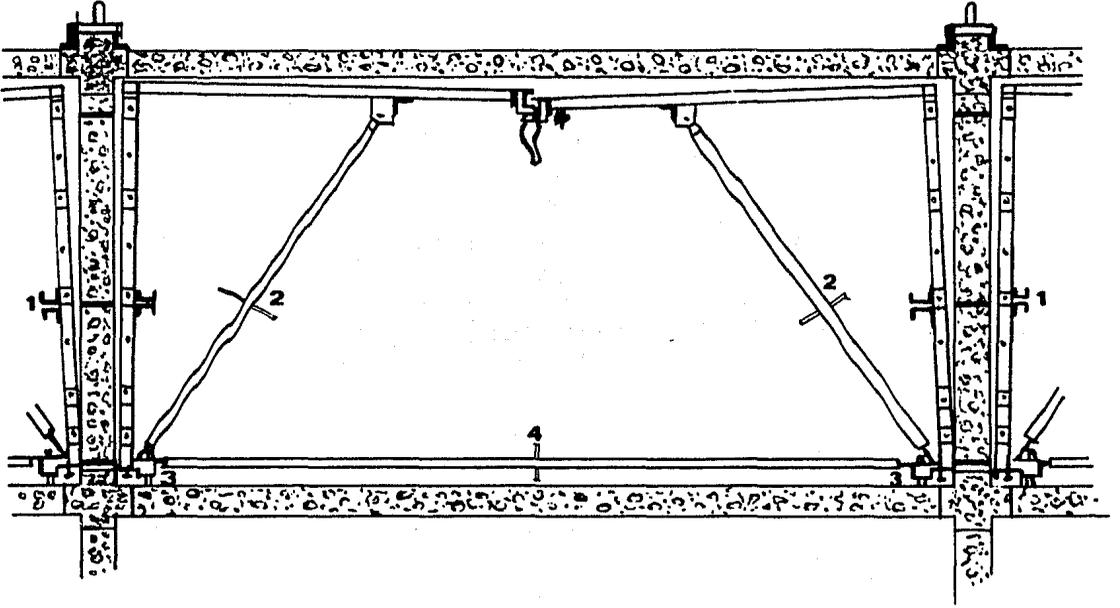


FIGURA # 32 Pasos que se siguen en el descimbrado de una unidad de túnel completo.

- 1.- Se aflojan y se retiran los tornillos que fijan los paneles a través de los muros.
- 2.- Se aflojan los puntales diagonales.
- 3.- Se aflojan los tornillos que funcionan como gatos.
- 4.- Se afloja el puntal horizontal hasta romper el sello con el concreto.
- 5.- Se deslizan hacia afuera las unidades.

terferir con el paso del elemento de cimbra.

- La grúa deberá trasladar el elemento a un lugar donde se le pueda limpiar el concreto adherido mediante una espátula de mango largo, para luego aplicarle algún tipo de desmoldante; después de esto se le deberá llevar a su nuevo lugar de colocación.

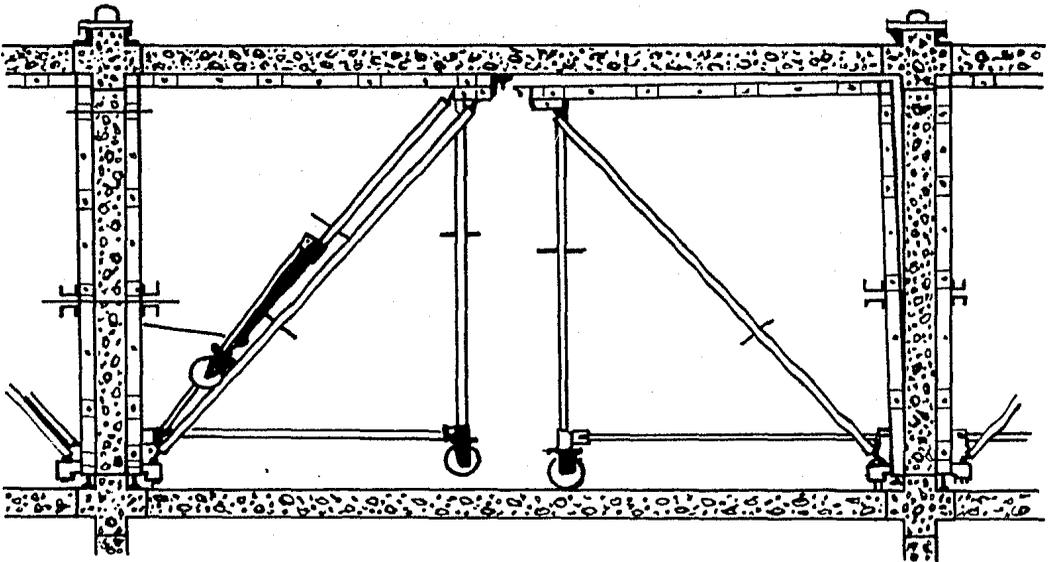


FIGURA # 33 Aquí se muestra el descimbrado de una unidad a base de semitúneles.

- Se deben recuperar los marcos de puertas y ventanas, así como los separadores cónicos que quedaron ahogados en los muros; los primeros aflojando los tornillos de nivelación y -- los tornillos que permiten su abatimiento; los conos se recuperan con un pequeño golpe de un martillo especial. Estos-

accesorios se deberán limpiar y engrasar, para después llevarlos al nuevo lugar de colocación.

- Por último se deben resanar los huecos que dejaron los separadores cónicos y limpiar el área de trabajo, para dar paso a los trabajos de los acabados, mientras en la nueva posición ya comienza un nuevo ciclo.

3.2 MANTENIMIENTO

El mantenimiento que se le debe dar al equipo de cimbra es básicamente preventivo, consiste propiamente en una buena limpieza, sobre todo en las superficies de contacto con el concreto, ya que a éstas se les queda adherido; por lo que a éstas superficies es necesario limpiarlas diariamente después de cada colado con una espátula de mango largo, para luego aplicarle un aceite ó algún tipo de desmoldante, para evitar que se les adhiera más concreto en el siguiente uso, ya que los residuos de éste que se dejen en las superficies de contacto, repercutirán como deterioro en el acabado del siguiente movimiento. En caso de que se dificulte retirar estos residuos con la espátula, será necesario el empleo de una máquina pulidora manual.

