

72
28



**Universidad Nacional Autónoma
de México**

FACULTAD DE INGENIERIA

**ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE
ESTRUCTURAS PARA EDIFICIOS**

TRABAJO ESCRITO
Que para obtener el título de
INGENIERO CIVIL

presenta

ARMANDO HERNANDEZ CASADOS

México, D. F.

1987



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.

C O N T E N I D O

INTRODUCCION	1
I.- ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO	3
a)Generalidades de diseño	3
b)Materiales	4
Concreto	4
Acero de refuerzo	10
Cimbra	14
c)Proceso constructivo	17
Estructuras coladas "in situ"	17
Estructuras prefabricadas	28
Conexiones	33
Fabricación de piezas	33
Montaje	35
d)Ventajas y desventajas de la prefabricación	38
II.- ESTRUCTURAS DE CONCRETO PREFORZADO	40
a)Teoría fundamental	40
b)Materiales	44
Concreto	44
Acero	44
c)Proceso constructivo	45
Pretensado	45
Postensado	51

III.- ESTRUCTURAS DE ACERO	54
a) Clasificación y métodos de diseño	54
b) Materiales	56
Aceros estructurales	56
Perfiles estructurales	60
c) Proceso constructivo	63
Fabricación	63
Montaje	65
Conexiones: remachadas, soldadas, atornilladas	66
Clasificación de los electrodos	72
Clasificación de las soldaduras	74
Simbología	76
d) Ventajas y desventajas de las estructuras de acero	77
CONCLUSIONES	79
Bibliografía	81

I N T R O D U C C I O N

El presente trabajo tiene como finalidad ofrecer un panorama muy general sobre los principales aspectos que intervienen en la construcción de estructuras de edificios.

Se ha dividido el trabajo en tres capítulos, el primero de los cuales se refiere a las estructuras de concreto-reforzado, tanto coladas "in situ" como prefabricadas, el segundo trata de las estructuras de concreto presforzado, en sus modalidades de pretensado y postensado y el último corresponde a las estructuras de acero.

En cada capítulo se hace una breve referencia a los materiales empleados en el tipo de estructura correspondiente, así como al equipo necesario y a las prácticas o métodos constructivos.

El conocimiento de los materiales a través de sus propiedades físicas, químicas y mecánicas nos permite hacer un uso correcto de los mismos.

Conocer las características del equipo de construcción también es de capital importancia porque nos permite-

emplearlo con mayor eficiencia.

Las prácticas o métodos constructivos constituyen otro factor importante en la construcción de estructuras ya que son producto de la experiencia, por lo que debemos tenerlos muy en cuenta para lograr resultados satisfactorios.

Por último, se analizan las ventajas y desventajas correspondientes a cada tipo estructural para determinar su empleo más adecuado.

CAPITULO I

ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO

a) Generalidades de diseño

Las estructuras, en general, tienen por objeto satisfacer una función determinada como puede ser salvar un claro, encerrar un espacio o contener un empuje, pero además deben satisfacer ciertos requisitos relativos a la seguridad, funcionalidad, factibilidad y estética. De estos requisitos, uno de los más importantes es la seguridad, lo que implica que el ingeniero tenga un amplio conocimiento de los materiales a través de sus propiedades físicas.

Por lo que se refiere a las estructuras de concreto-reforzado, básicamente existen dos métodos de enfocar el problema de la seguridad estructural, uno es el llamado método de diseño por esfuerzos permisibles y se basa en la suposición de que la estabilidad queda asegurada cuando los esfuerzos debidos a las cargas de trabajo se limitan a valores considerablemente menores que los correspondientes a los esfuerzos de falla; el otro es el llamado método de diseño plástico y se basa en las experiencias y teorías correspondientes al estado de ruptura de las secciones consi

deradas

Quando se calcula una sección de concreto por el método de diseño plástico, se hace necesario recurrir a los factores de carga.

Factor de carga es el número por el cual hay que multiplicar el valor de la carga de servicio, para determinar la carga última que puede resistir un miembro a la ruptura.

b) Materiales

Concreto

El concreto es una mezcla de cemento, agregados inertes (en general grava y arena) y agua, la cual se endurece -- después de cierto tiempo de mezclado.

Cemento.--El cemento de uso más generalizado es el de nominado Cemento Portland, que se define como el material -- que proviene de la pulverización del producto obtenido por la calcinación a la temperatura de fusión incipiente de una mezcla de materiales arcillosos y calcareos, sin adición posterior a la calcinación, excepto yeso calcinado o no calcinado y en cantidad no mayor que el 3%.

En México se fabrican diversos tipos de Cemento Portland, entre los que podemos citar los siguientes:

Cemento Portland Tipo I Normal.- Es de uso general, donde no se requieran las propiedades específicas de otros tipos. Se utiliza principalmente en la construcción de casas, edificios, puentes, construcciones de concreto presforzado, productos prefabricados, etc.

Cemento Extra norma C-2.- Por sus características mejoradas, es un cemento para todo uso, con mayores beneficios en construcciones sobre terrenos húmedos y salitrosos.

Cemento Portland Puzolana.- Por sus características, es ideal para usos generales, especialmente en climas calientes y húmedos, para obras en contacto continuo con el agua o para construcciones expuestas a la acción moderada de agentes agresivos en terrenos húmedos y salitrosos.

Cemento Portland Blanco.- Tiene características semejantes a las del tipo I. Se emplea en construcciones urbanas cuando así se requiere por razones arquitectónicas.

Agregados.- En forma general los agregados se clasifican en grueso y fino, para lo cual ha quedado establecido como norma que el límite que divide estas dos fracciones, en cuanto a su tamaño de partículas, es el de la malla No. 4 (4.76mm.), es decir, que el agregado grueso está formado por las partículas retenidas en dicha malla, hasta el tamaño máximo de partículas que se haya escogido para el concreto. Los tamaños máximos más comunes son de 3/4 de pulgada a 1 1/2 pulgadas. A su vez el agregado fino se compone del material que pasa la malla No. 4, hasta las partículas más fi

nas que contenga.

La importancia de clasificar los agregados en grueso y fino es primordialmente para lograr, en la práctica, una combinación adecuada de estas dos fracciones, asegurando así una composición granulométrica correcta y suficientemente uniforme para obtener el producto final deseado.

La composición granulométrica es la distribución de tamaños de partículas, determinada en laboratorio por medio de una separación mecánica efectuada con mallas reglamentarias.

La granulometría de los agregados juega un papel de máxima importancia en las características del concreto ya que implica una mayor o menor área específica del material petreo, que a su vez afecta a la trabajabilidad del concreto y a la demanda de agua y cemento. Como resultado también se afecta a la compactación de la masa de concreto y otras características tales como el curado y la segregación.

Agua.- El agua que se vaya a emplear en el mezclado del concreto como la que se utilice para efectos del curado, debe estar libre de sustancias nocivas que pueden afectar la resistencia o cualquier otra característica de la estructura o elemento construido. Por este motivo es indispensable que se conozcan de antemano las características del agua disponible para cada obra en proyecto. En regiones o sitios en donde exista amplia experiencia y ha quedado comprobada la calidad del agua se pueden pasar por alto --

los estudios preliminares, pero en lugares desconocidos o - en cualquier caso de duda, es indispensable realizar la investigación correspondiente de sus características mediante análisis químicos que determinen sus contenidos de sales o impurezas, comparando los resultados con especificaciones o recomendaciones existentes para determinar si --- existe algún peligro de afectación por los contenidos de - substancias. Si los resultados son positivos y existe el peligro, se deben iniciar investigaciones más completas, generalmente mediante fabricación de mezclas de prueba y elaboración de especímenes de laboratorio, para determinar los efectos reales que provoque el agua en el concreto.

Como un ejemplo de los límites de aceptación que se pueden recomendar para el control de contenido de sales e impurezas en el agua de mezclado, se dan los siguientes valores:

Sulfatos -----	250 p. p. m.
Cloruros -----	250 p. p. m.
Carbonatos -----	500 p. p. m.
Bicarbonatos -----	500 p. p. m.
Materia orgánica -----	50 p. p. m.
Turbidez -----	1500 p. p. m.

Aditivos.- Los aditivos son substancias que se agregan algunas veces al concreto para mejorar su trabajabilidad, acelerar su fraguado, aumentar sus propiedades de imper

meabilidad, etc.

Resistencia del concreto a la compresión.- El factor más importante que interviene en la resistencia del concreto es la cantidad de agua en relación a la de cemento; a mayor relación agua/cemento, menor resistencia.

Para los cementos comunes tipo I, la resistencia del concreto a los 28 días, para diferentes valores de x, está dada por la fórmula siguiente:

$$f'_c = \frac{785}{27^x}$$

que es la expresión analítica de la Ley de Abrams, en donde:

f'_c : Resistencia del concreto a la compresión a los 28 días, de una probeta cilíndrica de 15cm. de diámetro por 30cm. de altura, en Kg./cm²

x : Relación agua/cemento en peso.

Tabulando los valores de la fórmula anterior se obtiene la gráfica de la figura 1

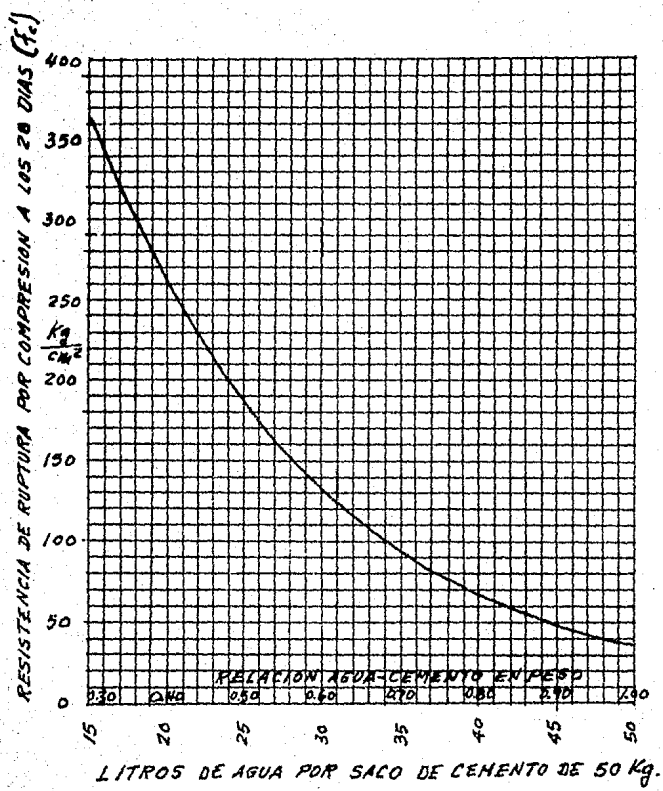


Fig. 1

Si se fabrica una mezcla de concreto con agregados - limpios, sanos y suficientemente duros, la resistencia a la compresión del concreto dependerá exclusivamente de la resistencia de la lechada, es decir, de la relación agua/cemento empleada, por lo que el proporcionamiento de una mezcla de concreto se reduce a elegir una relación agua/cemento para una resistencia dada y, enseguida a definir la granu-

10
lometría para que el concreto sea trabajable y que el volumen de vacíos entre los agregados, destinado a ser ocupado por el cemento y el agua, sea el menor posible para que la mezcla resulte más económica.

Resistencia del concreto a la tensión.—La resistencia del concreto a la tensión es relativamente baja, aproximadamente del 10 al 15% de la resistencia a la compresión, por esta razón se utiliza acero como refuerzo en las zonas de tensión de elementos de concreto.

Acero de refuerzo

El acero para reforzar concreto se utiliza en distintas formas. La más común es la barra o varilla que se fabrica tanto de acero laminado en caliente como de acero trabajado en frío.

Generalmente el tipo de acero se caracteriza por el esfuerzo de fluencia f_y , que es el primer esfuerzo en un material para el cual ocurre un incremento en la deformación para un valor constante del esfuerzo.

Existen en México varillas laminadas en caliente con límite de fluencia desde 2000 Kg/cm² hasta 4200 Kg/cm². El-

acero trabajado en frío alcanza límites de fluencia de ---
4000 Kg/cm² a 6000 Kg/cm²

La figura 2 representa la curva característica ----
esfuerzo-deformación del acero estructural laminado en ca-
liente.

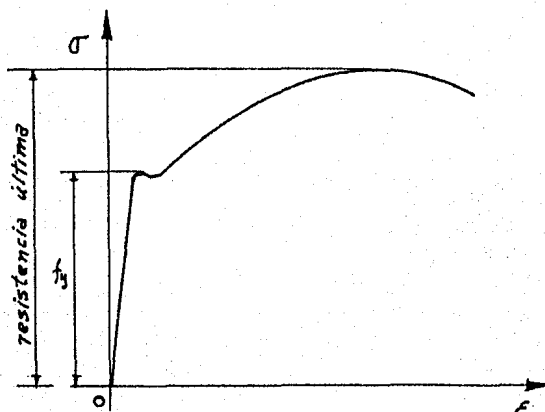


Fig. 2

Los diámetros usuales de las varillas utilizadas en México varían de 1/4" a 1 1/2". Todas las varillas excepto la de 1/4", denominada alambρόn, tienen corrugaciones en su superficie, para mejorar su adherencia.

