

30  
28.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**Facultad de Ingeniería**

**CIMBRAS PARA CONCRETO  
HIDRAULICO.**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

**INGENIERO CIVIL**

P R E S E N T A N

**Jorge Humberto Carrillo Sánchez**

**Laurentino Germán Hernández Briones**



MEXICO, D. F.

1987.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## I N D I C E

I. INTRODUCCION.	.....	1
I.1) Generalidades.	.....	2
II. Aspectos fundamentales en la elección de un tipo de cimbra.	.....	4
II.1) Generalidades.	.....	5
II.2) Aspecto estructural.	.....	5
II.3) Aspecto económico.	.....	6
II.3.1) Costo de una cimbra.	.....	9
III. Estructuras auxiliares.	.....	12
III.1) Generalidades.	.....	13
III.2) Andamios.	.....	13
III.3) Sistemas de apuntalamiento.	.....	20
III.4) Rampas.	.....	30
IV. Clasificación de las cimbras de acuerdo a los materiales empleados para su construcción.	.....	34
IV.1) Generalidades.	.....	35
IV.2) Cimbras de madera.	.....	36
IV.3) Cimbras metálicas.	.....	38
IV.4) Cimbras de otros materiales.	.....	40
IV.4.1) Cimbras de tubo de cartón o fibra.	.....	41
IV.4.2) Cimbras de material sintético.	.....	46
IV.4.3) Cimbras de lámina de fibracel.	.....	47
IV.4.4) Cimbras de asbesto-cemento.	.....	47
V. Procesos inherentes al empleo de una cimbra.	.....	48
V.1) Generalidades.	.....	49
V.2) Montaje.	.....	49
V.3) Apuntalamiento.	.....	51
V.4) Colado.	.....	51
V.5) Descimbrado.	.....	53
V.6) Limpieza.	.....	54
V.7) Almacenamiento.	.....	55
V.8) Otros.	.....	56

VI. Sistema de cimbra tradicional.	....	59
VI.1) Antecedentes.	....	60
VI.2) Tipos de cimbra tradicional.	....	60
VI.2.1) Moldes contruïdos en el sitio de la estructura.	....	61
VI.2.2) Tableros precontruïdos que se ensamblan en el lugar....		62
VI.3) Ejemplos de aplicaci3n m1s comunes de cimbras contruïdas " in situ ".	....	63
VII. Sistemas especiales de cimbras.	....	76
VII.1) Sistema de cimbra deslizante.	....	77
VII.1.1) Introducci3n.	....	77
VII.1.2) Funcionamiento del sistema.	....	80
VII.2) Sistema deslizante manual.	....	83
VII.2.1) Ejemplo de cimbra deslizante manual.	....	84
VII.3) Sistema de cimbra telesc3pica.	....	90
VII.3.1) Introduccion.	....	90
VII.3.2) Funcionamiento del sistema.	....	91
VIII. CONCLUSIONES.	....	94
BIBLIOGRAFIA.	....	97

## I. INTRODUCCION.

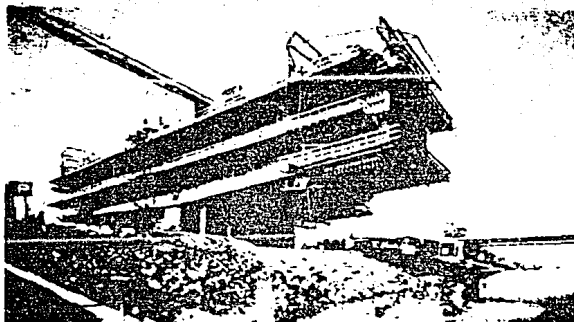


Foto 1. Estructuras tan importantes como los puentes vehicu-  
lares de concreto hidráulico pueden ser resielts con  
relativa facilidad mediante una adecuada técnica de  
cimbrao.

### I.1) Generalidades.

Este trabajo fué elaborado con el propósito de dar a conocer, -- en forma general, uno de los medios, sin adentrarnos en el diseño estructural, que han hecho del concreto hidráulico uno de los materiales más -- empleados en la construcción de obras de infraestructura como son: edifi-- caciones, puentes, canales, tanques, etc., por las características que -- presenta, pues sabemos que el concreto armado es, en la actualidad, uno de los materiales de construcción más versátiles, ya que con él se pue-- den fabricar muchas más formas ( económicamente hablando ), que las rea-- lizadas con otros materiales como son: la madera, la piedra o el acero.

El concreto armado tiene la ventaja de poder combinar la resis-- tencia tanto a compresión de la piedra como a la tensión del acero con -- su característica plasticidad ( en estado fluido ), lo cuál nos ofrece -- la factibilidad de darle casi cualquier forma imaginable por medio de un molde apropiado. Tal molde es el medio del que hablaremos y se ha denomi-- naó cimbra, cuya forma toma el concreto al endurecer. El término cimbra se empleó originalmente para designar el armazón sobre el que se constru-- fa un arco ó bóveda.

De cualquier forma, por cimbra entenderemos todo molde o disposi-- tivo fabricado con el propósito de confinar y amoldar el concreto a una forma definida, en estado fluido al ser colado, manteniéndolo así en las líneas y niveles correspondientes de acuerdo con lo señalado en las espe-- cificaciones de los planos de proyecto. Otra característica de las cim-- bras es la de proteger al concreto de las contaminaciones derivadas de -- los materiales adyacentes al sitio del colado, tal es el caso de los des-- lizamientos de tierra en una excavación, además, gracias a su hermeticidad, evitan la segregación del concreto y especialmente el escurrimiento de la lechada del mismo.

El sistema de cimbra incluye asimismo los soportes ( apuntala-- miento ) de los moldes que dan forma al concreto, así entonces, en térmi-- nos generales, un sistema de cimbra se integra fundamentalmente por --

dos estructuras:

- a) Cimbra de contacto.
- b) Obra falsa.

Cimbra de contacto es la que se encuentra directamente en contacto con el concreto y cuya función primordial es contener y confinar el concreto de acuerdo con el diseño de la estructura: se compone en general de paneles, tarimas, moldes prefabricados, etc.

Obra falsa o apuntalamiento es la constituida por elementos que trabajan estructuralmente soportando a la cimbra de contacto, los elementos más comúnmente usados en la obra falsa son: vigas maderas, pies - derechos, contravientos, rastras, etc.

Los sistemas de cimbra pueden fabricarse para ser empleados una o más veces, pueden ser fijos ó deslizantes y pueden ser contruidos de diversos materiales, tales como madera, metal, fibras sintéticas o bien una combinación de estos materiales.

... / ...

## II. Aspectos fundamentales en la elección de un tipo de cimbra.

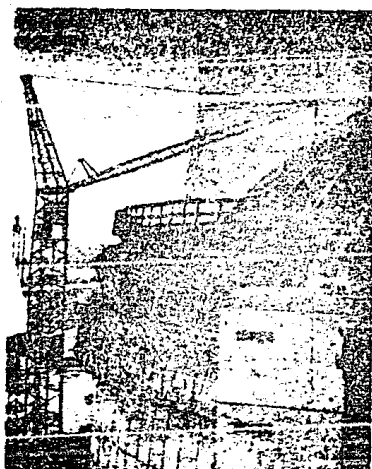


Foto 2. Estructuras de formas poco comunes, tales como las mostradas, pueden resolverse de forma satisfactoria tanto estructural como económicamente, debido al gran desarrollo que han tenido los sistemas de cimbras.



## II.1) Generalidades.

Las cimbras deberán ser calculadas y construídas lo suficientemente fuertes para resistir satisfactoriamente, dentro de los límites - estipulados en las correspondientes especificaciones, las presiones - resultantes del vaciado y vibrado del concreto, así como ciertas cargas accidentales, para las que deberán quedar satisfactoriamente rígidas en su posición correcta, sin que sufran deformaciones ni desviaciones: deberán ser asimismo impermeables para evitar las pérdidas de lechada.

Comúnmente las cimbras implican importantes erogaciones que en ocasiones llegan a significar más que el propio costo de la fabricación y colocación del concreto, especialmente en algunos elementos estructurales caracterizados por tener formas poco comunes. Es por ello, que el criterio de diseño de toda estructura deberá tener en cuenta el aspecto económico de la misma, procurando evitar dentro de lo posible las formas que impliquen elevados costos, bien sean debidos al encarecimiento de los moldes, al limitado uso de los mismos, o bien a ambos factores - conjugados.

## II.2) Aspecto estructural.

Desde el punto de vista estructural, las cimbras deberán cubrir los siguientes requisitos:

- a) Ser lo suficientemente fuertes para resistir las presiones derivadas tanto del colado y vibración mecánica del concreto, como las de las de las cargas vivas y accidentales que puedan presentarse durante e inmediatamente después del colado.
- b) Tener la adecuada rigidez y quedar firmemente sujetos en su posición correcta, esto con el fin de que no se presenten deformaciones ni - desviaciones que sobrepasen los límites señalados por las especificaciones de la obra de que se trate.

En relación a este punto tenemos que es común encontrar que estructuras de concreto que forman parte de obras en particular (p. ej. obras hidráulicas), estén sujetas a estrictas limitaciones en lo que respecta a líneas, niveles y acabados de las superficies expuestas del concreto, lo que a su vez implica calcular las correspondientes cimbras con una elevada rigidez a fin de cumplir satisfactoriamente tales requisitos, aún a costa de elevar los correspondientes costos.

- c) Ser lo suficientemente impermeables para evitar el escurrimiento de la lechada de cemento, puesto que en caso contrario, el concreto sufriría un serio demérito tanto en su resistencia mecánica como en su acabado externo, llegando incluso al caso de poner en peligro a la estructura.

De lo dicho en los párrafos anteriores, las cimbras deberán ser calculadas analizando todos y cada uno de sus elementos estructurales a fin de lograr un diseño que garantice un buen trabajo, procurando abatir los costos.

Debemos hacer notar que los tanteos empíricos generalmente ocasionan cimbras mal diseñadas, subestimando o sobreestimando los esfuerzos de trabajo, con el consecuente riesgo de falla o el excesivo costo por el sobrado uso de materiales. Una cimbra diseñada correctamente eliminará ambas posibilidades de error.

### II.3) Aspecto económico.

Para la elección de una cimbra, se tienen por lo general múltiples alternativas, que deberán ser analizadas a fin de diseñar y fabricar aquellas formas que, sin sacrificar el aspecto estético así como la función estructural logren la máxima economía, para lo cual se deberán tener en cuenta las siguientes reglas generales, mismas que el proyectista de la estructura habrá tomado en cuenta al diseñarla:

- a) Las estructuras de concreto deberán ser proyectadas reduciendo al mínimo formas y acabados irregulares, procurando que sus diversos elementos se repitan el mayor número de veces posible, tanto en forma - como en dimensiones para dar oportunidad a que los moldes empleados en los colados puedan tener múltiples usos.
- b) Las estructuras de concreto deberán ser diseñadas estudiando las posibilidades alternas de emplear moldes a base de materiales comerciales baratos: aunque por materiales baratos se deben entender aquellos que signifiquen costos más bajos, aún en el caso de tener mayores inversiones iniciales, puesto que una cimbra cara con múltiples usos, frecuentemente resulta más económica que otra relativamente - barata muy poco empleada. Generalmente la inclusión de juntas de - construcción en las estructuras de concreto aumenta las posibilidades de emplear más veces los moldes de cimbra.
- c) Por lo general, los miembros en estructuras en tanto más robustos - son, implican menores costos por concepto de cimbra para su colado.
- d) Por lo que respecta a los acabados de la superficie del concreto, - son las especificaciones quienes rigen la calidad, tanto de los forros o enladrados de las cimbras como la de mano de obra correspondiente.

El ingeniero constructor, al fabricar las cimbras, debe tener en cuenta que básicamente los factores que mayormente abaratan sus costos residen en los siguientes principios generales:

- 1) Fabricar las cimbras con la resistencia y rigidez adecuadas para que puedan ser empleadas el mayor número de veces, ya que aún tratándose de cimbras costosas, en tanto mayor es el número de usos menor es el costo correspondiente.
- 2) Lo anterior va asociado con el empleo de los materiales más adecuados disponibles en las obras de que se trate, ya que frecuentemente

tanto el volúmen de la obra, como su localización geográfica imponen serias limitaciones que obligan al ingeniero a emplear los materiales disponibles, y no aquellos que ortodoxamente resultarían, en teoría, más adecuados y económicos.

Por materiales comerciales para cimbras, conviene entender aquellos de más fácil adquisición en una localidad, o en las inmediaciones de la obra. En medios muy apartados de las zonas urbanas y de vías nacionales de comunicación, por lo general, es más conveniente el empleo de materiales producidos en la propia localidad, lo mismo suele ocurrir con la mano de obra, cuando no se requiere que sea altamente especializada.

- 3) Siempre que sea posible, la cimbra deberá ser prefabricada, bien sea en tableros integrales, o bien en parciales que se armen en el sitio de la estructura, procurando como criterio básico, el reducir al mínimo la mano de obra necesaria en la fabricación, erección y desmantelamiento de las partes en los sitios de los colados. En toda obra de importancia, es necesario y conveniente disponer de un taller ya sea de carpintería y/o herrería destinado a la prefabricación de la cimbra, empleando al máximo las herramientas mecanizadas, manuales y de banco y procurando orientar el trabajo hacia la producción en serie, dentro de lo posible, práctica que siempre abatirá los costos.
- 4) La cimbra deberá ser de dimensiones adecuadas a los miembros de concreto correspondientes, así como a los medios con que se realizarán la erección y el desmantelamiento, buscando la solución que reduzca al mínimo estos trabajos.

Cuando la erección y el desmantelamiento se realicen empleando exclusivamente mano de obra, los tableros y demás elementos no deberán exceder de un peso promedio de 35 Kg., por operario, procurando no abusar en el número de éstos, ya que el exceso de operarios aumenta el grado de congestión, con la consecuente reducción en

sus respectivos rendimientos. Por otra parte, en aquellos casos en que se dispone de montacargas, grúas y equipo similar para la erección y manejo en general de la cimbra, conviene que estos sean del mayor tamaño compatible con la estructura de que se trate.

- 5) Deberá procurarse reducir al mínimo la fabricación de la cimbra en el propio sitio de la estructura y especialmente a elevaciones sobre el nivel del piso natural, ya que esto reduce el rendimiento del personal. Frecuentemente es preferible fabricar en el piso la cimbra, izándola posteriormente a su posición correspondiente.

### II.3.1) Costo de una cimbra.

Usualmente todas las especificaciones de construcción estipulan el pago de los precios unitarios de las cimbras empleando como unidad el metro cuadrado de superficie de cimbra en contacto con la estructura correspondiente, para la cuál sirve de molde.

Ahora bien, en la fabricación y empleo de la cimbra intervienen materiales y mano de obra que respectivamente originan gastos, la suma de los cuales resulta ser el costo de la misma, el que multiplicado por un factor, mayor que uno, para incluir los gastos indirectos y las utilidades, y dividiendo entre la superficie de contacto da por resultado el correspondiente precio unitario.

#### A) Costo por materiales.

Este concepto hace referencia al número de ocasiones que se empleará una cimbra, por el que será dividido para obtener el costo aplicable a cada empleo: así por ejemplo, una cimbra que sólo tiene un uso, gravará el precio unitario correspondiente con el cargo derivado del costo total del material. Una cimbra con varios usos, sólo gravará a cada uso una fracción del costo de los materiales. En los precios de las cimbras deberán incluirse los cargos derivados de los materiales

empleados en sus reparaciones.

B) Costo por mano de obra.

Por la razón de que frecuentemente las cimbras se emplean varias veces, resulta muy conveniente dividir la mano de obra empleada en ellas en los siguientes conceptos:

- 1) Mano de obra requerida en la fabricación de las cimbras, la que en ciertos casos incluirá el respectivo armado, como cuando se trata de cimbras prefabricadas que solamente requieren instalarse y retirarse de los sitios de los colados.
- 2) Mano de obra empleada en la instalación, retiro, limpieza y reparaciones de la cimbra. Este concepto se repite en cada uso, gravando por lo tanto al respectivo costo.

En las operaciones de erección, retiro y manejo de las cimbras pesadas es muy frecuente que se requiera del auxilio de equipo mecanizado consistente en grúas, montacargas o máquinas similares, lo cuál se deberá tener en cuenta, gravando a los respectivos costos el cargo correspondiente a tales máquinas, el que usualmente se expresará en función de hora-máquina, es decir, considerando en los correspondientes análisis de costos, el tiempo expresado en hora-máquina y su correspondiente cargo.

En muchos casos el equipo empleado como auxiliar para las tareas de movimiento de las cimbras, estará dedicado exclusivamente a tal operación, teniendo un porcentaje de tiempos ociosos muy elevado, lo que deberá tenerse en cuenta en los respectivos análisis de costos, ya que eventualmente será meritorio y justificado aplicar cargos derivados del equipo ocioso, los que frecuentemente llegan a tener muy importante significación en los precios unitarios correspondientes.

De hecho, el análisis de los precios unitarios correspondientes al empleo de la cimbra para los colados de concreto de una estructura, en cada caso particular, implica que el analista diseñe, aunque sea tentativamente, la cimbra a ser empleada en los trabajos, para poder evaluar los materiales utilizados en la misma, la mano de obra empleada en su fabricación, ensamblado, erección, retiro, reparaciones, limpieza y almacenamiento y los correspondientes costos que implica cada uno de ta les conceptos.

En grandes centros urbanos, actualmente se encuentra muy generalizada la práctica de alquilar cimbres prefabricadas, o simplemente madera labrada para servir como cimbra o como obra falsa, sin embargo, en obras localizadas lejos de centros urbanos, es preciso, para cada caso particular, fabricar las cimbres que serán utilizadas en los trabajos, mismas que serán amortizadas en la propia obra.

### III. Estructuras auxiliares.



Foto 3. Las estructuras auxiliares son elementos indispensables en los sistemas de cimbado, pues son los que sustentan a la cimbra de contacto, además de proporcionarle ciertas facilidades en el proceso de colado.



### III.1) Generalidades.

Las necesidades de obra falsa y andamiaje para la colocación, - apoyo y retiro de las cimbras, varían muy ampliamente para cada caso - particular, dependiendo de muy numerosos factores. En algunos casos es insignificante el cargo derivado de estas obras auxiliares, en tanto - que en otros es de mucha importancia, llegando a significar incluso más que la misma cimbra. La variación es tan amplia y particular para cada caso, que no es posible siquiera fijar un índice tentativo, por lo que en cada caso particular deberá estudiarse la solución más económica, y sobre los resultados obtenidos calcular los cargos económicos derivados de los trabajos correspondientes.

### III.2) Andamios.

Los andamios son estructuras auxiliares ligeras y provisionales que se utilizan en la construcción para la realización de diversos trabajos. Pueden ser de muy diversos tipos y materiales de acuerdo con las diferentes condiciones de trabajo como altura, situación, peso, etc. - Por su forma de operar los andamios pueden ser:

- a) Fijos.
- b) Colgantes.
- c) Rodantes.

Por sus materiales: de madera, metálicos o una combinación de - estos, los más empleados en la actualidad son los metálicos.

#### a) Andamios fijos.

El andamio más sencillo es el constituido por dos bancos de ma- dera sobre los cuáles se coloca un tablón ( viz. III.1 ). Este tipo de andamio es muy usado para la construcción de trabajos de albañilería - como hechura de muros, colado de cadenas y castillos y colocación de -

### III.1) Generalidades.

Las necesidades de obra falsa y andamiaje para la colocación, - apoyo y retiro de las cimbras, varían muy ampliamente para cada caso - particular, dependiendo de muy numerosos factores. En algunos casos es insignificante el cargo derivado de estas obras auxiliares, en tanto - que en otros es de mucha importancia, llegando a significar incluso más que la misma cimbra. La variación es tan amplia y particular para cada caso, que no es posible siquiera fijar un índice tentativo, por lo que en cada caso particular deberá estudiarse la solución más económica, y sobre los resultados obtenidos calcular los cargos económicos derivados de los trabajos correspondientes.

### III.2) Andamios.

Los andamios son estructuras auxiliares ligeras y provisionales que se utilizan en la construcción para la realización de diversos trabajos. Pueden ser de muy diversos tipos y materiales de acuerdo con las diferentes condiciones de trabajo como altura, situación, peso, etc. - Por su forma de operar los andamios pueden ser:

- a) Fijos.
- b) Colgantes.
- c) Rodantes.

Por sus materiales; de madera, metálicos o una combinación de - estos, los más empleados en la actualidad son los metálicos.

#### a) Andamios fijos.

El andamio más sencillo es el constituido por dos bancos de madera sobre los cuáles se coloca un tablón ( fig. III.1 ). Este tipo de andamio es muy usado para la construcción de trabajos de albañilería - como hechura de muros, colado de cadenas y castillos y colocación de -

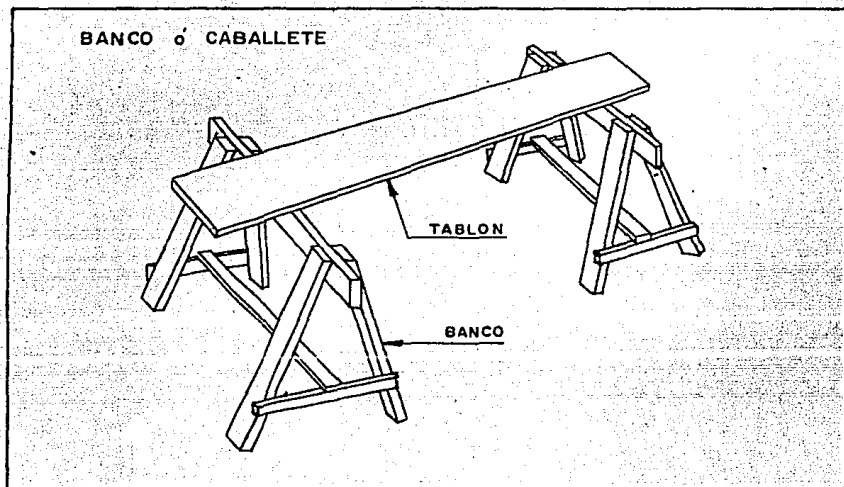


Fig. III.- 1

materiales de recubrimiento a pequeña altura. En la ejecución de los trabajos de yesería y pintura de muros y plafones se construyen plataformas constituidas a base de caballetes ó de bancos y tablon.