Para las partes de la cimbra que no están en contacto directo con la mezcla, es recomendable limpiarlas frecuentemente con un chorro de agua a presión, que es el método más recomendable y para el cual existe una máquina compresora de motor que ya mencionamos anteriormente y que nos puede auxiliar en esta tarea.

Las partes móviles de la cimbra, como son las ruedas y los malacates manuales, se les debe aplicar un poco de grasa periódicamente, para eliminar la fricción; también es recomendable untar de grasa a todos los tornillos y tuercas; a los tornillos que --

funcionan como gatos y a los separadores cónicos, para evitar la corrosión y para removerlos con una mayor facilidad.

En el capítulo donde se habla de la mano de obra necesaria se -- menciona el empleo de un soldador, esto es con el fin de proporcionar un tipo de mantenimiento correctivo a las partes de la -- cimbra que se dañen al recibir algún golpe en las maniobras de -- traslado de una posición a otra; en caso de que la pieza que se dañó tenga un golpe que sea imposible de reparar, será necesario su reemplazo por una nueva.

COSTOS DEL EMPLEO DEL SISTEMA

4

4.1 ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE EL SISTEMA CIMBRA - TUNEL Y LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS TRADICIONALES

En este capítulo se presenta un análisis comparativo de costos - entre un proceso constructivo tradicional a base de muros de tabique y losa de concreto; uno a base de muros y losa de concreto con cimbra tradicional de madera y el sistema cimbra túnel. Para lo cual se va a considerar la ejecución de un proyecto habitacional de forma horizontal, formado por doscientas casas, construidas en cincuenta módulos de cuatro casas cada uno.

Ya que el costo de cualquier obra está en función del tiempo de-

ejecución, es necesario para la comparación fijar este parámetro, para lo cual consideraremos el menor tiempo posible que es factible de realizar por los tres métodos; que en este caso es el de la cimbra túnel. Para fijar este tiempo se considerará que en la utilización de la cimbra se logra un ciclo diario de colados, lo cual es posible dada la sencillez del proyecto. Con esta característica, cada módulo de cuatro casas se construirá en cien días de trabajo, que representa un periodo de ejecución de veinte semanas.

Una vez fijado el tiempo de ejecución, se enumeran todas las consideraciones que sirvieron como base para el desarrollo del análisis de costos :

- Se considera únicamente la construcción de la estructura, -- marcada en el croquis con líneas gruesas, ya que los muros -- con líneas tenues e interiores se construirán de la misma -- forma para los tres sistemas, por lo que no representan ninguna variación en el análisis.
- Se considera que la cimentación, la losa de desplante, los -- acabados y las instalaciones son iguales en los tres siste-- mas, por lo que no se incluyen en el análisis.
- El tiempo de ejecución de las escaleras no representa costo, por lo que no se incluye, al igual que el acero y el concreto de las mismas, por que se considera el mismo en los tres casos. Sólo se considera la cimbra y la mano de obra que ésta representa.
- El cálculo del acero de refuerzo varía dependiendo del procedimiento constructivo que se utilice.
- El apuntalamiento de la cimbra en los sistemas tradicionales se consideró con andamios tubulares metálicos.

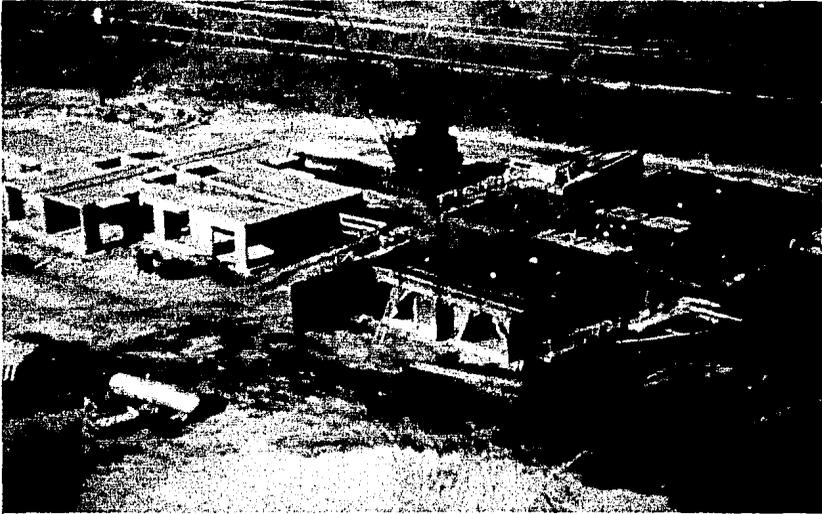


FIGURA # 34 Proceso de construcción de la planta baja de un módulo de 4 casas.

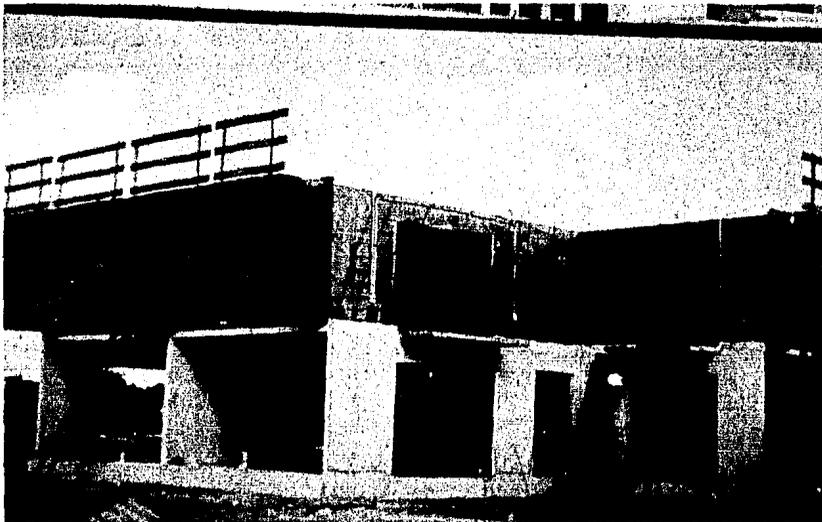


FIGURA # 35 Cimbrado de la planta alta en el módulo de 4 casas.