La tabla I-1 proporciona datos sobre las características principales de las varillas de refuerzo, así como su nomenclatura para identificarlas.

TABLA I-1 Diámetros, pesos, áreas y perímetros de varillas

Varilla Num.	Diámetro		Peso Kg/cm ²	Area cm ²	Perímetro cm.
	Plg.	mm.			
2	1/4	6.3	0.248	0.32	1.99
2.5	5/16	7.9	0.384	0.49	2.48
3	3/8	9.5	0.566	0.71	2.98
4	1/2	12.7	0.994	1.27	3.99
5	5/8	15.9	1.552	1.98	5.00
6	3/4	19.0	2.235	2.85	6.00
8	1	25.4	3.973	5.07	7.98
9	1 ¹ / ₈	28.6	5.033	6.42	8.99
10	1 ¹ / ₄	31.8	6.225	7.94	9.99
12	1 ¹ / ₂	38.1	8.938	11.40	11.97

El acero trabajado en frío no tiene un límite de fluencia bien definido. En este caso, el límite de fluencia - suele definirse trazando una paralela a la parte recta de la gráfica esfuerzo-deformación desde un valor de la deformación unitaria de 0.002; la intersección de esa paralela - con la curva define el límite de fluencia, fig. 3

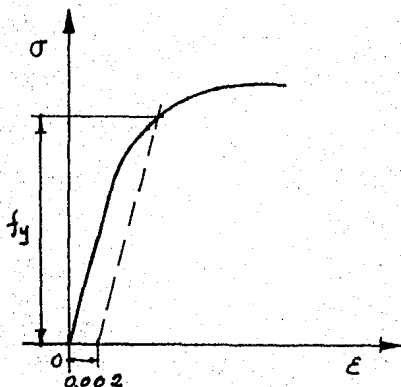
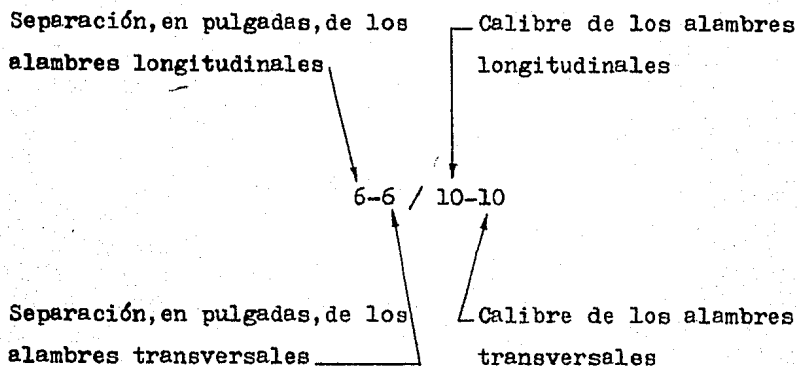


Fig. 3

Malla electrosoldada.—Otro tipo de refuerzo para con creto es la malla electrosoldada, utilizada en losas, muros, pavimentos y algunos elementos prefabricados. Estas mallas están formadas por alambres lisos unidos por puntos de soldadura en las intersecciones. El acero es del tipo trabajado en frío, con esfuerzo de fluencia del orden de 5000 Kg.-por cm². El espaciamiento de los alambres varía de 5 a 40cm. y los diámetros de 2 a 7mm., aproximadamente.

Existen en el mercado mallas de trama cuadrada y rectangular.

La nomenclatura empleada para identificar las mallas consta de cuatro números, cuyo significado se muestra en el siguiente ejemplo.



Cimbra

La cimbra es un sistema integrado por moldes o formas de madera o metal, principalmente, y sus soportes, cuya función es contener el concreto hasta que adquiera la resistencia necesaria para autoportarse.

La cimbra se compone fundamentalmente de dos estructuras: la cimbra de contacto y la obra falsa. La primera está constituida por los moldes que dan forma a los diversos elementos de acuerdo con el diseño de la estructura; generalmente son paneles, tarimas, moldes prefabricados, etc. La obra falsa está formada por elementos que trabajan estructuralmente soportando a la cimbra de contacto. Los elementos

más comunmente usados son vigas, pies derechos, contravien--¹⁵
tos, etc.

El sistema de cimbrado debe reunir, entre otros, los siguientes requisitos: debe ser resistente para soportar -- las acciones a que pueda estar sujeta durante la construcción; tendrá la rigidez necesaria para evitar movimientos y deformaciones excesivas; será lo suficientemente hermética para evitar la pérdida de lechada; su diseño será tal que permita armarla y desarmarla con facilidad y, se procurará que resulte económica.

En el diseño de una cimbra se deben tomar en cuenta los esfuerzos a que estará sometida, así como la resistencia de los materiales empleados en su construcción, ya que proceder por tanteos puede conducir a subestimar o sobrestimar los esfuerzos, con el consiguiente riesgo de falla o sobre costo por el empleo de materiales en exceso.

Las cargas que deben considerarse en el diseño de la cimbra, son: el peso del concreto y del acero de refuerzo, el peso propio y las cargas vivas; deben tomarse en cuenta las cargas de tipo dinámico como son las debidas al movimiento del equipo de construcción y descarga del concreto, también se debe considerar la acción del viento y la presión lateral producida por el concreto.

En la figura 4 se muestra un arreglo típico de una cimbra de madera para losa y trabe.

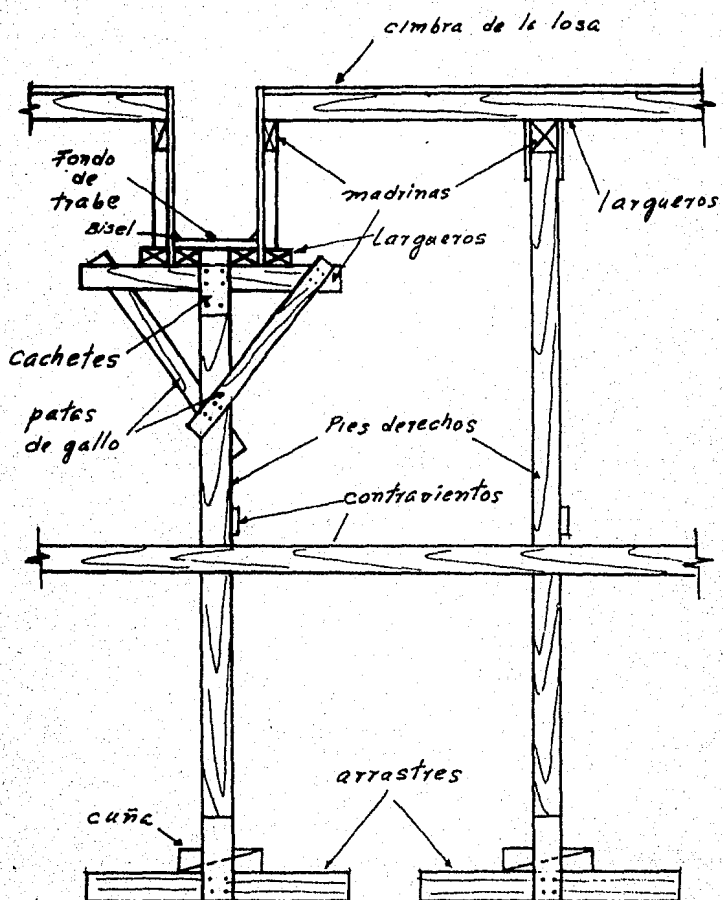


Fig. 4

c) Proceso constructivo

Las estructuras de concreto pueden ser construidas - en su posición definitiva, en cuyo caso se dice que son coladas "in situ" o coladas en el lugar. También pueden fabricarse en otro lugar distinto al de su posición definitiva y entonces se dice que son prefabricadas.

Estructuras coladas "in situ"

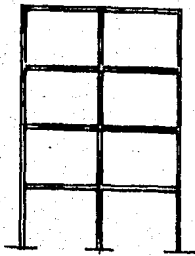
El tipo estructural mas comunmente empleado en la -- construcción de edificios de concreto es el que utiliza -- marcos rígidos formados por traveses y columnas, con sistemas de piso que pueden ser a base de losas macizas con vigas, -- en una o dos direcciones, losas nervadas o losas planas macizas o aligeradas con elementos removibles (casetones) o -- bien con bloques de barro o de concreto, los cuales quedan formando parte de la losa, fig. 5

Para la construcción de estas estructuras, empezamos con el desplante de las columnas, debidamente ligadas a la cimentación; para tal efecto y de acuerdo con los planos -- constructivos, habiendo habilitado previamente el acero, se coloca el refuerzo longitudinal así como los estribos.

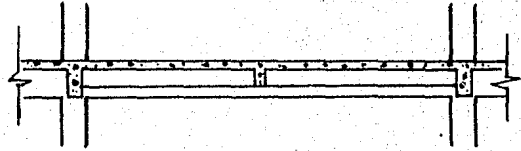
Posteriormente procederemos al cimbrado de las columnas, verificando su verticalidad mediante la plomada.

Para evitar que el concreto se adhiera a la cimbra, -- la superficie de ésta debe protegerse impregnándola con a-

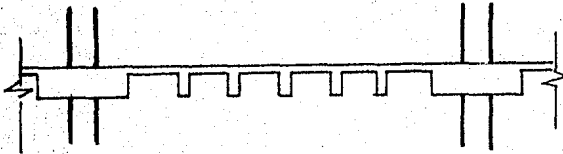
ceite mineral incoloro, diesel o algún producto patentado.



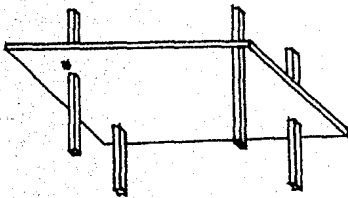
a) Marco rígido



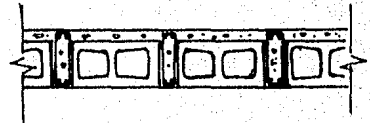
b) Losa maciza con vigas



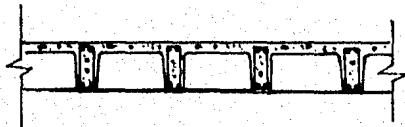
c) Losa nervada



d) Losa plana maciza



e) Losa aligerada con bloques



f) Losa aligerada con casetones

Fig. 5

Antes de que se lleve a cabo el colado, deben revisarse meticulosamente los moldes, puntales, amarres, colocación del refuerzo, etc.

Los moldes deben estar perfectamente mojados para -- que la madera no absorba el agua del concreto.

El paso siguiente será colar las columnas, para lo -- cual, el concreto podrá ser hecho en el lugar de la obra o premezclado, a la vez, podrá ser colocado en los moldes empleando botes, carretillas, canalones de lámina o por medios mecánicos: bandas transportadoras, elevadores verticales, bombas, etc., dependiendo lo anterior en gran parte de las condiciones de la obra.

Concreto hecho en obra. -- La elaboración del concreto en obra debe llevarse a cabo mediante mezcladoras mecánicas. El mezclado a mano se hace, sobre todo, en obras pequeñas o cuando no se cuenta con equipo y para concretos de resistencia menor que $f'_c = 140 \text{ Kg/cm}^2$.

El tiempo de mezclado debe ser tal, que todas las partículas del agregado inerte queden completamente forradas por la pasta de cemento y agua. La experiencia demuestra -- que el tiempo de cada revoltura debe durar por lo menos un minuto y preferentemente dos minutos, contados desde el instante en que todos los ingredientes, incluyendo el agua, estén dentro del tambor de la mezcladora.

Prueba de revenimiento.- Siendo la prueba de revenimiento la manera usual de medir y controlar la consistencia del concreto, es conveniente que esta prueba se esté realizando al pie de la máquina mezcladora, pues, variaciones en el revenimiento acusan exceso o falta de agua, esto puede deberse a mayor o menor humedad en los agregados, a descuido del operador de la mezcladora, o bien a cambios en los materiales inertes. Si esta prueba se lleva a cabo con la rigurosidad que exigen las obras, se tendrá siempre un concreto uniforme en resistencia y trabajabilidad.

