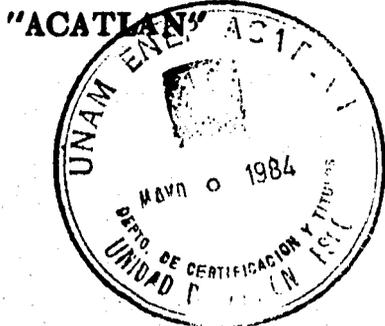




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES



LA PREFABRICACION Y EL PRESFUERZO COMO ALTERNATIVA PARA SALVAR GRANDES CLAROS

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A N:
JAIME ENRIQUE CORTES SANCHEZ
PEDRO CRUZ BAUTISTA**



ACATLAN, MEXICO.

MARZO DE 1984



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

	PAGINA
INTRODUCCION	4
TEMA I. GENERALIDADES	6
A) ANTECEDENTES HISTORICOS.	6
B) FUNDAMENTOS DE LA PREFABRICACION.	10
C) FUNDAMENTOS DEL PRESFUERZO.	12
TEMA II. ELEMENTOS PREFABRICADOS.	16
A) LA PREFABRICACION EN MEXICO.	16
1. NIVELES DE PREFABRICACION.	16
2. CONSIDERACIONES SOBRE LA APLICACION DE LA PREFABRICACION EN MEXICO..	18
3. CAMPOS DE LA CONSTRUCCION QUE SE PRESTAN A LA UTILIZACION DE LA PREFABRICACION.	19
4. ALGUNOS PROBLEMAS TECNICOS RELACIONADOS CON LA PREFABRICACION EN MEXICO.	20
5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA PREFABRICACION.	21
6. ALGUNAS OBRAS REALIZADAS EN MEXICO, CON EL USO DE ELEMENTOS PREFABRICADOS.	23
B) TIPO DE ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y CLASIFICACION.	29
1. LOSAS.	29
2. VIGAS.	34
3. COLUMNAS.	35

	PAGINA
C) METODOS USADOS EN SU ELABORACION	43
D) CONTROL DE CALIDAD,	53
1. PRUEBAS DE LABORATORIO.	53
2. SUPERVISION.	55
TEMA III. ELEMENTOS PRESFORZADOS,	59
A) IMPORTANCIA DEL PRESFUERZO EN LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS,	59
1. CUALIDADES DEL CONCRETO PRESFORZADO.	59
2. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES.	61
3. REQUISITOS DE MANUFACTURA.	77
B) ALTERNATIVAS DEL PRESFUERZO PARA SALVAR GRANDES CLAROS,	84
1. CONSIDERACIONES IMPORTANTES PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE CARGA.	87
C) TECNICAS DEL PRESFUERZO,	98
1. PRETENSADO.	100
2. POSTENSADO.	105
3. COMPARACION DE LOS SISTEMAS	144
4. PERDIDAS DE PRESFUERZO.	146
TEMA IV. PRINCIPALES PROBLEMAS TECNICOS REFERENTES A LA LIGA DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES,	158
A) CONTINUIDAD DE LOS ELEMENTOS,	158
1. JUNTAS.	158
2. CONEXIONES.	166
3. ANCLAJE.	194

	PAGINA
B) MONTAJE.	206
1. PRINCIPALES CONSIDERACIONES PARA - EFECTUAR EL MONTAJE.	206
2. MAQUINARIA PARA EFECTUAR EL MONTA- JE.	207
3. DISPOSITIVOS DE SUSTENTACION AUXI- LIARES EN EL MONTAJE.	221
4. MONTAJE DE DISTINTOS TIPOS DE ELE- MENTOS PREFABRICADOS Y PRESFORZA-- DOS.	225
5. TOLERANCIA EN EL MONTAJE.	230
 TEMA V. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL USO DE LOS PREFABRICADOS.	 233
A) TECNICO,	233
B) ECONOMICO,	234
C) SOCIALES,	235
 CONCLUSIONES:	 236

INTRODUCCION

Existe una gran variedad de elementos prefabricados con una amplia diversidad de aplicaciones y funciones, que se basan en la óptima utilización de las características propias de los materiales para lograr el abatimiento del tiempo y del costo en el proceso de construcción.

La prefabricación y el presfuerzo de estructuras de concreto, son técnicas relativamente nuevas dentro del campo de la construcción y es por ello que se hace necesario el conocimiento detallado de sus cualidades estructurales y características geométricas de los elementos, para que su aplicación en la construcción sea la más adecuada y eficiente

En México, coincidió la introducción del concreto presforzado con las primeras obras realizadas en las que se emplearon elementos prefabricados, debido a esto, frecuentemente se asocian la prefabricación y el presfuerzo.

Los sistemas constructivos varían, por supuesto, según el tipo de estructuras que se emplee en la obra.

En este trabajo se da un enfoque general de las características del sistema constructivo a base de estructuras de elementos prefabricados presforzados, dado que ofrece grandes ventajas en relación a los procedimientos constructivos tradicionales, como son incrementar la capacidad de carga y disminuir los peraltes de los elementos, lo cual permite utilizarlos en obras donde se requiera salvar grandes claros.

Así mismo se muestran los diferentes métodos de presfuerzo como el pretensado y el postensado de elementos, de los cuales se describen los principales procedimientos de tensado.

También se hace un análisis de los problemas más rele-

vantes que se presentan en este tipo de estructuras tales -
como: las juntas, conexiones, anclaje y el montaje,

T E M A I

GENERALIDADES

A. ANTECEDENTES HISTORICOS

La mayoría de los autores que han investigado la historia de la prefabricación, comienzan sus relatos a mediados del siglo XIX, cuando se realizaron las primeras casas totalmente prefabricadas.

Aunque la prefabricación ó la industrialización constituyen un tema importante de la actualidad constructiva, en realidad sus antecedentes son remotos y los encontramos en diversas épocas de la historia constructiva.

Para llegar a un hecho culminante, hay que recorrer un lento proceso y es analizando y estudiando los pasos intermedios, como podemos llegar a comprender el resultado final.

Es por esto que la historia de la prefabricación comienza con el nacimiento de las civilizaciones, recogiendo las primeras conquistas realizadas por el hombre, que sirvieron como base para el futuro desarrollo de los sistemas constructivos, así mismo de la organización del trabajo y de la producción, hasta llegar a convertir la construcción en una verdadera industria, meta aún no alcanzada pero que estamos seguros se logrará cuando los responsables de la construcción (*Ingenieros, Arquitectos, Políticos, etc.*), valoren las necesidades apremiantes que hay de viviendas, escuelas, hospitales, etc,

El proceso experimentado por las primeras civilizaciones hacia la racionalización, fue llevado al campo de los materiales y métodos constructivos, guiados por una mentalidad práctica (*para poder construir más rápido, sólido y alto*), convirtiendo los morteros de barro, los muros de arcilla y adobe, en ladrillos formados en moldes cocidos en

hornos antes de su empleo con características de producción industrial como lo son:

- Producción en grandes cantidades.
- Número limitado de moldes
- Bajos costos, comparándolos con la extracción de piedras de canteras
- Producción en fábricas fijas (*hornos*).

El paso más importante, que convierte definitivamente el adobe en ladrillo como producto industrial, es la aparición de los hornos de cocción, con lo cual la producción deja de realizarse a pie de obra pasando a fábricas fijas, ubicadas en lugares elegidos en atención a:

- Obtención de materias primas (*arcilla*).
- Cercanía de las obras
- Facilidad de transporte.

En Egipto, y hasta la época de la dominación romana, - por falta de combustibles (*madera*), los ladrillos se cocían al sol, aunque bien puede atribuirse a los egipcios la prioridad de haber concedido al ladrillo al valor del módulo, - condicionador de todas las medidas del edificio. Mientras en Grecia, el ladrillo cocido es usado raramente, en Roma - llega a su máximo desarrollo.