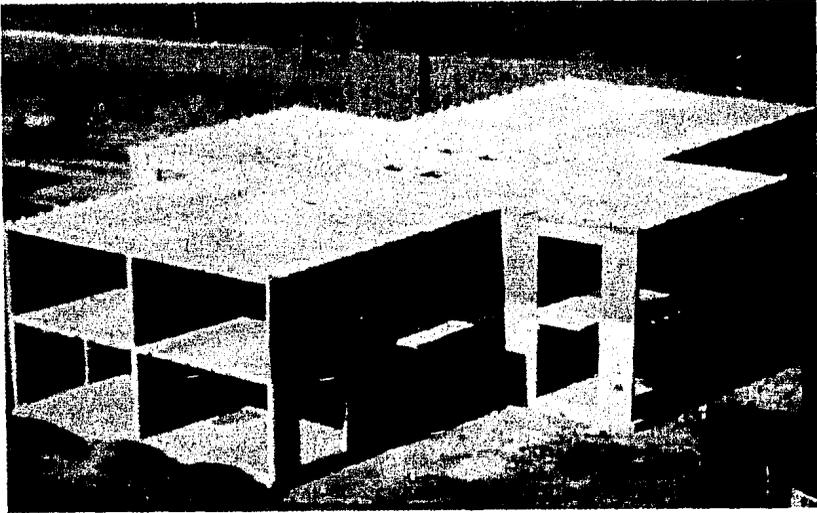


FIGURA # 36 Estructura terminada de un módulo de 4 casas.

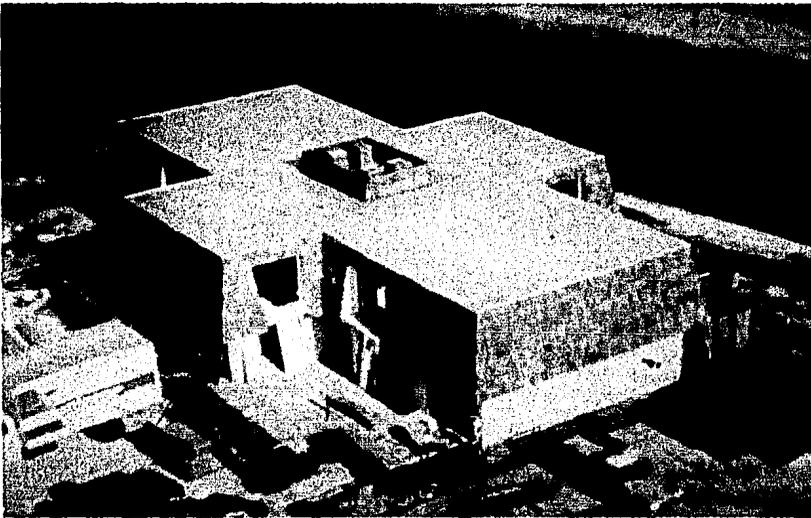


FIGURA # 37 Módulo de 4 casas completamente terminado.

- La cimbra de madera se consideró aparente, a base de hojas de triplay recubiertas con una membrana epóxica en el lado que estará en contacto con el concreto para poder obtener diez usos; para las otras piezas de madera se consideraron quince usos.
- Los muros de tabique se consideran aplanados finos por los dos lados para obtener un acabado similar a los otros dos sistemas. No está considerado ningún cargo por las ranuras en éstos para la colocación de las instalaciones.
- Se considera la utilización de un desmoldante similar para aplicarlo en la cimbra de madera y en la cimbra metálica.
- El concreto se considera igual para todos los casos con una resistencia de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$; con un tamaño máximo de agregados de 20 mm. El revenimiento depende de la forma de colocación, ya que para el sistema de muros de tabique y para el sistema de muros de concreto, se utilizará el concreto con revenimiento de 14 cm, por que se surtirá en camión revolovedora con bomba integrada; y para el sistema cimbra túnel se utilizará un concreto con revenimiento de 10 cm, por que se surtirá en camión revolovedora con canalón, para ser vaciado en cubetas para concreto que se utilizarán aprovechando la grúa.
- En la cimbra túnel se considera un curado de concreto a base de calentadores de aire que trabajan con diesel; para la estructura a base de muros de tabique y losa de concreto no se consideró ningún procedimiento de curado, solamente se le agregó un aditivo al concreto acelerante del fraguado; para el sistema a base de cimbra de madera se consideró un curado a vapor. Para los dos primeros casos se consideró la aplicación de una membrana de curado en las superficies de concreto expuestas a la intemperie.

- La única maquinaria que se considera es una grúa hidráulica-montada sobre neumáticos con capacidad de 18 toneladas, para el sistema túnel y que se utiliza para mover las formas metálicas y efectuar los colados.
- La maquinaria menor y la herramienta se considera igual para todos los casos.
- Se considera un turno normal de trabajo en los tres casos, y que el día sábado se trabaja sólo medio día. No se considera ningún sobresueldo.
- Todos los precios de los materiales y la mano de obra son -- actualizados al mes de julio de 1983, y se presentan a continuación :

Lista de precios de los materiales utilizados

Arena	-m ³	\$ 700.00
Grava de 3/4"	-m ³	700.00
Cemento Portland normal	-ton.	8,200.00
Clavo de 2" a 6"	-kg	63.90
Recubrimiento epóxico	-litro	909.05
Duela de 3/4" x 4" x 8'	-pieza	78.40
Barrote de 2" x 4" x 8'	-pieza	208.95
Polín de 4" x 4" x 8'	-pieza	444.95
Hoja de triplay una cara 16 mm	-pieza	1,670.00
Diesel centrifugado	-litro	14.00
Separadores de 14 cm	-pieza	16.50
Cuñas para separadores	-pieza	54.00
Aditivo desmoldante	-litro	66.87
Tabique rojo recocido	-millar	5,500.00
Concreto f'c= 250 kg/cm ² can.	-m ³	5,313.70

Concreto f'c= 250 kg/cm ² RR can.	-m ³	\$ 5,638.69
Concreto f'c= 250 kg/cm ² bomb.	-m ³	6,116.95
Concreto f'c= 250 kg/cm ² RR bomb.	-m ³	6,441.95
Membrana de curado	-litro	59.75
Curado a vapor (min. 50 m ³)	-m ³	700.00
Varilla de acero # 2	-ton	42,980.00
Varilla de acero # 2.5	-ton	42,848.00
Varilla de acero # 3	-ton	42,242.00
Varilla de acero # 4	-ton	41,939.00
Varilla de acero # 5	-ton	41,686.00
Varilla de acero # 6	-ton	41,298.00
Varilla de acero # 8	-ton	40,913.00
Varilla de acero # 10	-ton	40,913.00
Varilla de acero # 12	-ton	40,913.00