La prueba se efectúa colocando un molde metálico --- troncocónico de 30cm. de alto, 10cm. de diámetro en su base superior y 20cm. de diámetro en su base inferior, llamado cono de Abrams, sobre una superficie plana horizontal y se vacían en él, hasta llenarlo, tres capas del mismo espesor, de la revoltura cuya plasticidad se desea conocer, picando cada una de dichas capas 25 veces con una varilla de 5/8 de pulgada para apisonar el material. Se enrasa el concreto al nivel de la base superior del molde que se saca cuidadosamente hacia arriba: sobre la superficie horizontal, donde descansa el cono, queda la revoltura que por falta de apoyo de las paredes laterales del cono se asentará más o menos según su fluidez. La diferencia en centímetros entre la altura del molde y la final de la pasta fresca, se denomina revenimiento y es tanto mayor cuanto más fluida es la mezcla, fig. 6

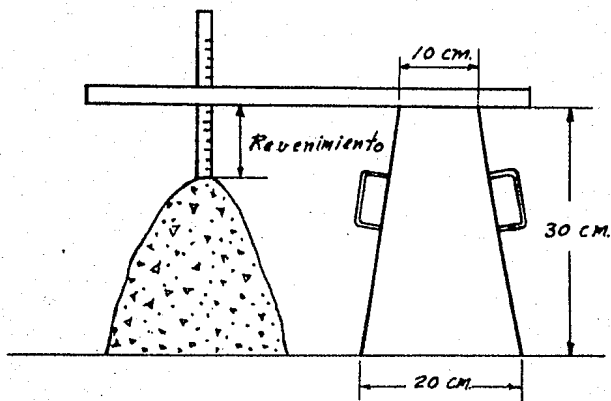


Fig. 6

Los revenimientos más usuales según la clase de obra a que se destina el concreto son:

Clase de estructura	Revenimiento en cm		
	Mínimo	Máximo	Promedio
Presas, pilas de puentes, cimientos, rellenos, pavimentos	0	8	4
Losas y trabes; muros gruesos	8	12	10
Columnas y muros; piezas de pequeñas dimensiones con gran cantidad de refuerzo	10	20	15

Concreto premezclado.- El concreto premezclado se do-
sifica en plantas especializadas y es mezclado en el tra-
yecto de la planta a la obra en mezcladoras montadas sobre
camión.

Al solicitar el concreto al proveedor, se debe especi-
ficar la resistencia f'_c del concreto, tamaño máximo del a-
gregado grueso, tipo de cemento, revenimiento seleccionado o
si será bombeable, aditivos y su dosificación, volúmen total,
volúmen por entrega, hora de iniciación, frecuencia de entre-
gas, etc.

Algunas de las ventajas que se obtienen con el em-
pleo de concreto premezclado son: dosificación exacta, aho-
rro de espacio para almacenamiento de los ingredientes del
concreto, ahorro en tiempo, ya que el personal solo se ocupa
rá de cimbrar y armar, teniendo la facilidad de colar sin
tener que hacer selección, dosificación y mezclado, etc.

Vibrado.- Inmediatamente después de que el concreto
ha sido colocado, deberá compactarse por medios manuales o
mecánicos, dependiendo de las características del concreto,
con el objeto de eliminar huecos o vacíos en su masa. En la
actualidad se recurre generalmente a los aparatos vibrato-
rios mecánicos. Los más usados son los de inmersión, que
constan de una unidad motora, un vástago flexible y un cabe-
zal vibrante que se introduce en la masa por compactar.

Aunque no existen por ahora normas precisas o datos científicos que sirvan de base a una correcta selección -- del tamaño, número de vibraciones, amplitud de las mismas y duración del vibrado, la práctica ha demostrado que aparatos con frecuencia mayor a 3600 revoluciones por minuto, resultan efectivos y que la efectividad puede mejorarse con aparatos de 6000 a 7000 vibraciones por minuto. La experiencia ha demostrado también que el tiempo de vibrado y la zona de influencia, dependen de las características del vibrador y del estado físico de la revoltura, pero un tiempo que fluctúa entre 5 y 10 segundos y una separación entre los puntos vibrados que varíe entre 30 y 45 cm. dan resultados satisfactorios.

En la operación de vibrado hay que evitar que los -- trabajadores concentren fuertes volúmenes de concreto en una zona y provoquen su escurrimiento por medio del vibrado.

El vibrado ha de hacerse a fondo, pero sin exceso, para evitar la segregación de los materiales, pues ésta siempre se produce cuando la fluidez es excesiva. Es recomendable -- que las mezclas muy fluidas se compacten mediante el picado manual.

Curado. -- Se ha demostrado que la resistencia e impermeabilidad del concreto mejoran con el envejecimiento, siempre que las condiciones sean favorables para la hidratación continuada del cemento. Por esto, es necesario el curado del

concreto, que consiste en mantener húmedas las piezas coladas por un período mínimo de 7 días en caso de emplear cemento normal y de 3 días cuando se utilicen acelerantes, rociándolas con agua, o bien impidiendo la pérdida de humedad mediante la aplicación de una membrana impermeable.

Cuando el concreto se mantiene húmedo mediante rociado, se debe procurar que no se seque la superficie entre -- las distintas aplicaciones de agua. Los ciclos alternos de humidificación y secado del concreto fresco originan agrietamientos, sobre todo en los colados que presentan grandes áreas expuestas al medio ambiente, por lo que es mejor aplicar finos rociados continuamente, que copiosas aplicaciones de agua con períodos de secado entre ellas

Control de resistencia del concreto. -- Para el control de la resistencia del concreto, se ensayarán en el laboratorio bajo carga axial, cilindros de concreto, a los 28 días si se utilizó cemento normal y a los 14 días si se usaron acelerantes.

Para cada clase de concreto se tomará como mínimo una muestra por cada día de colado, pero al menos una por cada cuarenta metros cúbicos de concreto. De cada muestra se fabricará y ensayará una una pareja de cilindros.

Se admitirá que las características de resistencia -- del concreto correspondiente a un día de colado cumplen -- con la resistencia especificada, f'_c , si ninguna pareja de cilindros da una resistencia media inferior a ----- $f'_c - 50 \text{ Kg/cm}^2$, y además, cuando el número de muestras es 3 o más si los promedios de resistencia de todos los conjuntos de tres parejas consecutivas de ese día no son menores que $f'_c - 50 \text{ Kg/cm}^2$.

Se verificará el peso volumétrico del concreto en -- muestras representativas.

Los materiales de un concreto deben proporcionarse -- para una resistencia media, \bar{f}_c , mayor que la especificada f'_c . La resistencia media necesaria para lograr un cierto valor de f'_c se tomará como el mayor de los valores suministrados por las expresiones siguientes:

$$\bar{f}_c = f'_c + 0.85 \sigma_c$$

$$\bar{f}_c = f'_c + 2.33 \sigma_c - 50 \text{ (en Kg/cm}^2\text{)}$$

En estas expresiones, σ_c es la desviación estándar de la resistencia a compresión del concreto. Su valor se deter

minará a partir de antecedentes basados en los ensayos de no menos de 30 parejas de cilindros que representen un concreto cuya resistencia especificada no difiera en más de 70 Kg/cm² de la especificada para el trabajo propuesto, y fabricado con materiales, procedimientos y control similares a los del trabajo en cuestión. Si no se cuenta con tales antecedentes, la desviación estándar puede tomarse de la tabla I-2.

TABLA I-2 DESVIACION ESTANDAR DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO EN Kg/cm²

Procedimiento de fabricación	$f'_c \leq 200 \text{Kg/cm}^2$	$200 < f'_c \leq 300 \text{Kg/cm}^2$
Mezclado mecánico, proporciónamiento por peso, corrección por humedad y absorción de los agregados. Agregados de una misma fuente y calidad controlada.	30	35
Mezclado mecánico, proporciónamiento por peso	35	45
Mezclado mecánico, proporciónamiento por volumen: volúmenes cuidadosamente controlados	60	70

Quando las resistencias medias de algunas parejas de cilindros resulten menores que $f'_c - 50 \text{ Kg/cm}^2$, se permitirá extraer y ensayar corazones del material en la zona representada por los cilindros que no cumplieron. Se probarán -- tres corazones por cada pareja de cilindros cuya resistencia media resulte menor que $f'_c - 50 \text{ Kg/cm}^2$. La humedad de -- los corazones al probarse debe ser representativa de la -- que tenga la estructura en condiciones de servicio.

El concreto representado por los corazones se considerará adecuado si el promedio de las resistencias de los corazones es mayor o igual que $0.8f'_c$ y si la resistencia -- de ningún corazón es menor que $0.7f'_c$. Para comprobar que -- los especímenes se extrajeron y ensayaron correctamente se permite probar nuevos corazones de las zonas representadas por aquellos que hayan dado resistencias erráticas. Si los corazones ensayados no cumplen con el criterio de aceptación que se ha descrito, se podrán efectuar pruebas de carga o tomar otras medidas que se juzguen adecuadas, considerando, entre otros factores, el porcentaje de resistencias -- menores que f'_c , la importancia estructural del elemento, zona en que se colocó el concreto malo, probabilidad de una -- sobrecarga a temprana edad, confianza en las bases de diseño, etc.

Construcción del sistema de piso. -- Después de 24 horas de coladas las columnas, éstas podrán descimbrarse y se procederá a cimbrar y armar las losas de piso y las traves

o las nervaduras, colocando los conductos para las instalaciones y, en su caso, los bloques de relleno o los casetones.

Debajo del refuerzo se colocarán calzas de concreto precoladas, que permitan obtener el recubrimiento necesario

Una vez que las columnas hayan alcanzado la resistencia necesaria se procederá al colado del piso correspondiente.

La necesidad de reutilizar la cimbra es un factor -- que nos lleva a tratar de descimbrar los elementos colados en el menor tiempo posible, sin embargo, es necesario que en elementos como trabes y losas de techo o entrepiso se retire la cimbra una vez que éstos hayan adquirido la resistencia necesaria para que no se presenten deformaciones indeseables. Como término medio podemos considerar un período -- de 8 días para el descimbrado de estos elementos en caso -- de haber utilizado cemento normal y de 3 días si se emplearon acelerantes. En ambos casos se dejarán apuntalados estos elementos hasta completar su resistencia.

Para la construcción de los pisos restantes se sigue un procedimiento análogo, debiendo apuntalar también la losa del piso inmediato inferior al que se vaya a colar.

Estructuras prefabricadas

Con respecto al lugar en que se efectúa el trabajo, pueden distinguirse dos tipos de prefabricación: prefabricación en instalaciones permanentes y prefabricación a pie de obra.

Prefabricación en instalaciones permanentes.- La prefabricación de estructuras en instalaciones permanentes -- tiene la ventaja de que se lleva a cabo por un equipo fijo de trabajadores especializados en las diversas actividades, puede existir un alto grado de automatización y mecanización, además de que los laboratorios permanentes permiten un mejor control en la calidad de los materiales. Debido a estas ventajosas condiciones, las plantas de prefabricación producen en serie estructuras en general baratas y seguras de buena calidad.

La principal desventaja de la prefabricación en estas plantas radica en la transportación de las piezas al lugar de la obra, lo que significa un costo adicional. Por otra parte, las dimensiones de las piezas deben mantenerse dentro de ciertos límites, con lo que se aumenta el número de juntas en las estructuras.

Prefabricación a pie de obra.- En este tipo de prefabricación cada nueva obra trae consigo, en la mayor parte -

de los casos, el empleo de nuevos trabajadores y el uso de materiales diferentes, cuyas propiedades, con frecuencia, no se conocen suficientemente. La mecanización no puede alcanzar el mismo alto grado que en una instalación permanente. Los laboratorios a pie de obra no están, en general, tan bien equipados como los de las plantas permanentes.

Una gran ventaja de la prefabricación a pie de obra en comparación con la prefabricación en plantas permanentes, es que se evita el transporte de las piezas a grandes distancias. Las piezas grandes, es decir, las piezas de la estructura principal, se fabrican en general a pie de obra, de modo que su colocación no requiere más que transporte vertical sin movimiento horizontal. Las piezas de menor tamaño se fabrican en general en las proximidades de la obra, o en la propia obra en una planta provisional más pequeña de prefabricación establecida con este objeto.

Como las grandes piezas no hay que transportarlas, sus dimensiones y su peso no están limitados por el transporte, sino solamente por la posibilidad de elevarlas. En consecuencia, las piezas pueden ser mayores que las prefabricadas en plantas permanentes. El número de piezas es, por tanto, menor, disminuyéndose ventajosamente el número de elevaciones y de juntas.

Descomposición de estructuras.— La tendencia a producir el mayor número posible de piezas en plantas permanentes exige una descomposición de las estructuras en piezas—

apropiadas para la prefabricación en estas plantas y para el transporte. Con tal de que el número exigido de piezas - cumpla los requisitos para una producción económica en serie y las condiciones de transporte sean buenas, el ahorro resultante de la prefabricación en planta (teniendo en cuenta además los gastos de transporte) será en general mayor -- que el costo adicional debido al montaje y a las uniones -- de un número mayor de piezas pequeñas. Naturalmente es conveniente, en tal caso proyectar una estructura que conste -- de piezas menores y más transportables, producidas en planta. Si esta solución es imposible o antieconómica debe emplearse la prefabricación a pie de obra. En este caso las -- piezas deben ser lo mayor posible dentro de los límites impuestos por la capacidad de elevación del equipo disponible.