Cuando la altura se incrementa, los bancos o caballetes se convierten en verdaderas estructuras contraventeadas, sobre las cuales se colocan plataformas de tablon soportadas por vigas o polines ( fig. III.2 ). Este tipo de andamios puede apoyarse sobre los muros de la construcción, o bien hacerse libre de estos, en cuyo caso se constituye una torre. Para su construcción en madera se usan pies derechos forjados por una o varias vigas unidas entre sí por medio de fierro fleje. A su vez, los apoyos verticales se ligan con vigas horizontales y tablon para proporcionar los carriles de circulación. Su cimentación se hace generalmente por una ampliación de base constituida por vigas de madera, denominados arrastres.

Otro tipo muy común de andamios es el denominado de caballete

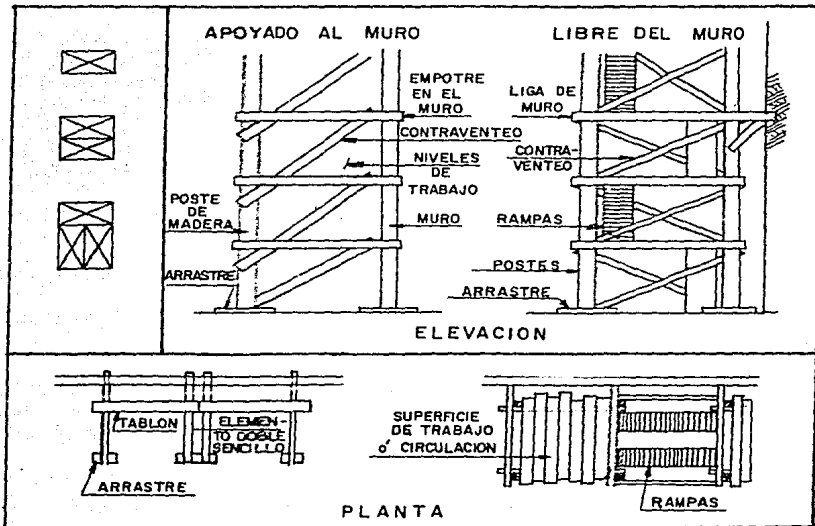


Fig. III.-2

sumamente práctico y que consiste en un puntal de madera con un arrastre en la pared y otro en el suelo. En la parte superior, y en la forma que indica la figura ( fig. III.3 ), se hace la plataforma de circulación o de trabajo. Es un andamio económico y que da muy buen resultado cuando se encuentra convenientemente hecho y sólo tiene la limitación de su altura ya que se aplica en construcciones bajas.

Existe también el tipo de andamios fijos pero no apoyados en el suelo ( fig. III.4 ). Este tipo de andamios se apoya en los repisones de las ventanas de ser posible, prolongándose en el interior de la construcción hasta el techo, donde se atroquela. En caso de no existir ventanas, puede hacerse mediante unos agujeros practicados en el muro. Es un andamio que presta mucha seguridad y que puede hacerse aislado ó corrido, en cuyo caso se debe unir en tal forma que quede lo más rígido posible.

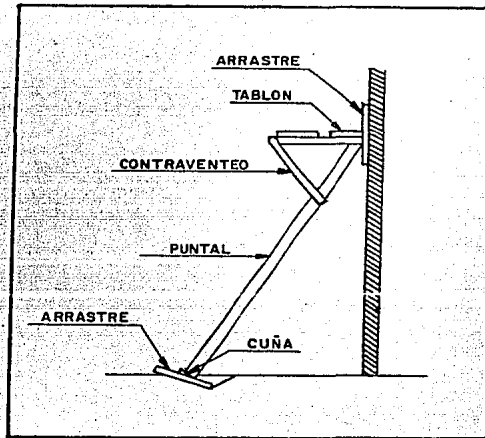


Fig. III.-3

#### b) Andamios colgantes.

Este tipo de andamios se usa generalmente para construcciones de considerable altura y está constituido por medio de "hamacas", que son entarimados de madera con claros de 4.00 a 5.00 mts., apoyados sobre marcos metálicos apropiados, los cuáles se suspenden de vigas o puntales colocados en el techo o losa superior del edificio por medio de cables de henequén o de acero y garruchas o ganchos. El sistema más rudimentario en lo que respecta a sustentación y elevación de las hamacas, consiste en la colocación de un par de polipastos o sistemas de poleas, fijando una en la viga superior y otra en el dispositivo metálico de sustentación de la tarima, unidas por medio de un cable de henequén que proporciona 4 hilos, ya que ambas poleas son dobles. En esta forma, el operario sube o baja tirando de la punta libre del cable, reduciendo la carga del tirón a una octava parte de la carga total del andamio ( fig. III.5 ).

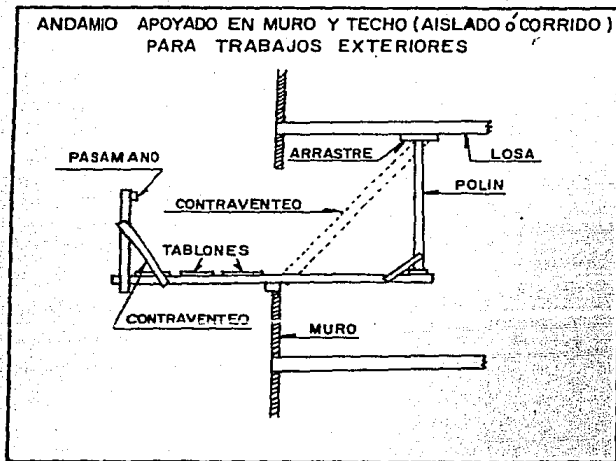


Fig. III.-4

El sistema más eficiente de andamios exteriores de este tipo - es el denominado "andamio de seguridad", el cual está equipado mediante dispositivos mecánicos en sus extremos para hacer subir o bajar el andamio, presentando un coeficiente máximo de seguridad en todo lo que se refiere a su construcción.

c) Andamios rodantes.

Estos tipos de andamios son similares a las torres ya descritas para andamios fijos, con la diferencia de que en su parte inferior se encuentran montados sobre ruedas, en tal forma que es posible arrastrarlos ( fig. III.6 ).

Pueden construirse desde luego, en su forma más sencilla, en madera, pero ya que su principal cualidad es la de ser rodantes, deben llevar como característica aunada a ella su ligereza, por lo que es de

recomendar la construcción de este tipo de andamios en tubería metálica, de preferencia de aluminio, con lo que aparte de obtener un fácil manejo de ellos, se obtiene además una indefinida conservación de los mismos. Este tipo de andamios es muy usado para trabajos en salones su-  
mamente largos, en los ramos de albañilería, yesería, pintura y cualquier tipo de instalaciones en general.

Cuando se usan andamios de madera, es de capital importancia - que la madera en ellos usada, sobre todo la empleada en los elementos de circulación y la sustentación de los mismos, sea de buena calidad y libre de nudos, para evitar en lo posible los accidentes, tan comunes, provocados por la ruptura de una de estas piezas sujetas a flexión. Igualmente debe tenerse un especial cuidado en resolver perfectamente las uniones de las diversas piezas, el contravanteo, así como - los anclajes a los muros en caso de estar resueltos en esa forma.

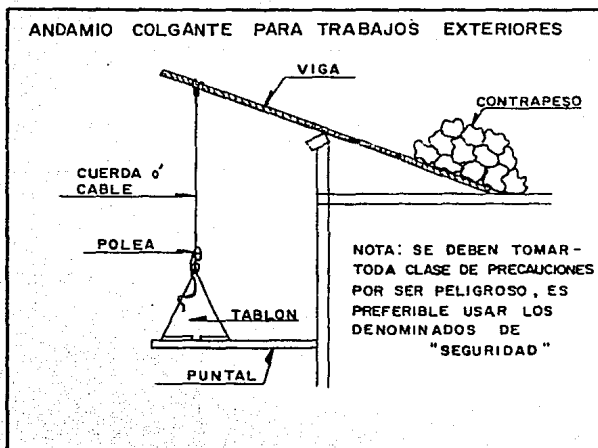
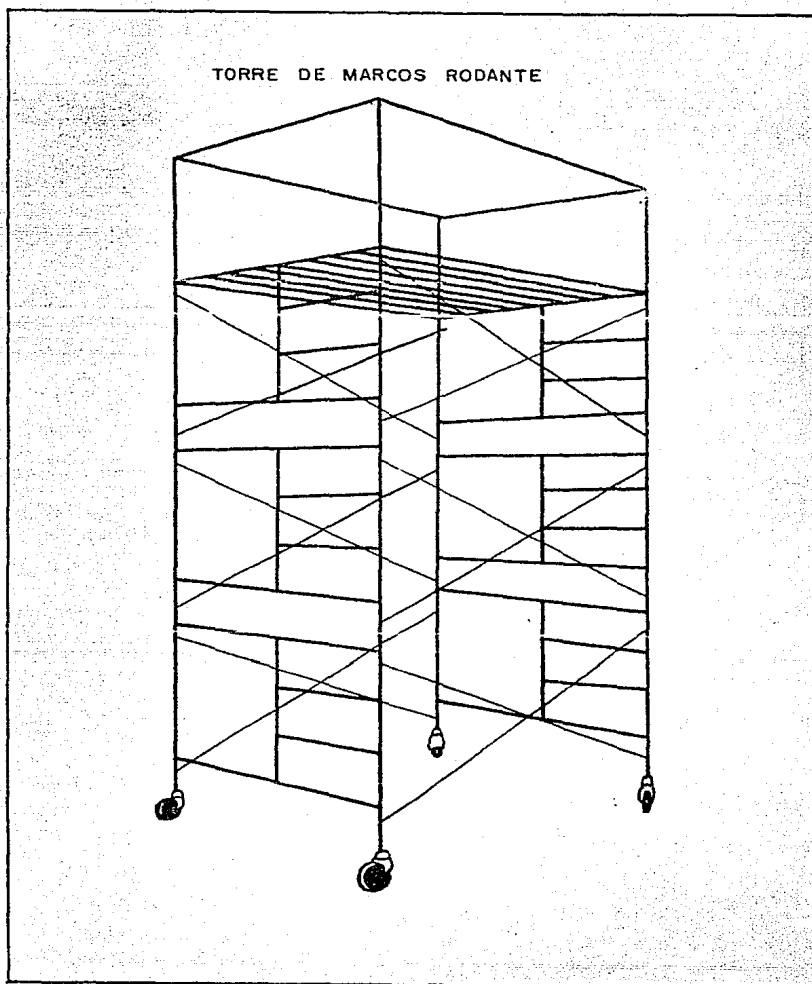


Fig. III - 5





Hasta hace relativamente poco tiempo, en México sólo se construían andamios de madera, pero debido a una serie de factores que aún predominan, la madera ha ido subiendo de costo y cada día es más difícil poder obtenerla. Así entonces es de recomendarse que todos los constructores en general, presten una especial atención a este problema y procuren resolverlo con materiales metálicos, pues las ventajas que ellos reportan son muy superiores a las de cualquier andamio de madera en lo que se refiere a costo, construcción, operación y seguridad, que son las principales cualidades que se deben buscar al proyectar y resolver éste elemento.

Ya que los andamios tienen un costo relativamente elevado, es también muy importante proyectar perfectamente su localización con objeto de que no vayan a estorbar ó interrumpir trabajos posteriores, lo que ocasionaría el tenerlos que armar y desmontar varias veces, por lo que se aconseja el ubicarlos, bien sea por el exterior de la construcción cuando no se tengan construcciones colindantes, o en caso de tenerlas, en los patios interiores. Estas recomendaciones se aplican también para las torres de malacates.

### III.3) Sistemas de apuntalamiento.

Actualmente se está empleando un sistema de elementos tubulares metálicos con adecuadas uniones y contraventeos cuya versatilidad permite construir tanto andamios de trabajo como escaleras de torre o bien torres de carga, que sirven como soporte y apuntalamiento a la cimbra de contacto.

Las características principales de los diversos sistemas de elementos tubulares que existen en el mercado se basan, en general, en su versatilidad ( ya que constan de accesorios que permiten emplearlos en casi todos los casos de apuntalamiento que puedan presentarse ). facilidad de instalación y desarticulación a alturas considerables, facilidad de manejo y almacenamiento, buena resistencia mecánica, poco peso, etc.

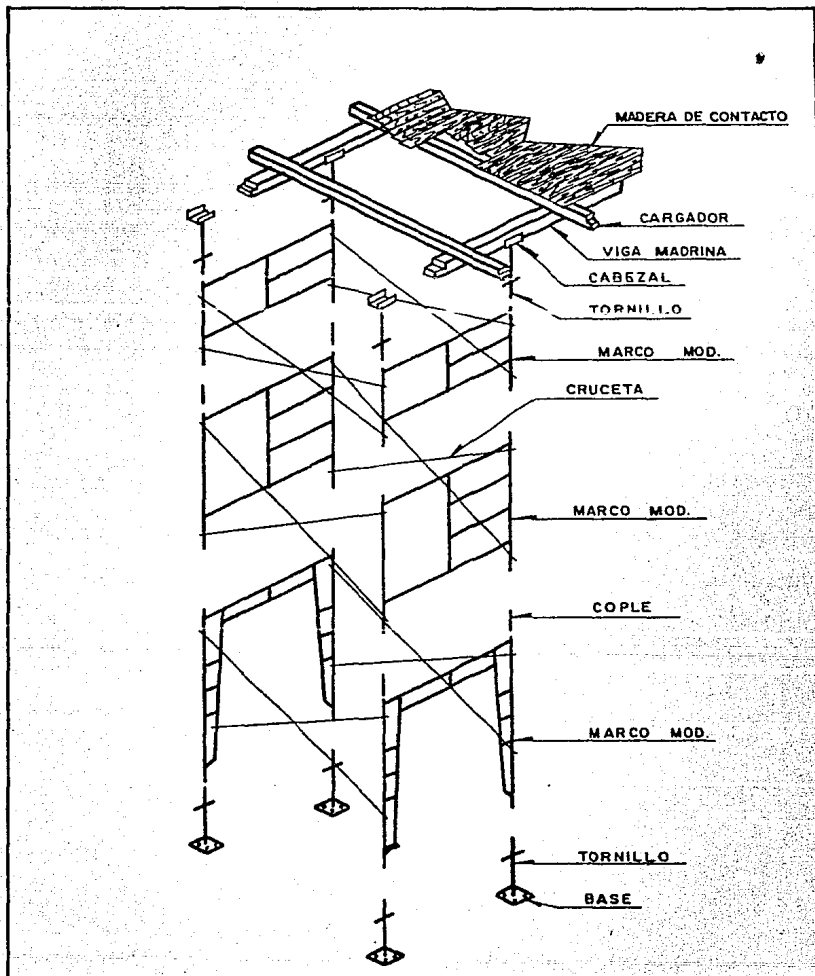


Fig. III.-7

Estos sistemas están constituidos por marcos, vigas madrinas, - pies derechos telescópicos y están contraventeados por medio de elementos tubulares que se enroscan en crucetas o "tes" colocadas en el pie - derecho o empleando cualquier otra forma de unión, son sistemas ideales para grandes obras de edificación en serie.

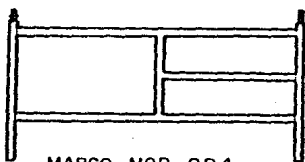
Entre las empresas que trabajan elementos tubulares para sistemas de andamiaje y apuntalamiento contamos con algunas en el país, mismas que son fácilmente localizables en cualquier directorio de la industria de la construcción y que ofrecen al comprar o arrendar su equipo - la opción de diseño del apuntalamiento y andamiaje en toda clase de - - construcciones así como la supervisión de su montaje.

En la figura III.7 se muestran algunos de los elementos que estas empresas manejan, incluyendo los accesorios de unión y contraventeo.

MARCOS. Son sistemas de elementos tubulares de acero estructural soldados en un plano, tienen varias formas, por ejemplo, las que se ilustran en la figura III.8, donde varían las alturas de los mismos de acuerdo - al modelo ( tabla III.1 ), para adaptarlos a la altura que requiera el apuntalamiento ( aunque algunas compañías distribuidoras trabajan con - marcos "tipo" de dimensiones estándar ) y donde en general, el ancho de los marcos es el mismo, para cada compañía en particular, lo cual permite el ensamble entre sí. Los marcos son la base de los sistemas de elementos tubulares que sirven como torres de trabajo o apuntalamiento, y tienen la característica de tener una alta capacidad de carga por pata ( fig. III.8 ).

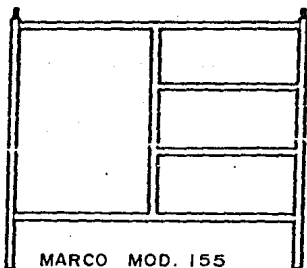
MODELO	ALTURA EN cms.	ANCHO EN cms.	PESO EN KG.
094	94	152	16.0
155	155	152	20.6
200	200	152	25.0
200P	200	152	26.4

TABLA III.- 1



MARCO MOD. 094

CAPACIDAD DE CARGA POR PATA EN Kgs.							
ALTURA EN MARCOS	EXTENSION DEL TORNILLO EN cms.						
	30	45	60	75	90	107	120
1	2910	2803	2701	2449	2177	NO RECOMENDABLE	
2	2458	2350	2240	2132	2018	1814	1588
3	2322	2214	2110	1996	1882	1678	1451
4	2050	1941	1835	1724	1610	1406	1179



MARCO MOD. 155

CAPACIDAD DE CARGA POR PATA EN Kgs.							
ALTURA EN MARCOS	EXTENSION DEL TORNILLO EN cms.						
	30	45	60	75	90	107	120
1	2776	2667	2558	2313	2041	NO RECOMENDABLE	
2	2332	2214	2105	1996	1882	1678	1451
3	2232	2123	2014	1905	1792	1588	1361
4	1959	1851	1742	1633	1519	1315	1089

CAPACIDAD DE CARGA POR PATA EN Kgs.							
ALTURA EN MARCOS	EXTENSION DEL TORNILLO EN cms.						
	30	45	60	75	90	107	120
1	2368	2259	2150	1905	1633	NO RECOMENDABLE	
2	2096	1987	1878	1769	1533	1451	1225
3	1823	1715	1606	1497	1383	1179	952
4	1642	1533	1424	1315	1202	998	771

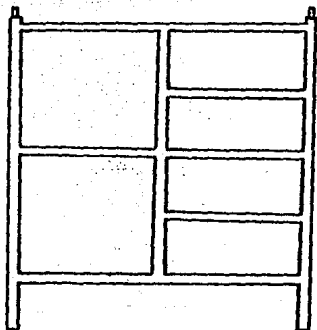
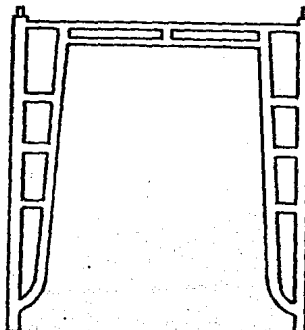
MARCOS MODS.  
200 Y 200 P

Fig. III.- 8

**Soporte diagonal.** También de acero estructural, sirve para contraven-  
tear un marco con otro y mantenerlos en posición estable. Las crucetas  
son inamovibles ( fig. III.7 ) por lo que conservan su forma a diferen-  
cia de los llamados jabalcones, también empleados para rigidizar los  
sistemas de marcos, constan de dos elementos tubulares unidos por el  
centro con un pasador o tornillo que permite que giren. Conviene saber  
que existen diversos tamaños de crucetas de acuerdo a la altura de los  
marcos, ya que se unen en los extremos superior e inferior de ellos.

**Cabecal.** Se emplea en la parte superior del marco o bién en una prolon-  
gación de este ( tornillo ) para soportar la cimbra, por su forma reci-  
be con seguridad la viga madrina ( fig. III.7 ). Existe en el mercado  
un tipo de cabecal que puede colgarse en traves, vigas o muros cuando  
no pueden usarse marcos u otro tipo de apoyo, este recibe el nombre de  
cabecal colgante ( fig. III.9 ).

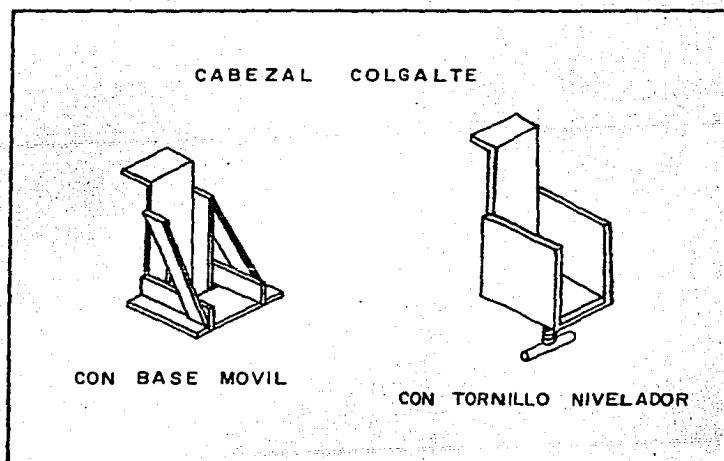


Fig. III.- 9

**Base.** Se instala en la parte inferior del marco para proveer una base firme, puede instalarse en la parte superior como soporte de la cimbra.

**Espaciador y cople.** Se instalan en los cierres rápidos en los marcos para espaciar distancias proporcionando mayor capacidad de carga y/ó mayor movilidad y apoyo de los marcos. Se usan solamente para añadir marcos a torres formadas por estos elementos y crucetas.

**Tornillos.** Pueden emplearse en la parte inferior y/ó superior del marco como base ajustable o como soporte de la cimbra. Existen varios modelos de acuerdo al uso que se les vaya a dar ( fig. III.7 ). Se tiene también un tipo especial que sirve como espaciador y para nivelar alturas, se denomina gato, algunas empresas lo trabajan haciendo una pieza ya sea con el cabezal o con la base.

**Viga madrina metálica.** Su instalación asegurada a los cabezales en la forma ilustrada ( fig. III.10 ), permite el apoyo a cargadores de madera o a la cimbra de contacto en forma continua. Tiene la característica de ser relativamente ligera para sus dimensiones así como la de tener una alta resistencia al momento flexionante. También existe la variedad de las vigas metálicas extensibles, mismas que se ajustan a las necesidades del claro que se tiene con las naturales restricciones.