Equipo que se utilizó :

Grúa de 18 tons. (incl. op.)	-mes	450,000.00
Calentadores de aire	-pieza	25,800.00
Cubetas para concreto	-pieza	75,000.00

Renta de andamios tubulares:

Marco de 2.0 m	-día	4.60
Cruceta de 2.13 m	-día	1.00
Gatos RB-40	-día	2.50
Coples	-día	0.40
Cabezales	-día	1.10
Vigas madrinas	-día	2.30

- Calculo del factor para obtener el costo por jornada a partir del salario base

$$\text{costo de jornada} = \text{FACTOR} \times \text{SALARIO BASE}$$

1. Días no laborables

- domingos	52	días
- descansos obligatorios (1-enero; 5-feb.; 21-mar.; 1-mayo; 16-sep.; 20-nov.; 1-dic. c/6 años; 25-dic.)	7.17	días
- descansos adicionales (3-mayo; 2-nov.; 12-dic.)	3	días
- vacaciones	6	días
	<hr/>	
TOTAL -	68.17	días

2. Días efectivos laborables

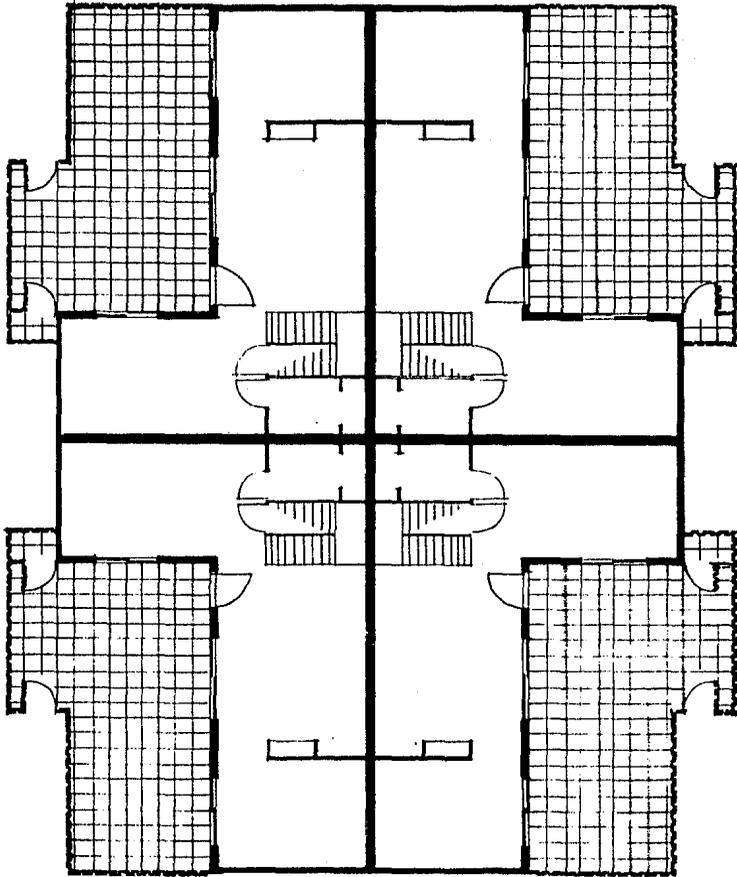
- días en el año (promedio de 4 años)	365.25	días
- días no laborables	- 68.17	días
	<hr/>	
TOTAL -	297.08	días

a) Días pagados en el año	365.25	
b) Aguinaldo	15.0	
c) Prima vacacional (6 x 0.25)	1.5	
	<hr/>	
	381.75	días

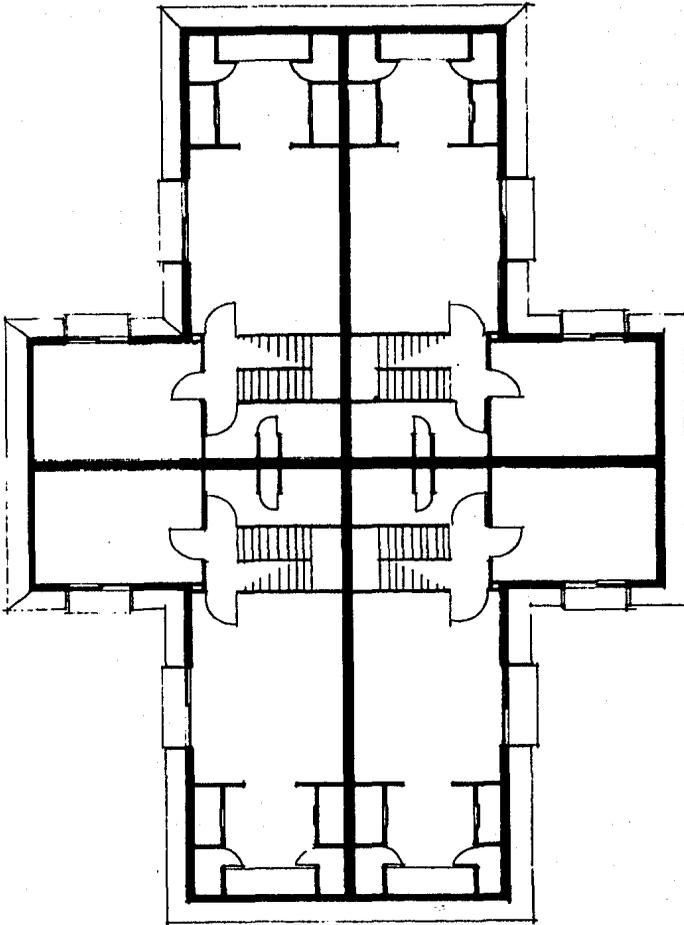
$$\text{percepción total del trabajador} = 381.75/297.08 = 1.285$$

d) Educación 1%	0.01 x 1.285	= 0.013
e) Cuota I.M.S.S. (patrón)	0.16 x 1.285	= 0.205
f) Guarderías 1%	0.01 x 1.285	= 0.013
g) Infonavit 5%	0.05 x 1.285	= 0.064
FACTOR para el salario superior al mínimo		= <u>1.58</u>
h) Cuota I.M.S.S. (trabajador)	0.0375 x 1.285	= 0.048
FACTOR para el salario mínimo		= <u>1.628</u>