Algunas veces las estructuras se descomponen en los nudos, obteniéndose piezas lineales, fig. 7. Esto significa una gran ventaja desde el punto de vista tanto de la producción como del montaje.

La desventaja de este sistema es que en los nudos -- los momentos alcanzan generalmente sus valores máximos, de modo que las uniones son difíciles.

Otro método para la descomposición de las estructuras consiste en dividir las en piezas por los puntos en que los momentos son mínimos. A este método se le llama "método lambda" en algunos países. Las dificultades observadas al efectuar uniones que resisten momentos en puntos en los que

los momentos son máximos, conducen a este método, el cual se ilustra en la fig. 8

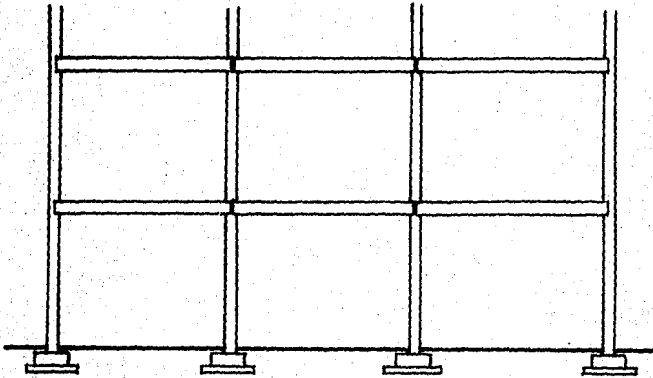


Fig. 7

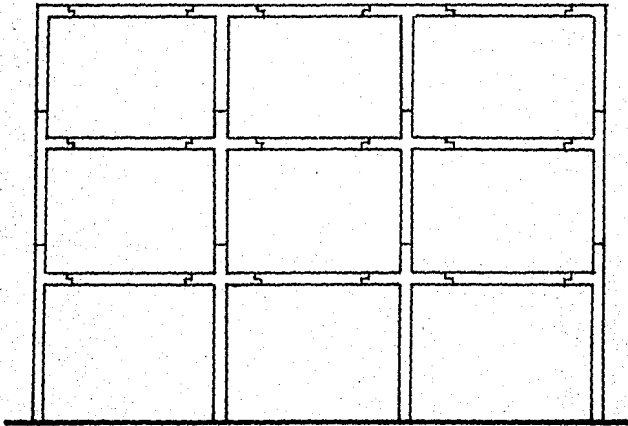


Fig. 8

Conexiones

Uno de los problemas más difíciles, tanto en el diseño como en la construcción de estructuras formadas por piezas prefabricadas, es el de la unión de estas últimas.

Las uniones pueden ser rígidas o articuladas. En México se usan las conexiones articuladas solamente en construcciones de un nivel.

Desde el punto de vista de su ejecución, una unión -- realizada por la simple colocación de dos piezas una sobre otra y entonces sujetadas es una junta seca.

Cuando dos piezas se unen traslapando o soldando las barras de acero de las piezas a unir y posteriormente se -- cueña la junta se trata de una unión húmeda.

Fabricación de piezas

El proceso de fabricación de las piezas se compone -- de las fases siguientes: Preparación de los moldes, armado -- de los elementos, vaciado del concreto, curado y desmoldeo.

Los moldes para elementos prefabricados son básicam-- mente de madera o metálicos pero también pueden ser de con-- creto u otro material. La madera tiene la ventaja de que -- puede trabajarse fácilmente, pudiendo adoptarse con ella -- las formas más variadas. Los moldes metálicos normalmente --

son de chapa de acero de espesor mínimo de 3 o 4mm., con rigidizadores a base de perfiles metálicos soldados.

La armadura de las piezas prefabricadas no difiere esencialmente de las empleadas en estructuras coladas "in-situ", pero dado que es más accesible a los obreros, su ejecución resulta más fácil.

El transporte del concreto desde la mezcladora hasta los moldes se puede llevar a cabo por varios procedimientos. En plantas pequeñas se emplean carretillas o vagonetas. En plantas grandes el transporte del concreto y el colado de los elementos se efectúa por medios mecánicos.

El vibrado puede llevarse a cabo con vibradores de inmersión, en mesas vibratorias o con vibradores de superficie, según el tipo de pieza de que se trate; las piezas mas ligeras se vibran generalmente mediante mesas vibratorias y para piezas más pesadas se emplean vibradores de superficie y de inmersión.

Para las piezas que se fabrican sobre mesas vibratorias se emplean siempre moldes de acero. Para unidades mayores y más pesadas puede emplearse el acero, el concreto y la madera.

En las plantas de prefabricación donde se trabaja -- continuamente es absolutamente indispensable la aplicación de algún curado artificial para acelerar el endurecimiento del concreto y el desmoldeo de los elementos para que no -

disminuya la capacidad de producción de la planta.

El proceso de endurecimiento del concreto puede acelerarse de diversos modos. Los métodos más frecuentemente utilizados consisten en el empleo de productos químicos adecuados, por medio de vapor, aire caliente, energía eléctrica, etc.

Las piezas pueden separarse del molde a las 18 o 20 horas después de coladas, pero a bajas temperaturas después de dos o tres días.

Montaje

Entre la maquinaria utilizada para el montaje de elementos prefabricados podemos citar los siguientes tipos:

- Grúas de torre
- Autogrúas sobre orugas o sobre neumáticos
- Grúas sobre camión
- Grúas de mástil

Cada uno de estos tipos de maquinaria tiene una aplicación que va más de acuerdo con sus características, así - por ejemplo, las grúas de torre son útiles sobre todo para el montaje de piezas pequeñas en edificios altos de varios

pisos; las autogrúas y las grúas sobre camión son apropiadas para el montaje de cubiertas industriales, que tienen en general grandes superficies que cubrir; las grúas de mástil se emplean para la elevación de piezas en dirección vertical.

Las grúas montadas sobre camión, debido a su movilidad, pueden considerarse como el mejor y más eficiente equipo eficiente de elevación.

Montaje de columnas.— Cuando los elementos son pequeños (de altura de 1 o 2 pisos), la grúa los puede colocar fácilmente en su posición, pues incluso en muchos casos la máquina de elevación puede desplazarse con la pieza suspendida. En este caso la maquinaria más empleada son las autogrúas y la colocación se realiza levantando totalmente la pieza suspendiéndola de su extremo superior.

Cuando se trata de elementos muy pesados como ocurre en el caso de una pieza única para toda la altura del edificio o nave puede ser necesario fabricarla junto a su posición definitiva. En este caso puede usarse una grúa de mástil.

La sujeción se realiza normalmente con pasadores metálicos que atraviezan la pieza, y si la columna tiene menzulas pueden aprovecharse para sujetarla.

Durante el proceso de elevación el extremo inferior-

de la columna descansa sobre un carretón. El desplazamiento de este extremo se controla mediante un cable de tracción y otro de retención.

Una vez elevada la pieza debe ser descendida sobre el cimiento, mediante un gato y cuñas de madera dura o de a cero.

Después del ajuste de su extremo inferior la columna debe aplomarse y sujetarse convenientemente. Para el efecto se emplean cables provistos de tensores que sujetan la pieza en tres o cuatro direcciones. Una vez aplomada y sujeta la columna debe hacerse la unión entre ésta y el cimiento. La máquina de elevación no debe soltar la pieza hasta que la junta esté terminada.

Montaje de vigas.— Las vigas normalmente se elevan suspendidas de dos puntos. Los dos puntos de enganche deben unirse por alguna clase de balancín, siendo el más sencillo el de cables. Cuando se trata de vigas de pequeña longitud una sola grúa puede realizar la operación, sin embargo, para vigas de cierta longitud hay que recurrir a dos o más grúas.

La suspensión normalmente se realiza por medio de ejes metálicos que se colocan en orificios dejados en la viga durante su fabricación o por medio de ganchos dejados en su parte superior. En otras ocasiones se realiza colocando unos cables abrazando la pieza.

Montaje de paneles de pared.- Este montaje es relativamente sencillo cuando las piezas se toman directamente del vehículo de transporte en la posición que tendrán en obra. Incluso cuando se transportan horizontalmente, su giro no representa grandes dificultades si se suspenden por medio de ganchos dejados en su cara superior. Suelen utilizarse balancines de cables o vigas con 2 o 3 eslingas de suspensión, y la maquinaria más empleada son las grúas de torre o las autogrúas sobre neumáticos.

Montaje de piezas de cubierta y de entrepiso.- Estos elementos suelen montarse con balancines de 4 cables (2 de ellos deslizantes). Si se trata de piezas grandes pueden utilizarse balancines con una o varias vigas rectas. Casi nunca se necesitan balancines con más de 6 puntos de suspensión.

d) Ventajas y desventajas de la prefabricación

Entre las ventajas de la prefabricación sobre las estructuras de concreto coladas "in situ" podemos anotar las siguientes:

- Economía en cimbra y obra falsa
- Economía de mano de obra debido al empleo de sistemas de producción en serie y a la mecanización, tanto de la fabricación de elementos como del montaje.

- Rapidez de ejecución debido a la posibilidad de --
traslapar las distintas etapas de la construcción
en mayor grado.

- Entre las desventajas podemos mencionar las si----
guientes:

- Necesidad de invertir en equipo de transporte y --
montaje.
- Dificultad de diseño de juntas y conexiones.
- Pérdidas por rotura de elementos prefabricados du-
rante su transporte y montaje.

CAPITULO II

ESTRUCTURAS DE CONCRETO PRESFORZADO

a) Teoría fundamental

Al concreto presforzado podría llamársele también -- concreto precomprimido, ya que un miembro de concreto antes de empezar su vida útil es sometido a esfuerzos de compresión en aquellas zonas donde se van a desarrollar esfuerzos de tensión bajo las cargas de trabajo.

Con el presfuerzo se trata de anular los esfuerzos -- de tensión y las grietas que éstos producen, así como mejorar el comportamiento general de la estructura, haciendo -- trabajar prácticamente toda la sección de los elementos -- presforzados a compresión.

Para ilustrar lo anterior consideremos una viga de -- concreto simple de sección rectangular libremente apoyada, como la de la figura 9 . Suponiendo un comportamiento elástico, bajo la acción de la carga exterior, los esfuerzos --- máximos de tensión y compresión en las fibras extremas de la sección crítica (centro del claro) serán de 75 Kg/cm^2 .

Es claro que el concreto no puede resistir esfuerzos de tensión de esa magnitud, pero si aplicamos a esta viga - una fuerza axial de compresión de 60 Ton., fig. 10, los esfuerzos de tensión de la fibra inferior se anulan, aunque - los de compresión de la fibra superior se incrementan a -- 150 Kg/cm².

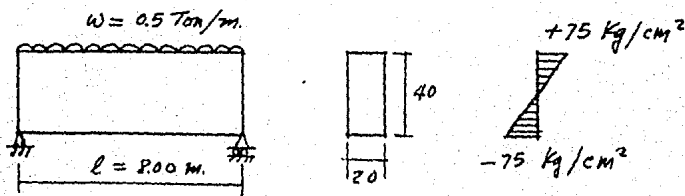


Fig. 9

$$M = \frac{wl^2}{8} = \frac{0.5 \times 8^2}{8} = 4 \text{ Ton-m.}$$

$$= 400\,000 \text{ Kg-cm.}$$

$$S = \frac{bh^2}{6} = \frac{20 \times 40^2}{6} = 5333.3 \text{ cm}^3$$

$$f_{i,s} = \pm \frac{M}{S} = \pm 75 \text{ Kg/cm}^2$$

NOTACION EMPLEADA

A = Area de la sección

F y F₁ = Fuerzas de presfuerzo

M = Momento flexionante

S = Módulo de sección

e = excentricidad

f_{i,s} = esfuerzos en la fibra inferior y superior

Es claro que el concreto no puede resistir esfuerzos de tensión de esa magnitud, pero si aplicamos a esta viga - una fuerza axial de compresión de 60 Ton., fig. 10, los esfuerzos de tensión de la fibra inferior se anulan, aunque los de compresión de la fibra superior se incrementan a -- 150 Kg/cm².