La coordinación modular era usada por los griegos en la mayoría de sus construcciones, usaban como base generalmente el diámetro inferior de las columnas, a cuyas dimensiones se le denominaba módulo. Dichos principios de modulación no eran meramente de índole tecnológico y constructivo, sino principalmente de carácter estético.

También en los países orientales empleaban desde épocas tempranas los principios de coordinación modular y estandarización o normalización en la construcción, para racionalizar las dimensiones de sus edificios.

Desde los inicios del Renacimiento Italiano, ya se ter-

nía contemplada la idea de construir una ciudad completamente de tipo prefabricada, en las cuales solo la cimentación fuera realizada en el sitio de la obra.

Así mismo, en nuestras culturas prehispánicas tenemos extraordinarios ejemplos de auténtica prefabricación en los restos arquitectónicos existentes, donde es fácil observar que toda su ornamentación geométrica está apoyada en la repetición de pequeños elementos iguales entre sí, que por la habilidad de su diseño permiten lograr distintos y variados acomodos, que muestran una gran variedad de modelación que corresponden indudablemente a un encargo de fabricación en serie, de determinado número de piezas, para ser armadas -- posteriormente.

Los elementos decorativos de las fachadas de algunos templos, concedidos en base a principios de repetitividad y producción masiva, constituyen una remota aportación.

Con el surgimiento del concreto, la prefabricación tuvo un impulso considerable, siendo los primeros productos fabricados piezas pequeñas moldeadas, éstas comprendían --- principalmente escalinatas, capiteles para pilares, elementos para coronación de muros, etc. Las piezas así fabricadas se vendía bajo el nombre de piedras reconstruidas, competían con las similares en piedras, eran menos caras que las verdaderas y sus plazos de obtención eran menores.

Los productos así fabricados fueron en un principio de mediana calidad, la arena era utilizada como un todo, sin análisis granulométrico, el cemento era dosificado con demasiada escasez para obtener economía, y la colocación del -- concreto se hacía por simple apizonado, lo que no aseguraba al producto obtenido una calidad satisfactoria.

Así pues, existen numerosas evidencias en el pasado -- que nos muestran el uso de los elementos prefabricados, aun que en una forma un tanto rústica.

A principio de siglo nace la idea de reforzar el con--

creto mediante la introducción de varillas de acero, surtiendo con este hecho el concreto armado, así pues, este material se incorpora a la construcción como producto industrial, dejando de ser un producto meramente artesanal, no obstante que desde los primeros años de este siglo surgieron tentativas de fabricar elementos con el nuevo material.

En el campo de la construcción se han aprovechado los perfeccionamientos para la ejecución y la elaboración del concreto armado, que han sido logrados por las grandes empresas.

Una vez descubierta la versatilidad del concreto, y que se introdujo plenamente en la construcción como concreto armado, surgieron algunos investigadores que estudiaron la manera de evitar que aparecieran las grietas en los elementos de concreto armado, cuando se les aplicaba una carga relativamente pequeña. Estos investigadores pensaron introducir una compresión previa en el concreto, mediante cables de acero que al tensarse y anclarse en los extremos producía tal efecto.

Uno de los investigadores, precursor de ésta idea fué Eugene Freyssinet, al cual se le considera el padre del concreto presforzado, puesto que fué él que llevó a cabo la aplicación de la teoría a la práctica.

Aunque a principios del siglo se empieza a aplicar el presfuerzo a vigas, su desarrollo fué lento durante los primeros cuarenta años.

Una de las causas que provocó su lento desarrollo fué la escasez de acero que se presentó en Europa a consecuencia de la segunda guerra mundial, durante el período de reconstrucción.

B. FUNDAMENTOS DE LA PREFABRICACION

En el campo de la construcción, el término prefabricación es entendido como la producción previa de - - - - - elementos a partir de materias primas escogidas adecuadamente ó de la totalidad de un sistema constructivo, sistema que puede comprender sólo la solución estructural ó bien, - la obra completa incluyendo sus instalaciones y equipos.

En todo caso la prefabricación requerirá de una planificación más detallada y racional de la construcción, que permita sistematizar y programar los trabajos, mejorando la calidad y resolviendo los tiempos de realización.

Sabemos que la industria del ladrillo consiste en elaborarlos en fábrica, para después transportarlos a la obra, y que la empresa de estructuras metálicas prepara en su taller los pequeños conjuntos (pilares, vigas, armaduras, - - etc.), que son enviados a las obras, donde su montaje y - - acoplamiento son efectuados sobre el lugar con medidas y herramientas necesarias.

Así pues, no hay nada nuevo en el principio de la prefabricación y sin embargo, el empleo de la palabra "prefabricado" en el lenguaje corriente es relativamente reciente.

Debemos entonces convenir que con éste vocablo se designan más particularmente las aplicaciones recientes del principio antes mencionado y principalmente las aplicaciones al concreto armado; es un hecho que éste (material nuevo que data solamente de principios de siglo), ha vivido - los primeros años de su existencia sin que la prefabricación le sea aplicada.

La prefabricación permite alcanzar un mayor control de calidad, al lograr el aprovechamiento más eficiente de los materiales, tanto por su mejor rendimiento debido a su uso correcto, como por la natural reducción de sobrantes y desperdicios.

Esta nueva técnica nos ofrece desde luego mayor economía en moldes, rendimientos, herramientas, equipos de montaje y construcción, así como el ahorro de mano de obra por unidad de tiempo o de realización en comparación con los sistemas tradicionales.

La reducción en mano de obra no implica necesariamente una reducción de mercado de trabajo, pues con mayores rendimientos se puede abordar mayor volumen y por tanto en su conjunto no se reduce sino se distribuye. Es decir, la mano de obra tradicionalmente ocupada en la manufactura es ocupada en las labores de producción, manejo y montaje de un mayor volumen de construcción.

La prefabricación siempre ha existido, su producción ha sido más o menos intensa en función de la técnica de la época, los nuevos sistemas al mejorar la calidad, la economía y la rapidez en la realización, así como en su acoplamiento con los demás elementos de la construcción, permiten alcanzar ya el nivel de una auténtica industrialización.

La industrialización de la construcción tiene una escala, se debe pensar en ella en forma similar, ó como toda industria con capacidad de producción masiva para satisfacer necesidades ya sean concentradas o aisladas, y ésta sólo puede justificarse cuando se trata de necesidades de gran volumen.

Actualmente tienen esa característica todos los espacios que requiere el hombre para vivir.

La industrialización de la construcción en todas sus fases abre nuevos campos de acción, tanto para el Ingeniero como para el Arquitecto; ya no solo en el diseño arquitectónico o en el estructural, sino en una forma muy importante en el campo del diseño industrial, para la producción de nuevas secciones modulares y acoplables para las instalaciones básicas, hidráulicas, sanitarias o bien, para dar nuevas soluciones a las demandas de viviendas que cada vez se van presentando en mayor escala.

C. FUNDAMENTOS DEL PRESFUERZO

El principio en que se fundamenta el concreto presforzado tal como se conoce actualmente, se ha empleado desde hace ya muchos años.

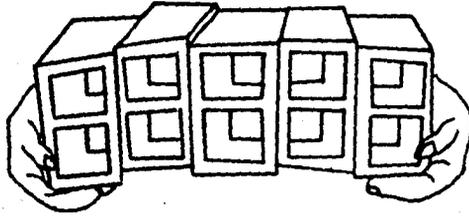
Un ejemplo de éste principio es cuando una persona -- transporta varios ladrillos, los cuales puede levantar y mover en una fila horizontal, ejerciendo presión con una mano colocada en cada extremo. La resistencia a la tensión es nula pero cuando se le aplica una presión suficiente, toda la hilera puede levantarse en conjunto. Ver figura IC- 1a.