CATEGORIA DEL TRABAJADOR	SALARIO BASE	PRESTACIONES LEY FED. DEL TRABAJO	IMPUESTO EDUCACION 1%	CUOTA DEL I.M.S.S. PATR. TRAB.	IMPUESTO GUARDERIAS 1%	INFONAVIT 5%	COSTO TOT. EMPRESA JORNAL
FACTOR DE INCREMENTO		28.5 %	1.3 %	20.5% 4.8%	1.3 %	6.4 %	mayor 58 % min. 62.8%
PEON	523.00	149.05	6.799	132.32	6.799	33.47	851.44
AYUDANTE GENERAL	588.54	167.73	7.650	120.65	7.650	37.67	929.89
OFICIAL CARPINTERO	710.39	202.46	9.235	145.63	9.235	45.46	1,122.42
OFICIAL FIERRERO	735.68	209.67	9.564	150.81	9.564	47.08	1,162.37
OFICIAL ALBANIL	763.27	217.53	9.923	156.47	9.923	48.85	1,205.97
OPERADOR MAQ. MENOR	646.02	184.11	8.398	132.43	8.398	41.35	1,020.71
OPERADOR MAQ. MAYOR	813.85	231.95	10.580	166.84	10.580	52.08	1,285.88
CABO	766.72	218.51	9.967	157.18	9.967	49.07	1,211.42



PLANTA BAJA



PLANTA ALTA

I. Sistema a base de muros de tabique y losa de concreto.

calculo de los materiales:

+ Mortero cemento-arena 1:5 para el junteado del tabique

cemento	-	412	kg/m ³	x	8.20	=	\$ 3,378.40
arena	-	1.56	m ³ /m ³	x	700.00	=	1,092.00
agua	-	310	lt./m ³	x	1.00	=	310.00

							\$ 4,780.40 / m ³

rendimiento por m² de muro = 0.025 m²

total de muros en un módulo de cuatro casas = 312.53 m²

312.53 x 0.025 = 7.81 m³ x 4,780.40 = \$ 37,350.46

=====

+ Mortero cemento-arena 1:7 para aplanados

cemento	-	309	kg/m ³	x	8.20	=	\$ 2,533.80
arena	-	1.64	m ³ /m ³	x	700.00	=	1,148.00
agua	-	310	lt./m ³	x	1.00	=	310.00

							\$ 3,991.80 / m ³

rendimiento por m² de aplanado = 0.0105 m³

total de aplanados en un módulo de cuatro casas = 625.06 m²

625.06 x 0.0105 = 6.56 m³ x 3,991.80 = \$ 26,198.70

=====

+ Muro de tabique rojo recocido de 5.5 x 12.5 x 25 cm

precio del tabique rojo = \$ 5,500.00 millar

rendimiento por metro cuadrado de muro = 59 pzas.

total de piezas por un módulo de cuatro casas
= 59 x 312.53 = 18,439.27 pzas. = 18.44 millares

18.44 mill. x 5,500.00 = \$ 101,420.00
=====

+ Cadenas y castillos de concreto $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$; armados
con 4 var. # 3 y est. # 2 a cada 20 cm

materiales por castillo de 2.60 m :

concreto	- 0.053 m ³	x 5,313.70	= \$ 281.63
varilla de # 3	- 7.43 kg	x 42.24	= 313.86
alambrón de 1/4"	- 2.0 kg	x 42.98	= 85.96
alambre recocido	- 0.32 kg	x 53.90	= 17.25
duelas de 3/4 x 4 x 8	- 0.63 pza.	x 78.40	= 49.39

\$ 748.09 /pz

para obtener un precio por metro lineal = 748.09 / 2.6 =
\$ 287.73 / ml

en un módulo de cuatro casas tenemos 106 castillos de 2.6 m

106 x 748.09 = \$ 79,297.54 y tenemos 38 ml de cadenas

38 x 287.73 = \$ 10,933.74

el total es = \$ 90,231.28 de cadenas y castillos
=====

+ Cimbra de madera para la losa

Es posible ejecutar un movimiento de cimbra a la semana, por lo que se necesitarán cien semanas de trabajo para terminar, ó utilizar cinco frentes diferentes de ataque para cumplir - con el programa de veinte semanas, por lo que cada frente -- ejecutará diez módulos de cuatro casas.

material por frente de trabajo :

hojas triplay 16 mm - 159 pz. x 1,670.00 =	\$ 265,530.00
barrotes de 2x4x8 - 795 pz. x 208.95 =	166,115.25
polines de 4x4x8 - 256 pz. x 444.95 =	113,907.20
recubrimiento epóx. - 159 x 1.03 x 909.05=	148,875.11
477 m ² de habilitado x 0.017 = 8 jor/par.	
8 jor/par. x 2,052.31 =	16,418.48

	\$ 710,846.04

considerando diez usos, el costo por módulo es

\$ 71,084.60
=====

clavo de 4"

en los dos niveles hay 448.28 m² x 0.206 kg/m² = 93 kg

en un módulo de cuatro casas tenemos 93 x 63.90 = 5,942.70

el total de clavo es \$ 5,942.70
=====

andamios metálicos

marcos de 2.0 m	-	64 pz. x	4.60	= \$	294.40
crucetas de 2.13 m	-	96 pz. x	1.00	=	96.00
gatos RB-40	-	128 pz. x	2.50	=	320.00
coples	-	128 pz. x	0.40	=	51.20
cabezales	-	128 pz. x	1.10	=	140.80
vigas madrina	-	96 pz. x	2.30	=	220.80

					\$1,123.20 / día

se utilizarán veinte semanas que son 140 días
140 x 1,123.20 = 157,220.00

para un módulo de cuatro casas = \$ 15,722.00
=====

desmoldante para la cimbra

son 448.28 m^2 x 0.206 lt/m^2 = 92.35 lit.

para un módulo de cuatro casas $92.35 \times 66.87 = \$ 6,175.15$
=====

+ Cimbra de madera en escaleras

hojas triplay 16 mm	-	6 pz. x	1,670.00	= \$	10,020.00
barrotes de 2x4x8x	-	20 pz. x	208.95	=	4,179.00
polines de 4x4x8	-	45 pz. x	444.95	=	20,022.75
recubrimiento epóx	-	6 x 1.03 x	909.05	=	5,617.93
18 m^2 de habilitado	x	0.017	=	0.3 jor/par.	
		0.3 jor/par. x	2,052.31	=	615.70