**Pie derecho.** Es un poste telescópico adaptable para lograr alturas desde 1.50 hasta 5.00 mts., aproximadamente ( tabla III.2 ), diseñado para usarse en lugares estrechos donde un andamio no cabría, dispone de tornillos para ajuste de altura. Evita el uso de polines sustituyendolos con innumerables ventajas de uso y economía. El pie derecho permite usar rápida y fácilmente los cabezales y el contraventeo incrementa su versatilidad y facilita el montaje. Las unidades independientes pueden espaciarse tanto como requiera el acomodo de la cimbra existente y los requerimientos de carga. El pie derecho puede transportarse en la obra sin que haya necesidad de desarmar o quitar la pata de gallo ahorrándose así tiempo y mano de obra.

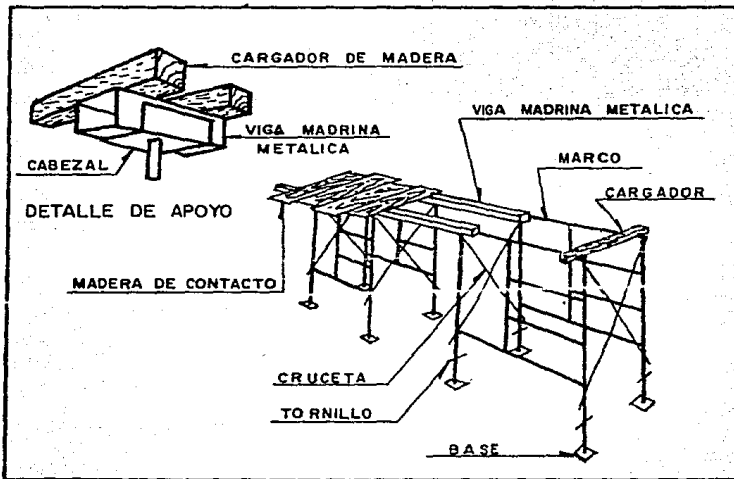


Fig. III -10

Los anteriores elementos para apuntalamiento se emplean también para torres de carga y andamios de trabajo, simplemente se añaden para tal efecto accesorios como los que a continuación se presentan:

**Armadura.** Hecha también con elementos tubulares de acero estructural - soldados en un plano, se emplea cuando se requiere una plataforma de - trabajo en pisos superiores ( se instala apoyándose en torres laterales) o cuando por necesidades de obra se necesite volar un andamio ( fig. III 12.a ) o como torre de trabajo para librar obstáculos y ahorrar andamiaje ( fig. III.12.b ).

**Malacate con polea.** Se usa para levantar cargas en forma vertical, apoyándose en el mismo sentido de las patas de los marcos ( fig. III.13 ).

...

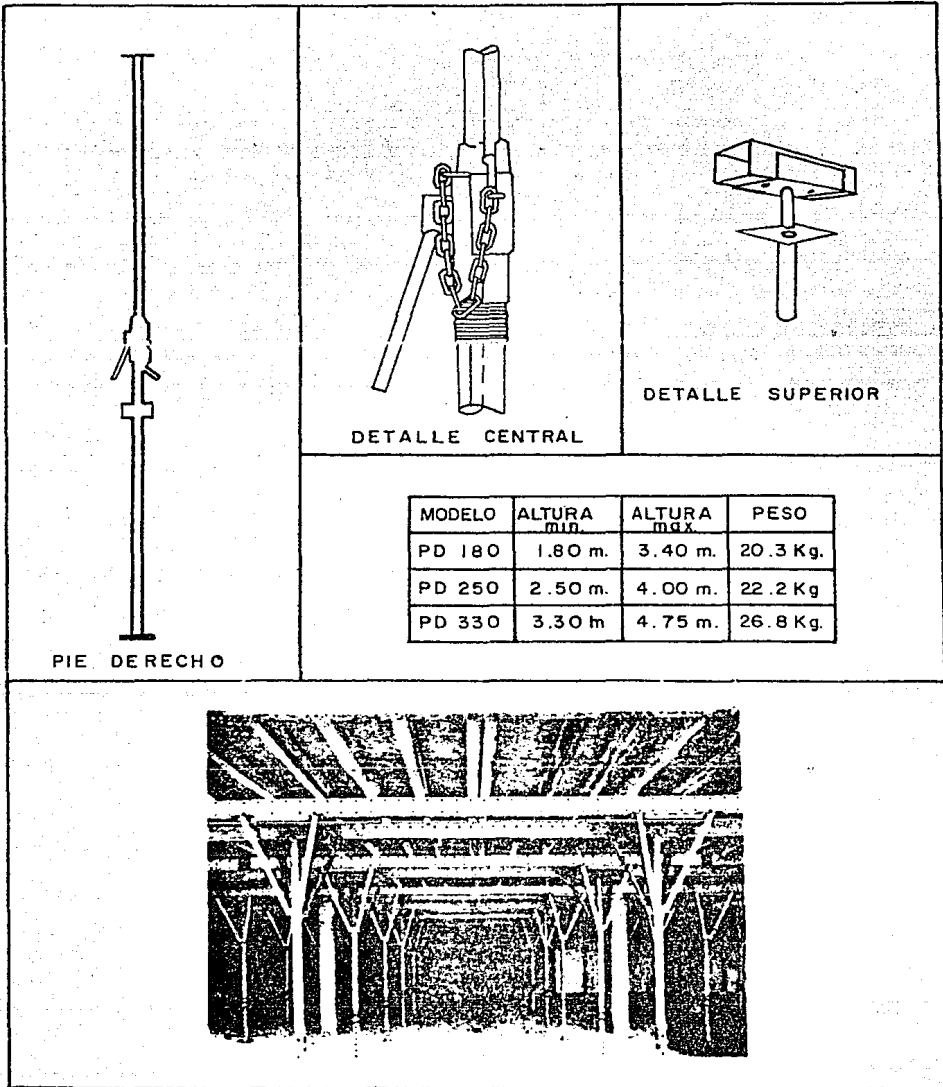


Fig. III - 11



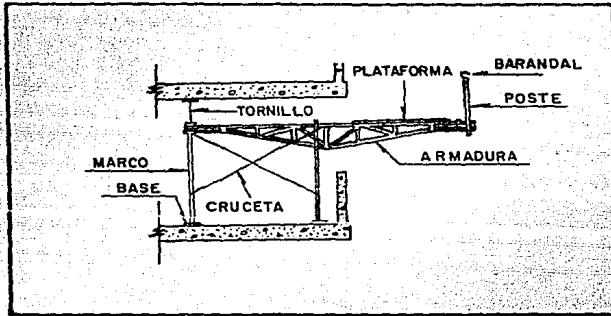


Fig. III. - 12 a

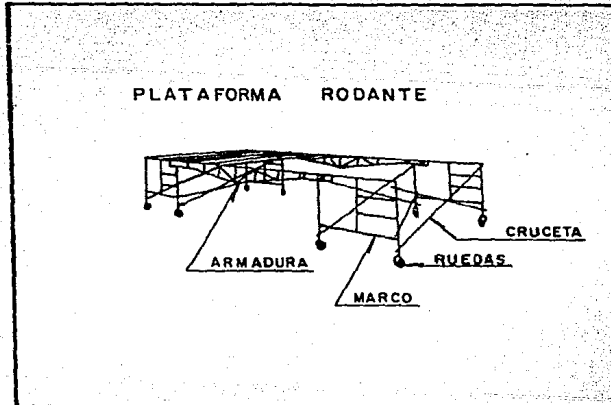
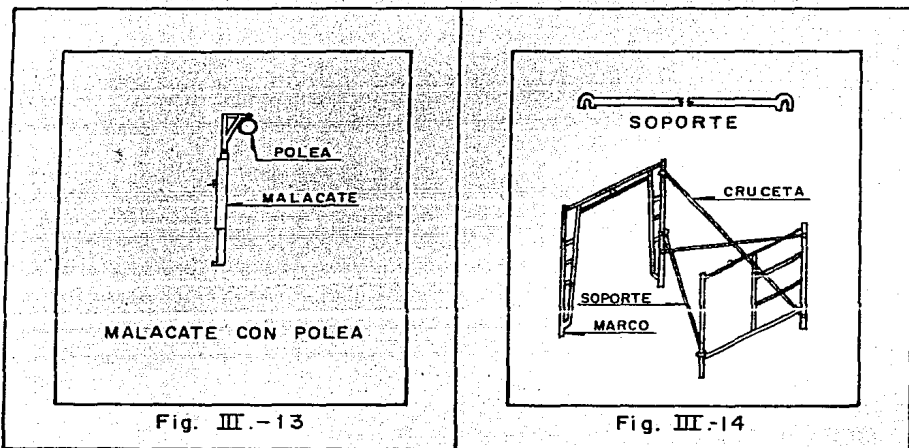


Fig. III. - 12 b



Soportes. Sirven para dar mayor rigidez a las torres, se colocan en los extremos diagonales de los marcos ( fig. III.14 ).

Soporte escuadra. Se instala en los marcos estándar con el objeto de hacer una plataforma de trabajo que permita al operario llevar a cabo operaciones entre el muro y el andamio ( Fig. III.15 ).

Poste. Se instala en la parte alta del último marco para dar mayor protección al personal ( fig. III.16 ).

Barandal. Se emplea para dar mayor protección al personal, se coloca en el poste.

...

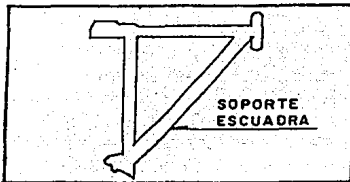


Fig. III - 15

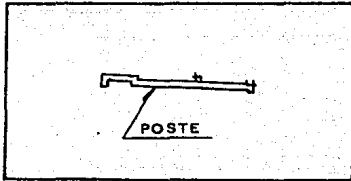


Fig. III - 16

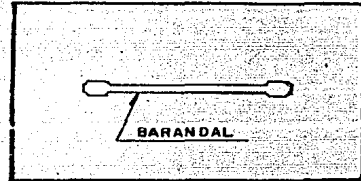


Fig. III - 17

Las escaleras son elementos indispensables en obras de varios niveles para facilitar el movimiento vertical de operarios hacia y desde sus niveles de trabajo, proporcionándoles gran seguridad y mayor rapidez. También en este caso, los elementos básicos del sistema de apuntalamiento de marcos se utilizan para construir la escalera de acceso, ya que ésta se coloca en una torre de trabajo común, con el complemento de barandillas, tramos de escalera y pasamanos. De esta forma se consigue una torre de escalera de acceso caracterizada por su seguridad y estabilidad ( fig. III.18 ).

#### III.4) Rampas.

A este pequeño pero importante detalle se le debe prestar especial atención al proyectar un andamio, y al proyectar, en general, cualquier tipo de circulación provisional que se en una obra.

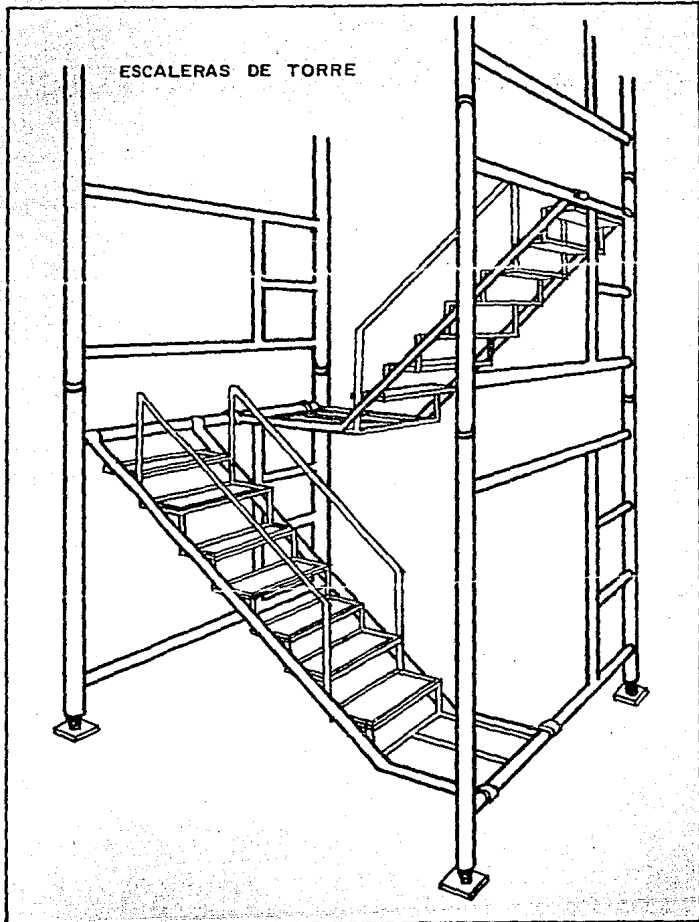


Fig. III.-18

Las anchuras convenientes y recomendables para ellas, así como para andamios en general, son las siguientes:

- a) Para aplanados: de 0.40 a 0.60 mts.
- b) Si són destinadas para subir y bajar operarios: 0.60 mts.
- c) Si es para subir también materiales: 0.80 mts. ( fig. III.19.a ).

En determinado tipo de obras, sobre todo aquellas en que se usa el concreto armado para colar los entrepisos y techos, y si se llevara a cabo todo ello a base de operarios, es muy conveniente el resolver la circulación de los mismos colocando rampas de subida y de bajada, cada una con un ancho mínimo de 0.80 mts., con el objeto de evitar en lo posible cualquier tipo de accidentes ocasionados por una mala solución.

Las rampas deben ser cuidadosamente estudiadas y es conveniente aplicar las siguientes especificaciones generales:

- a) Deben tener una pendiente máxima de un 17 % .
- b) Se debe tener un peralte máximo entre huella y huella de 0.30 mts.
- c) Después de 3.00 mts., de altura, es necesario el poner pasamanos con objeto de impedir accidentes. Este pasamanos generalmente queda constituido por una duela cuyo canto ha sido cepillado y sujeto al andamio en la forma que indica la figura III.19.b.
- d) Es conveniente para formar las huellas en estas rampas, poner una - tabla clavada a la viga de apoyo y sobre ella colocar otra tabla, cuya superficie quedará en posición horizontal para facilitar el ascenso y descenso de los operarios.

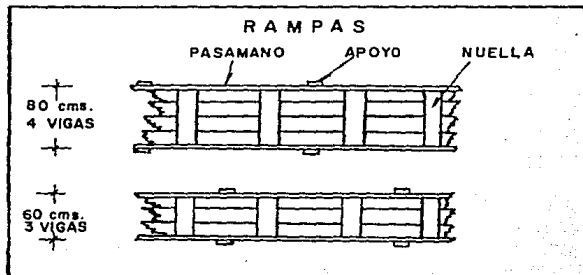


Fig. III .- 19 a

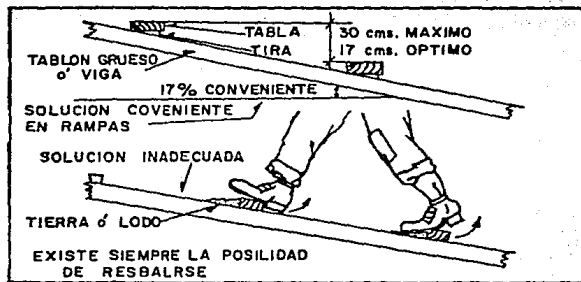


Fig. III .- 19 b

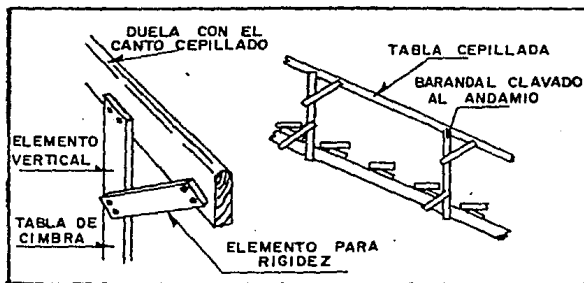


Fig. III .- 19 c

IV. Clasificación de las cimbras de acuerdo a los materiales empleados para su construcción.

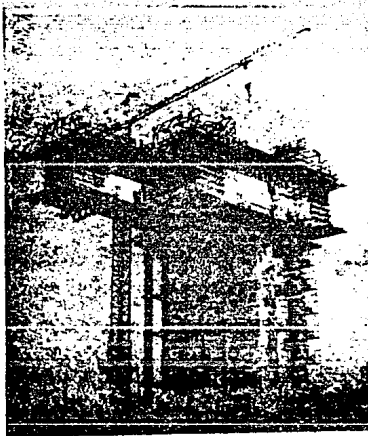


Foto 4. Esta pila para puente vehicular muestra una combinación de los diversos materiales empleados para su cimbrado.

#### IV.1) Generalidades.

La selección de materiales se realiza en base a la determinación del número de veces que será necesario volver a utilizar la cimbra, así como a los requisitos para el acabado superficial especificado de la estructura.

Muchos proyectos ( incluyendo algunos bastante complicados ) se ejecutan a base de la conocida "cimbra tradicional", es decir, madera y triplay, fabricada o ensamblada en la obra, con la cual, durante las primeras etapas de la construcción, se pueden obtener bastantes usos y lograr acabados aceptables. Sin embargo, la apariencia de los acabados y la calidad del concreto pronto empezaran a sufrir ciertos deméritos - a menos que se efectúe algún mantenimiento, que en el caso de estos materiales es demasiado y muy costoso por la cantidad de desperdicio de los moldes para evitar que éstos se deformen y deterioren por el uso y el intemperismo. En vez de fabricar los moldes en el sitio de la obra - existe la posibilidad de arrendar o comprar paneles estándar que pueden ser fabricados de triplay y madera, o bien, marcos de acero con recubrimiento de triplay en la cara que estará en contacto con el concreto. A condición de que los paneles se utilicen sistemáticamente y que se tenga cuidado de proteger los bordes y juntas del triplay, será posible usarlos bastantes **ocasiones** con buenos resultados.

En caso de escoger estos materiales, el trabajo consistirá en - primer lugar, en seleccionar los paneles más adecuados para el trabajo que se va a realizar, aunque quizá sea necesario preparar algunos planos indicando la forma de montaje y su distribución con el objeto de facilitar que se les pueda usar en lo sucesivo durante el proceso de construcción. Es indispensable que se tenga buena información acerca de los nuevos descubrimientos en la tecnología de los materiales, especialmente respecto a los recubrimientos y desmoldantes para la cimbra, incluyendo los materiales de reciente aparición, así como las técnicas apropiadas para su manejo. Por ejemplo, el aumento en la utilización del -



plástico con la forma y textura deseada con el fin de producir superficies con acabados decorativos así como para abaratar los costos de los moldes.

Es responsabilidad del ingeniero constructor investigar y comparar los factores que gobiernan a cada material para escoger los que mejor satisfagan las especificaciones respecto a exactitud y acabados en lo que a cimbras se refiere. La selección de los materiales para forros y revestimientos, al igual que sus refuerzos complementarios, determinan en alto grado el comportamiento de la cimbra. Sin embargo, es indispensable dedicar la misma atención a los requisitos del apuntalamiento.

En algunos perfiles de estructuras poco comunes se tiende a considerar por separado los revestimientos de los sistemas de soporte y apuntalamiento. Aún cuando esto puede ser válido en el caso de acabados especiales, es importante recordar que la cimbra es un sistema completo es decir, compuesto de cimbra de contacto y obra falsa para su diseño.

#### IV.2) Cimbras de madera.

Ha sido la madera el material más usado para su fabricación, y la mayoría de ellas se construyen basándose en la experiencia, lo que para obras ordinarias es el sistema adecuado, más no así para otro tipo de diseños en que no es posible hacerlas empíricamente, sino que es necesario el proyectarlas y calcularlas estáticamente en todos los diversos miembros que las constituyen, tomando en cuenta las fatigas ordinarias de trabajo y de seguridad, factores que se traducen en economía al haber resuelto correctamente el problema.

La madera comúnmente usada tiene un coeficiente de trabajo promedio de entre 50 y 60 Kg/cm<sup>2</sup>, para casi todos los esfuerzos que se presentan. Por ser un material que podemos considerar homogéneo, su fatiga de trabajo es similar tanto a compresión como a tensión cuando estas -

son producidas por una flexión, pero en el caso de compresiones puras, como en postes, pies derechos, tornapuntas, etc., debe tomarse en cuenta la relación de esbeltez de la pieza para evitar el pandeo, y en el caso de tensiones puras, debe revisarse el cálculo por penetración de los pernos que transmitan dicha tensión y por esfuerzo cortante en los planos tangentes a las perforaciones.

Las cimbras o moldes se ejecutan comúnmente de madera por ser un material que adopta con relativa facilidad diferentes formas y cuyo costo era, pues ya ha dejado de serlo, relativamente bajo. Generalmente se emplean las maderas comerciales obtenibles en las mismas regiones en que aquéllas se localizan, ya que su corto uso haría prohibitivo el costo que implicaría transportar madera especial desde otros centros productores. Una cimbra de madera en contacto directo con el concreto y en la cual se ha empleado una buena mano de obra, puede ser usada de 4 a 6 veces. Si el elemento no está en contacto directo con el concreto, como sucede en el caso de puntales, postes, refuerzos de tarimas, largueros, madrinas, elementos de contraventeo, etc., su vida útil comúnmente se calcula de 10 a 12 usos.

Sin embargo, en muchas obras es necesario transportar la madera desde largas distancias, pues no olvidemos que gran parte de nuestro país es semidesértico y aún desértico.

De lo dicho anteriormente, tenemos que no existen estrictas especificaciones limitativas de la clase de madera empleada en la fabricación de cimbras, puesto que aunque si bien, por lo general se procura emplear de la más barata, del tipo del ocote, en algunas regiones se ha llegado a emplear hasta madera fina, como en algunas estructuras de la presa de Raudales de Malpaso, ubicada en la selva chiapaneca.

Para obtener un perfecto acabado de las piezas coladas empleando cimbras de madera, pueden seguirse varios procedimientos, según el efecto final que se desee obtener, por ejemplo el de concreto aparente.

Desde luego el procedimiento más indicado es el de terminar las piezas de contacto cepillándolas y puliéndolas perfectamente. En algunos casos se acostumbra manejarlo mediante el empleo de otros materiales, como triplay, fibracel, lámina metálica y otros, que darán al concreto una superficie completamente lisa. Es imprescindible desde luego, el uso de vibradores para poder obtener un trabajo perfecto en lo que a apariencia respecta.