Si la presión con las manos se aplica cerca del extremo superior se descubrirá que la unidad no es muy estable y tenderá a abrirse en la parte inferior, si la presión se -- aplica abajo de la mitad de la altura, se podrán colocar -- más ladrillos en su parte superior, de tal manera que dicha unidad soporta más carga. Mientras mayor sea ésta, mayor -- será la presión requerida en cada extremo; ver figura IC- -- 1b.

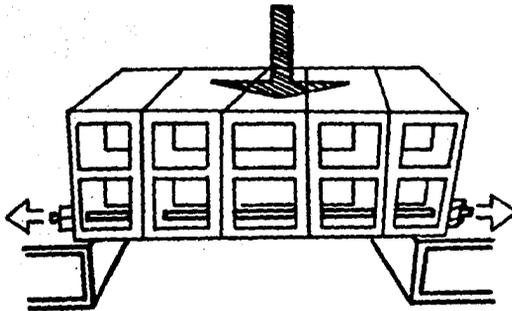
Haciendo más objetivo el ejemplo, y enfocandolo a un -- elemento de mayor importancia como lo es una viga; la cual -- esta dispuesta a soportar cargas, consideremos una viga -- de concreto simple apoyada en los extremos a la cual se le aplican dos fuerzas exteriores idénticas y constantes, tal -- como se indica en la figura IC- 2a. Estas fuerzas comprimen la parte inferior y tensan la parte superior como está -- indicado en la figura IC- 2b.

Es posible siempre escoger la intensidad de las fuer-- zas y su posición para que la tensión arriba y la compre-- sión abajo queden entre los límites permisibles, sobre todo teniendo en cuenta que el aplicar las fuerzas el peso propio empieza a actuar. La sobrecarga reciente crearía compresiones arriba y tensiones abajo, que combinadas con los esfuerzos existentes darán compresiones arriba y abajo en -- los casos corrientes evitándose de ese modo tensiones en el concreto, y que desde luego el agrietamiento. Ver figura -- IC- 2c.

PRINCIPIO DEL CONCRETO PRESFORZADO.



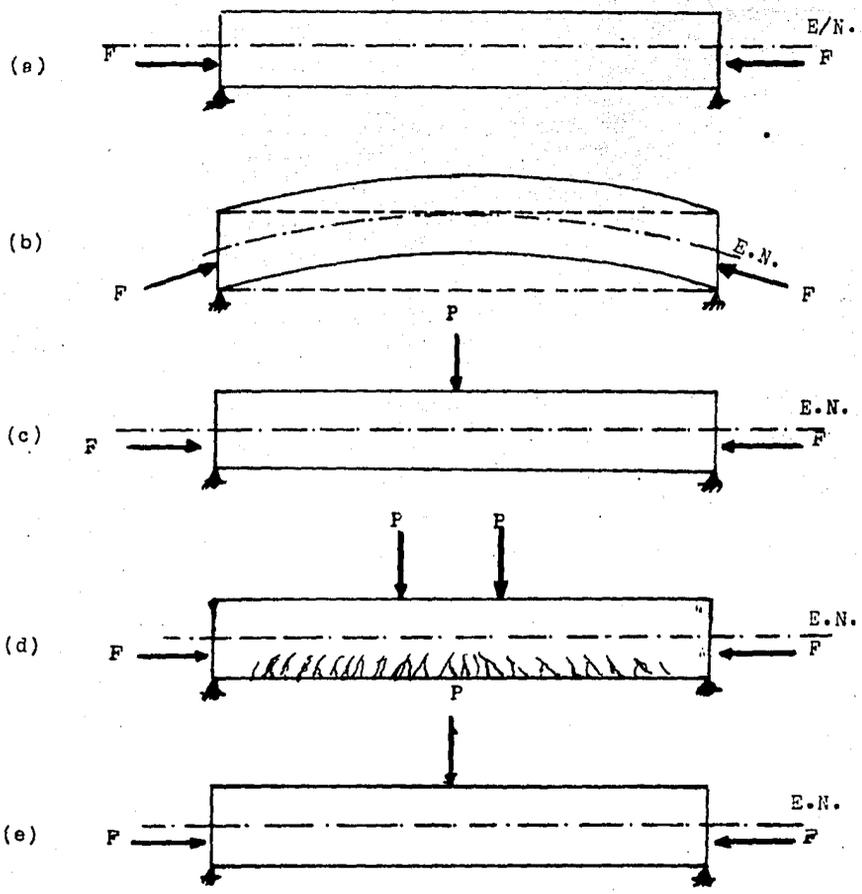
(a)



(b)

TESIS	LICENCIATURA
PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
U N A M	
E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAINE E.
	CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IC-1

PRINCIPIO DEL PRESFUERZO APLICADO A UNA VIGA.



TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M	
E.N.E.P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAMEE E.
	CRUZ BASTIESTA PEDRO
FIGURA IC-2	

Gracias a las dos fuerzas exteriores el concreto resiste ahora solo sin ningún esfuerzo a la sobrecarga. Las fuerzas exteriores o sea el presfuerzo, transformaron al concreto armado en un material homogéneo y resistente, si la sobrecarga aumentara excepcionalmente el concreto se agrietaría, pero al bajar la intensidad de la sobrecarga a su valor normal las grietas se cerrarán y la viga recuperará su estado original bajo la acción de las dos fuerzas exteriores, tal como se muestra en las figuras IC- 2d y IC- 2e.

Más aún, las pruebas han demostrado que puede efectuarse un número virtualmente ilimitado de inversiones de carga, sin afectar la capacidad de carga última. En otras palabras, un presfuerzo dota a el elemento de una gran resistencia a la fatiga, y hace que se comporte como un material elástico.

Entre los grupos de ladrillos y los gigantescos puentes modernos, hay apenas la distancia de esa sencilla idea de cambiar la fuerza instintiva por una fuerza calculada, controlable y permanente, que puede variar según las necesidades requeridas.

Esta forma fundamental se transforma en una solución muy conveniente cuando es necesario salvar grandes claros.

La tecnología del presfuerzo ha permitido la aplicación de nuevos métodos de construcción, como el que se diseñen tipos enteramente nuevos de estructuras que, sin aquél se hubieran antojado imposibles.

T E M A I I

ELEMENTOS PREFABRICADOS

A. LA PREFABRICACION EN MEXICO.

Es natural, que debido al auge de la prefabricación en otros países, se este despertando en México un interés creciente por éste sistema constructivo.

Sin embargo, el que una técnica tenga éxito en un medio determinado, no es garantía de que se obtengan los mismos resultados en otro en que predominan condiciones muy -- distintas. Por lo tanto, antes de aceptar ciegamente los -- métodos constructivos usuales de otros países, es recomendable hacer una serie de estudios cuidadosos para comprobar -- si efectivamente son ventajosos en nuestro medio tanto técnica como económicamente.

1. NIVELES DE PREFABRICACION,

Dentro de esta técnica constructiva podemos mencionar -- tres niveles de acuerdo a los tipos y características de -- elementos a fabricar, estos niveles son:

Prefabricación ligera
 Prefabricación industrial
 Prefabricación pesada.

1.1 LA PREFABRICACION LIGERA.

Hay que entenderla como la fabricación de elementos de pequeñas dimensiones, que no se requieran más que instalaciones modestas, a la escala de artesanos o pequeñas empresas. Estos elementos estan destinados a ser empleados en -- construcciones tradicionales, o bien en construcciones prefabricadas; los elementos que se pueden enumerar dentro de -- tro de este nivel son:

a) Huellas y contrahuellas de escaleras, piedras de coronación de muros, adoquines, bloques de piedra, apoyos de --

ventanas, umbrales de puertas, etc.