					\$ 40,455.38

el costo por módulo de cuatro casas es \$ 4,045.54
=====

clavo de 4" para las escaleras

$$18 \text{ m}^2 \times 0.206 \text{ kg/m}^2 \times 63.90 = \$ 236.94$$

=====

desmoldante para las escaleras

$$18 \text{ m}^2 \times 0.206 \text{ lt/m}^2 \times 66.87 = \$ 247.95$$

=====

+ Concreto f'c = 250 kg/cm²; con grava de 19 mm, rev. 14
bombeable y con aditivo de resistencia rápida (RR)

losa de concreto de 15 cm en un
módulo de cuatro casas = 65.84 m³ x 6,441.95
(losa de entepiso y - = \$ 424,137.98
losa de azotea) =====

+ Membrana de curado

superficie de concreto en un módulo de cuatro casas

$$438.92 \text{ m}^2 \times 0.2 \text{ lt/m}^2 = 87.78 \text{ lit.} \times 59.75 = 5,244.85$$

total de la membrana de curado

$$\$ 5,244.85$$

=====

+ Acero de refuerzo en losas

varilla de # 3 a cada 20 cm en ambos sentidos
lecho inferior 1,249.88 kg

varilla de # 3 a cada 20 cm bastones 194.95 kg

varillas corridas # 3 para soportar bastones 41.88 kg

cadena perimetral ahogada en la losa :

4 varillas # 3 135.91 kg
estribos a cada 20 # 2 37.82 kg

total de varilla # 3 = 1,866.00 kg x 42.242 =
= \$ 78,824.12

total de varilla # 2 = 43.49 kg x 42.98 =
= \$ 1,869.33

alambre recocido # 16

total de acero = 1.91 ton x 38 kg/ton = 72.58 kg

72.58 x 53.90 = \$ 3,912.06

total por el acero de refuerzo
en un módulo de cuatro casas = \$ 84,605.51
=====

+ Mano de obra

cuadrilla por frente de trabajo :

muros de tabique	- 1 cabo	- 1,211.42 =	\$ 1,211.42
castillos y	- 14 of. alb.	- 1,205.97 =	16,883.58
aplanados	- 14 ayudantes	- 929.89 =	13,018.46

acero de refuerzo	- 1 of. fierr.-	1,162.37 =	1,162.37
	- 1 ayudante	- 929.89 =	929.89

cimbra y descimbra-	1 cabo	- 1,211.42 =	1,211.42
	- 9 of. car.	- 1,122.42 =	10,101.78
	- 9 ayudantes	- 929.89 =	8,369.01

total de la lista de raya diaria = \$ 52,887.93

por seis días a la semana \$ 317,327.58

por veinte semanas \$ 6'346,551.60

el total por un módulo de cuatro casas \$ 634,655.16

=====

+ Herramienta

se considerará el 3% de la mano de obra

634,655.16 x 0.03 = \$ 19,039.65

=====

II. Sistema a base de muros y losa de concreto con cimbra --
tradicional de madera.

calculo de los materiales:

+ Cimbra de madera para muros y losas

Por la utilizaci6n del curado a vapor se considera posible -
ejecutar un movimiento a la semana, por lo que se necesita--
r3n cien semanas de trabajo para completar el proyecto, 6 --
utilizar cinco frentes de trabajo para cumplir con el progra
ma de veinte semanas, y cada frente ejecutará diez módulos -
de cuatro casas.

material por frente de trabajo :

a) muros

hojas triplay 16 mm - 253 pz. x 1,670.00 = \$	422,510.00
barrotes de 2x4x8 -1265 pz. x 208.95 =	264,321.75
polines de 4x4x8 - 570 pz. x 444.95 =	253,621.50
recubrimiento ep6x. - 253 x 1.03 x 909.05=	236,889.33
759 m ² de habilitado x 0.017 = 13 jor/par.	
13 jor/par. x 2,052.31 =	26,680.03

	\$1'204,022.60

el costo por módulo será de \$ 120,402.26

=====

separadores para cimbra de 14 cm

253 m² x 8 pz./m² = 2,024 pz. x 16.50 = \$ 33,396.00

=====

cuñas para los separadores de cimbra

4,048 pz. x 0.25 = 1,012 pz. x 54.00 = \$ 54,648.00 / jgo.

en un módulo de cuatro casas tendremos \$ 5,464.80

=====

clavo de 4" para los muros

en los dos niveles hay $741.33 \text{ m}^2 \times 0.206 \text{ kg/m}^2 = 153 \text{ kg}$

por cada módulo tendremos $153 \text{ kg} \times 63.90 = \$ 9,776.70$

=====

desmoldante para la cimbra

en un módulo de cuatro casas hay $741.33 \text{ m}^2 \times 0.206 \text{ lt/m}^2 =$

$152.71 \text{ lit.} \times 66.87 = \$ 10,211.98$

=====

b) losas

hojas triplay 16 mm - 159 pz. x 1,670.00 = \$ 265,530.00

barrotes de 2x4x8 - 795 pz. x 208.95 = 166,115.25

polines de 4x4x8 - 256 pz. x 444.95 = 113,907.20

recubrimiento epóx. - 159 x 1.03 x 909.05 = 148,875.11

477 m^2 de habilitado x 0.017 = 8 jor/par.