Por último, cuando se emplean tablas de madera o triplay, normalmente se cimbran en tableros del mayor tamaño que sea posible manejar con el equipo disponible en la obra, o de la medida conveniente para su manejo manual: si se trata de áreas grandes y uniformes, como muros y pisos, así como de lograr formas complicadas, es más económico utilizar marcos de madera con caras de triplay, especialmente cuando se desea utilizarlas muchas veces. En este caso, es preciso tener cuidado de no dañar las caras y bordes relativamente suaves durante el ensamble, montaje y colado, y debe tenerse especial cuidado al descimbrar y durante el almacenamiento. Los bordes cortados del triplay y los orificios de los pernos deben sellarse con pintura de aluminio o pintura cloquinada de hule, cualquiera de ellas prolongará la vida del triplay y aumentará el número de usos de la cimbra.

#### IV.3) Cimbras metálicas.

Al elevarse cada día más el costo de la madera de cimbra, por la tala desproporcionada de la riqueza forestal del país, los ingenieros constructores se han visto obligados a idear sistemas que ahorren su consumo, prolongando lo más posible el uso de la madera, o bien, empleando otros materiales, como la lámina de acero, cuyas ventajas no tienen competencia en determinados tipos de trabajo. Son muy utilizadas para el calado de losas en pavimentos, guarniciones y bancuetas, así como en columnas, losas y trabes en cuenta a estructuras respecta.

México se encuentra aún atrasado en el empleo de este tipo de cimbra con respecto a otros países en los cuales es común su uso, esto debido a las características de trabajo de nuestro medio así como de sus costos tanto de adquisición como de patente. Su uso es, desde luego muy recomendable para todos aquellos trabajos en serie y en que se justifique el costo de la misma, por ejemplo en el colado de estructuras formadas por grandes volúmenes de concreto ( silos, tanques de almacenamiento, puentes, grandes edificios, etc. ) ya que por lo general, este tipo de cimbras requiere de elevadas inversiones iniciales derivadas de la adquisición y transporte de las materias primas de que se fabrican ( generalmente de acero estructural ), así como de la mano de obra empleada en su fabricación, maquilado, ensamble, etc. De esta forma, su utilización sólo resulta conveniente cuando las inversiones son amortizadas en la obra por la cual se construyen.

Generalmente cada problema de cimbrado requiere un diseño especial de la cimbra metálica necesaria, lo que a su vez se refleja notablemente en los costos de la misma, así como en los respectivos precios unitarios, cuya determinación requiere de un análisis particular en cada caso, en el que se deberán tomar en consideración todos los factores pertinentes. No es posible fijar de antemano, ni siquiera con aproximación los costos de las cimbras metálicas, siendo por ello que los correspondientes análisis de precios unitarios deberán practicarse " a posteriori " una vez conocido el diseño de la cimbra, así como los dispositivos, equipos y procedimientos utilizados en sus desplazamientos.

En este tipo de cimbra se evita totalmente el uso de madera, ya que los pies derechos, postes y tornapuntas, así como los elementos vigas en el capítulo III, son substituídos por elementos metálicos telescópicos, cuya duración es mucho mayor y cuya colocación y ensamble es sumamente más sencilla que los elementos de madera. Sin embargo, existen cimbras metálicas que por su elevado peso, generalmente requieren del auxilio de equipo mecanizado para las diversas maniobras de erección, movimiento y desmantelamiento, el cual suele consistir en grúas, tractores u otros vehículos remolcadores, montacargas, etc., frecuente-

-mente es preferible proyectar las cimbras para que sean deslizantes -- sobre vías o carriles exprofeso instalados. ( generalmente se hace lo anterior en obras hidráulicas ).

Las cimbras de acero se emplean de diversas maneras, siendo las siguientes las dos principales: a) en sistemas patentados, y b) en cimbras especiales hechas sobre medida.

- a) Los sistemas patentados consisten en general de sistemas de marcos de acero con caras de triplay o también de acero, centros telescópicos, puntales ajustables, respaldos resistentes y una diversidad de tirantes y herrajes para colocar la cimbra en posición. Estos sistemas pueden colocarse en pisos, muros, columnas y vigas, ya que proporcionan los medios más sencillos para llevar a cabo trabajos que se repetirán gran número de veces, pues pueden ser reinstalados rápidamente. Este tipo de cimbras pueden comprarse o rentarse ya listas para su uso.
- b) Las cimbras hechas sobre medida tienen generalmente un sólo uso y están diseñadas y hechas para una determinada sección de la obra, como túneles colados en la obra, alcantarillas, cimbras de mesa o formas poco comunes.

Las cimbras de acero pueden usarse cien o más veces, lo que depende de que se les prodiguen los cuidados necesarios. Debe adiestrarse al personal respecto al empleo correcto del equipo y efectuar regularmente su limpieza, lubricado y mantenimiento.

#### IV.4) Cimbras de otros materiales.

Existen estructuras de concreto que por su complejidad emplean varias piezas de equipo de cimbrado, tanto para los moldes de contacto como para su apuntalamiento, Generalmente en estas estructuras existen ciertas secciones que pueden colarse con moldes de materiales diferentes

a los tradicionales, de menor resistencia pero más económicos, de cualquier forma, antes de iniciar cualquier colado, toda la cimbra debe ser revisada en cuanto a resistencia y seguridad se refiere por alguien que tenga suficiente experiencia para evitar, en lo posible, cualquier accidente.

#### IV.4.1) Cimbres de tubo de cartón o fibra.

Ha tenido gran aceptación en México el uso de cimbres hechas a base de papel kraft en forma de tubos. Este tipo de cimbra sólo es posible usarla una sola vez, pero ofrece grandes ventajas en lo que respecta a su costo y al acabado aparente que queda en la superficie del concreto.

En general, con el tiempo se han observado las ventajas que ofrece la aplicación de este tipo de cimbra en columnas circulares. Mediante su empleo se obtiene una gran economía desde todos los puntos de vista ( figs. IV.1 y IV.2 ).

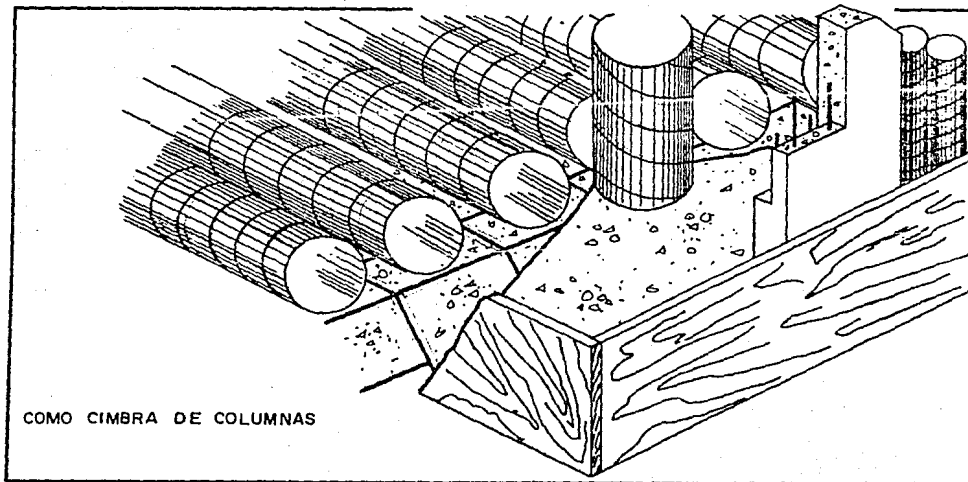
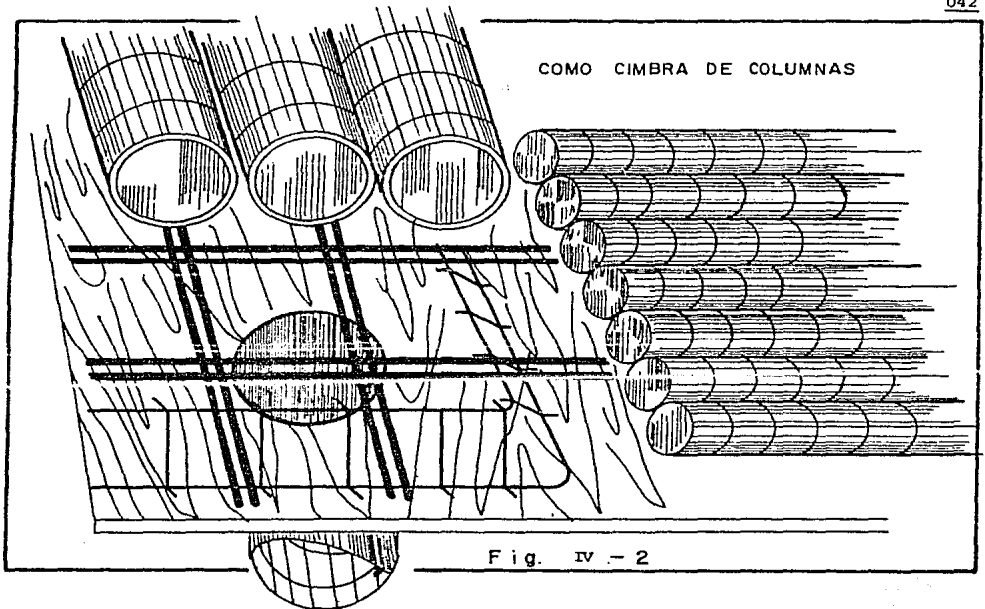


Fig. IV - 1



Las características que ofrece este material son:

- a) Como cimbra propiamente, ya que la madera en México ha aumentado de precio considerablemente.
- b) Por otra parte, se tiene una economía total en el ramo de carpintería al no ser necesario elaborar las complicadas cimbras tradicionales, hechas a base de tira de madera, para columnas de sección circular.
- c) Una economía en tiempo, pues la ~~ercción~~ erección de éstas cimbras es muy simple, por lo que respecta a la parte del atroquelamiento ( fig. IV.3 )

Obras tan importantes como el hotel presidente, en México D.F., y muchas más que se omiten, han usado con éxito este material para el colado de columnas, obteniendo un ahorro en costo además de un acabado atractivo.

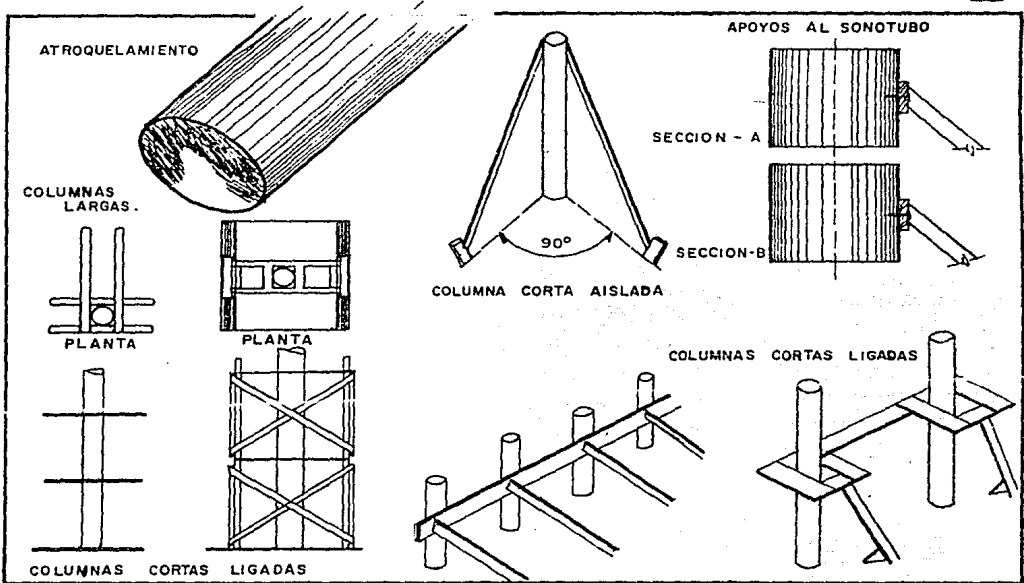


Fig. IV.-3

Dado que se fabrican los más diversos diámetros interiores, esta cimbra puede ser usada para cualquier sección de columna circular - que se tenga y en todas ellas se obtendrán los mismos resultados de economía y apariencia ( tabla IV.1 ). En este último punto, tenemos que este tipo de cimbra se fabrica en acabados interiores de dos materiales. - El primer material se recomienda cuando se necesiten columnas terminadas con una superficie limpia y lisa: el segundo material, que cuesta un poco menos, se utiliza cuando se va a dejar la forma en la columna.

Entre las ventajas que tiene este sistema para el colado de columnas, pilastras, pilotes, puntales, etc., se tienen:

- a) Colocación. Debido a su peso tan ligero, pueden ser colocadas fácilmente en su lugar.
- b) Atrocuelamiento. Los tubos de este material son rígidos por sí solos



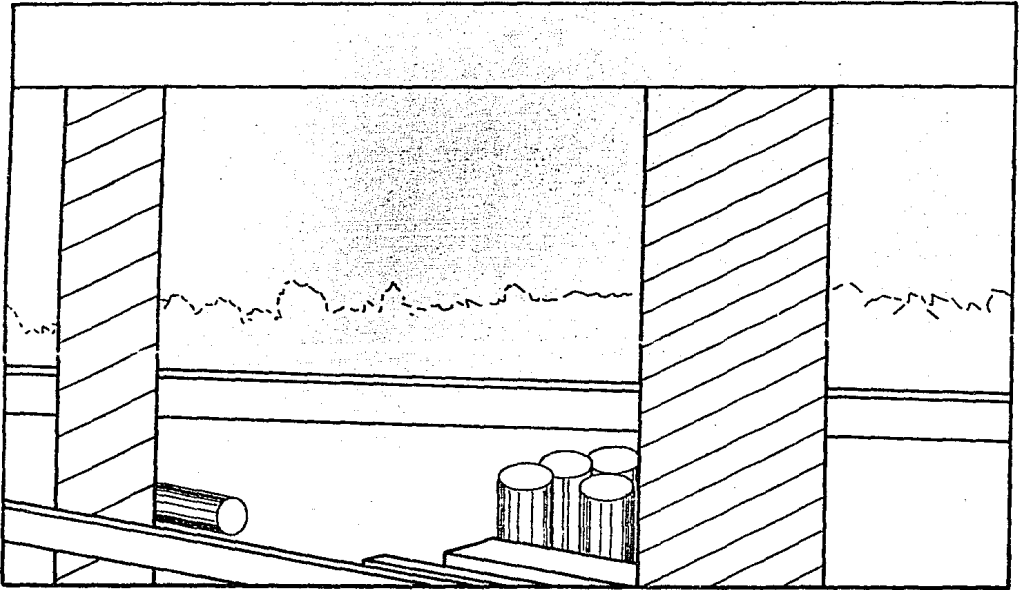


Fig. IV.4

- y necesitan un apuntalamiento mínimo para sostenerse erectos y perfectamente en su lugar ( fig. IV.3 ).
- c) Unión a la estructura. Estas cimbras fácilmente pueden ligarse a las traves, mediante varios procedimientos, aconsejándose entre ellos el uso de tiras metálicas que sujeten a ambos elementos ( fig. IV.4 ).
- d) Vaciado. Estos tubos resisten el impacto de las cubetas de colado sin deformación. Cualquier sistema de armado puede usarse dentro de ellos, no siendo recomendable usar vibrador sobre sus paredes ( fig. IV.5 ).
- e) Descibrado. Se debe emplear un serrucho eléctrico con cuchilla de carburo ajustado a la pared del tubo de papel kraft, debiéndose cortar éste en tres secciones verticales ( separadas cada una  $120^{\circ}$  ) con lo cual se facilita su desprendimiento. Se recomienda hacerlo durante los 3 y 7 días después del colado ( fig. IV.5 ).
- f) Acabado. Las pequeñas marcas del espiral que queda en la columna pueden ser evitadas fácilmente con cualquier piedra de carburo o cualquier abrasivo de igual calidad.

DIAMETRO INTERIOR APROX.	GRUESO DE PARED APROX.		PESO APROX POR METRO
	C M.	M M.	
7.5	2.54	.100	.52
10.0	2.54	.100	.68
15.0	3.18	.125	1.23
18.5	3.18	.125	1.48
20.0	3.18	.125	1.63
25.0	3.81	.150	2.40
26.0	3.81	.150	2.45
30.0	3.81	.150	2.80
32.0	3.81	.150	3.00
33.0	3.91	.150	3.10
35.0	4.45	.175	3.75
38.0	4.45	.175	3.90
40.0	4.45	.175	4.30
45.0	5.08	.200	5.46
50.0	5.08	.200	6.07
55.0	5.71	.225	7.45
60.0	5.71	.225	8.04
65.0	7.62	.300	11.45
70.0	7.62	.300	12.32
75.0	7.62	.300	13.20
80.0	7.62	.300	14.10
91.5	7.62	.300	18.00

Fig. iv -5

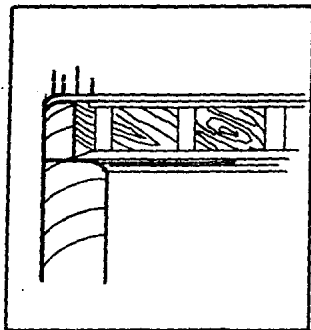


Fig. iv - 4

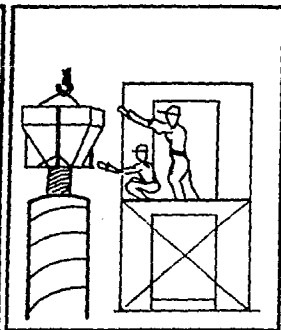


Fig. iv - 5

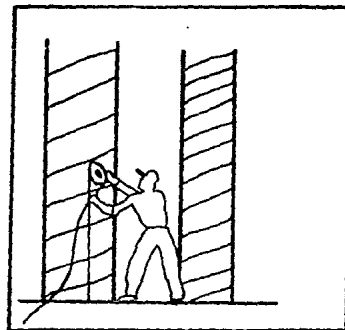


Fig. iv - 6

#### IV.4.2) Cimbra de material sintético.

Las molduras de cimbra de plástico reforzado con fibra de vidrio y las de plástico moldeado al vacío, se emplean cuando las formas complicadas y los detalles en la superficie de la estructura tienen que repetirse muchas veces. El plástico vitrorreforzado se ha utilizado con éxito para diseños especiales de cimbra, por ejemplo en las losas aligeradas que requieren de casetones más grandes que los estándar.

Las molduras hechas con material sintético ofrecen muchas posibilidades de uso, sin embargo, exigen especial atención en el colado y vibración del concreto para evitarles fricción y otros daños. Al emplearlas, se les debe aplicar una carga uniforme a fin de evitar concentraciones de esfuerzos y por lo tanto distorsiones locales excesivas que pueden ocasionar que los moldes flexibles queden atrapados en los otros elementos de la cimbra. Deben evitarse las aristas agudas.

Este material es ideal para producir en el concreto texturas diversas, como son: grano, tejido, etc., cuando el material natural puede usarse como matriz para la laminación de las secciones de cimbra que sirven para forro.

En el descimbrado no deben usarse ralladores, ya que pueden dañar la superficie de la cimbra, además la limpieza de los moldes debe hacerse inmediatamente después y con frecuencia es necesario el empleo de un paño húmedo para eliminar el polvo y la pasta de cemento endurecido.

Por otro lado, las cajas para agujeros de pernos, que anteriormente se hacían mediante complicadas distribuciones de madera y triplay ahora pueden cimbrarse con metal desplegado, poliestireno expandido ó espuma de poliuretano, éstos materiales también se emplean para tiras y recesos en la cara del concreto, puesto que pueden conformarse y fijarse fácilmente en las cimbras.

#### IV.4.3) Cimbras de lámina de fibracel.

Es un material intermedio entre la madera y la lámina de acero en su empleo, que disminuye el costo de la cimbra metálica, obteniéndose un acabado similar al de ésta. Puede usarse en forma simple, al igual que el triplay, o bien como recubrimiento de cimbras hechas con el sistema usual de madera en la que, por lo tanto, ya no es necesario cuidar su acabado, pues no trabajarán como superficies de contacto, sino simplemente, como elementos estructurales de la misma ( fig. IV.7 ).

#### IV.4.4) Cimbras de asbesto-cemento.

Este material, por la ventaja que reporta, ha sido usado para cimbras, sobre todo en lo que respecta a columnas circulares, en las que se emplea en forma de tubos, colando dentro de ellos la sección de concreto previamente calculada y quedando como superficie exterior la del tubo de asbesto. En algunos casos y no siendo un procedimiento muy usual, se utilizan láminas lisas en condiciones similares a las del fibracel o triplay.

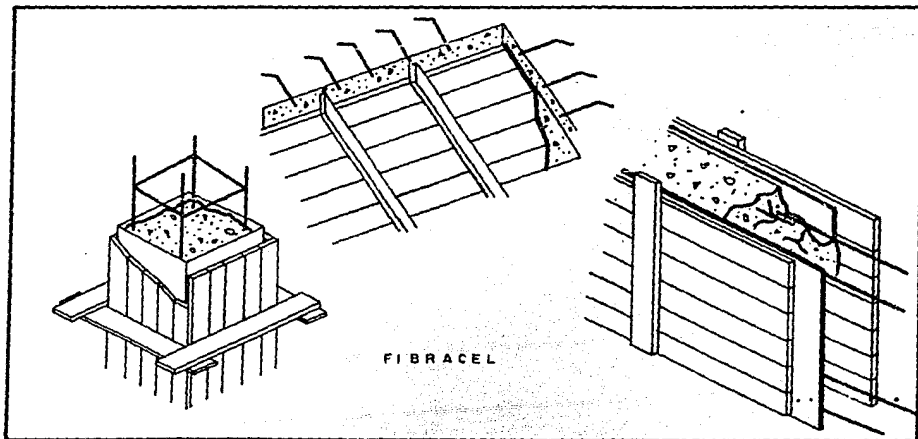


Fig. iv - 9

V. Procesos inherentes al empleo de una cimbra.

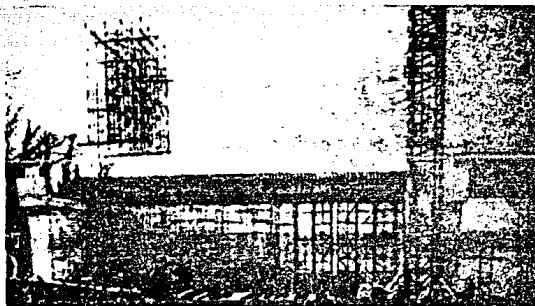


Foto 5. La ilustración muestra el apuntalamiento de un tramo de puente antes de su colado. Obsérvense los implementos necesarios para su colocación.