- b) Pequeñas losas que tengan menos de un metro cuadrado de superficie.
- c) Postes de cercas que tengan menos de un metro y medio de altura.
- d) Atarjeas.
- e) Brocales, etc.

1.2 LA PREFABRICACION INDUSTRIAL.

Se refiere a la fabricación de elementos de mayores dimensiones, de acuerdo con los progresos de la calidad de la prefabricación, permiten que su desarrollo se eleve de su fase inicial a una de industrialización donde las empresas se equipan y crean instalaciones capaces de producir grandes volúmenes de estos elementos, tales como:

- a) Vigas para techos.
- b) Losas.
- c) Tuberías de mediano y gran diámetro.
- d) Pilotes de concreto amado.
- e) Columnas para estructuras.
- f) Postes para alumbrado, etc.

1.3 LA PREFABRICACION PESADA.

Corresponde de hecho a una extensión de la prefabricación industrial, ocupándose de elementos de mayores dimensiones y de pesos mas elevados. A diferencia de la industrial, esta requiere la creación de fábricas especializadas para un tipo bien definido de elemento; lo cual ha llevado a las empresas a instalar talleres en el sitio de la obra, para evitar las limitaciones de transporte.

La característica fundamental de éste tipo de prefabricación es la repetición de módulos idénticos y en gran número, como lo son los paneles de muros correspondientes a la

altura de varios pisos.

Esta técnica tiende a generalizarse, hasta el punto -- que en un futuro próximo no se concebirá la construcción de edificios para vivienda por los procedimientos tradicionales. En México apenas se esta iniciando en la prefabricación industrial, pues aún, no se ha generalizado su utilización dentro de la construcción.

2. CONSIDERACIONES SOBRE LA APLICACION DE LA PREFABRICACION EN MEXICO.

Son varios los aspectos que deberán tomarse en cuenta al evaluar la aplicabilidad de este sistema a nuevas necesidades.

2.1 MANO DE OBRA.

Uno de estos aspectos es la importancia relativa de la mano de obra en los costos de construcción, la cual es una de las ventajas fundamentales de la prefabricación. Por lo tanto cuanto más pese este renglón en los costos totales -- más provechosos será este sistema constructivo; quedando -- confirmado por el hecho de que en los países donde más se ha extendido la prefabricación, suelen ser los que gozan de un nivel de vida más alto.

En México, el costo de la mano de obra todavía es relativamente baja, esta circunstancia posiblemente desvirtúe -- en cierto grado la utilidad de esta técnica, pero no debe olvidarse que el ahorro de la mano de obra es solamente una de las ventajas de la prefabricación, y que además existe -- una tendencia a un mejoramiento de nivel de vida que irá -- acompañado de un aumento progresivo de los salarios. Sin embargo no es conveniente por el momento recurrir al empleo de sistemas que impliquen un alto grado de mecanización lo que puede traer como consecuencia un excesivo desplazamiento en la mano de obra.

2.2 TÉCNICO.

Este aspecto se refiere al efecto de las fuerzas sísmicas que es necesario tomar en cuenta debido a que en nuestro país existen zonas con un alto grado de sismicidad.

2.3 IMPROVISACIÓN.

Dado que en el campo de la construcción se tiene una marcada inclinación a la improvisación, y es frecuente que se tomen decisiones fundadas meramente en la intuición, que no deja de tener algún mérito en determinadas circunstancias, pero a medida de que las técnicas de la construcción se van haciendo más complejas y que el volumen y envergadura de los programas de obras oficiales y particulares van incrementándose, resulta más necesario la labor de planeación y programación.

En la prefabricación la planeación tiene especial importancia, y es indispensable dedicarle atención, sin embargo, dadas las condiciones de nuestro medio por el momento no es recomendable intentar programaciones excesivamente rígidas y minuciosas que raras veces puedan cumplirse con éxito. Es preferible proceder con un poco de escepticismo respecto a la posibilidad de cumplir los programas y conservar un alto grado de flexibilidad, que permita adaptarlos fácilmente a las circunstancias de la obra en cuestión.

3. CAMPOS DE LA CONSTRUCCIÓN QUE SE PRESTAN A LA UTILIZACION DE LA PREFABRICACION.

3.1 CONDICIONES BÁSICAS.

La prefabricación, no siempre es el procedimiento constructivo más adecuado. Sin embargo hay algunos tipos de construcciones en que sus ventajas resultan evidentes, lo que ha sido confirmado por la experiencia.

En una forma general podemos decir que para que la prefabricación pueda aplicarse con éxito, debe cumplirse dos condiciones básicas:

- Un volumen de obra relativamente grande.
- Una solución estructural y arquitectónica con un grado de modulación.

La existencia de éstas dos condiciones, son necesarias para poder aplicar con ventajas económicas los métodos de industrialización en que se basa la prefabricación.

Las obras que suelen satisfacer estas dos condiciones, con resultados benéficos son:

- a) Conjunto de viviendas populares.
- b) Puentes.
- c) Almacenes.
- d) Auditorios.
- e) Gimnasios.
- f) Edificios.
- g) Tanques de almacenamiento.
- h) Estructuras para trenes.
- i) Naves industriales.
- j) Y en donde se requiere salvar grandes claros, tener un volumen grande de obra y un buen grado de modulación.

4. ALGUNOS PROBLEMAS TECNICOS RELACIONADOS CON LA PREFABRICACION EN MEXICO.

4.1 CONTINUIDAD.

Uno de los problemas más serios de las estructuras prefabricadas, es el de la liga entre los distintos elementos que la integran. El conservar la continuidad que caracterizan a las estructuras de concreto reforzado convencional, representa ciertas dificultades y dada su importancia se tratará en un capítulo posterior.

4.2 MONTAJE.

Otro problema no menos importante es el referente al tiempo empleado, por ejemplo, al detallar conexiones no debe olvidarse de los tiempos de montaje que afectan seriamente el costo total de las obras prefabricadas, debido al in-

cremento de las rentas de equipos de montaje.

Los programas de obra, los cuales deben estar elaborados de acuerdo a la experiencia y la precisión tanto de los tiempos de montaje, de transporte, así como los métodos empleados en el sistema constructivo de la obra, y el tener siempre una disponibilidad de los elementos en la misma, nos trae como consecuencia la necesidad de programar y proyectar con el mínimo detalle.

5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA PREFABRICACIÓN.

5.1 VENTAJAS.

Las principales ventajas con las que se puede contar al emplear la prefabricación son:

- La economía en la cimbra y obra falsa. Estas serán tanto más importantes cuanto mayores sean los claros y las alturas de la estructura es cuestión. Cuando existe la posibilidad de emplear elementos prefabricados estandar que puedan utilizarse en muchas estructuras distintas, los moldes correspondientes pueden diseñarse para un número de veces mucho mayor que el usual en construcciones de concreto convencional.

- Economía en la mano de obra. El empleo de sistemas de producción en serie, y la mecanización tanto en la fabricación de los elementos, como el de su montaje, implican economía importantes en la mano de obra. Además, cuando se recurre a la prefabricación resulta más fácil programar los trabajos, de manera que se reduzcan los tiempos muertos al mínimo.

A comparación con la construcción de estructuras de concreto reforzado, por los métodos o procedimientos convencionales, siempre es fácil lograr que por ejemplo: los carpinteros, los fierreros y los plomeros trabajen a un ritmo constante.

- Rapidez de ejecución. La posibilidad de trasladar las

distintas etapas de la construcción, en mayor grado que -- cuando se usan métodos convencionales reduce los tiempos de ejecución notablemente. Con una programación correcta se -- puede conseguir que los elementos prefabricados para la estructura, estén listos en el momento en que se termine la cimentación. El tiempo necesario para el montaje de los elementos de la estructura, cuando se dispone de equipos -- adecuados, puede llegarse a ser muy cortos.