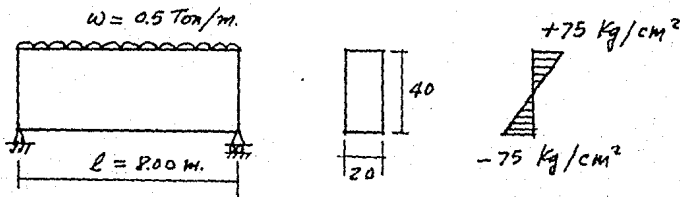


Fig. 9

$$M = \frac{wl^2}{8} = \frac{0.5 \times 8^2}{8} = 4 \text{ Ton-m.}$$

$$= 400000 \text{ Kg-cm.}$$

$$S = \frac{bh^2}{6} = \frac{20 \times 40^2}{6} = 5333.3 \text{ cm}^3$$

$$f_{i,s} = \pm \frac{M}{S} = \pm 75 \text{ Kg/cm}^2$$

NOTACION EMPLEADA

A = Área de la sección

F y F_1 = Fuerzas de presfuerzo

M = Momento flexionante

S = Módulo de sección

e = excentricidad

$f_{i,s}$ = esfuerzos en la fibra inferior y superior

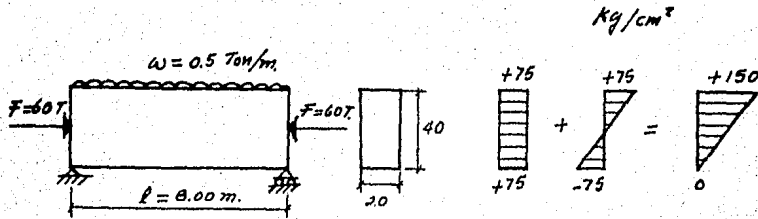


Fig. 10

$$f_{i,s} = \frac{F}{A} \pm \frac{M}{S} = \frac{60000}{800} \pm \frac{400000}{5333.3}$$

$$f_i = 0 \quad f_s = 150 \text{ Kg/cm}^2$$

Si ahora aplicamos una fuerza F_1 , con una excentricidad de 10 cm , como se muestra en la fig. 11, los esfuerzos en las fibras inferior y superior estarán dados por la fórmula:

$$f_{i,s} = \frac{F_1}{A} \pm \frac{F_1 \cdot e}{S} \pm \frac{M}{S}$$

Para que el esfuerzo f_i sea nulo se requiere que:

$$\frac{F_1}{A} + \frac{F_1 \cdot e}{S} - \frac{M}{S} = 0$$

Sustituyendo a A , S , e y M por su valor y despejando F_1 tenemos:

$$\frac{F_1}{800} + \frac{F_1 \times 10}{5333.3} - \frac{400000}{5333.3} = 0$$

$$5333.3 F_1 + 8000 F_1 = 400000$$

$$F_1 = \frac{400000 \times 800}{13333.3} = 24000 \text{ Kg.}$$

El esfuerzo en la fibra superior será:

$$f_s = \frac{2400}{800} - \frac{24000 \times 10}{5333.3} + \frac{400000}{5333.3}$$

$$f_s = 30 - 45 + 75 = 60 \text{ Kg/cm}^2$$

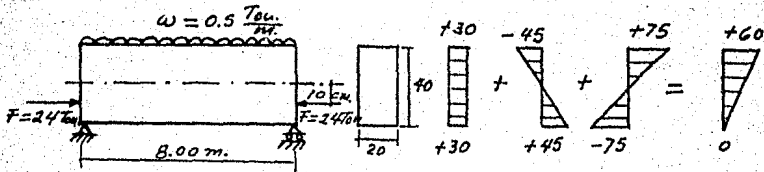


Fig. 11

Observamos que la fuerza necesaria para anular el esfuerzo de tensión en la parte inferior de la viga, aplicada con una excentricidad de 10cm., se reduce a 24ton. Al mismo tiempo, el esfuerzo de compresión en la fibra superior se ha reducido a 60 kg/cm².

Del ejemplo anterior deducimos que para presforzar una viga se debe aplicar una fuerza de compresión cuya magnitud depende de la excentricidad de dicha fuerza con respecto al eje neutro; a mayor excentricidad menor es la fuer

za de presfuerzo.

Desde luego que la exposición anterior resulta un -- tanto simplista, ya que habría que tomar en cuenta que el -- momento flexionante a lo largo de una viga es variable de-- acuerdo con el tipo de carga y las condiciones de apoyo, -- sin embargo, nos da una idea de la acción del presfuerzo.

En el presforzado se emplean "tendones" de acero ten-- sados que se incorporan permanentemente al elemento. Exis-- ten dos métodos básicos de usar tendones: pretensado y pos-- tensado, los que se describirán más adelante.

b) Materiales

Concreto

El concreto empleado en la fabricación de elementos-- presforzados es el de rápida resistencia alta o tipo III, con resistencia a la compresión entre 300 y 600 Kg/cm².

Acero

Generalmente el refuerzo utilizado en el presfuerzo-- es en forma de alambres de alta resistencia a la tensión -- (16000 a 20000 Kg/cm²) estirados en frío, varillas o grupos-- de alambres torcidos en forma de hélice alrededor de un e-- je longitudinal común formando torones.

Los alambres varían en su diámetro, desde 2 hasta 8mm, pero el diámetro más pequeño de uso general es de 4mm.

Las varillas varían desde un diámetro de 12mm. hasta uno de 40mm. y pueden ser lisas o corrugadas. Las varillas lisas pueden tener rosca o cuerda en sus extremos para utilizarse con propósitos de anclaje o para conectarse entre ellas. Las varillas corrugadas poseen costillas laminadas - a todo lo largo, que actúan como rosca para anclaje o conexión.

c) Proceso constructivo

Pretensado

En el pretensado, como su nombre lo indica, primero se tensa el acero entre dos muertos de anclaje y posteriormente se coloca el concreto alrededor del acero en moldes que dan forma al elemento. Cuando el acero ha alcanzado suficiente resistencia, se cortan los tendones, que quedan anclados en las piezas de concreto por adherencia, y al tender a recuperar sus dimensiones originales, crean un estado de esfuerzos de compresión en el elemento, fig. 12

Los tendones se sujetan en los muertos de anclaje -- por medio de mordazas temporales que retienen los tendones durante y después del tensado.

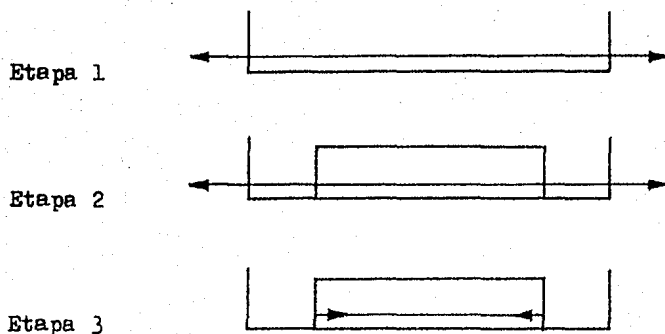


Fig. 12

Mesas de colado.— La producción de elementos pretensados se lleva a cabo en mesas de colado que pueden tener características muy variables, dependiendo de la naturaleza de las piezas por fabricar, la magnitud de las fuerzas de presfuerzo y las propiedades del suelo donde deben apoyarse.

La longitud de las mesas varía entre 40 y 200m, aproximadamente, pudiéndose considerar 100 m. como valor promedio.

Las mesas de colado pueden ser fijas o portátiles. También pueden utilizarse moldes que tengan suficiente resistencia para soportar las fuerzas del presfuerzo.

En las mesas fijas los muertos de anclaje pueden resistir por sí mismos las fuerzas de presfuerzo, por su pro-

pio peso y las reacciones del terreno, no teniendo la losa más función que la de proporcionar una superficie de trabajo. Cuando el terreno es malo se puede proporcionar estabilidad a los muertos de anclaje por medio de pilotes. Otra alternativa consiste en colar la losa monolíticamente con los muertos de anclaje.

Las mesas portátiles se forman con piezas o dovelas de un tamaño que pueda transportarse fácilmente. Estas piezas pueden unirse mediante tendones de presfuerzo alojados en ductos dejados en ellas. Cuando se ha terminado la obra, la mesa puede desmontarse para ser transportada a otro lugar. Este tipo de mesa se justifica cuando no existen plantas de prefabricación próximas y cuando el volumen de la obra es muy importante.

Anclaje.— Como ya se dijo, los tendones se sujetan a los muertos de anclaje por medio de mordazas que, en general, utilizan el principio de la cuña o la fricción, o una combinación de ambos recursos. Existen anclajes para un solo alambre o torón, para dos alambres o para un haz de alambres. En la fig. 13 se ilustran estos tipos de anclaje. En la mayoría de las plantas de pretensado, los tendones se estiran individualmente. Sin embargo, en algunos casos se estiran y anclan grupos de tendones simultáneamente.

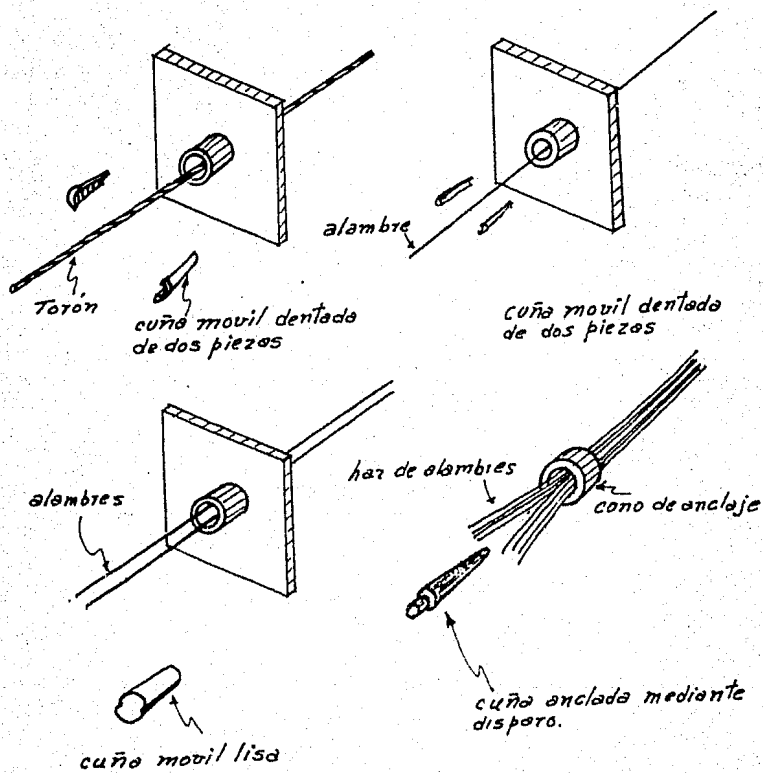


Fig. 13

Colocación y tensado de los tendones.- Los elementos pretensados se fabrican en general, por sencillez constructiva, con tendones rectos. Algunas plantas cuentan con dispositivos que permiten desviar los tendones de tal forma que sus trayectorias se ajusten a las necesidades en la forma más eficiente posible. En la fig. 14 se muestra esquemáticamente una mesa de colado para producir elementos siguiendo trayectorias quebradas.

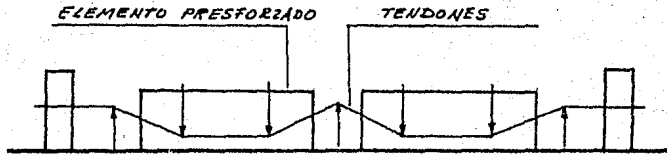


Fig. 14

El método más utilizado para estirar los tendones se basa en el empleo de gatos hidráulicos de distintos tipos. Estos pueden ser de capacidad relativamente pequeña, cuando se estiran los tendones individualmente, o llegar a tener capacidades de varios cientos de toneladas, cuando se estira un grupo de tendones grandes. El control de presfuerzo aplicado se realiza midiendo la longitud estirada directamente y por medio de los manómetros que suelen estar adaptados a los gatos. Algunas plantas emplean sistemas con gatos mecánicos de distintos tipos, basados generalmente en el principio del tornillo. En otras instalaciones se recurre a sistemas de contrapesos.