## V.1) Generalidades.

Este capítulo trata de ofrecer una visión general de los procesos a seguir en el empleo de un determinado sistema de cimbrado, mismos que se deben considerar, necesariamente, tanto por el ingeniero proyectista del sistema como por el ingeniero constructor.

## V.2) Montaje.

Aunque la cimbra es una estructura temporal, fácilmente desmontable y transportable, está diseñada para soportar las presiones y cargas probables que ocurran durante el colado.

Es responsabilidad del ingeniero constructor revisar que todos los dispositivos, herrajes y seguros estén en la posición correcta y que se mantengan firmes y rígidos durante el colado.

Cada obra es diferente y tiene sus problemas particulares, sin embargo, las siguientes observaciones pueden ser de ayuda para evitar problemas serios:

- a) Cada tablero debe utilizarse en la posición correcta y claramente numerado para evitar equivocaciones. Esto en el caso de emplear el sistema de tableros.
- b) Es necesario verificar que los puntales, madrinas, apoyos, cierres y amarres de muros tengan el espaciamiento requerido.
- c) Los puntales y soportes deben estar bien contraventados y tener un apoyo firme.
- d) Es preciso apretar bien todas las tuercas de los pernos o amarres de muros y quitar las piezas separadoras temporales. Se debe verificar también que nada haya caído dentro de la cimbra.
- e) En colados elevados es necesario verificar que el borde inferior del tablero quede bien apoyado contra el concreto endurecido del colado anterior. Para concreto aparente es preciso utilizar tiras de espuma

plástica en las juntas, topes de tableros y juntas de construcción, para evitar escurrimientos de lechada.

- f) Cualquiera pieza de relleno o tablero de cierre debe coincidir con la cimbra principal, para lo cual se distribuyen de manera que los tableros principales no sufran daños al fijarse o descimbrarse. Es necesario barrenar agujeros y cortar tableros estándar.
- g) Los agujeros que se hagan en las cimbras en obra deben ser nítidos - para facilitar el remiendo o relleno. Las cimbras de madera se barrenan por la cara para evitar astilladuras en la superficie.
- h) Todas las tablas y cierres se deben clavar ligeramente para que permanezcan en el concreto al descimbrar.
- i) Los insertos y cajas que puedan colarse en posición antes del colado general deben estar firmemente sujetos.
- j) Se darán instrucciones claras respecto a cualquier pieza que deba colocarse durante el colado.
- k) Se debe eliminar la suciedad, las rebabas, los cortes de alambre, los clavos, etc., de la cimbra: los cortes de alambre y los clavos mancharán tanto la cimbra como el concreto.
- l) Se verificará que haya acceso adecuado y que las plataformas de trabajo estén en su sitio para seguridad de la cuadrilla de trabajadores, así como la colocación de los barandales y zoclos necesarios.
- ll) Las cimbras en pendientes y las de tapa horizontal están sujetas a las presiones ascendentes del concreto fresco y es necesario sujetar las firmemente.

Las secciones grandes prefabricadas de cimbra deben marcarse con su respectivo peso y, antes de montarlas, debe verificarse la capacidad de la grúa en el radio de trabajo. Normalmente las secciones están provistas de puntos de izaje: cuando sea necesario, pueden utilizarse vigas de extensión o de izaje para evitar las distorsiones.

Cuando se emplean sistemas patentados, deben interpretarse bien las instrucciones del fabricante, y contar con la herramienta especial necesaria antes de iniciar el trabajo.

### V.3) Apuntalamiento.

El empleo incorrecto de puntales de acero ajustables o inadecuados así como de puntales defectuosos ha dado origen a casos de derrumbe de cimbras, por lo que la correcta colocación de los puntales es de trascendental importancia por razones obvias de seguridad.

La capacidad de carga de los puntales de acero ajustables se reduce considerablemente si éstos son colocados fuera de plomada o si la carga se aplica fuera del centro. Los largueros sostenidos por puntales no deben estar a más de 25 mm fuera del centro de la cabeza del puntal. En cuarenta puntales no debe haber más de uno fuera de plomada. La verticalidad de los puntales se verificará aplicando la plomada a los puntales de los extremos de cada fila, con un nivel de 1.00 mts., observando los restantes desde esos puntos.

No debe emplearse el puntal que tenga cualquiera de los siguientes defectos:

- a) Un doblez o una arruga en el tubo.
- b) Corrosión que pase de la superficie.
- c) La cabeza o la base de placa dobladas.
- d) El pasador defectuoso o dañado.

Se verificará sobre todo que los puntales tengan apoyo firme y que se empleen separadores, excepto cuando se apoyen directamente sobre una base de concreto.

### V.4) Colado.

En el momento de colar el concreto, alguien con experiencia en la construcción de cimbras, de preferencia el maestro de obra, debe estar pendiente de cualquier situación peligrosa que pudiera surgir y aplicar los medios para remediarla oportunamente. Para poder hacerlo, -



debe tener a la mano una dotación suficiente de los materiales necesarios, como puntales, pernos, etc., a fin de hacerse cargo de cualquier emergencia.

En puntos apropiados deben fijarse dispositivos y cuerdas de aviso, para tener siempre bajo control el alineamiento, el pandeo y la plomada, mientras se está colando el concreto.

Los escurrimientos de lechada indican que las juntas no fueron suficientemente ajustadas, o que hubo algún movimiento durante el colado.

Las vibraciones que se transmiten a la cimbra pueden ser considerables y aflojar cuñas y accesorios, por lo tanto, debe vigilarse estrechamente que ninguno de los ajustes se haya aflojado. Asimismo, deben revisarse y apretarse regularmente todas las cuñas.

Cualquier fuga de concreto o escurrimiento de lechada debe limpiarse de la cimbra inmediatamente después del colado. Esto facilitará el descimbrado y la limpieza, y es particularmente importante tratándose de cimbras de acero y tableros grandes, en los que el escurrimiento de concreto adherido aumenta considerablemente el peso de la sección.

Los separadores de madera para mantenerse la cimbra a cierta distancia, como los que se emplean en muros, deben quitarse conforme procede el colado.

Cuando se emplean varillas corrugadas para hacer agujeros deben aflojarse antes de que fragüe el concreto y sacarse lo más pronto posible: si la varilla permanece en su sitio durante algún tiempo, será más difícil el descimbrar sin dañar la cimbra.

#### V.5) Descimbrado.

El descimbrado puede efectuarse una vez que el concreto ha adquirido la resistencia suficiente para autosostenerse y soportar otras cargas que se le apliquen.

Las especificaciones de la obra generalmente proporcionan guías respecto al momento propicio para descimbrar, que puede regirse por el tamaño y forma del elemento, la mezcla del concreto y el clima.

Los muros, las columnas y costados de vigas pueden descimbrarse por regla general dentro de las doce a 18 horas siguientes al colado del concreto, pero, puesto que el concreto aún estará fresco y puede dañarse fácilmente, debe tenerse mucho cuidado: esto es particularmente importante a bajas temperaturas, cuando puede ser necesario dejar puestas las cimbras más tiempo de lo normal.

Al llegar el momento de descimbrar, los amarres y abrazaderas deben aflojarse gradualmente, para evitar que el último amarre se empaquete. Al quitar los pernos, amarres y tornillos, deben colocarse en cajas, no deben tirarse al suelo con la intención de recogerse después.

Si la cimbra no se desprende fácilmente, debe aflojarse con mucho cuidado mediante cuñas de madera dura. El empleo de barretas para desprender la cimbra del concreto, invariablemente daña tanto al concreto como a la cimbra. Es mejor dejar las piezas de bloqueo en su sitio - el mayor tiempo posible, ya que protegen los bordes y, finalmente, también se contraen haciendo más difícil su remoción.

Al descimbrar plafones, los puntales deben aflojarse uniformemente poco a poco, comenzando por el centro del claro y hacia los apoyos. Si se hace el descimbrado desde los apoyos hacia el centro, puede provocarse una sobrecarga en los puntales del centro del claro, debido a la deflexión de la losa o viga bajo su propio peso.

El descimbrado "súbito", en el que se quitan de un tirón grandes áreas de cimbra, nunca debe permitirse pues es peligroso y puede lesionar a los trabajadores: además, no sólo causa daño a la cimbra sino que también puede dañar la estructura debido a la carga súbita.

Si se desprenden grandes secciones de cimbra es preciso tener cuidado de que no sean dañadas por el andamiaje u otras salientes y que, finalmente, sean colocadas sobre superficies a nivel para que no se tuerzan o deformen.

Es preciso sacar o sumir totalmente los clavos salientes de la cimbra al descimbrar el concreto, pues éstos podrían causar muchas lesiones a los trabajadores.

Los demás trabajadores deberán estar lejos del área de descimbrado: ya que los accidentes ocurren muy fácilmente. Por último, la persona que controla las grúas que ayudan al descimbrado, debe conocer y emplear los códigos correctos de señales para dirigir al operador.

#### V.6) Limpieza.

La cimbra debe limpiarse perfectamente tan pronto como finalice el descimbrado: de ninguna manera debe dejarse sucia hasta el momento de recuperarla de nuevo.

Las cimbras de madera o de triplay se limpiarán con un cepillo duro para eliminar el polvo y la lechada: puede usarse un raspador de madera para quitar trozos de lechada muy adheridos. Nunca deberán usarse raspadores de acero sobre triplay o caras de fibracel.

Tratándose de plásticos reforzados con fibra de vidrio u otros plásticos, bastará un paño húmedo y un cepillo.

Cuando es necesario almacenar cimbras de acero, o cuando no se vayan a utilizar pronto, es conveniente aplicarles una ligera capa de aceite para evitar la corrosión.

Si las cimbras de madera o triplay no van a volver a utilizarse pronto, también deben de cubrirse con una ligera capa de aditivo desmoldante. Al mismo tiempo, las depresiones, rajaduras y agujeros de clavos pueden repararse con madera plástica o algún material similar, que después se lijará o aplanará adecuadamente. Los agujeros innecesarios pueden rellenarse con algún material adecuado, lijando después hasta obtener una superficie uniforme.

#### V.7) Almacenamiento.

Después de limpiar toda la cimbra y de recubrir de aceite la que lo requiera, los tableros y sus componentes deben almacenarse y protegerse adecuadamente hasta que se les vuelva a requerir. No debe dejar se tirado ninguno de los elementos, a menos que vaya a ser utilizado inmediatamente, pues de lo contrario se dañarán o serán empleados para otros fines.

La regla general que debe regir el almacenamiento es evitar daños: la cimbra está más expuesta al deterioro cuando no está en uso que cuando se está montando o desmontando.

El cuidadoso apilamiento de los tableros de cimbra evita daños y reparaciones innecesarias. El almacenamiento ordenado de la cimbra y sus componentes es esencial si se cuieren iniciar sin demora trabajos posteriores.

Los tableros y planchas de triplay se almacenarán de preferencia colocados horizontalmente sobre una base plana, con el objeto de evitar que se tuerzan, y procurando apilarlos con las caras encontradas para protegerlas.

Es más conveniente estibar los tableros grandes de canto y en bastidores especiales. Las madrinas y los puntales sueltos deben numerarse y almacenarse con sus respectivos tableros. Los números pintados en los tableros permiten identificarlos más fácilmente.

Si la cimbra no va a emplearse inmediatamente, las estibas deben protegerse del sol y de la lluvia mediante lonas u hojas de plástico, de manera que tengan ventilación.

Los aditamentos pecueños, tales como pernos, amarres, cuñas y llaves deben conservarse en cajas; los aditamentos mayores como abrazaderas y puntales, deben almacenarse por encima del nivel del suelo para evitar que se enloden.

Los extintores deben estar en buenas condiciones y encontrarse en lugares accesibles del área de almacenamiento. Un área de almacenamiento ordenada reduce los riesgos de daños, pérdida o desgaste y facilita la localización de la cimbra en el momento de recurrirla nuevamente.

#### V.8) Otros.

##### V.8.1) Aditivos desmoldantes.

El propósito principal de tratar las cimbras con aditivos desmoldantes es facilitar el descimbrado. Sólo algunas cimbras, cuyas caras están ya tratadas con ciertos materiales como el poliestireno expandido, no requieren de la aplicación de un aditivo desmoldante.

Existen diversos tipos de estos aditivos para cada uno de los materiales con que se hacen las caras de las cimbras, como madera, acero, fibra de vidrio, etc., por ejemplo. Es importante, por lo tanto, asegurarse de que se está empleando el agente correcto.

Los tres tipos más comunes de aditivos desmoldantes son:

1. Aceites puros con surfactivos: empleados principalmente en caras de acero, aunque también pueden emplearse en madera o triplay.
2. Emulsiones de crema moldeadora: empleadas en madera o triplay. Un buen aditivo desmoldante para usos generales.
3. Aditivos desmoldantes químicos: empleados en todo tipo de caras de cimbra. Recomendados para todo trabajo de alta calidad.

Para contrarrestar su absorvencia, las maderas nuevas y las no tratadas, así como el triplay, deben recubrirse con un aditivo desmoldante apropiado, por lo menos 36 horas antes de utilizarlas. Después - debe aplicarse una segunda capa antes de emplearlas por primera vez. - Para usos subsecuentes bastará con una aplicación normal.

No debe emplearse aceite de un envase que no esté claramente - etiquetado, a menos que se tenga la absoluta seguridad de que es un - desmoldante. Se fabrican aditivos desmoldantes adecuados para diversos requisitos y deben observarse cuidadosamente las instrucciones del fabricante.

El error más común que se comete al emplear aditivos es aplicarlo en exceso, esto puede manchar el concreto. Por otra parte, si no se aplica lo suficiente, se dificulta el descimbrado con posibles daños al concreto y a la cimbra.

Se considera como cantidad correcta la aplicación de una capa delgada y uniforme, mediante una brocha, rodillo o, mejor aún, por aspersión. Si por equivocación se aplica demasiado, se limpiará el excedente con un trapo limpio.

...

## V.8.2) Topes y juntas. ●

Es más conveniente colocar los topes donde el acero de refuerzo es menos denso, aunque dicha posición podrá ser alterada de acuerdo con los requisitos estructurales o el programa de construcción. Cualquiera que sea la razón para poner un tope o hacer una junta, deben tomarse las medidas necesarias para formar la junta exactamente en concordancia con los detalles y, sobre todo, de manera que pueda ser descimbrada con facilidad.

Algunas veces es necesario que los topes aseguren la posición correcta de las varillas de continuidad para trabajos subsecuentes, lo que requiere un cuidado especial, para poder asegurar que están a prueba de escurrimientos y que pueden sacarse del concreto endurecido.

El metal desplegado es un material útil, que puede usarse para topes en lugar de madera, teniendo la ventaja de que algunas veces puede dejarse en su sitio.

VI. Sistema de cimbra tradicional.

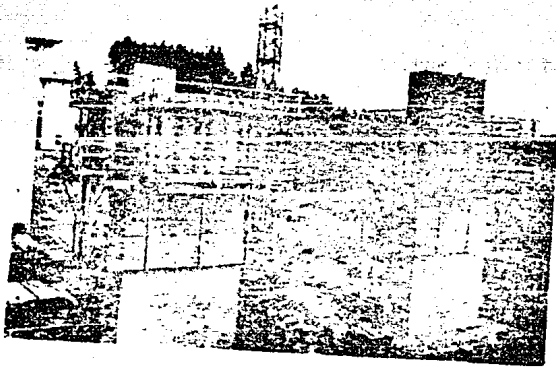


Foto 6. La ilustración muestra el cimbrado de dos columnas mediante el sistema de moldes preconstruídos, sistema ideal cuando se trata de colar elementos de las mismas características.



## VI.1) Generalidades.

En nuestro país se ha generalizado el empleo del concreto hidráulico armado en la construcción tanto de estructuras para edificios, puentes, tanques de almacenamiento, canales, guarniciones, etc., por su bajo costo de fabricación y conservación, facilidad de ejecución por medio de mano de obra no especializada, resistencia al fuego, alta resistencia al desgaste y por la gran facilidad que presenta para adoptar las más diversas formas en estado plástico.

El desarrollo de la cimbra que, como molde, dará forma a la pata de concreto al endurecer, se remonta al inicio de la invención y más tarde comercialización del cemento y desarrollo del concreto como tal a gran escala, dándosele un gran impulso a la cimbra fabricada con madera por sus mejores características, que consisten en su relativa facilidad de adoptar cualquier forma, por su homogeneidad y por su relativa economía.

Desde luego, los moldes se construían, y aún se hace para obras pequeñas preferentemente ( como sistema ideal ), en la misma obra de acuerdo a las necesidades inherentes a la estructura. Este modelo de cimbra se conoce actualmente como sistema de cimbra tradicional, llevándose ahora a efecto por gente de mucha experiencia, con herramientas adecuadas y aún con los talleres necesarios, porque en su diseño lo que se debe tomar en cuenta es la facilidad de ejecutar el cimbrado y con esto el menor costo por mano de obra.

## VI.2) Tipos de cimbra tradicional.

La cimbra tradicional se suele emplear en las obras de infraestructura de dos maneras:

1. Moldes contruidos en el sitio de la estructura.
2. Tableros precontruidos, que se ensamblan en el lugar de la obra.

Las características de los métodos anteriores se muestran enseguida, y su elección depende principalmente de las dimensiones de la obra, así como de su completa amortización y perfecta funcionalidad.

Habiendo definido la forma y el cálculo correspondiente y teniendo en cuenta las cargas que la cimbra soportará, se buscará el material con dimensiones comerciales.

#### VI.2.1) Moldes construidos en el sitio de la estructura.

En la actualidad se procura, dentro de lo posible, reducir al mínimo las necesidades de emplear moldes para concreto construidos en el sitio de la estructura en que se emplearán, ya que por lo general este tipo de cimbras requiere de mayor cantidad de material así como de un aumento notable en la mano de obra correspondiente, con respecto a la empleada con el otro método, aún en los casos en que las cimbras tendrán usos múltiples.

El empleo de este método de cimbrado se limita a aquellos casos en que no queda otra alternativa adecuada y tiene las siguientes desventajas:

- a) El molde tiene que ser fabricado y montado en la propia estructura, por lo que la mayor parte del trabajo tiene que ser realizado a niveles por encima del natural del terreno, lo cual reduce los rendimientos de los operarios.
- b) Después de cada uso, el molde tiene que ser desmantelado y vuelto a construir, cuando tiene un segundo o más usos.
- c) Las repetidas operaciones de fabricación y desmantelamiento dañan a la madera, por lo que el uso de ella, aún en el mejor de los casos, es muy limitado y siempre se requiere de un importante volumen adicional de madera y mano de obra para reparaciones.
- d) En algunos casos, aunque el molde tenga un sólo uso, la madera es utilizable como tal, para la fabricación de otros moldes, lo cual

originará un elevado desperdicio.

- e) En algunas estructuras muy especiales, el molde es fabricado literalmente a base de pedacería de madera, por lo que una vez retirado el molde, el material resultante queda prácticamente inutilizado, a menos que la estructura se repita.
- f) En cada utilización se repiten los cargos por concepto de mano de obra en fabricación, armado, desmantelamiento y reparaciones, con muy bajos rendimientos, lo que eleva notablemente los costos unitarios de los moldes.
- g) Por todo lo antes señalado, según las características de cada trabajo en particular, la madera empleada en la fabricación de cimbras - construídas en el propio sitio de la estructura, tiene que incrementarse con un elevado porcentaje de desperdicio, que puede llegar al 100 %, del volúmen del molde original en que se utiliza.
- h) Cuando las cimbras se construyen en los propios sitios de los colados, en estos se dispone generalmente de muy limitados espacios, por lo que existe una marcada tendencia al congestionamiento, lo que a su vez reduce los rendimientos, a menos que se limite el número de operarios, en cuyo caso los programas se alargarán.

Resumiendo lo antes señalado, podemos observar que las cimbras construídas en el propio sitio de la estructura en que serán utilizadas suelen resultar muy costosas, comparativamente con los tipos de cimbras de paneles prefabricados.

#### VI.2.2) Tableros preconstruídos que se ensamblan en el lugar.

Para desarrollar un buen método de cimbrado es indispensable - que el carpintero construya en un taller el máximo de tableros que posteriormente serán llevados a la obra para su montaje realizando las operaciones y ajustes necesarios en las dimensiones y la altura, que no pueden determinarse y realizarse en el taller.

Los tableros consisten en un marco rígido ya sea construído por

medio de polines y largueros colocados con espaciamentos adecuados para limitar las deformaciones del forro sujeto a los polines; o por medio de acero estructural. A su vez el forro suele fabricarse empleando tablas, duelas o madera contrachapada. Algunas veces, cuando el acabado debe ser muy fino, se usa duela machimbrada y son utilizados en muros y revestimientos de túneles y taludes.

El sistema de encofrado se forma a base de paneles prefabricados formados con un marco rígido metálico recubierto con forro de fibra cel ó triplay, con los que se pueden formar tableros con aditamentos como cuñas, pernos, pasadores, abrazaderas, etc.

El éxito de emplear el sistema de encofrado se basa fundamentalmente en una correcta concepción del programa de trabajo, para que teniendo en consideración la vida útil o número de usos de los paneles, - antes de su reparación, se planee adecuadamente la secuencia de las operaciones de fabricación y colado.

El empleo del sistema de encofrado es adecuado y muy recomendable en aquellas obras en que se van a realizar trabajos en forma sistemática, lo que dará oportunidad a que los tableros sean empleados el máximo número de veces posible en el mínimo de tiempo, con la principal finalidad de abatir los costos unitarios correspondientes.

### VI.3) Ejemplos de aplicación más comunes de cimbras construidas "in situ".

La aplicación más común de este método la encontramos en el área de la edificación, en estructuras tales como zapatas, losas de cimentación, contratraves, columnas, traves, losas, etc.

#### 1) Cimbras de cimentación.

##### 1.a) Zapatas o losas de cimentación.

Para el cimbrado de zapatas o losas de cimentación de concreto - armado el molde lateral queda formado por una tabla de 10 a 20 cms., según el peralte de la losa ( fig. VI.1 ), fijándolo al piso mediante estacas con separación aproximada de 50 cms., y fijas a la tabla por medio de 2 clavos. El grosor de la madera depende del número de usos que se le desee dar.