La reducción de los tiempos de construcción como es natural, supone una disminución no solamente en los gastos administrativos y de supervisión, sino también de los intereses sobre el capital.

- Mejor control de calidad, las características de la -- prefabricación en serie de elementos estructurales permiten aplicar sistemas de control de calidad que, no es posible -- utilizar en las obras convencionales. Un buen control de -- calidad hace posible un aprovechamiento más eficiente de -- los materiales.

- Recuperabilidad. En muchos casos la naturaleza de las juntas utilizadas en estructuras prefabricadas, permite el -- desmantelamiento de éstas, de tal manera que pueden trasladarse a otro lugar y volver a erigirse.

5,2 DESVENTAJAS,

- La necesidad de invertir en equipos especiales. Cualquier sistema de prefabricación, requiere inversión en equipo que no son utilizados en construcciones convencionales; -- algunos de éstos son:

- Plantas de elaboración de elementos prefabricados.

- Equipo de transporte.

- Equipo de montaje, etc.

- La dificultad de diseño de juntas y conexiones. Este -- aspecto es el más delicado del proyecto de estructuras a ba

se de elementos prefabricados, sobre todo cuando se desea disponer de un grado de continuidad semejante al de las estructuras de concreto reforzado ordinario, en donde la continuidad se logra en forma sencilla y natural.

- Supervisión cuidadosa. La fabricación y el montaje de estructuras prefabricadas, requiere una supervisión muy cuidadosa, sobre todo en lo que se refiere a las dimensiones de los elementos y a la construcción de las conexiones.

- La programación y proyectar con detalle. El éxito de la prefabricación en una obra, depende en gran parte del que se haya programado en forma correcta, esto implica un mayor costo de estudios, proyectos, planos, etc.

6. ALGUNAS OBRAS REALIZADAS EN MÉXICO, CON EL USO DE ELEMENTOS PREFABRICADOS.

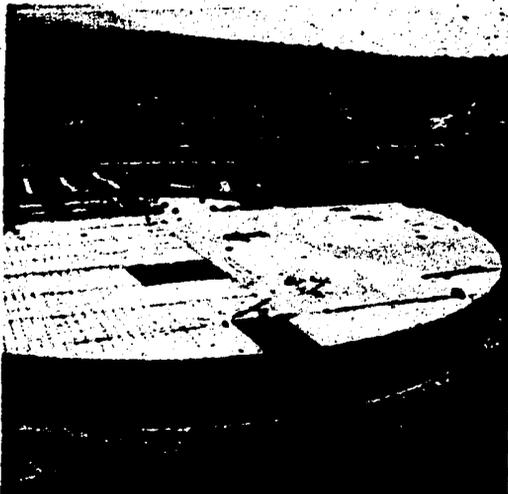
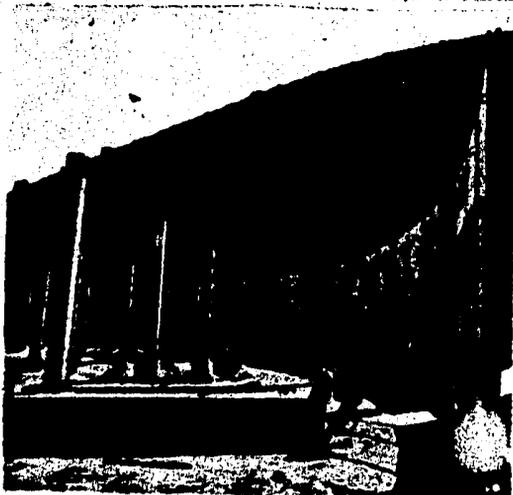
Debido a la decisión de algunos ingenieros, en poner en práctica esta nueva técnica de construcción se ha logrado realizar en México obras de gran importancia, las cuales sin esta técnica hubiera sido, si no imposible, si muy difícil de lograr en todos sus requerimientos con los métodos tradicionales de construcción, ya sea por la necesidad de rapidez de ejecución o simplemente por las características de la obra; tal es el caso de:

- Tanques de almacenamiento, como el de la caldera ubicada en las faldas del cerro del mismo nombre, que se encuentra construido a base de una importante estructura prefabricada presforzada, dicho tanque cuenta con una capacidad de 50,000 M³, haciendolo uno de los de mayor capacidad de México. Tal obra se muestra en la figura IIA - 1

- Otra obra de gran importancia es la bodega de FERTIMEX, la cual esta armada por trabe canal de sección variable, presforzada, con longitudes de 45 m y con un peso de 48 ton.

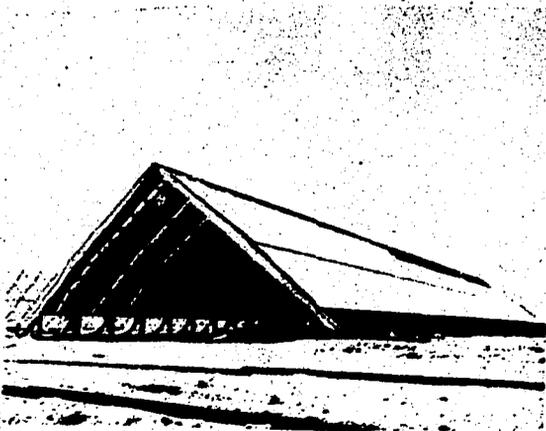
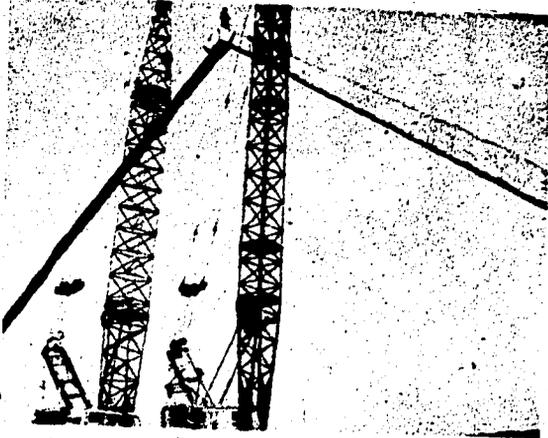
El área cubierta fué de 5,000 M² con un tiempo de ejecución de 10 meses. Los claros cubiertos son de 72 m, con una altura en la cumbrera de 28 m. En la figura IIA - 2 se

TANQUE DE LA CALDERA



TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAMES E. CRUZ BASTISTA PEDRO
FIGURA IIA-1	

BODEGA DE FERTIMEX



UNAM
E.N.E.P.
ACATLAN

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
UNAM E.N.E.P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAMES E. Cruz Bautista Pedro
FIGURA IIA-2	

muestra esta obra.

- El edificio del Instituto Mexicano del Petróleo. Es--
 tructura a base de elementos prefabricados presforzados, la
 cual consta de 5 niveles cubriendo un área de 10,000 M2, el
 tiempo de su ejecución fué de 4 meses.