Elementos básicos pretensados.— Existen en el mercado diversos elementos pretensados normalizados, pero también son fabricados sobre pedido cuando la cantidad lo justifica. Algunos de estos elementos normalizados son: traveses de sección rectangular constante, traveses de sección I constante y variable, traveses losas doble T, viguetas para techo o entrepiso con bovedilla, etc., fig. 15

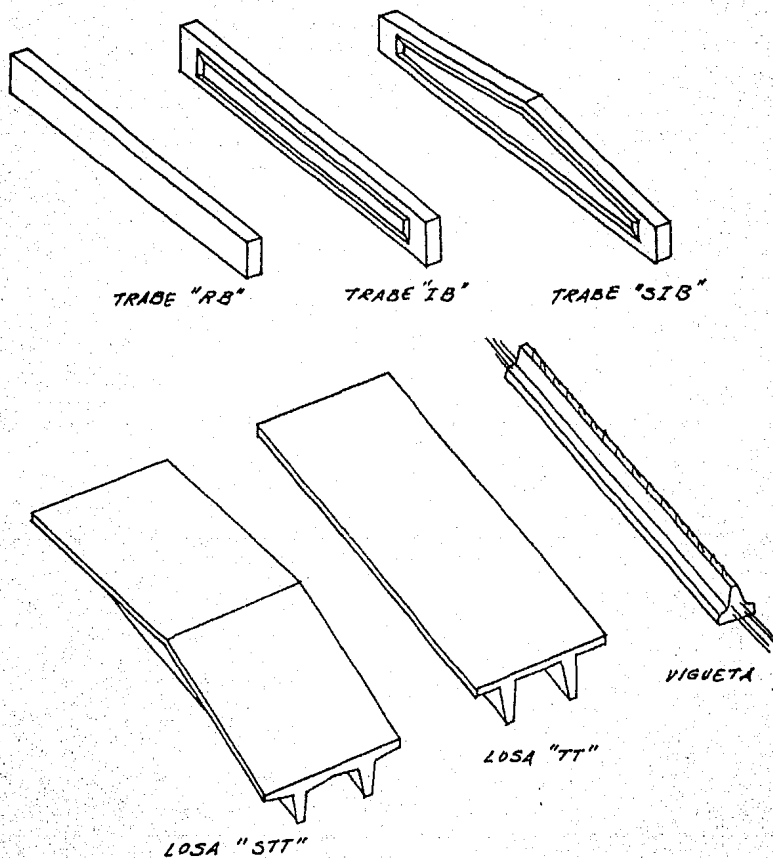


Fig. 15

Postensado

En el postensado, primero se coloca el concreto dentro del molde y se deja endurecer antes de aplicar el presfuerzo. Los tendones pueden colocarse con un determinado perfil quedando ahogados en el concreto. Para evitar la adherencia durante la operación del tensado se introducen los tendones dentro de una camisa metálica protectora, o bien pueden dejarse ductos en el concreto, pasando el acero a través de ellos una vez que ha endurecido el concreto. Cuando el concreto ha alcanzado la resistencia requerida, se tensa el acero contra los extremos del elemento y se ancla, quedando así el concreto en compresión.

El tensado se efectúa por medio de gatos que reaccionan contra el concreto. Esta operación puede hacerse desde un solo extremo, anclando el tendón mediante un dispositivo especial en el extremo contrario, o también puede tensarse desde ambos lados empleando dos gatos, fig. 16

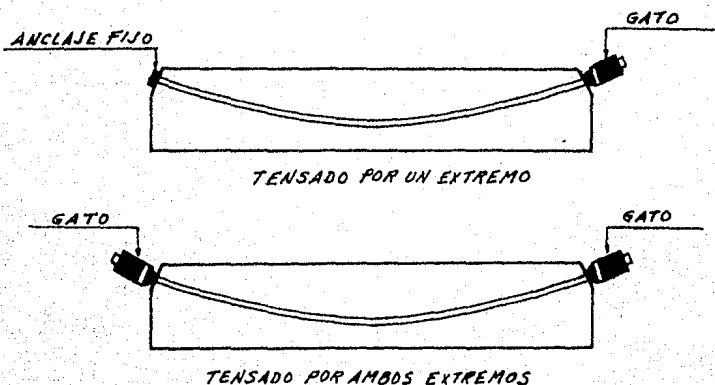


Fig. 16

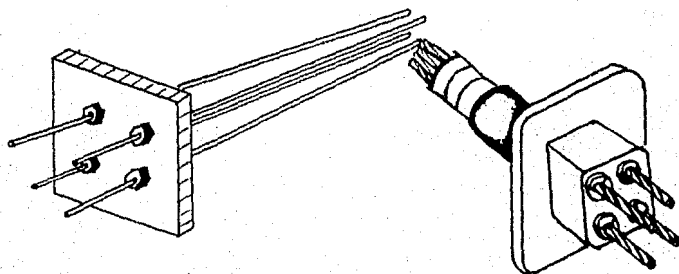
Después del tensado en la mayoría de los casos se inyecta lechada a presión en los ductos, para que en condiciones de servicio exista adherencia entre los tendones y el concreto, así como evitar la corrosión de los tendones.

Los tendones también pueden quedar al exterior de la unidad, en cuyo caso se colocarán silletas deflectoras en los lugares apropiados.

Existen varios sistemas para el postensado, entre los que podemos citar los siguientes:

Freyssinet, BBRV, CCL, MACALLOY, VSL, RAMZA, PSC, etc.

Basicamente los enclajes utilizados en los diferentes sistemas son a base de tuerca roscada o de cuña. En la fig. 17 se muestran dos tipos de enclaje para elementos postensados.



ANCLAJE MACALLOY PARA
CUATRO VARILLAS

ANCLAJE PSC MONOSTRAND

Fig. 17

d) Comparación entre el pretensado y el postensado

El pretensado es el método adecuado para la fabricación en planta y sólo en casos excepcionales se emplea en obra. Se aplica principalmente en la fabricación de elementos de sección transversal pequeña, en los cuales no se puede acomodar el cable de postensado por ser éste comparativamente más voluminoso.

La posibilidad de utilizar sistemas altamente industrializados puede significar economías importantes siempre que el volumen de fabricación sea lo suficientemente grande y uniforme.

Las desventajas principales son el alto monto de las inversiones en equipo, el costo de transporte y montaje y - la dificultad de lograr uniones adecuadas entre los elementos prefabricados.

El postensado implica costos adicionales por concepto de anclajes, ductos e inyección de ductos. Se presta a la construcción de estructuras monolíticas de grandes proporciones

CAPITULO III

ESTRUCTURAS DE ACERO

a) Clasificación y métodos de diseño

Las estructuras de acero se dividen en dos grupos -- principales:

1.- Estructuras de cascarón, hechas principalmente de placas o láminas, tales como tanques de almacenamiento, silos, cascos de buques, carros de ferrocarril, aeroplanos y cubiertas de cascarón para edificios grandes.

2.- Estructuras reticulares, las cuales se caracterizan por estar constituidas por conjuntos de miembros alargados, tales como armaduras, marcos rígidos, travesaños, tetraedros o estructuras reticulares tridimensionales.

Para el diseño de las estructuras, en general, el ingeniero se basa en especificaciones o normas. Estas especificaciones son desarrolladas por diversas organizaciones como el American Institute of Steel Construction (AISC), American Welding Society (AWS), American Society for Testing Materials (ASTM), etc. y contienen las opiniones más valiosas de dichas organizaciones, por lo tanto representan las mejores

En el diseño de estructuras de acero se emplean dos métodos; uno es el método por esfuerzos permisibles, el otro es el llamado método de diseño plástico o diseño al límite.

El diseño por esfuerzos permisibles comienza con la estimación de las cargas de trabajo. La naturaleza y magnitud de las cargas de trabajo para el diseño dependen del tipo de estructura.

Una vez que se han fijado las cargas de trabajo, la estructura se analiza suponiendo que se comporta elásticamente y se determinan los esfuerzos, los cuales no deberán exceder los esfuerzos permisibles, cualquiera que sea el tipo de falla que rija. Con este procedimiento se asegura que, en servicio normal, la estructura se comportará en forma casi elástica y que no estará sujeta a pandeo, fatiga o a otra forma de falla.

La teoría en que se basa el método de diseño plástico toma en cuenta la ductilidad del acero como una reserva de resistencia, por lo que el método es aplicable a aceros de alta resistencia como a aquellos de baja resistencia estructural, con tal de que dichos aceros posean la ductilidad necesaria. En el diseño plástico, las cargas de trabajo se multiplican por el factor de carga para obtener las cargas últimas, y los miembros se dimensionan con estas cargas.

b) Materiales

Aceros estructurales

Los diversos aceros estructurales disponibles actualmente, se agrupan por tipos y resistencias. Estos grupos son: aceros estructurales al carbono, aceros de alta resistencia y baja aleación, aceros al carbono tratados y templados y aceros de aleación para construcción.

Aceros estructurales al carbono.—Estos aceros dependen de la cantidad de carbono usado para desarrollar su resistencia, a través de un rango amplio de espesores. El primer tipo dentro de esta categoría, el A7, fue durante muchos años el principal acero empleado para la construcción de puentes y edificios; aunque se desarrolló principalmente para usarse en construcciones remachadas y atornilladas, también se le empleó en edificios soldados en los que las cargas podían considerarse estáticas o no dinámicas. Más tarde las exigencias del diseño estructural obligaron a la industria metalúrgica a desarrollar un tipo de acero designado A373, más estrictamente controlado en cuanto al contenido de carbono, y con características mejoradas de soldabilidad.

En 1960 la industria del acero anunció un acero al carbono mejorado, el ASTM A36, con un punto de fluencia más elevado y un contenido de carbono adecuado para propósitos de soldadura. Desde la aparición de este tipo de acero, los aceros A7 y A373 fueron anulados por la ASTM y por lo tanto, ya no se especifican en el diseño de estructuras.

Los valores mínimos de los esfuerzos correspondientes al punto de fluencia y a la resistencia a la tensión de los tipos de aceros estructurales al carbono mencionados se indican en la tabla *III-1*. Estos valores mínimos de las resistencias se obtienen por medio de pruebas realizadas en las laminadoras, de acuerdo con procedimientos de ensayo establecidos por la ASTM. Los especímenes de prueba de los perfiles laminados son tomados del alma de la sección.

Aceros de alta resistencia y baja aleación.—Este grupo de aceros incluye varios niveles de resistencias y también aceros cuyas composiciones químicas se varían para adaptarse a los diferentes requisitos de construcción. La resistencia deseada se obtiene por medio de elementos de aleación. Así, según el caso, puede existir una necesidad específica de un acero para construcción remachada o atornillada, o para mayor resistencia a la corrosión y que tenga, al mismo tiempo, características de soldabilidad adecuadas.

El punto de fluencia de estos aceros varía de acuerdo con los espesores del material, y sus niveles de altas resistencias se derivan de la aplicación de diferentes cantidades de elementos de aleación.

Los puntos de fluencia y las resistencias a la tensión mínimas de estos tipos de acero se indican en la tabla *III-2*.

De los tipos ASTM, se recomienda el A440 como el acero económico para construcción remachada y atornillada. El-

A441 se recomienda para construcción soldada, aunque también puede usarse en estructuras remachadas y atornilladas.

El tipo ASTM A242 se considera generalmente como un acero cuya resistencia a la corrosión, bajo condiciones atmosféricas, es igual o mayor del doble que la del acero estructural al carbono.

Aceros al carbono tratados y templados.--se ha introducido un nuevo tipo de acero estructural, desarrollado para cubrir los requisitos de resistencia comprendidos entre los 3515 y los 7030Kg/cm². Se pueden obtener de condición normalizada o templados y tratados, y su resistencia depende de la cantidad de carbono, a través de un proceso de templado y tratamiento térmico. Su resistencia mínima de fluencia, medida por efecto de su alargamiento bajo carga, es de 5625Kg/cm² y su resistencia mínima de tensión es de 7030--Kg/cm², inclusive para placas con espesores hasta de 3/4 de pulgada.

Aceros de aleación tratados y templados.--Estos aceros requieren además del carbono, de varios elementos de aleación y de tratamientos térmicos para obtener sus elevadas resistencias de fluencia y de tensión. De manera similar a los aceros de alta resistencia y baja aleación, estos aceros tienen diferentes niveles de resistencia para diferentes espesores.

En la tabla III-3 se indican estos tipos de acero y sus niveles mínimos de resistencia.

Los aceros de aleación templados y tratados son sol-

dables y tienen una resistencia a la corrosión atmosférica equivalente al doble de la del acero estructural al carbono; también se usan, con ligeras modificaciones en su composición química en condiciones que requieren resistencia a la abrasión por impacto.

TABLA III-1 PROPIEDADES MECANICAS DE LOS ACEROS ESTRUCTURALES AL CARBONO

TIPO ASTM	ESPESOR, PULG.	PUNTO DE FLUENCIA		RESISTENCIA A LA	
		MINIMO	Kg/cm ²	TENSION	Kg./cm ²
A 7			2320	4220 -	5275
A 373	HASTA 4		2250	4080 -	5275
A 36	HASTA 8		2530	4080 -	5625

TABLA III-2 PROPIEDADES MECANICAS DE LOS ACEROS DE ALTA RESISTENCIA Y BAJA ALEACION

TIPO ASTM	ESPESOR, PULG.	PUNTO DE FLUENCIA		RESISTENCIA A LA	
		MINIMO	Kg/cm ²	TENSION	Kg./cm ²
A 242, A 440	3/4 Y MENORES		3515	4920	
Y A 441	3/4 A 1/2		3235	4710	
	1/2 A 4		2955	4430	
A 572 - 42	HASTA 4		2955	4220	
45	HASTA 1/2		3165	4220	
50	HASTA 1/2		3515	4570	
55	HASTA 1/2		3865	4920	
60	HASTA 1		4220	5275	
65	HASTA 1/2		4570	5625	

TABLA III -3 PROPIEDADES MECANICAS DE LOS ACEROS DE ALEACION TRATADOS Y TEMPLADOS

TIPO ASTM	ESPESOR, PULG.	PUNTO DE FLUENCIA MINIMO Kg/cm ²	RESISTENCIA A LA TENSIÓN Kg/cm ²
A 514	HASTA 3/4 INCL.	7030	8085 - 9490
A 514	MAS DE 3/4 A 2 1/2 INCL.	7030	8085 - 9490
A 514	MAS DE 2 1/2 A 4 INCL.	6330	7385 - 9490

Perfiles estructurales

Perfiles laminados.—El acero estructural puede laminarse en una amplia variedad de formas y tamaños como son los perfiles y las placas, sin cambio apreciable de sus propiedades físicas.