Se deben tomar en cuenta las siguientes precauciones:

- a) Alinear perfectamente los 4 lados de la zapata, ayudándose con reventones.
- b) Alinear los ejes de la cimbra con los trazos del terreno, marcando los ejes tanto en la cimbra como en el piso.
- c) Asegurar muy bien la cimbra cuidando que los apoyos no se muevan, ya que se desalineará la superficie.

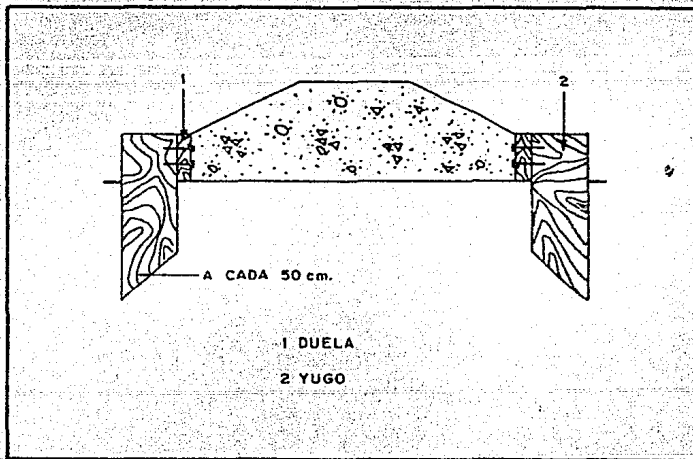


Fig. VI - 1

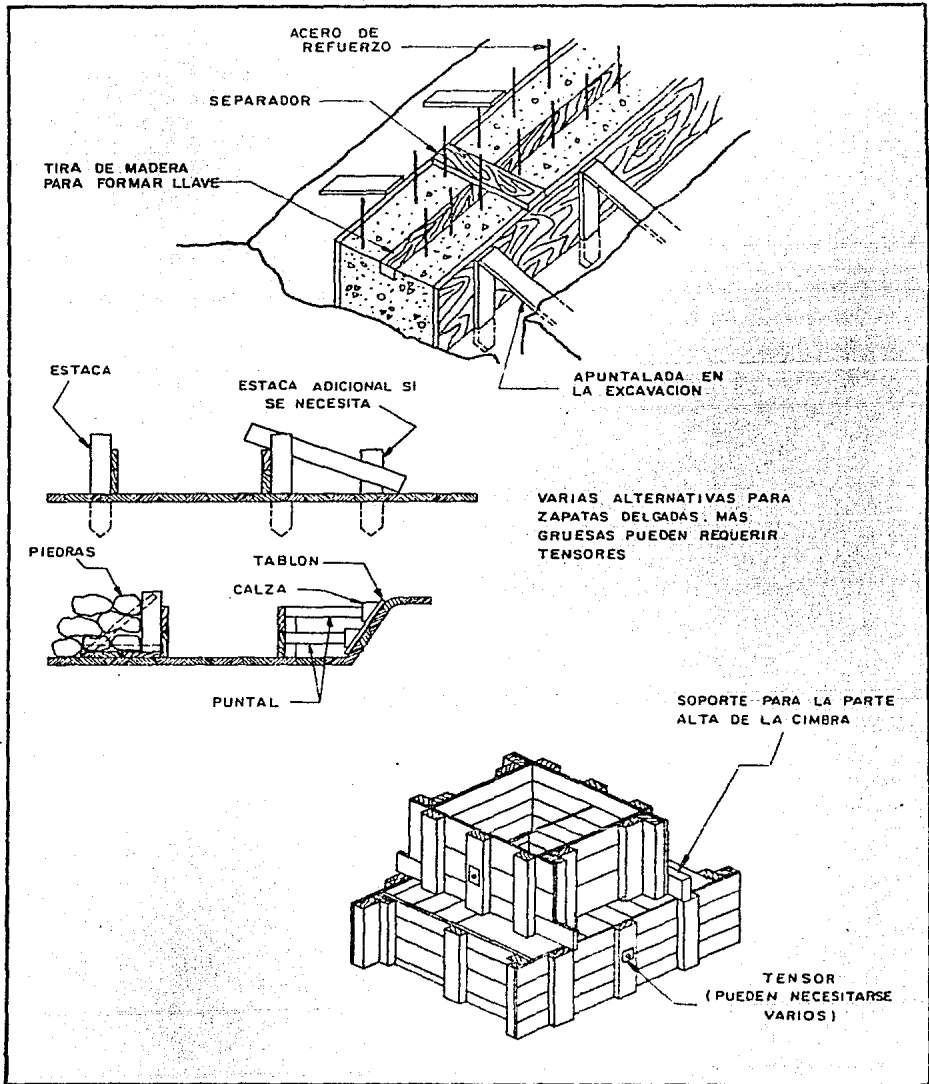


Fig. VI.- 2

### 1.b) Contratraves.

El sistema más económico es el que se hace con tablas de 1 1/2" y en tamaños que varían alrededor de 1.00 mts., de acuerdo con el módulo que se haya escogido y que se crea el más conveniente para la ejecución de la obra. Este tipo de piezas evita el desperdicio excesivo de madera, ya que evita el corte continuo de las piezas para obtener diversos tamaños, y por lo tanto se construyen piezas especiales para ajustar las diferencias entre los módulos y los claros de cimentación.

Es muy importante tener en cuenta que la madera más usada en la ciudad de México, para la construcción de cimbras, es la tabla de 10 cms., ( 4" ), por lo que hay que considerarla en el proyecto de sección de concreto y entrejes, para que se efectúen el menor número de cortes dentro de las tablas normales de 30.4 cms., ( 12" ), que vienen del aserradero.

La figura VI.3 muestra una sección de una cimbra para contratraves así como sus partes constitutivas.

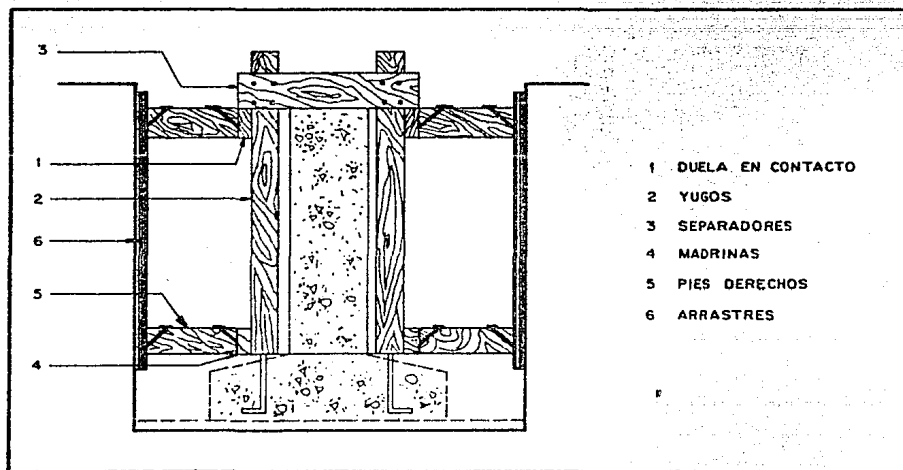


Fig. VI - 3

## 2) Columnas.

Para el cimbrado de columnas de sección cuadrada y rectangular se deben verificar los siguientes puntos.

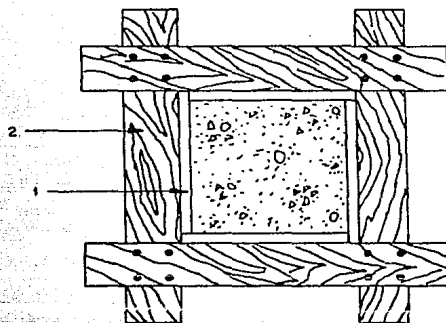
- a) Trazar el eje de la columna sobre la base en donde ésta se desplantará.
- b) Los costados se sujetan provisionalmente al acero de refuerzo, para evitar el desplazamiento de éstos elementos se colocan topes clavados en el piso.
- c) La verticalidad del cimbrado se checa por medio de plomos, colocándose puntales en cada uno de los costados por medio de cuñas que se introducen entre el puntal y la cimbra.
- d) Se dejarán ventanillas en la cimbra para checar el colado y poder realizar el vibrado.

Para el cimbrado de una columna se procede a construir costados iguales a las dimensiones laterales de la pieza a colar, en donde la superficie de contacto se clava permanentemente sobre travesaños colocados de 40 a 50 cms., que de acuerdo a la sección rigen la separación, con el fin de evitar el flambeo derivado de la presión que ejercerá el concreto sobre la superficie de contacto, misma que aumenta con el vibrado.

Estos travesaños se colocan de canto, en tal forma que al hacerse la caja de la columna, los correspondientes a 2 caras opuestas monten exactamente sobre las de las caras laterales.

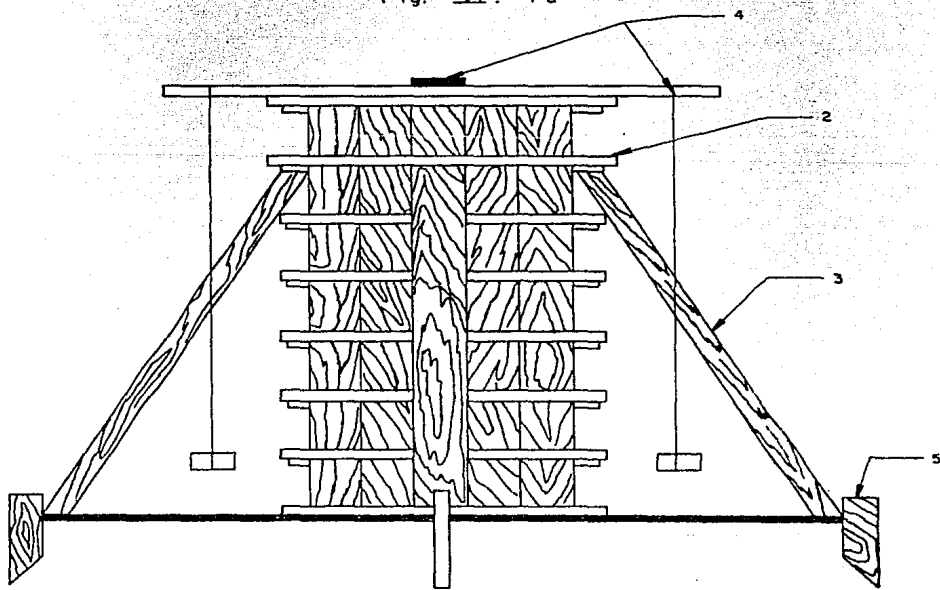
De esta forma se obtienen en las esquinas una serie de ángulos rectos formados por las salientes de los travesaños en las cuales se pueden colocar 4 polines que servirán para amacizar entre sí, por medio de sergentos ya sean metálicos o de madera, las piezas de la cimbra completa ( fig. VI.4 ).





- 1 DUELA
- 2 YUGOS
- 3 PIES DERECHOS
- 4 PLOMOS
- 5 ESTACAS

Fig. VI.- 4 a



Se usan diversos tipos de sargentos, siendo los más usuales los metálicos del tipo de golpe o por medio de tirantes metálicos, que pasan a través de perforaciones en los polines. También se usan pernos que sujetan los costados paralelos mediante disposición de roscas y tuercas. Las dimensiones de las piezas coladas, con objeto de aprovechar la madera de 10 cms., dependiendo de la forma en que sean colocadas las tarimas.

Es muy conveniente, en las esquinas de las cimbras formadas por 2 tarimas, poner chaflanes de madera de 1 cm., con el objeto de evitar que al descimbrar y posteriormente puedan romperse las aristas que sin la anterior medida quedarían de otra forma.

Para columnas redondas, el procedimiento normalmente empleado lo constituye el uso de cerchas, piezas que se hacen generalmente de tablón de 3.81 cms. ( 1 1/2 " ) ó bien de 5.08 cms. ( 2 " ), en los cuáles se cala media circunferencia cuyo diámetro es igual al diámetro de la columna, más dos veces el ancho de la tira que se use. La tira, que

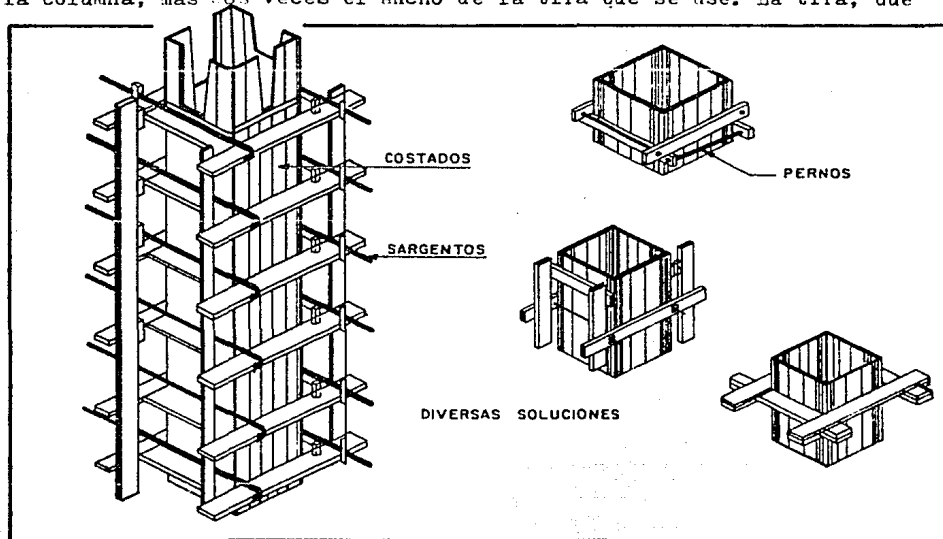


Fig. VI. - 4 b

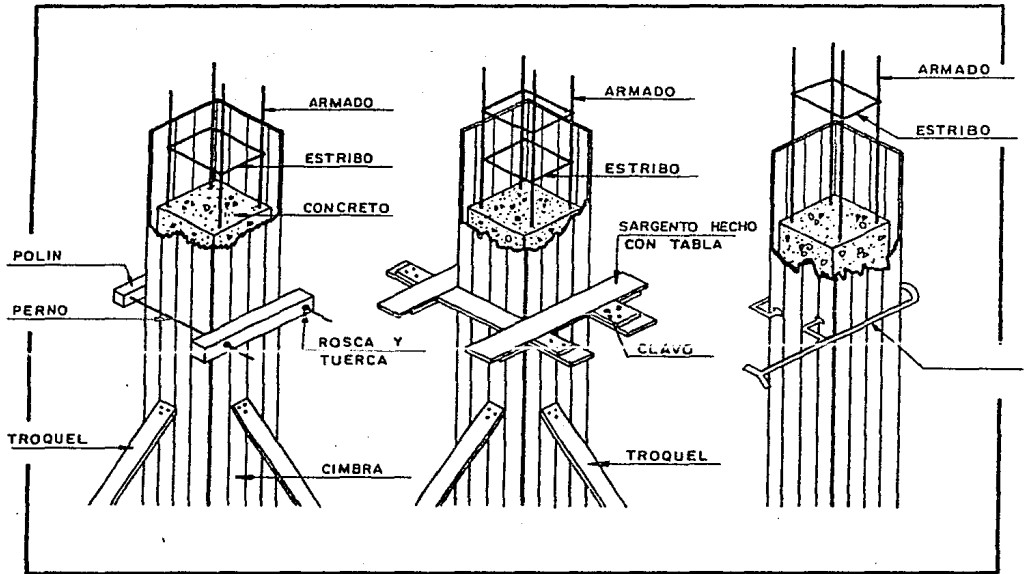


Fig. VI - 4 c

formará la superficie de contacto con el concreto, con el fin de hacer -  
 cimbras perfectas, debe usarse de 2.5 cms., ( 1 " ). Como se puede ver,  
 la mano de obra de este tipo de cimbras es sumamente laboriosa y su cos-  
 to muy elevado. Los ingenieros constructores actualmente emplean otros  
 sistemas para resolver el problema del cimbrado de éste tipo de seccio-  
 nes, como el empleo de tubos de asbesto-cemento, de carton rígido, o -  
 bien, el empleo de lámina metálica de calibres 12 al 18.

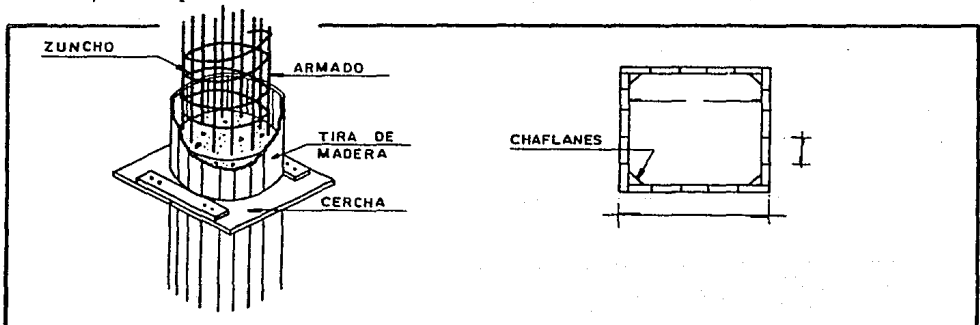


Fig. VI - 5

## 3) Traves.

El molde que se emplea de cimbra para colar las trabes consiste principalmente del fondo y los costados. El fondo es la parte que recibe la base de la trabe, por lo que es conveniente utilizar para su construcción madera más gruesa que para los costados.

La madera de contacto que constituye el fondo se clava sobre travesaños de canto, colocados de 40 a 50 cms., de distancia uno de otro, los cuales tienen 60 cms., más de longitud que el ancho del fondo mismo, con el objeto de permitir el atroquelamiento de las tarimas de los costados. Los costados se clavan en la misma forma que el fondo, sobre travesaños que sobresalgan en la parte inferior 10 cms., quedando el paño en la parte superior.

Los pies derechos se apoyan sobre piezas de madera que se encuentran en la parte inferior y se llaman arrastres ( fig. VI.7 ), también sirven para soportar el fondo y repartir uniformemente la carga.

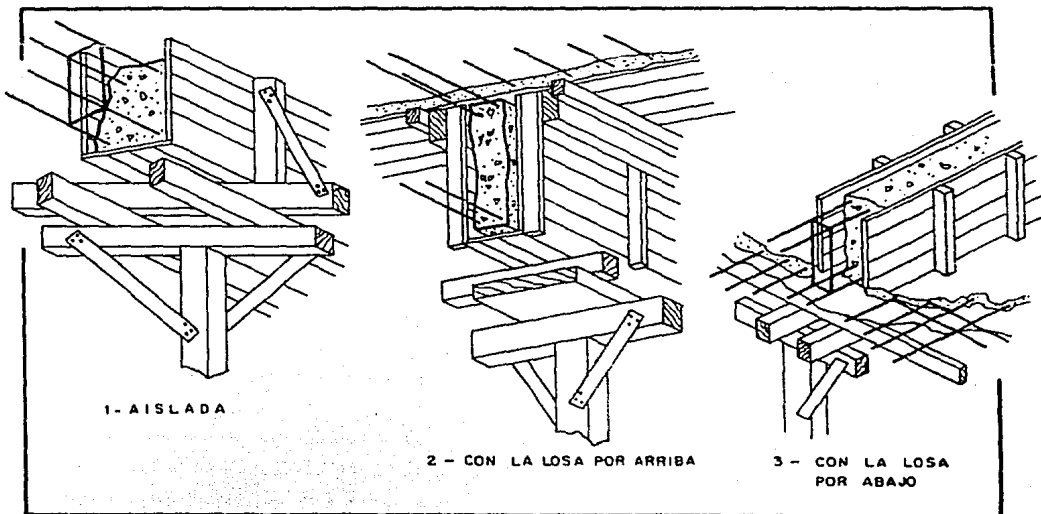


Fig. VI. - 6

Para realizar los ajustes necesarios en lo referente a la altura de la cimbra se colocan cuñas entre el arrastre y el pie derecho.

Los costados se rigidizan por medio de unos elementos formados de madera o ángulos de fierro llamados marcos.

En el caso de que la estructura esté proyectada con traveses por arriba, la cimbra de estos elementos es similar a los de las traveses de cimentación, si las traveses están por abajo de la losa, se procede a - construir por separado el fondo y los costados, si existe losa entre - traveses y traveses, el atroquelamiento se realiza con la cimbra de la losa.

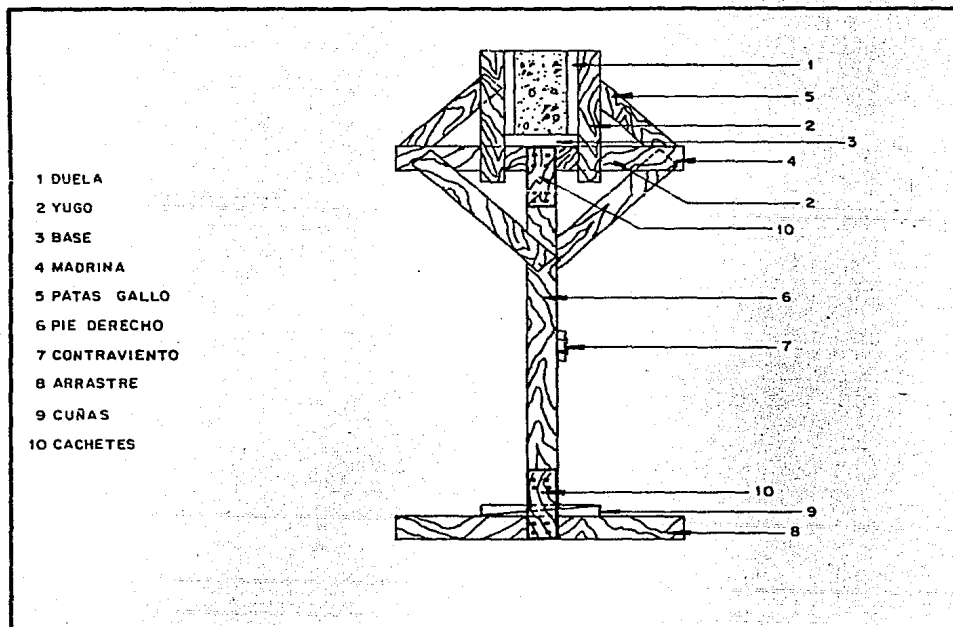


Fig. VI .- 7

## 4) Losas.

Para proceder al cimbrado de la losa, conviene contruir una serie de tarimas o cajones de dimensiones apropiadas, de acuerdo con los claros a cubrir, constituidos por un forro de cimbra de contacto clavado sobre un arazón rígido de madera mas gruesa colocada de canto.