Los elementos utilizados fueron:

- Columnas en forma de cruz, de 22 m.
- Trabes "TTV " 70/30
- Canaletas 15/0.71
- Trabes portantes "L " y " I "

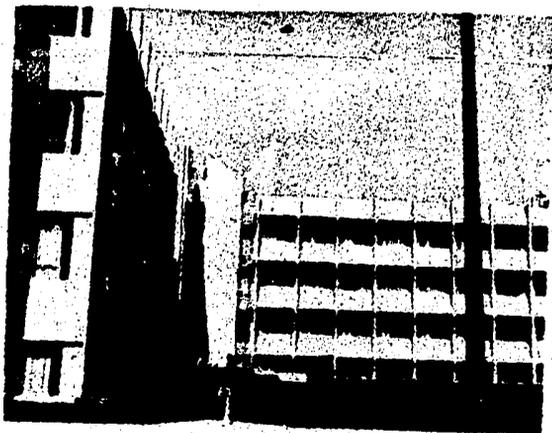
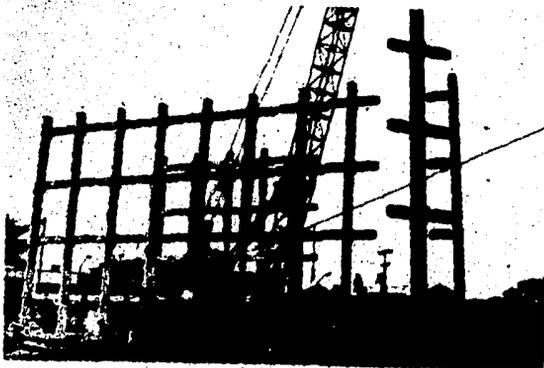
En la figura IIA - 3 se muestra esta obra.

- Hotel Calinda, situado en Cancún Quintana Roo. Proyec
 to desarrollado a base de elementos prefabricados, y median
 te una coordinación adecuada; fué lo que dio origen a este
 hotel de 9 niveles con 280 cuartos cubriendo una superficie
 construída de 15,000 M2.

Los elementos utilizados fueron:

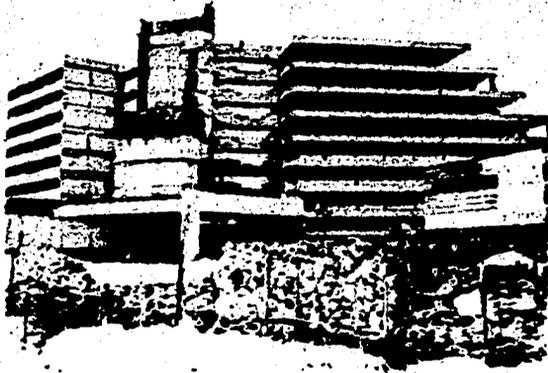
- Columnas rectangulares con brazos de 31 m.
- Trabes portantes "I" y "L" para recibir losas "TT"
- Placas para entrepiso y techo.
- Trabes faldón.
- En la figura IIA- 4 se muestra esta obra.

EDIFICIO DEL I.M.P.



TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ ANNE E. Cruz BASTISTA PEDRO FIGURA IIA-3

HOTEL CALINDA



TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAMES E. Cruz BASTIEN PEREZ FIGURA. IIA-4

B. TIPOS DE ELEMENTOS, CARACTERISTICAS Y SU CLASIFICACION

Se ha visto que en México la prefabricación ha tenido un auge considerable, y aunque no se ha desarrollado de manera absoluta en la construcción, son muchas las posibilidades de que ésta se incremente. Existen numerosas empresas que producen una gran variedad de elementos, los cuales cada vez tienen mayor aplicación dentro de la construcción como lo son:

- 1.- Losas.
- 2.- Vigas.
- 3.- Columnas.
- 4.- Armaduras.
- 5.- Trabes portantes.
- 6.- Tuberías.
- 7.- Zapatas.
- 8.- Bovelas.
- 9.- Durmientes.
- 10.- Canaletas.
- 11.- Fachadas.
- 12.- Postes.
- 13.- Pilotes
- 14.- Adoquines.
- 15.- Elementos complementarios para instalaciones sanitarias.

Dada la diversidad de los elementos prefabricados, sólo haremos mención de algunos de ellos y daremos las características de los que consideramos de mayor importancia para el fin que persigue esta tesis.

1. LOSAS.

Independientemente de la empresa que fabrique éste tipo de elementos, podemos distinguir tres tipos, de acuerdo a sus características generales.

- Losa a base de vigeta y bovedilla
- Losas en forma de placa.
- Losa reticular.

1.1 VIGUETA Y BOVEDILLA.

Es un sistema constructivo compuesto por elementos pre fabricados que se complementen con un firme colado en el lu gar.

Uno de los elementos, es la vigueta de concreto pre tendido, de longitud y peralte variable; constituyendo los ner vios estructurales de la losa. El otro, es la bovedilla el que es un elemento aligerante de la losa y a la vez sirve - de cimbra para el firme.

Este sistema, es diferente al tradicional de losa maci sa de mayor ligereza y reduciendo notablemente el tiempo de ejecución repercutiendo directamente en el costo. Las ca- racterísticas generales se muestran en la tabla IIB- 1.

1.2 LOSAS EN FORMA DE PLACA.

Existen losas extruidas de concreto prefabricado cuya longitud varía de 2.50 hasta 15.0 metros dependiendo de los requerimientos del proyecto; con un peso volumétrico de 2.2 Kg/cm³. Las características geométricas se muestran en la - figura IIB- 1.

Otro tipo de estas losas son las de concreto armado, - en anchos hasta de 2.50 m y espesores de 4 a 5 cm, con el - armado necesario a su diseño y aplicación específica.

Su ligereza permite colocarlas con una grúa de obra, - directamente del camión o del lugar de almacenamiento a las trabes, vigas, madrinas o muros de carga. Figura IIB- 2.

Una vez colocadas las placas, se ligan con varillas pa ra recibir el colado integrando una losa monolítica con es- pesor de 15 a 20 centímetros según las necesidades de la -- obra.

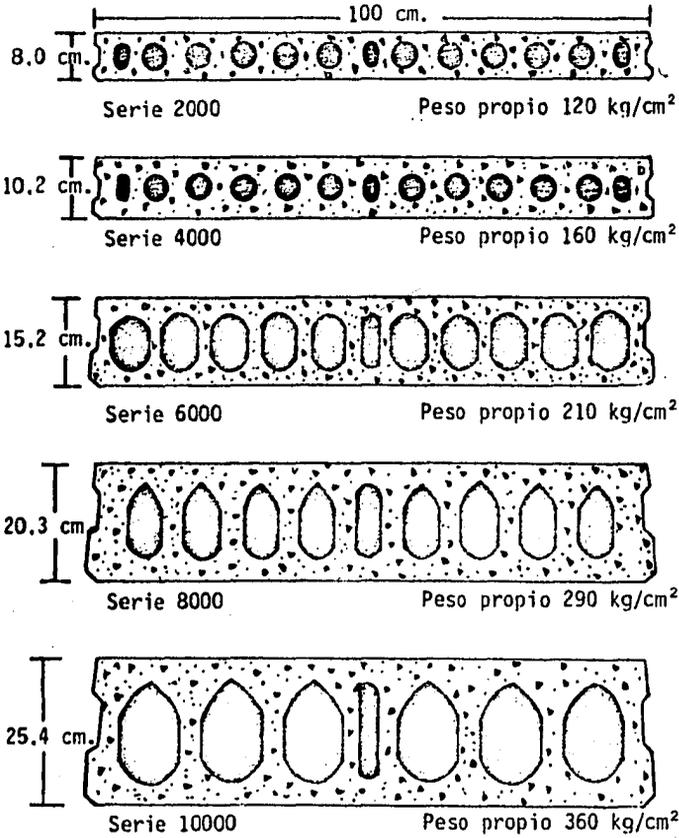
Las preparaciones para recibir instalaciones eléctri- cas hidráulicas, sanitarias, etc. son hechas en planta cuando se solicitan.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LOSAS A BASE DE VIGUETA Y BOVEDILLAS.