Los perfiles de acero se identifican por la forma de su sección transversal. Como ejemplos, están los ángulos, tes, zetas, canales, etc., fig. 18

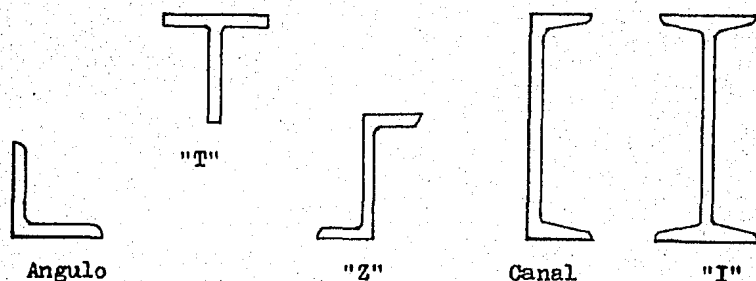


Fig. 18

Los perfiles estructurales se marcan mediante un sistema descrito en el "Manual of Steel Construccion" publicado por el AISC. Este sistema está estandarizado de tal manera que todos los fabricantes de perfiles de acero pueden usarlo tanto para fines de identificación como para manejo, facturación, etc. Además, en la actualidad se maneja tanta información con computadoras y otros equipos automáticos que es necesario tener un sistema de letras y números que pueda describirse con un teclado estándar. A continuación se dan algunos ejemplos de este sistema abreviado.

- 1.-Una C 10 x 30 es un perfil canal de 10" de peralte y 30 lb/pie de peso.
- 2.-Un ángulo 6 x 6 x 1/2 es un ángulo de lados iguales de 6" y 1/2" de espesor.

3.-El perfil W 27 x 114, corresponde a una vigueta de patín ancho(W)de aproximadamente 27" de peralte, con peso de 114 lb/pie.

Secciones compuestas.-Cuando no es posible obtener - con los perfiles simples la rigidez necesaria para un elemento estructural, habrá que recurrir a secciones compuestas como las que se muestran en la fig. 19

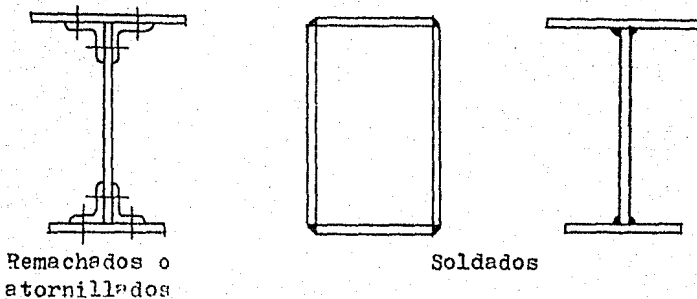


Fig. 19. Miembros armados

Existen otros perfiles ligeros, formados en frío con acero de alta resistencia, denominado MON-TEN, con límite de fluencia mínimo de 3515 Kg/cm^2 . Por su composición química que incluye un mínimo de 0.20% de cobre resiste a la corrosión atmosférica cuando menos el doble que los aceros estructurales comúnmente empleados en construcción. Estos per

files se muestran en la fig.20 junto con dos secciones --
compuestas.

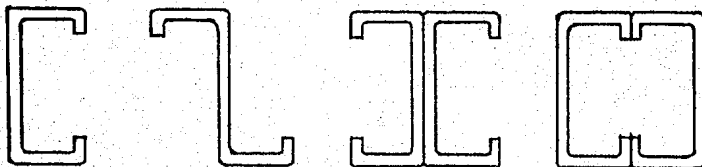


Fig. 20

En la serie "CV" de estos perfiles, que son canales -
de peralte variable se encuentra una aplicación muy venta-
josa que es la fabricación de marcos rígidos.

c) Proceso constructivo

Fabricación

Una vez que el fabricante de estructuras de acero re-
cibe la información necesaria por medio de planos y especi-
ficaciones, se preparan planos de taller en los que se deta

llan todas las piezas de la estructura. Estos planos muestran los números de parte o marcas de identificación, cantidades de piezas requeridas, longitud de las mismas, localización y tamaño de agujeros, detalles de cortes y conexiones de taller.

Partiendo de los planos de taller se elaboran plantillas de cartón o madera a escala natural, las cuales muestran la localización de todos los agujeros y cortes en la pieza; se prepara una lista de materiales y se envía a la laminadora. La práctica usual es pedir a la laminadora que entregue el material para los miembros principales de la longitud exacta requerida, mientras que el material de los demás miembros y piezas secundarias se pide de longitudes estándar.

La primera operación que se efectúa en el taller es el "trazo"; se marca cada pieza con el nombre de la obra, número de partes y cualesquiera instrucciones especiales referentes al procedimiento de fabricación; las piezas se cortan de la longitud requerida, en caso necesario, y se hacen los cortes en las almas y patines que así lo requieran.

A continuación se barrenan o maquinas las piezas si así lo indican los planos. Una vez que se han fabricado todas las partes de un ensamble se llevan al lugar de armado. Es aquí donde se ensamblan entre sí, ya sea por medio de remaches, tornillos o soldadura, haciendo coincidir los agujeros o rimándolos si es necesario.

Una vez terminados los ensambles se transportan al patio de almacenamiento, donde se limpian, pintan y almacenan, quedando listos para su traslado al lugar de la obra.

Montaje

La etapa siguiente a la fabricación es el transporte de las partes estructurales y ensambles al lugar de la obra. Al llegar son almacenados o bien colocados directamente en su posición definitiva.

Tratándose de edificios de varios pisos, el montaje se lleva a cabo en tramos de dos pisos cada uno. Después de terminada la cimentación se levantan las columnas, se colocan sobre las placas de base y se atornillan en su lugar; es costumbre contraventear lateralmente las columnas durante el montaje, hasta que se completa la estructura. Una vez instaladas las columnas se izan las vigas y traveses para ajustarlas a estas y se atornillan provisionalmente. Tan pronto como se colocan en su lugar las traveses de toda una planta, se plomean las columnas, se nivelan las traveses y se conectan permanentemente las partes entre sí por medio de remaches, tornillos de alta resistencia o soldadura. Cuando se completa un tramo se comienza el siguiente, repitiendo la secuencia del primero. Los edificios de 30 a 60 m. de altura se pueden montar usando grúas montadas sobre camión, pero para edificios de mayor altura se necesitan plumas o grúas especiales, las cuales son izadas al nivel superior de cada marco terminado a medida que progresa la construc-

ción del edificio.

Conexiones

La mayor parte de las especificaciones relativas a estructuras de acero reconocen como medios de unión entre sus elementos a los remaches, los tornillos y la soldadura.

Los remaches corresponden a uno de los tipos de unión más utilizados antes del advenimiento de la soldadura y de los tornillos de alta resistencia.

Conexiones remachadas

Los remaches utilizados en estructuras, usualmente se fabrican en acero de grado suave, con límite de fluencia aproximado de 2000 Kg/cm^2 , aunque también existen de mayor resistencia. La cabeza de los remaches puede ser de forma semiesférica, en cuyo caso se llama redonda o de gota, puede ser plana o también embutida, fig. 21.

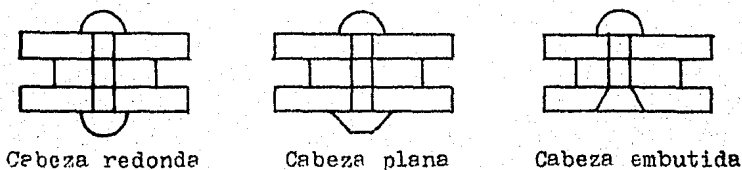


Fig. 21

Los remaches de cabeza embutida no tienen cabeza lo suficientemente grande para desarrollar su resistencia total y deben contarse como 50% en el diseño. El remache de -

cabeza plana debe preferirse al remache embutido, pero si se requiere una superficie lisa, es necesario emplear remaches de cabeza embutida.

Para su colocación los remaches se calientan hasta un color rojo cereza, se insertan en los agujeros y se les forma otra cabeza en el extremo opuesto con una pistola remachadora portátil operada con aire comprimido.

Para el remachado en el taller, los remaches se calientan y se colocan con un remachador del tipo de presión, comúnmente llamado "prensa de remachar".

Algunos remaches de taller se colocan en frío mediante grandes presiones. Este proceso en frío es para remaches de dimensiones pequeñas.

En la fig. 22 se representa una conexión remachada.

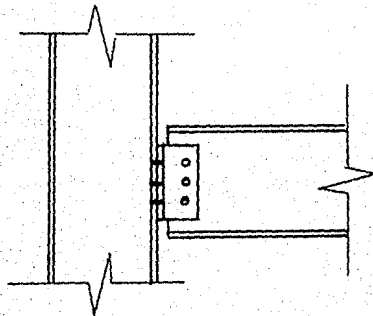


Fig. 22

Conexiones atornilladas

El montaje de estructuras de acero por medio de tornillos, es un proceso que además de ser muy rápido, requiere de mano de obra menos especializada que cuando se trabaja con remaches o con soldadura.

Se utilizan dos tipos de tornillos, los llamados comunes y los de alta resistencia. Se designan con el nombre -- que les dan las normas de la ASTM para especificar sus características químicas y mecánicas, los primeros como tornillos A307 y los de alta resistencia como tornillos A325 y A490.

Tornillos comunes (A307). -- Son historicamente el primer medio de unión utilizado en estructuras de acero; en la actualidad tienen una aplicación estructural muy limitada -- ya que su resistencia es reducida y no se recomiendan cuando pueden esperarse cambios de signo en los esfuerzos de -- las piezas que conectan o cuando sean de esperarse cargas dinámicas.

En este sentido, las especificaciones del AISC fijan una serie de casos concretos en que los tornillos A307 no deben usarse.

No se usarán para uniones entre tramos de columnas -- de estructuras esbeltas:

a) Que tengan una altura de más de 60m.

b) Que tengan una altura entre 30 y 60m. cuando la base es menor del 40% de la altura.

c) Que tengan una altura cualquiera si la base mide menos del 25% de la altura.

No se usarán en estructuras que deban soportar traveses grúa.

No se usarán donde haya máquinas o alguna carga viva que produzca impacto o reversión de esfuerzos.

Sin embargo, en estructuras ligeras en que los problemas mencionados no se presentan, así como en conexiones de elementos secundarios, tales como largueros de techo, constituyen una buena solución pues son económicos y su manejo y colocación es muy simple.

Tornillos de alta resistencia.— La capacidad de estos tornillos se basa en el hecho de que pueden ser sometidos a una gran fuerza de tensión controlada que aprieta firmemente los elementos de la conexión.

Los primeros tornillos de alta resistencia que se desarrollaron y aún los más comúnmente usados son los A325; posteriormente y con el objeto de contar con capacidades aún mayores, se desarrollaron los A490, ambos se fabrican de aceros al carbono tratados térmicamente.

Los tornillos A 325 se marcan, para distinguirlos, con

La leyenda A 325 y tres líneas radiales en su cabeza; la tuerca tiene tres marcas espaciadas 120°

Los tornillos A 490 se marcan con su nombre en la cabeza y con la leyenda 2H o DH en la tuerca.

Los tornillos de alta resistencia deben colocarse de modo que queden sometidos a una fuerza mínima de tensión especificada, que es aproximadamente el 70% de la resistencia a tensión del tornillo.

La tensión especificada se puede dar haciendo uso de un indicador directo de tensión, usando llaves calibradas o dando un giro especificado a la tuerca.

La fig. 23 muestra una conexión atornillada.

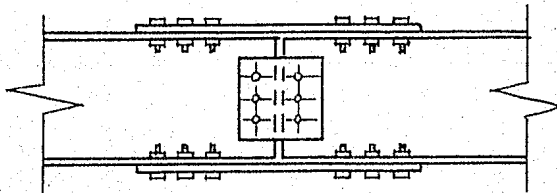


Fig. 23

Conexiones soldadas

La soldadura es un proceso en el que se unen partes metálicas mediante el calentamiento de sus superficies a--

un estado plástico o fluido, permitiendo que las partes se unan con o sin la adición de otro metal fundido.