8 jor/par. x 2,052.31 = 16,418.48

\$ 710,846.04

el costo por módulo será de \$ 71,084.60

=====

clavo de 4" para las losas

en los dos niveles hay $448.28 \text{ m}^2 \times 0.206 \text{ kg/m}^2 = 93 \text{ kg}$

por cada módulo tendremos $93 \text{ kg} \times 63.90 = \$ 5,492.70$

=====

andamios metálicos

marcos de 2.0 m - 64 pz. x 4.60 = \$ 294.40

crucetas de 2.13 m - 96 pz. x 1.00 = 96.00

gatos RB-40 - 128 pz. x 2.50 = 320.00

coples - 128 pz. x 0.40 = 51.20

cabezales - 128 pz. x 1.10 = 140.80

vigas madrina - 96 pz. x 2.30 = 220.80

\$1,123.20 / día

se utilizarán veinte semanas que son 140 días

$140 \times 1,123.20 = 157,220.00$

por un módulo de cuatro casas = \$ 15,722.00

=====

desmoldante para la cimbra

son $448.28 \text{ m}^2 \times 0.206 \text{ lt/m}^2 = 92.35 \text{ lit.}$

para un módulo de cuatro casas $92.35 \times 66.87 = \$ 6,175.15$

=====

+ Cimbra de madera en escaleras

hojas triplay 16 mm -	6 pz. x 1,670.00 =	\$ 10,020.00
barrotes de 2x4x8 -	20 pz. x 208.95 =	4,179.00
polines de 4x4x8 -	45 pz. x 444.95 =	20,022.75
recubrimiento ep6x. -	6 x 1.03 x 909.05=	5,617.93
18 m ² de habilitado x 0.017 = 0.3 jor/par.		
0.3 jor/par. x 2,052.31	=	615.70
		<hr/>
		\$ 40,455.38

el costo por módulo de cuatro casas es \$ 4,045.54

=====

clavo de 4" para las escaleras

$$18 \text{ m}^2 \times 0.206 \text{ kg/m}^2 \times 63.90 = \$ 236.94$$

=====

desmoldante para las escaleras

$$18 \text{ m}^2 \times 0.206 \text{ lt/m}^2 \times 66.87 = \$ 247.95$$

=====

+ Concreto f'c= 250 kg/cm² ; con grava de 19 mm, rev. 14 bombeable

$$\text{losa de concreto de 15 cm esp.} = 65.84 \text{ m}^3$$

$$\text{muros de concreto 15 cm esp.} = 51.51 \text{ m}^3$$

$$\text{total de concreto en un módulo} = 117.35 \text{ m}^3$$

$$117.35 \text{ m}^3 \times 6,116.95 = \$ 717,825.91$$

=====

+ Curado de concreto a vapor

precio del curado por losa = \$ 35,000.00

en un módulo de cuatro casas = 35,000.00 x 2 = \$ 70,000.00

=====

+ Acero de refuerzo en muros y losas

varilla # 3 a cada 20 cm en ambos
sentidos lecho inferior 1,249.88 kg

varilla # 3 a cada 20 cm bastones 432.23 kg

varilla # 3 corridas para soportar bastones 83.77 kg

varilla # 3 a cada 25 cm en ambos
sentidos muros 1,708.16 kg

cadenas de remate en cerramientos de puertas y ventanas:

6 varillas # 3 = 155.06 kg

estr. a cada 20 cm # 2 = 70.48 kg

total de varilla # 3 = 4,173.46 kg x 42.242 = \$ 176,295.50

total de varilla # 2 = 81.05 kg x 42.98 = \$ 3,483.62

alambre recocido # 16

total de acero = 4.25 ton x 38 kg/ton = 161.67 kg x 53.90 =

= \$ 8,714.09

total por el acero de refuerzo

en un módulo de cuatro casas = \$ 188,493.21

=====

+ Mano de obra

cuadrilla por frente de trabajo :

cimbra y	- 1 cabo	- 1,211.42 =	\$ 1,211.42
descimbra	- 23 of. carp.	- 1,122.42 =	25,815.66
	- 25 ayudantes	- 929.89 =	23,247.25

acero de	- 4 of. fierr.-	1,162.37 =	4,649.48
refuerzo	- 4 ayudantes	- 929.89 =	3,719.56

colados de	- 2 maniobrista	1,020.71 =	2,041.42
concreto	- 3 of. alb.	- 1,205.97 =	3,617.91
	- 2 vibradoris	929.89 =	1,859.78

total de la lista de raya diaria \$ 66,162.48

por seis días a la semana \$ 396,974.88

por veinte semanas \$ 7'939,497.60

el total por un módulo de cuatro casas \$ 793,949.76

=====

+ Herramienta

se considerará el 3 % de la mano de obra

793,949.76 x 0.03 = \$ 23,818.49

=====

III. Sistema cimbra túnel

calculo de los materiales:

+ Equipo de cimbra

se considera la utilización de un equipo de cuatro túneles -
completos que nos proporcionan un area de 711.04 m^2

el costo de adquisición del equipo es \$ 1'582,793.40 f.f.

que nos representan $1'582,793.40 \times 15.48 \text{ f.f./pesos} =$
 $= \$ 24'501,641.00$

que se amortizarán completamente en este proyecto

este precio incluye las formas metálicas, las formas especial
es, los moldes de escalera y los accesorios.

habilitado de la cimbra: (21 días)

grúa de 18 ton. (inc. op.)= $450,000.00 \times 0.75 = \$ 337,500.00$

10 of. carpinteros = $1,122.42 \times 21 \times 10 = 235,708.20$

8 ayudantes generales = $929.89 \times 21 \times 8 = 156,221.52$

total por el habilitado de la cimbra = $\$ 729,429.72$

el costo total por el equipo para el proyecto es =
 $= \$ 25'231,070.00$

el costo por un módulo de cuatro casas es \$ 504,621.40

=====

+ Desmoldante para la cimbra metálica

$$\text{son } 711.04 \text{ m}^2/\text{uso} \times 0.206 \text{ lt/m}^2 = 146.47 \text{ lt/uso}$$

$$\text{para un módulo de cuatro casas tenemos } 292.95 \times 66.87 =$$

$$\$ 19,589.56$$

=====

+ Concreto f'c = 250 kg/cm²; con grava de 19 mm , rev. 10

$$\text{losa de concreto de 15 cm de espesor} = 65.84 \text{ m}^3$$

$$\text{muros de concreto de 15 cm de espesor} = 51.51 \text{ m}^3$$

$$\text{total de concreto en un módulo} = 117.35 \text{ m}^3$$

$$117.35 \text{ m}^3 \times 5,313.70 = \$ 623,562.69$$

=====

+ Membrana de curado

superficie de concreto en un módulo de cuatro casas =

$$438.92 \text{ m}^2 \times 0.2 \text{ lt/m}^2 = 87.78 \text{ lt.} \times 59.75 =$$

$$5,244.85$$

$$\text{total de la membrana de curado} = \$ 5,244.85$$

=====

+ Curado del concreto a base de calentadores de aire

ocho piezas de calentadores x 25,800.00 / pza. = 206,400.00

se van a amortizar completamente en el proyecto por lo que -
el costo por uso será 206,400.00 / 100 = \$ 2,064.00 / uso

diesel para los calentadores

8 pzas. x 8.24 lt/hra. x 10 hrs. x 14.00 /lt = \$ 9,228.80

total de curado a base de calentadores por uso \$ 11,292.80

en un módulo de cuatro casas tenemos \$ 22,585.60
=====

+ Acero de refuerzo en muros y losas

varilla # 3 a cada 20 cm en ambos
sentidos lecho inferior 1,249.88 kg

varilla # 3 a cada 20 cm bastones 432.23 kg

varilla # 3 corridas para soportar bastones 83.77 kg

varilla # 3 a cada 25 cm en ambos
sentidos muros 1,708.16 kg

cadena de remate en cerramientos de puertas y ventanas:

6 varillas # 3 = 155.06 kg

estribos a cada 20 cm # 2 = 70.48 kg

total de varilla # 3 = 4,173.46 kg x 42.242 = \$ 176,295.50

total de varilla # 2 = 81.05 kg x 42.98 = \$ 3,483.62

alambre recocido # 16

total de acero = 4.25 ton x 38 kg/ton = 161.67 kg
161.67 x 53.90 = \$ 8,714.09

total por el acero de refuerzo
en un módulo de cuatro casas = \$ 188,493.21
=====

+ Equipo utilizado

grúa hidráulica montada sobre neumáticos

renta mensual incluyendo operador, combustibles y lubrican--
tes = \$ 450,000.00

costo por movimiento diario = 450,000.00 / 20 = 22,500.00

el costo por un módulo de cuatro casas = \$ 45,000.00
=====

cubetas para concreto con capacidad de 1,000.0 litros

2 pzas. x 75,000.00 = 150,000.00 / 100 usos = \$ 1,500.00/uso

en un módulo de cuatro casas \$ 3,000.00
=====

+ Mano de obra

cuadrilla de trabajo :

cimbra y	- 1 cabo	- 1,211.42 =	\$ 1,211.42
descimbra	- 8 of. carp.	- 1,122.42 =	8,979.36
	- 2 ayudantes	- 929.89 =	1,859.78
acero de	- 4 of. fierr.	- 1,162.37 =	4,649.48
refuerzo	- 4 ayudantes	- 929.89 =	3,719.56
colados de	- 2 maniobrist.	- 1,020.71 =	2,041.42
concreto	- 3 of. alb.	- 1,205.97 =	3,617.91
	- 2 vibradorist.	- 929.89 =	1,859.78
limpieza de	- 2 ayudantes	- 929.89 =	1,859.78
cimbra			-----
total de la lista de raya diaria			\$ 29,798.49

por seis días a la semana \$ 178,790.94

entre cinco movimientos por semana \$ 35,758.19 / mov.

el total por un módulo de cuatro casas = \$ 71,516.38

=====

+ Herramienta

se considerará el 3 % de la mano de obra

71,516.38 x 0.03 = \$ 2,145.49

=====

+ TABLA COMPARATIVA DE COSTOS

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	ESTRUCTURA CONVENCIONAL	CIMBRA TRADICIONAL	CIMBRA TUNEL
- MATERIALES:			
CIMBRA	103,454.88	282,706.62	524,210.96
CONCRETO	429,382.83	787,825.91	651,393.14
ACERO	84,605.51	188,493.21	188,493.21
TABIQUE	229,001.74	-- o --	-- o --
APLANADOS	26,198.70	-- o --	-- o --
- SUB - TOTAL	872,643.66	1'259,025.70	1'364,097.30
- MANO DE OBRA	634,655.16	793,949.76	71,516.38
- MAQUINARIA Y HERRAMIENTA	19,039.65	23,818.49	50,145.49
- T O T A L E S	1'526,338.40	2'079,175.70	1'485,759.00

5

CONCLUSIONES

Después de haber explicado en que consiste el sistema, cómo se utiliza y los resultados que se obtienen, podemos concluir que la cimbra túnel representa una de las soluciones más confiables, para el desarrollo de la edificación en nuestro país, y tal vez la más indicada para resolver el problema de la vivienda.

La cimbra túnel ha sido utilizada en muchas partes del mundo, -- con aplicaciones en una gran variedad de proyectos, por lo que esta herramienta, en manos de proyectistas adecuados, puede contribuir a la construcción de atractivas, económicas y provechosas obras, como el ejemplo que obtuvimos en la ciudad de Cancún-

Quintana Roo, en donde se aplicó este sistema con excelentes resultados.

A continuación, para finalizar con este trabajo, mencionaremos algunas de las principales ventajas del empleo de este sistema, así como sus desventajas.

De las ventajas principales podemos mencionar primero, que el tiempo de la construcción de la estructura es reducido hasta un cincuenta por ciento comparado con los métodos tradicionales, al mismo tiempo que las actividades subsecuentes se pueden empezar a ejecutar paralelamente a la construcción de la estructura, lo que nos permite reducir también el tiempo total de construcción. El ciclo diario, así como las actividades subsecuentes pueden ser pre-planeadas e implementadas con una gran exactitud, lo que nos permite elaborar perfectamente los programas de trabajo.

Otra ventaja importante es la alta calidad de las superficies de concreto que se obtienen con el uso de la cimbra metálica, así como la exactitud de sus dimensiones, lo que nos permite la aplicación de los acabados sin necesidad de ejecutar trabajos extras.

Otra ventaja que es importante mencionar es la reducción que se tiene en el empleo de la mano de obra, lo que nos resulta provechoso en el aspecto económico de la obra; sólo que ésta tal vez represente una desventaja en el aspecto social, ya que dada la situación actual del país, es necesaria la creación de fuentes de trabajo, siendo la construcción una de las principales industrias que proporcionan empleos a los mexicanos.

En conclusión, analizando las ventajas que mencionamos, podemos decir que la principal ventaja que obtenemos con el empleo del sistema cimbra túnel, es una apreciable reducción en los costos totales de construcción.

En cuanto a las desventajas, podemos mencionar como una de las principales a la restricción que se tiene en el proyecto arquitectónico para poder cumplir con los requerimientos que impone la utilización de la cimbra; así como también podemos mencionar que se requiere hacer una fuerte inversión inicial para adquirir el equipo de cimbra.