	VIGUETAS PRETENSADAS	BOVEDILLAS VIBRO COMPRIMIDAS	CAPA DE COMPRESION																																																
FORMA Y DIMENSIONES (cm)																																																			
MATERIALES	<p>CONCRETO</p> <p>$f'c = 400$ A 500 kg/cm²</p> <p>ACERO</p> <p>$f_s = 16\ 000$ A 20 000 kg/cm²</p>	<p>CONCRETO LIGERO</p> <p>$f'c = 50$ kg/cm²</p>	<p>CONCRETO</p> <p>$f'c = 100$ a 200 kg/cm² AGREGADO MAX. 3/4"</p> <p>ACERO</p> <p>$f_y = 5\ 000$ kg/cm² MALLA 66-10 10 ó 1212</p>																																																
PESOS DE ELEMENTOS (Kg)	<table border="1"> <tr> <td>P16</td> <td>P20</td> <td>P26</td> </tr> <tr> <td>22.0</td> <td>28.5</td> <td>47</td> </tr> </table>	P16	P20	P26	22.0	28.5	47	<p>La bovedilla es de ajuste</p> <table border="1"> <tr> <td>BOV. 70/16</td> <td>13.5</td> <td>Kg/Pza</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>BOV. 50/16</td> <td>7.5</td> <td>Kg/Pza</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>BOV. 70/20</td> <td>14.4</td> <td>Kg/Pza</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>BOV. 50/20</td> <td>9.0</td> <td>Kg/Pza</td> <td>P16</td> <td>43</td> <td>86</td> </tr> <tr> <td>BOV. 70/26</td> <td>15.5</td> <td>Kg/Pza</td> <td>P20</td> <td>45</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>BOV. 50/26</td> <td>10.0</td> <td>Kg/Pza</td> <td>P26</td> <td>55</td> <td>110</td> </tr> </table>	BOV. 70/16	13.5	Kg/Pza				BOV. 50/16	7.5	Kg/Pza				BOV. 70/20	14.4	Kg/Pza				BOV. 50/20	9.0	Kg/Pza	P16	43	86	BOV. 70/26	15.5	Kg/Pza	P20	45	90	BOV. 50/26	10.0	Kg/Pza	P26	55	110	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>VOLUMEN</td> <td>PESO</td> </tr> <tr> <td></td> <td>lts. m²</td> <td>Kg/m²</td> </tr> </table>		VOLUMEN	PESO		lts. m ²	Kg/m ²
P16	P20	P26																																																	
22.0	28.5	47																																																	
BOV. 70/16	13.5	Kg/Pza																																																	
BOV. 50/16	7.5	Kg/Pza																																																	
BOV. 70/20	14.4	Kg/Pza																																																	
BOV. 50/20	9.0	Kg/Pza	P16	43	86																																														
BOV. 70/26	15.5	Kg/Pza	P20	45	90																																														
BOV. 50/26	10.0	Kg/Pza	P26	55	110																																														
	VOLUMEN	PESO																																																	
	lts. m ²	Kg/m ²																																																	

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAMME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
TABLA I18-1	

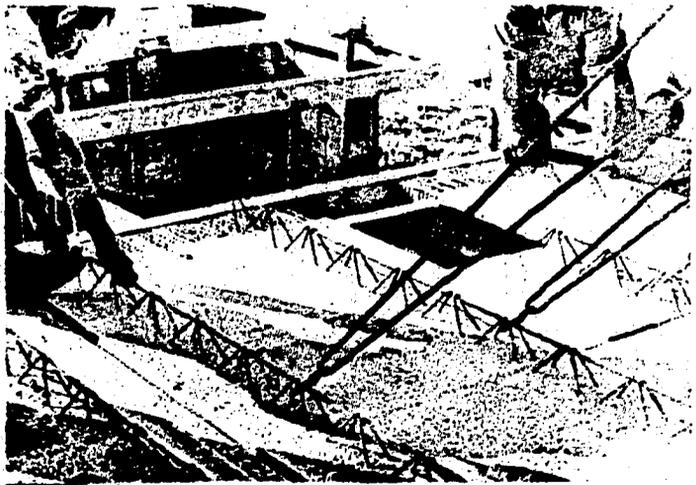
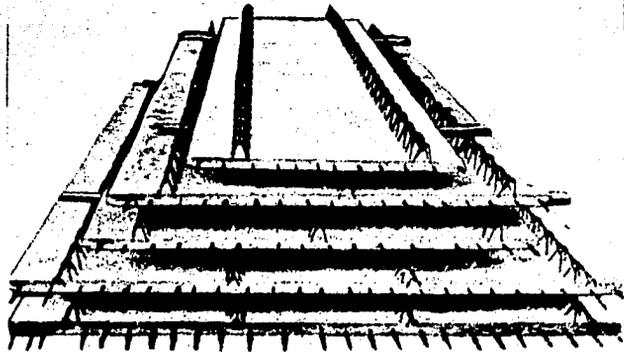
SECCIONES TÍPICAS NOMINALES



CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA LOSA EXTRUIDA.

TESIS	LICENCIATURA
PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
U N A M	
E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E.
	CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IIB-1

LOSAS EN
FORMA DE
PLACA



TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. Cruz BASTISTA PERRO
	FIGURA IIB-2

1.3 LOSAS RETICULARES.

Es un sistema de losas prefabricadas de concreto reforzado y aligerado con casetones de espuma de poliestileno, el cual tiene como característica el aislamiento térmico y acústico, al igual que otras losas prefabricadas, lleva una capa de comprensión de concreto colado en sitio.

Algunas de sus características geométricas, y dimensiones se muestran en la figura II B-3.

2. VIGAS.

Son piezas estructurales de concreto prefabricado, manufacturadas en planta industrial, en moldes metálicos de gran precisión, curados a base de vapor y diseñados de acuerdo a las especificaciones del ACI (American Concrete Institute), del PCI (Prestressed Concrete Institute) y con lo descrito en el reglamento de construcción y servicios urbanos para el D.F.

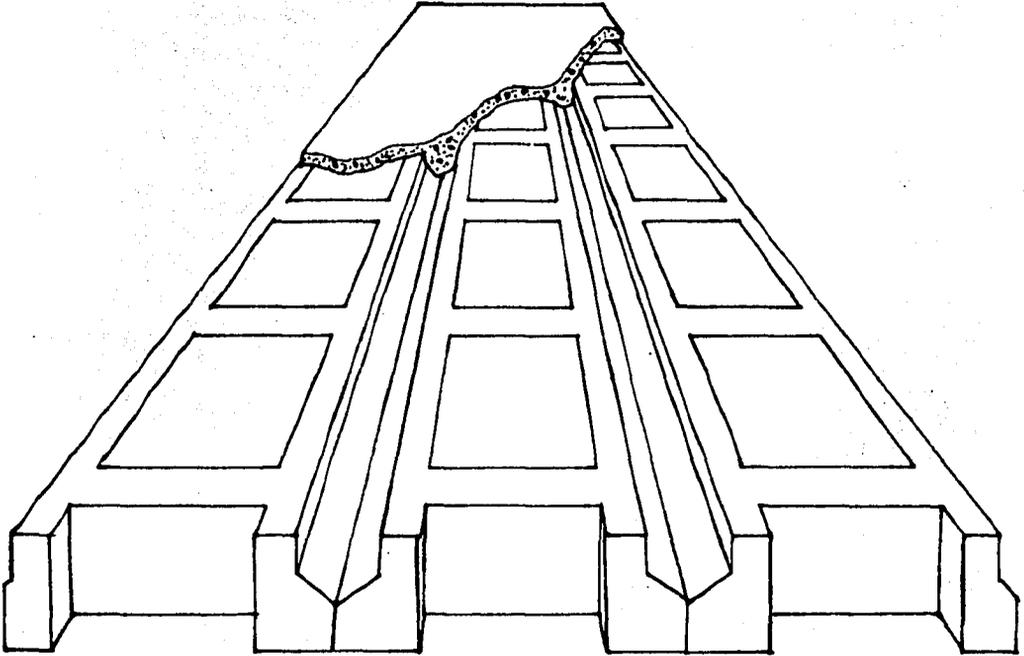
Los materiales empleados en su elaboración son:

- Cemento normal tipo I
- Acero de presfuerzo $f_u = 18000 \text{ Kg/cm}^2$
- Acero de refuerzo $f_s = 4000 \text{ Kg/cm}^2$
- Agregados naturales

Hay una infinidad de éste tipo de elementos, además de tener diferentes capacidades de carga su clasificación está en función de sus características geométricas, como se muestran a continuación.