Las tarimas se colocan una junto a otra sobre una estructura fabricada a base de largueros o polines, separados entre sí un metro como máximo, descansando sobre vigas normales colocadas de canto y espaciadas, apoyadas sobre pies derechos, a los cuales quedan unidas por medio de cachetes.

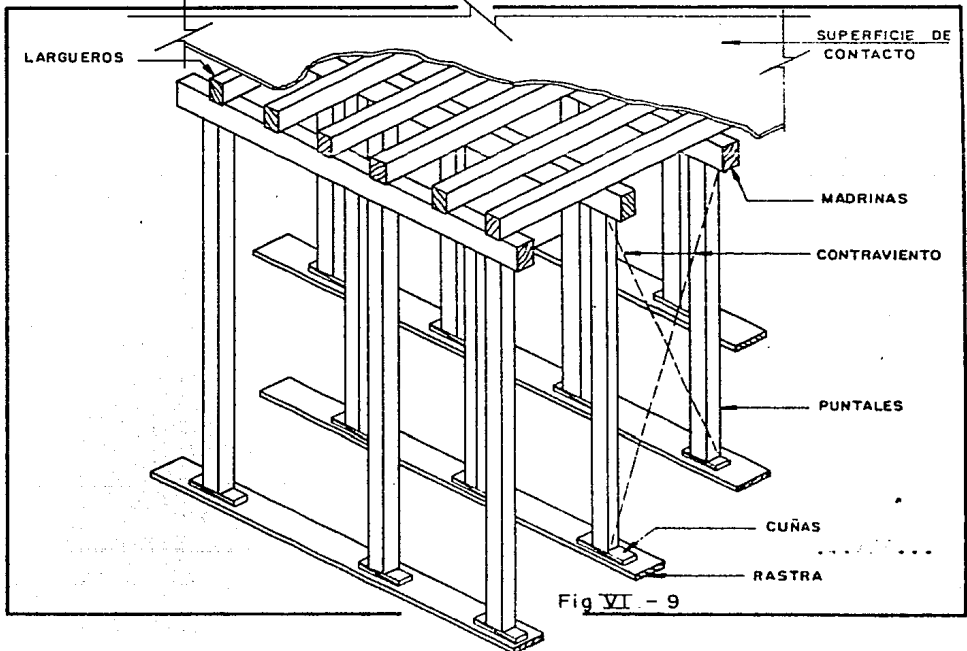
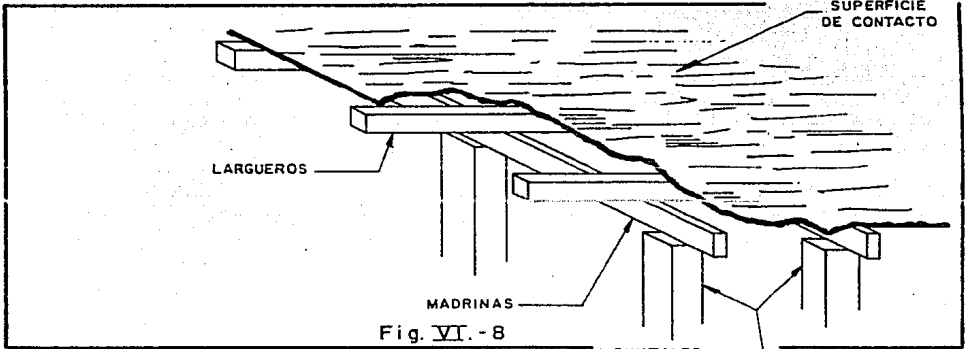
Los puntales que soportan la cimbra de la losa deben quedar apoyados en su parte baja sobre piezas de arrastre que transmiten la carga ya sea al terreno o a la losa de apoyo, ajustándolos por medio de cuñas mismas que se cuitan al efectuar el descimbrado y evitar así que las tarimas se desprendan al caer al suelo.

Se debe tener cuidado en la forma de recibir las presiones verticales y horizontales procurando transmitir las a puntos que no se muevan.

Se deben checar los siguientes aspectos:

- a) Alinear los ejes de la cimbra con los de la estructura, marcándolos en ésta.
- b) Nivelar, tomando niveles base, marcados en las columnas, de donde se lleva por medio de reventones o escantillones, la altura de trabes y losas.
- c) Los apoyos deben ser los adecuados para evitar que los claros sean largos, previendo las deformaciones en la cimbra.
- d) Se deben revisar los pies derechos para evitar que la losa se fleche o se colapse.

- e) Se contraventearán los pies derechos en caso de que las columnas no sean necesarias y suficientes para evitar los desplazamientos laterales ( Fig. VI.9 ).



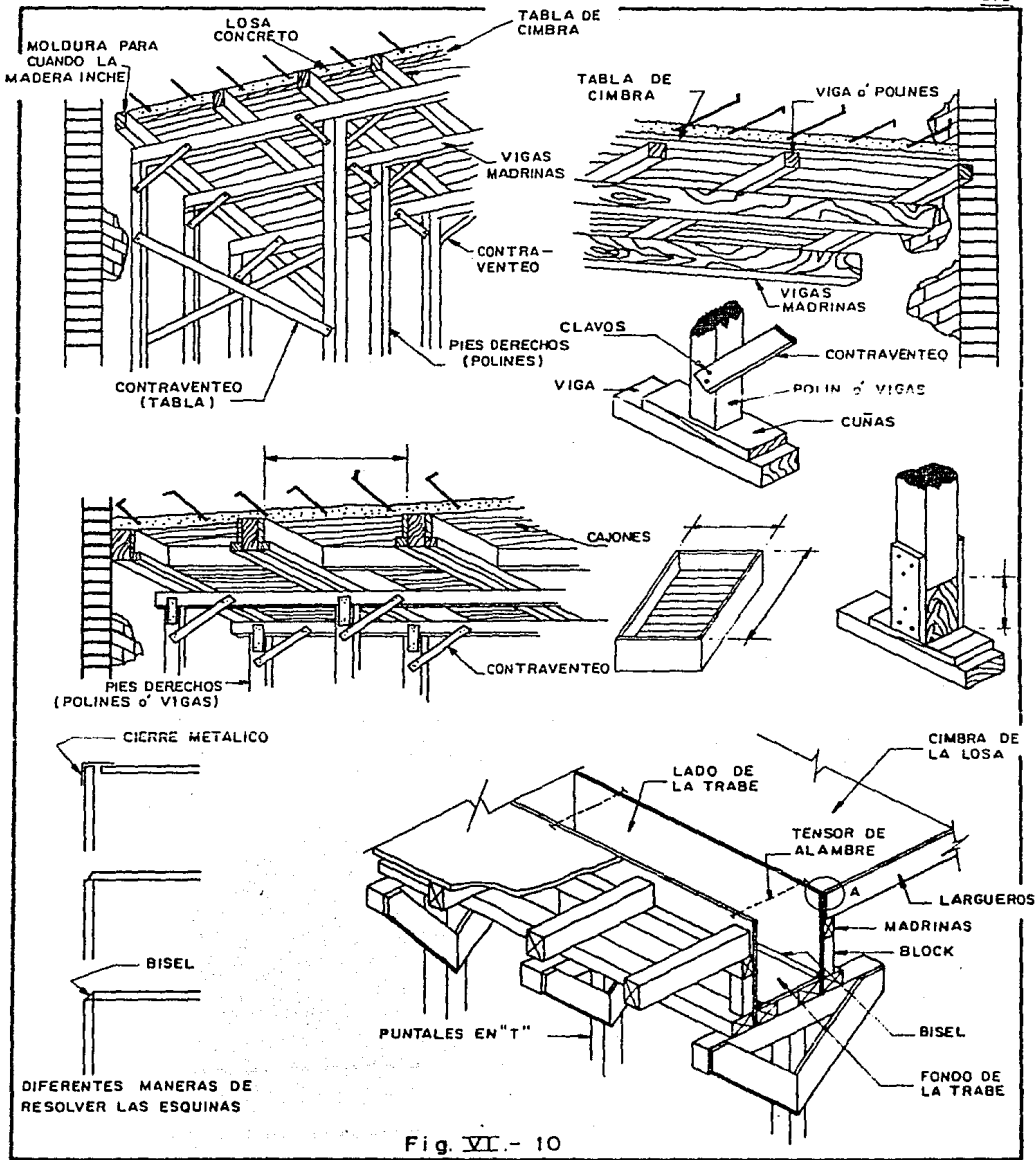


Fig. VI.- 10



VII. Sistemas especiales de cimbra.

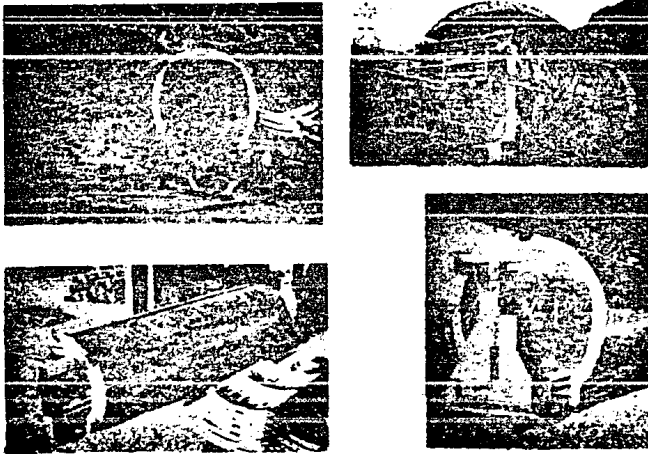


Foto 7. Este es un módulo de cimbra telescópica empleado en el recubrimiento de las paredes de túneles tanto vehiculares como hidráulicos.

## VII.1) Sistema de cimbra deslizante.

### VII.1.1) Introducción.

Sabemos que el colado continuo de cualquier elemento de concreto es esencial para su buen funcionamiento estructural, sin embargo, el llevarlo a cabo con el sistema de cimbra tradicional requiere, ( especialmente en aquellos de altura considerable ), un gasto importante por concepto del armado de la cimbra, así como ciertas dificultades en el proceso de colado.

El sistema de cimbra deslizante se creó fundamentalmente con la finalidad de abatir el costo del cimbrado de una estructura de sección francamente continua, evitando el armado total de la cimbra correspondiente, sin descuidar, desde luego, su continuidad.

Su campo de acción lo encontramos en la construcción de silos, pilas, chimeneas, torres de tanques de almacenamiento, cubos de elevadores, túneles, canales, etc.

Su estructura consta principalmente de dos elementos que se enumeran enseguida y a continuación se describen:

1. Cimbra de contacto.
2. Sistema accionador.

La cimbra de contacto está integrada en general por dos elementos, uno de los cuales es el marco, compuesto por largueros y calculado para soportar tanto la presión que origina el concreto como el peso de las pasarelas necesarias, incluyendo al personal que habilitará el acero, el concreto y su vibrado, y las instalaciones necesarias. El otro elemento es el forro, que dará forma al molde. Tales elementos podrán ser de madera, metálicos o bien mixtos, de acuerdo a su disponibilidad.

El sistema accionador lo forma principalmente un equipo de bombeo que transmite impulsos de presión por medio de aceite, a través de una red de tubería, a un conjunto de gatos, que mediante un sistema de engranes y resortes acondicionados en su interior, suben por unas barras de acero duro, empotradas en la cimentación ( o superficie de desplante de la estructura a erigir ) y que quedan unidos a la cimbra por medio de puentes convencionalmente colocados, de esta forma, la cimbra es arrastrada por el movimiento ascendente originado.

Tales puentes se denominan yugos, unidos firmemente a la cimbra de contacto y en los cuales va fijo el gato. La siguiente figura - ( fig. VII.1 ) muestra un esquema de los elementos constitutivos del sistema.

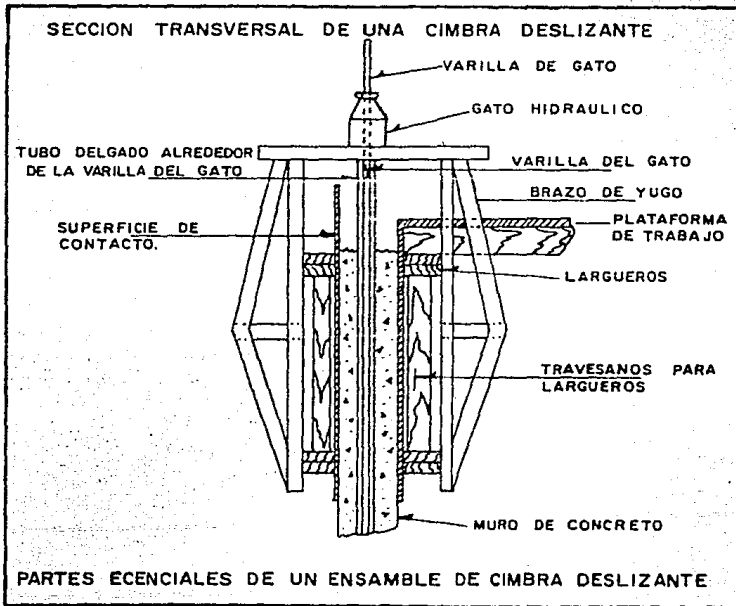


Fig. VII - 1

Entre los aspectos de mayor trascendencia a tomar en cuenta para evitar problemas en el cimbrado de estructuras con este sistema se tienen tanto los de nivelación y alineamiento constante de los moldes durante el colado, debido a la tendencia a desviarse durante el movimiento ascendente generado, como el del giro de la cimbra, de los cuales se debe tener un correcto y constante registro para solucionarlos inmediatamente después que se presentan y evitarse así mayores problemas.

Las recomendaciones generales para realizar un buen colado, indican que no debe interrumpirse hasta la terminación de la estructura, lo cual no significa que el sistema no pueda detenerse a voluntad ( tomando las precauciones adecuadas ) en un nivel determinado y continuar con el colado haciendo las correcciones necesarias, o bien, cuando el diseño de la estructura así lo determine.

Un aspecto fundamental para la realización de un buen colado es la planeación cuidadosa y con suficiente anticipación de las actividades complementarias al mismo, como son: el habilitado del acero de refuerzo, la selección de la dosificación del concreto, la selección de los aditivos necesarios, la adquisición de los vibradores adecuados, etc.

En sí, el método de cimbrado consiste en el habilitado de un juego de cimbras ( una o dos caras de acuerdo a la estructura ) para todo el perímetro de la estructura a erigir, los moldes tienen una altura que varía de 1.00 a 1.50 mts., para cada juego. Es una cimbra de construcción sumamente rígida, exacta y no apoyada al piso por lo que su sistema de apuntalamiento es mínimo pero muy especial, ya que como se mencionó, está suspendida por el empleo de yugos con dispositivos de levantamiento apoyados en barras metálicas de entre 25 y 32 mm de diámetro desplantados en la cimentación.

Se vacía el concreto en el molde hasta llenarlo, procediéndose al alzado de éste una vez transcurrido un lapso de tiempo, en el cual se origina el fraguado inicial. Al endurecer el concreto de la primera capa adquiere capacidad de soportar al que tiene sobre sí, permitiendo levantar la cimbra sin que se pegue a sus caras ( por su diseño especial, en forma ligeramente piramidal ), esta es elevada progresivamente mediante los dispositivos de elevación, permitiendo que se continúe el vertido del concreto en capas conforme se eleva y " vacía " la forma, lo cual origina un ciclo continuo de trabajo. Tal ciclo se resume como sigue: endurecimiento del concreto -- elevación del molde -- vaciado de nuevo concreto -- control de trayectoria ( principalmente su verticalidad y posición constante respecto a la original ) -- armado horizontal y vertical del acero de refuerzo, hasta alcanzar la altura del elemento según el proyecto.

Es importante mencionar que las caras opuestas de los moldes - no están paralelas, sino que forman una sección ligeramente piramidal al tener una mayor abertura en su parte inferior, evitando con esta característica que la superficie del concreto se pegue a las caras de la cimbra. ( fig. VII.2 ).

#### VII.1.2) Funcionamiento del sistema.

Este sistema se puede considerar como proceso extrusivo, ya - que al ir deslizando el molde, el concreto que es vertido por la parte superior, una vez que ha fraguado, aparece por la parte inferior con - la suficiente dureza para soportar tanto su propio peso como el de las capas superiores que se encuentran aún en el molde.

Debido a que los sistemas de cimbra deslizando están basados - en los procesos físico-químicos que se efectúan en el concreto, una - vez que entran en contacto sus ingredientes, es importante hacer notar los que más nos interesan desde el punto de vista del sistema. Estos - procesos son los llamados efectos de fraguado inicial y final, mismos

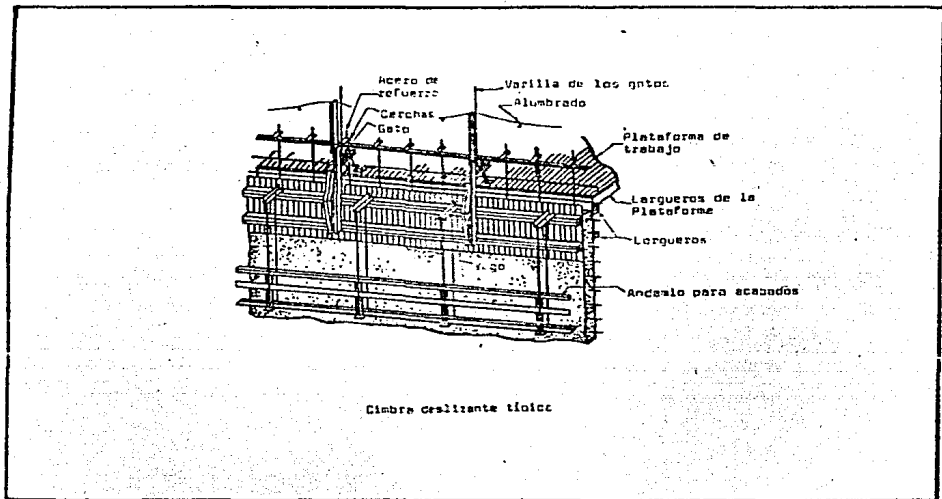


Fig. VII .- 2

que forman parte del endurecimiento inicial del concreto y que se presentan en una mezcla normal. Tal endurecimiento alcanza su grado máximo, para fines de diseño, a los 28 días en concretos con cemento del tipo normal.

En condiciones de trabajo y temperatura normales y siendo el cemento empleado de tipo I, generalmente el fraguado inicial ocurre entre los 50 y 60 minutos, y el final, se presenta entre las 3 y 5 horas tiempo contado a partir de la hidratación de la mezcla. El tiempo de fraguado final determina la altura de los moldes así como su velocidad de ascenso. Estos tiempos se determinan en el laboratorio.

El inicio del colado con cimbra deslizante se origina vertiendo el concreto de la totalidad de la altura del molde, al ir deslizando éste, permite verter capas sucesivas de 15 a 20 cms., de espesor en

el molde de manera uniformemente perimetral ( lo cual indica el llenado a un mismo nivel en todo el perímetro ). Esto es con la finalidad de mantener la correcta posición de la cimbra por la uniformidad de las fuerzas de fricción desarrolladas por el concreto contra la cimbra al deslizarse. Estas capas se colocan en lapsos de 45 a 60 minutos de diferencia, de esta forma, tomando la altura del molde de 1.20 mts., y el espesor de las capas colocadas de 20 cms., dentro del molde cada 60 minutos, tenemos que se requerirá, para colocar la última capa, un tiempo de 6 horas, edad que tendrá la primera capa, por lo que los procesos de endurecimiento primario ( fraguado inicial y final ) se habrán realizado, así entonces, esta capa tendrá las condiciones esenciales para salir sin problemas al iniciar el movimiento deslizante ascendente del sistema un nuevo ciclo.

Al deslizar el molde, la capa superior del concreto se irá cuedando abajo, teniéndose el suficiente espacio para colocar una nueva, - misma que se recomienda sea vibrada individualmente, evitando el revibrado de la anterior por cuestiones de apariencia más que de cambio de resistencia. Este proceso, como ya se mencionó, es repetitivo y será - continuo hasta que el molde alcance la altura recubierta por el diseño de la estructura. Es importante mencionar que inicialmente una vez el movimiento del sistema, se debe establecer de inmediato la velocidad proyectada, teniendo en cuenta el intervalo calculado entre los impulsos consecutivos enviados a los gatos, y en adelante mantenerla uniforme.

Los tiempos de los procesos de endurecimiento inicial del concreto medidos en el laboratorio son de suma importancia en el desarrollo del proceso de colado de la estructura ya que regulan la velocidad necesaria en el deslizamiento del molde.

Después de presentarse el fraguado final del concreto, comienza en este un proceso de aumento de volumen, por efectos químicos entre sus componentes, al que le sigue una contracción que se manifiesta por la fisuración de la superficie del concreto. Tales cambios en el volú-

men del concreto se deben considerar para calcular el tiempo máximo de estancia de las capas coladas en los moldes, ya que de presentarse dentro de estos, en especial la expansión, se corre el riesgo de interrumpir el deslizamiento del molde, su deformación y en ocasiones una fuerte adherencia a la superficie de contacto, lo cual originaría serios problemas, para evitarlos se recomienda llevar controles de los tiempos de fraguado final de las mezclas empleadas.

Las siguientes condiciones determinan la velocidad de deslizamiento de los moldes que se requiere en una estructura:

- a) Tipo de cemento.
- b) Proporcionamiento de la mezcla.
- c) Espesor de la pared de concreto.
- d) Cantidad de acero de refuerzo.
- e) Temperatura del medio ambiente.
- f) Empleo de aditivos, especialmente acelerantes y retardantes de fraguado.
- g) Revenimiento de la mezcla.
- h) Altura del molde deslizante.

En general, las velocidades obtenidas para el deslizamiento de la cimbra oscilan entre 10 y 80 cms., por hora, estas velocidades extremas se han obtenido en condiciones muy especiales de uso.