Existen varios métodos para llevar a cabo la soldadura, pero estructuralmente nos interesa la soldadura de arco eléctrico.

En la fig. 24 se muestra en forma esquemática el circuito que se establece en el proceso de soldadura de arco. El circuito eléctrico se cierra cuando el electrodo entra en contacto con el material base.

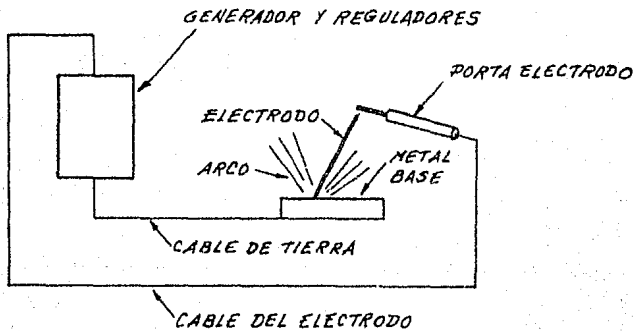


Fig. 24

El electrodo consiste en una barra metálica recubierta con ciertos compuestos químicos, cuyo extremo se funde - al formarse el arco, debido a las altas temperaturas que se generan, lo mismo que una zona del metal base, lográndose así la unión de las piezas.

El propósito fundamental del recubrimiento del electrodo es originar una protección de gases al área soldada, así como una capa de escoria, mejorando la ductilidad de la junta.

Los electrodos se fabrican en diferentes tipos, variando la composición química del metal que lo forma y de su recubrimiento, de acuerdo con los diferentes tipos de metal a soldar, así como de las condiciones en que se va a llevar a cabo la soldadura.

Clasificación de los electrodos

La AWS (Sociedad Americana de Soldadura) ha hecho una clasificación de los electrodos, identificándolos por una letra y cuatro o cinco dígitos.

La letra "E" significa electrodo y se refiere a la soldadura por arco. Para los electrodos de acero dulce y los de acero de baja aleación, las dos primeras cifras de un total de cuatro o las tres primeras si son cinco, indican la resistencia a la tensión, en miles de libras por pulgada cuadrada:

E-60xxsignifica una resistencia a la tensión de 60000 libras por pulgada cuadrada.

E-70xxSignifica una resistencia a la tensión de 70000 libras por pulgada cuadrada.

E-100 significa una resistencia a la -
tensión de 100000 libras por pulgada cuadrada.

La penúltima cifra indica la posición para soldar:

Ex1x significa para todas las posicion
es.

Ex2x significa posición horizontal o
plana.

Ex3x significa posición plana solament
e.

La última cifra no tiene significado por sí sola, pe-
ro las dos últimas cifras consideradas en conjunto indican
el tipo de corriente a usar, la polaridad y el tipo de re--
vestimiento del electrodo:

Ex10 significa corriente continua, po-
lo positivo, revestimiento con alto contenido de mater
ia orgánica (celulosa).

Ex11 significa corriente continua, po-
lo positivo o corriente alterna y revestimiento con
alto contenido de materia orgánica.

Ex12 significa corriente continua, po-
lo negativo o corriente alterna, revestimiento con alt
o contenido de óxido de rutilo

Exx13 significa corriente continua, ambos polos o corriente alterna y recubrimiento con alto contenido de óxido de rutilo.

Exx14 significa corriente alterna o corriente continua, ambos polos, revestimiento consistente en polvo de hierro.

Clasificación de las soldaduras

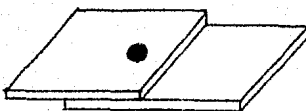
Las soldaduras de acuerdo con su tipo se clasifican como: de filete, de penetración (completa e incompleta), de tapón y de ranura, figura 25



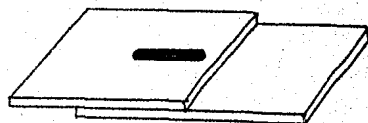
a) Soldadura de filete



b) Soldadura de penetración



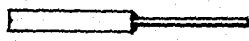
c) Soldadura de tapón



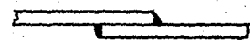
d) Soldadura de ranura

Fig. 25

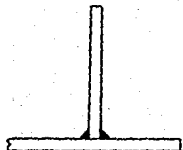
Las juntas en la soldadura pueden ser: a tope, traslapada, en T, de esquina y de borde, fig.26



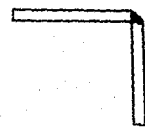
a) Soldadura a tope



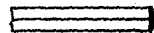
b) Soldadura traslapada



c) Soldadura en T



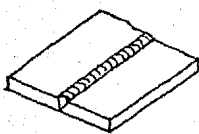
d) Soldadura de esquina



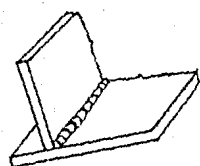
e) Soldadura de borde

Fig. 26

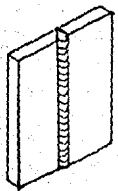
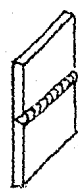
La posición de una soldadura puede ser: plana, horizontal, vertical y sobre cabeza, fig.27



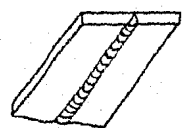
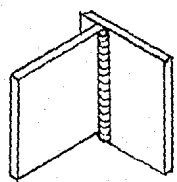
a) Soldadura plana



b) Soldadura horizontal



c) Soldadura vertical



d) Soldadura sobre cabeza

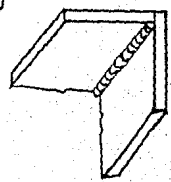


Fig. 27

Simbología

La American Welding Society ha establecido una serie de signos convencionales para poder interpretar los diferentes tipos de soldadura. Estos se representan en la figura 28

SÍMBOLOS BÁSICOS DE SOLDADURA

TIPO DE SOLDADURA							
CANTO	FILETE	TAPÓN O RANURA	PREPARACIÓN DE LAS PIEZAS				
			RECTANGULAR	V	BISEL	U	J

SÍMBOLOS COMPLEMENTARIOS

SOLDAR TODO ALEDOR	SOLDADURA DE CAMPO	CONTORNO	
		RECTA	CONCAVA

LOCALIZACIÓN ESTÁNDAR DE LOS ELEMENTOS DE UN SÍMBOLO DE SOLDADURA.

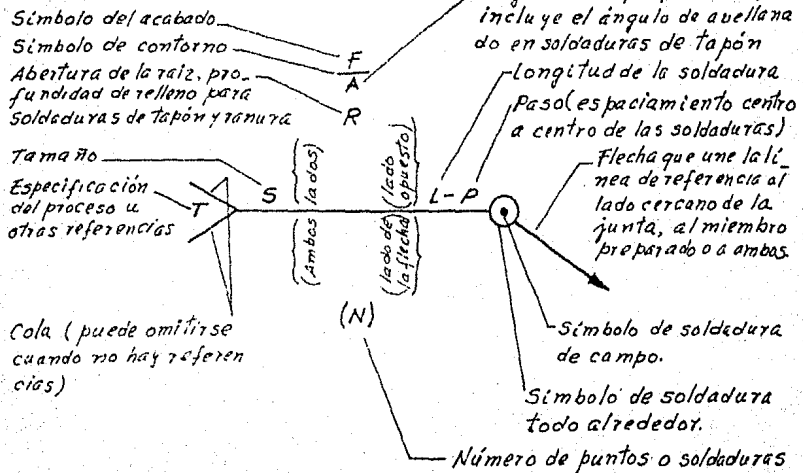


Fig. 28

En la figura 29 se representa una conexión soldada

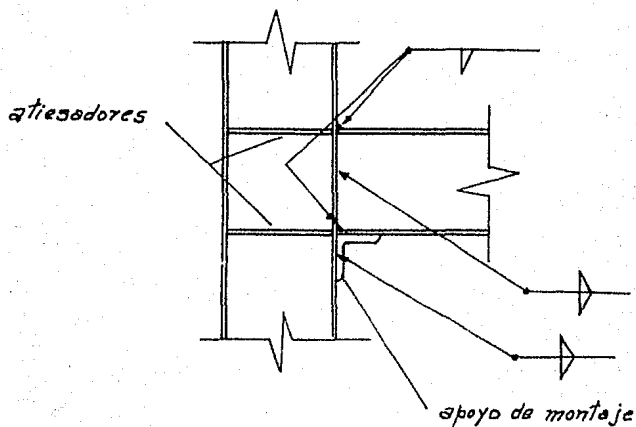


Fig. 29

d) Ventajas y desventajas de las estructuras de acero

Algunas de las ventajas de las estructuras de acero en relación con las estructuras de concreto reforzado son las siguientes:

- Menor tiempo de ejecución
- Se tienen elementos más esbeltos
- Requieren de menor mano de obra
- Se pueden combinar con elementos prefabricados como losas, vigas, muros, etc., teniendo conexiones seguras y rápidas.
- Tienen mayor ductilidad y por consiguiente una ma-

yor absorción de esfuerzos.

Entre las desventajas podemos citar las siguientes:

- Requieren de equipo especial para su ejecución: plumas, equipo de soldadura, pistolas neumáticas, etc.
- Requieren de transportación costosa e incluso en algunos casos, la importación de los elementos cuando éstos son piezas especiales o que no se fabrican en México.
- Requieren de mano de obra especializada.
- La supervisión puede ser muy costosa dependiendo de la magnitud de la obra. Existen casos donde es necesario radiografiar gran número de las soldaduras.

C O N C L U S I O N E S

La construcción de un edificio, como toda obra de ingeniería civil, requiere de la aplicación de métodos constructivos adecuados así como del uso de materiales apropiados para cada tipo de obra en particular.

La selección de los materiales a emplear depende de muchos factores, entre otros la altura del edificio, resistencia del terreno, ubicación de la obra, tiempo disponible para su ejecución, etc., pero puede decirse en términos generales que tratándose de edificios de hasta diez niveles como término medio, es conveniente construirlos de concreto reforzado, por razones de economía. Los edificios de mayor altura, en cambio, es preferible construirlos con estructura de acero, ya que este material debido a su alta resistencia por unidad de peso permite obtener elementos estructurales más esbeltos y por lo tanto una estructura más ligera, lo que además puede significar una cimentación más económica.

El uso o destino que se vaya a dar a la construcción es otro de los factores que pueden ser determinantes en la selección de los materiales, por ejemplo, las naves industriales donde se requiere de grandes claros, suelen cons---

truirse a base de estructura de acero.

Por lo que se refiere a estructuras de concreto reforzado, la prefabricación es otra alternativa que debemos considerar, sin embargo, hay que decir que en México las estructuras prefabricadas son a base de elementos normalizados que se fabrican en plantas fijas especializadas y no es usual que se prefabriquen en el lugar de la obra, a diferencia de otros países, principalmente de Europa, donde es más común este tipo de construcción.

El concreto presforzado tiene aplicación cuando se trata de lograr grandes claros, ya que el presfuerzo incrementa la capacidad de resistencia a la tensión de los elementos.

Sea cual fuere el tipo de estructura adoptado, es importante la observancia de ciertas normas durante el proceso constructivo de acuerdo con los reglamentos de construcción vigentes, que establecen requisitos mínimos tanto para el diseño estructural como para la ejecución de la obra.

Resumiendo, podemos decir que para seleccionar el tipo de estructura es necesario analizar las ventajas y desventajas inherentes a cada alternativa, tomando en cuenta las circunstancias específicas en cada caso y por lo que se refiere a la ejecución de la obra, habrá que apegarse a los planos constructivos así como al reglamento de construcción local o adoptar alguno cuando éste no exista.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- "Concreto", Marco A. Torres H.
- 2.- "Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado", Oscar M. González C., Francisco Robles F. V., Juan Casillas - G. de León y Roger Díaz de Cossío.
- 3.- "Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto" --- (Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de --- Construcciones para el Distrito Federal), Instituto de Ingeniería de la U N A M.
- 4.- "Tratado de Construcción", Antonio Miguel Saad
- 5.- "Diseño Simplificado de Concreto Reforzado", Harry Parker.
- 6.- "Manual de Supervisión de Obras de Concreto", Federico Gonzalez Sandoval.
- 7.- "Materiales y Procedimientos de Construcción", Fernando Barbard Z.

- 8.- Apuntes del Curso "Residentes de Construcción", División de Educación Continua, Facultad de Ingeniería, U N A M.
- 9.- "Prefabricación, Teoría y Práctica", J. A. Fernández Ordoñez.
- 10.- "Construcciones con Materiales Prefabricados de Hormigón Armado", László Makk.
- 11.- "Introducción al Concreto Presforzado", A. H. Allen.
- 12.- Revista Ingeniería, Abril-Junio 1972
- 13.- "Diseño de Estructuras Metálicas", Jack C. Mc Cormac.
- 14.- "Diseño de Estructuras de Acero", Boris Bresler
- 15.- "Electrosoldadura", A. Ruiz Mijarez.