#### VII.2) Sistema deslizante manual.

En el sistema de cimbra deslizante se considera, además del método anteriormente descrito ( por medio de propulsión neumática, o bien, hidráulica en base a gatos automáticos ), el método manual, cuya diferencia con el anterior consiste en que los paneles de cimbra no se mueven de su lugar hasta haber fraguado el concreto, después de lo cual, se izan los moldes mediante grúas o poleas y se colocan en las preparaciones que para su sustentación se dejan en el concreto anterior



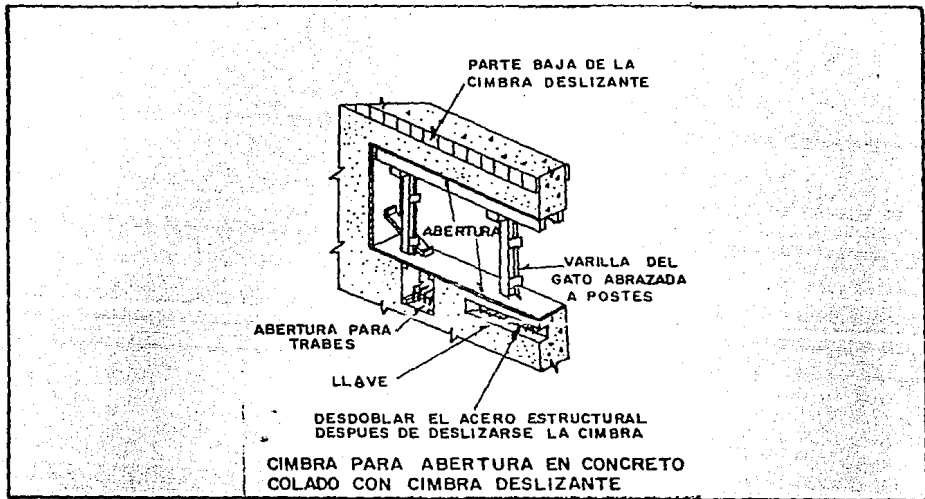


Fig. VII - 3

mente colado.

Este método está basado en el sistema de cimbra tradicional por medio de encofrados y ha dado muy buen resultado en la construcción de obras hidráulicas, especialmente de grandes dimensiones.

#### VII.2.1) Ejemplo de cimbra deslizante manual.

Existe un método de cimbra deslizante manual empleado en la erección de obras de edificación, éste es el método de "descimbrar-cimbrando", en el cual cada operación del descimbrado se emplea en el cimbrado del elemento siguiente, reduciendo los tiempos perdidos que el método tradicional exigiría.

El método se basa en el colado del sistema de marcos del edificio (trabes y columnas), hecho de abajo hacia arriba en la primera etapa, y en la segunda, el colado de las losas de entrepiso inmediata-

mente después y en sentido contrario, es decir, de arriba hacia abajo.

Lo anterior se realiza mediante un elemento especial llamado "litera", mismo cuyo servicio asemeja al de la cabina de un elevador. Este elemento consta de 2 pisos y un techo, separados entre sí por 4 ó 6 postes ( fig. VII.4 ) y cuya distancia es igual a la del piso tipo - del edificio.

El techo lo conforma una estructura de postes que sostienen - unas tenazas o garruchas, mismas que permiten sostener los encofrados de las trabes y columnas.

De la figura anterior, vemos que estando armada la litera directamente sobre las trabes de cimentación ó de la estructura, el piso inferior cubre prácticamente el espacio comprendido entre las trabes y se apoya en ellas por medio de los pasadores. Asimismo, el piso superior, soportado por los postes, tiene una superficie menor que la del

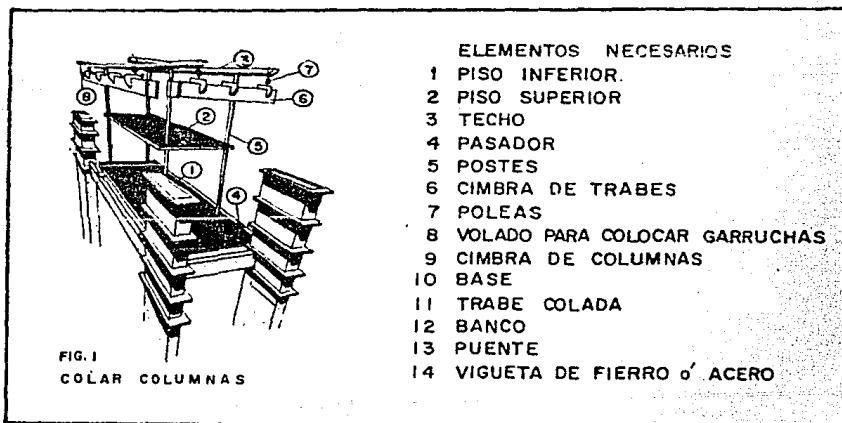


Fig. VII - 4

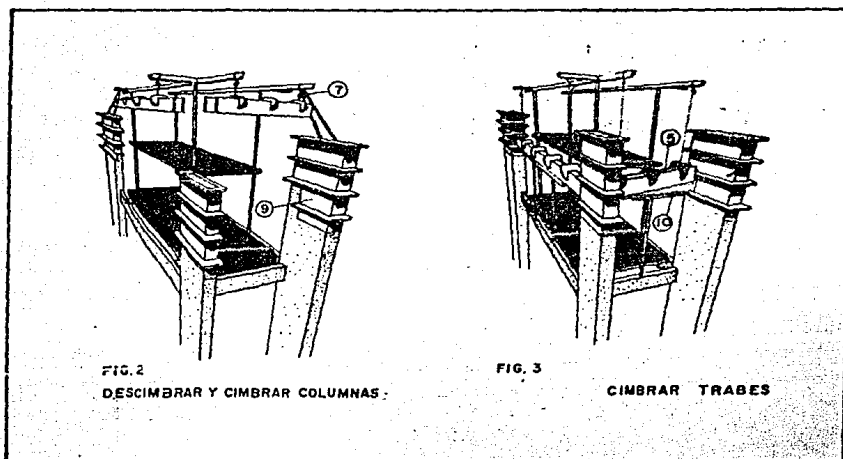
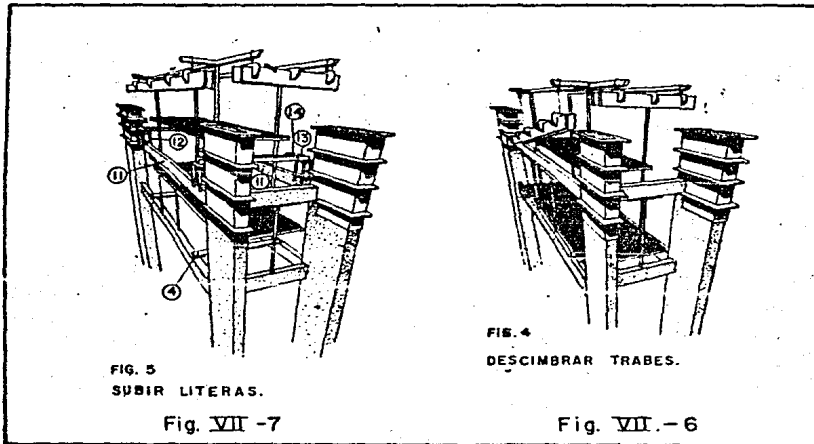


Fig. VII. - 5

piso inferior, por el espacio libre necesario que se deja entre el piso y las traveses para el paso de las cimbras ( fig. VII.5 ).

Como se mencionó anteriormente, las cimbras de las traveses ( ó encofrados ), se encuentran colgadas del bastidor superior. El cimbrado de las traveses se ejecuta bajando, por medio de poleas o pecañas diferenciales, las cimbras, hasta descansar en su fondo, que a su vez sirve de separador.

El descimbrado de columnas, cuando la sección transversal superior se conserva, se hace hacia arriba, por medio de tenazas o poleas, instaladas en el bastidor del techo ( fig. VII.6 ). En caso de que la altura del piso varíe, esto es, en caso de que las columnas sean más cortas o largas, bastará con llenar menos o más el molde respectivo. Cuando la columna cambie de sección, es muy útil el empleo de un pecue



no capitel adicional.

El colado de los elementos se puede realizar fácilmente al suministrar el concreto en carros, que rodarían por puentes unidos a las literas del piso superior o del techo.

La separación de los encofrados se evita mediante el empleo de sargentos, en vez de clavos. A medida que las columnas van reduciendo su sección, se va alargando el tapón de unión entre la trabe y la columna. Los moldes de las trabes dan oportunidad de que se aumente o disminuya el peralte del elemento de acuerdo al diseño de la estructura simplemente con llenar también más o menos el molde. Terminado el colado de las trabes, se quitan los sargentos, se desprenden las bases y se descimbra el encofrado tirando hacia arriba las cimbras para dejarlas almacenadas en el techo.

Al terminar el colado de columnas y traves de ese piso, se sube la litera al nivel inmediatamente superior por medio de 4 diferenciales que cuelgan de los puentes, apoyados en bancos sujetos a las traves de concreto, mismas que levantan la litera hasta volver a apoyarla sobre los pasadores que descansan en el nuevo nivel superior ( - fig. VII. 7 ).

La figura VII.8 muestra en conjunto el proceso de colado de las columnas y traves y la figura VII. 9 para las losas.

Cuando se emplea concreto de fraguado rápido, al levantar la litera, se sube consigo, además de las cimbras, sargentos, etc., los puntales y fondos de las traves.

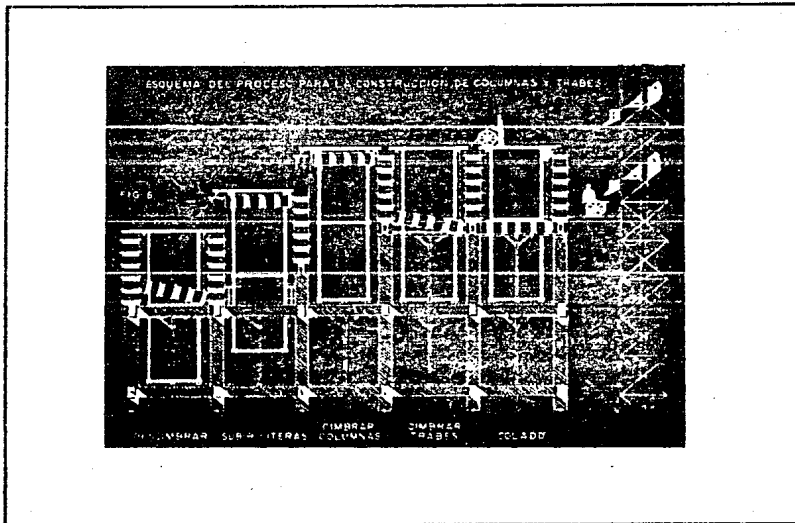


Fig.VII.-8

Terminadas de construir las trabes y columnas del último piso de la estructura, se desliga el techo de la litera utilizándolo como cimbra de las diferentes losas que empezarán a construirse desde el piso superior hacia abajo. Cuando ha frazgado la primera losa, para colar inmediatamente la siguiente, basta soltar la cimbra y dejarla descender hasta su nivel.

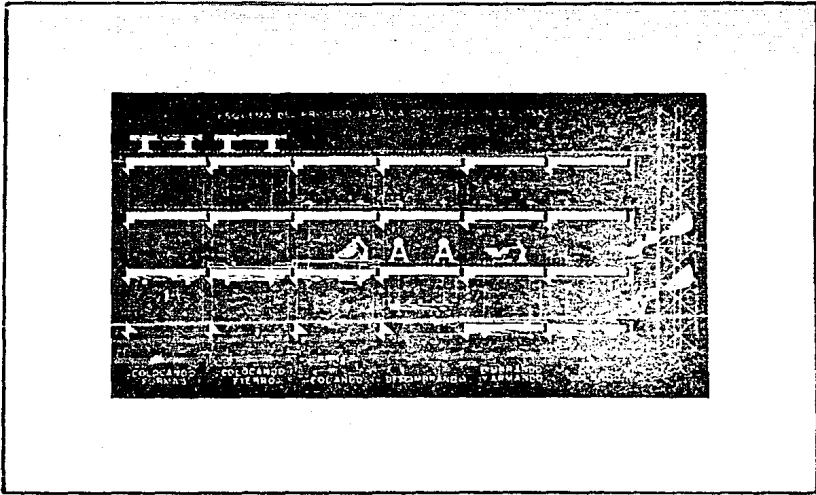


Fig. VII. -9

### VII.3) Sistema de cimbra telescópica.

#### VII.3.1) Introducción.

Este sistema es una adaptación muy especial del sistema de cimbra deslizante, con la particularidad que corre sobre rieles. Es en general, un equipo de moldes metálicos que cubren un alma deslizante, - siendo su función principal la de ser empleado en el recubrimiento con concreto de túneles, tanto para obras viales como hidráulicas de sección variable.

De ésta forma, con un sólo juego de cimbras se puede colar el recubrimiento total de la longitud del túnel combinando la economía del sistema de concreto lanzado con la funcionalidad, apariencia y rapidez de colocación del sistema de recubrimiento de dovelas prefabricadas.

Generalmente, el módulo ( molde viajero ), se arma con paneles móviles y reinstalables de 15.24 mts., de largo formando unidades impulsadas ( fig. VII.10 ) que permiten dejar un espacio de entre 0.46 a 0.61 mts., entre los moldes y la pared del túnel para colar dovelas de concreto en el sitio.

Como se puede observar en la fig. VII.11, la sección transversal de los túneles de recubrimiento con éste sistema guardan una forma de herradura, teniendo como ejemplo el túnel Eisenhower Memorial en el Estado de Colorado, E.U.A., que cuenta con 9.14 mts., de altura por 10.97 mts., en la parte más amplia de la herradura al recubrimiento terminado, siendo su longitud de 2 438 mts., colados en ciclos de 30.48 mts., en primera instancia y de 60.96 mts., en sus partes más favorables.

El funcionamiento del sistema se explicará siguiendo el ejemplo del revestimiento del túnel Eisenhower Memorial.

### VII.3.2) Funcionamiento del sistema.

Los 34.14 mts., de longitud del alma del módulo, montada sobre rieles ( fig. VII.12 ), se enmarcan con unidades de paneles de acero, mismas que son manejadas con gatos hidráulicas. Cuatro de los cuáles - con una carrera de 30.48 cms., que alinean una unidad para el colado.

Cuatro gatos más, de 1.12 mts., de carrera levantan o bajan - otra unidad y otros cuatro, con 91.40 cms., de carrera quitan los lados del tablero de la unidad, después del colado, balanceándolos para llevarlos a su posición abordo del módulo. Durante un colado de 30.48 mts., lineales de recubrimiento, 20 riostras de soporte por módulo - apuntalan 2 unidades de 15.24 mts., conectadas por medio de charnelas.

El módulo realiza un segundo trabajo pues además de almacenar los paneles de cimbra, cuenta con plataformas para el acceso tanto del material como del equipo necesario para realizar los colados.

En cada unidad de 15.24 mts., de longitud, se cuenta con 10 - pernos que unen tramos de 1.52 mts., de ancho de corona y lados. Si se necesita tener mayor longitud de colado, para avanzar con mayor rapidez, se pueden unir telescópicamente los módulos con un doble embisagrado, de esta forma se podrían tener, como en el caso del túnel Eisenhower, hasta 60.96 mts., de colado continuo en cada ciclo con 4 unidades de panel juntas.

El sistema de arrastre de cada módulo lo forman 4 juegos de - ruedas de acero de 0.66 mts., de diámetro que corren sobre rieles, la separación entre cada juego en el mismo riel es de 9.90 mts., además - cada juego está manejado por un motor eléctrico de 40 H.P., que proporciona una velocidad de casi 6.10 mt/min. El módulo cuenta con un motor eléctrico extra, también de 40 H.P., que maneja la bomba hidráulica - que mueve los gatos interiores.



Se pueden colar hasta 548.40 mt<sup>3</sup>/hora de concreto en 30.48 mts lineales de unidad de colado, llevándose una operación de colado casi 8 horas. El concreto se vibra por medio de 4 a 6 vibradores manuales y por 92 vibradores sujetos a las unidades. Cuando el concreto colado fragua, la unidad de colado se baja por el alma del módulo, montándola en su carril y se transporta hacia adelante formando, con ayuda de los gatos, una nueva unidad de colado. En este caso, el alma del módulo estará soportando las unidades de colado mediante una cuña hasta que estas se embisagran, nivelan y alinean.

Cuando las dos últimas unidades de 15.24 mts., se adelantan y colocan, el módulo viajero extiende sus riostras de soporte durante los 30.48 mts., lineales de colado. Después de fraguar el concreto, los puntales se liberan y las últimas unidades de colado se adelantan repitiéndose tal operación.

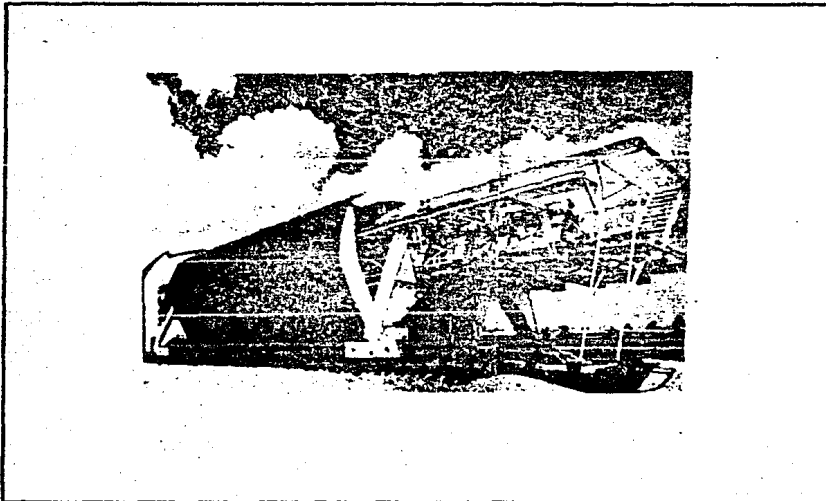


Fig. VII .-10

El módulo viajero tiene un peso de aproximadamente 132 ton., y cada unidad de paneles de 15.24 mts., pesa aproximadamente 93 ton., - con esta carga, la pendiente máxima de terreno que puede subir el módulo sin problemas es de 2.36 %.

El concreto empleado en el revestimiento del túnel se dosifica en plantas y se reparte por medio de vagonetas mezcladoras a bombas - eléctricas que se encargan de colocarlo. Es importante mencionar que - la resistencia de éste puede variar a lo largo del túnel, dependiendo de la capacidad de carga del terreno.

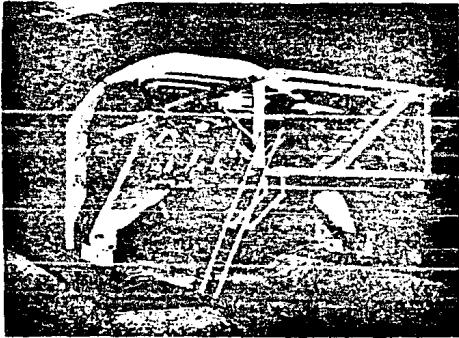


Fig. VII.-11



Fig. VII.-12

VIII. Conclusiones.

Entre los medios que hacen del concreto armado uno de los materiales más empleados en la erección de obras de infraestructura, tenemos a los sistemas de cimbras en general ( incluyendo cimbra de contacto y obra falsa ). Estos sistemas tienen una enorme importancia pues, - en no pocas ocasiones, gran parte del costo de la estructura, así como la apariencia y buena solución técnica ( de acuerdo a las normas y especificaciones correspondientes para cada elemento ) dependen de ellos, - por lo que deben estar perfectamente resueltos desde su diseño hasta su ejecución.

Es por ello que la comprensión de cada uno de los elementos del sistema de cimbras, así como de los procesos de cimbrado que tienen lugar en cada obra en particular, debe ser cuidado a fondo por personal - capacitado para ello, ya sea el ingeniero constructor ó algún técnico - especializado.

El conocimiento de tales procesos, da la oportunidad al proyectista de desarrollar nuevos sistemas de cimbrado, implementándolos con los procesos necesarios a su ejecución. De esta forma tenemos que el desarrollo de la cimbra, desde el sistema tradicional, se ha dado al resolver elementos muy especiales de obras en particular que después se generalizan, así entonces, tenemos que el sistema de cimbra deslizante se adecúa a la erección de estructuras altas de sección continua, impulsado por medio de gatos hidráulicos; el sistema de cimbra telescópica se basa en la economía y rapidez del colado del recubrimiento de túneles - en el sitio, con módulos impulsados con motores eléctricos y deslizantes sobre rieles; el sistema de cimbra para el colado de puentes en voladizo también es un muy especial sistema que sólo se emplea en ocasiones especiales; etc.

Es importante hacer notar que sólo los especialistas en el ramo son capaces de resolver de manera relativamente fácil, dentro de los rangos de seguridad, economía y estética dados por el proyectista, cualquier dificultad que se pudiera presentar, por lo que no se pueden con-

fiar tales soluciones a personal que por sus conocimientos adquiridos - empíricamente por la práctica, pretendan realizarlos, sobre todo cuando éstas impliquen una depuración tanto de las técnicas como de los materiales de cimbrado, acordes con las necesidades actuales del país.

# TESIS CON FALLAS DE ORIGEN

097

## BIBLIOGRAFIA.

1. F. Barbará Z. ( 1973 ). Materiales y Procedimientos de Construcción, TOMO I. Editorial Herrero. México.
2. J. G. Richardson ( 1982 ). Serie CIMBRAS, IMCYC, TOMOS I, II, - III y IV. Editorial IMCYC. México.
3. R. L. Peurifoy ( 1976 ). Formwork for Concrete Structures. Second Edition. Editorial McGraw-Hill. E.U.A.
4. Secretaria de Recursos Hidráulicos ( 1964 ). Manual sobre el - Cálculo de Precios Unitarios de Trabajos de Construcción. - - TOMO V. México.
5. F. Alcaraz L. ( 1985 ). Apuntes de Diseño de Cimbras de Madera. F.I., U.N.A.M., México.
6. Suarez Salazar Carlos. ( 1983 ). Costo y Tiempo en Edificación. Tercera Edición. Editorial Limusa. México.
7. Instituto de Capacitación de la Industria de la Construcción - ( 1977 ). Manual del Carpintero de Obra Negra. C.N.I.C., México.
8. Folleto Slipform de México S.A. Cimbras Deslizantes. Grupo I.C.A. México.
9. Folleto Cimbra Metálica. Arquitectura Industrial Mexicana. México.
10. División de Educación Continua, F.I., U.N.A.M., Residentes de - Construcción. Octubre de 1985.
11. Alberto Torres M., La Cimbra en la Construcción., Tesis Profesional, F.I., U.N.A.M., 1974. ... / ...