2.1 VIGAS "T"

Se fabrican en varios peraltes nominales que van desde 60 a 120 centímetros con variación de 10 cm y longitudes sobre proyecto con variación de centímetro en centímetro desde 12 hasta los 30 metros, este tipo de vigas se utilizan -



LOSA RETICULAR PREFABRICADA.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BASTISTA PEDRO
	FIGURA IIB-3

como sistemas de muros, entrepisos, techos, de escalinatas en estadios, etc. Sus características geométricas se muestran en la figura II B-4.

2.2 VIGAS " T Y "

Están diseñadas para usarlas en cubiertas y asociadas con lámina estructural se compite ventajosamente contra soluciones tradicionales. Las longitudes, peraltes y características geométricas se presentan en la figura II B-5.

2.3 VIGAS " T T "

Estas se fabrican en varios peraltes, sus longitudes varían sobre proyectos. Las características geométricas se presentan en la figura II B-6.

Algunas de sus aplicaciones son: Para sistemas de entrepisos, cubiertas y fachadas, pudiéndoseles completar con un firme de concreto colado en sitio.

2.4 VIGAS " TT TV "

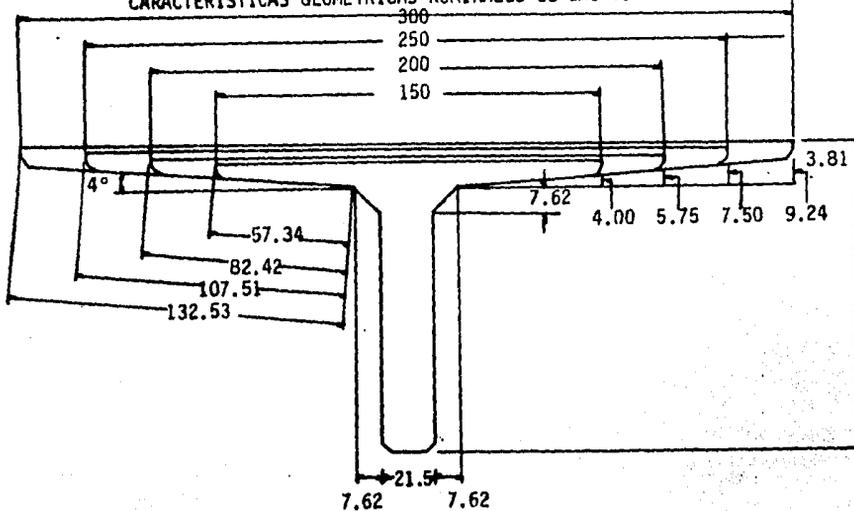
Este tipo de vigas están diseñadas específicamente para servir como elementos de cubierta. Las características geométricas así como las variaciones en sus dimensiones se presentan en la figura IIB - 7. Por su característica geométrica no requieren de rellenos, en ladrillados ni firmes, pues el desagüe pluvial se realiza en forma natural.

3. COLUMNAS.

Se ha venido utilizando el presfuerzo en columnas desde hace ya algún tiempo. A veces tal presfuerzo es puro, es decir, sin el empleo de acero ordinario complementario, sin embargo en zonas de alta sismicidad como lo es México, es preferible disponer del grado de ductilidad adecuado en las estructuras, de manera que se hace conveniente usar combinaciones de acero ordinario con los tendones de alta resistencia que se usa para el presfuerzo.

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS NOMINALES DE LAS VIGAS T

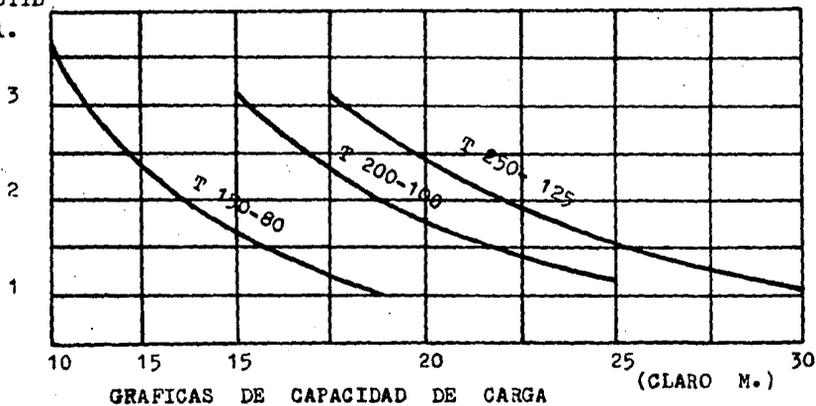
37



(Acotaciones en cms.)

CARGA UTIL

Ton/Ml.



GRAFICAS DE CAPACIDAD DE CARGA

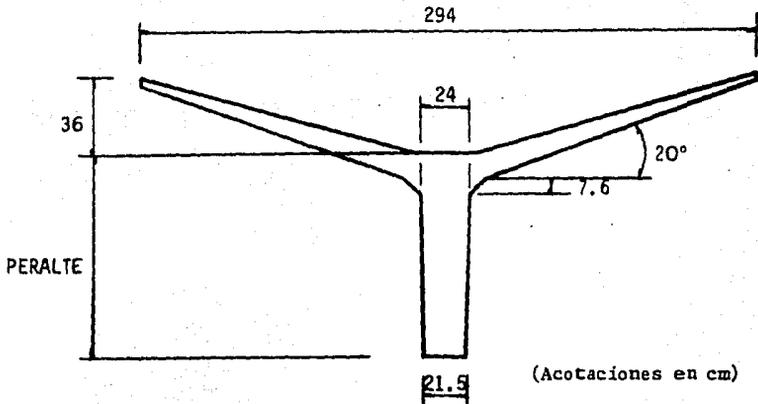
(CLARO M.)

Peso Propio de las Trabes

T 250-125	1.04	Ton/Ml.
T 200-100	0.79	Ton/ml.
T 150- 80	0.56	Ton/Ml.

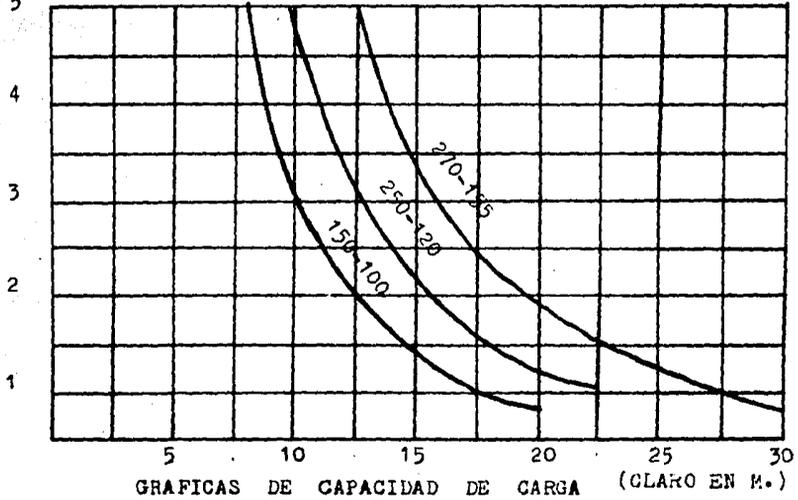
ancho-peralte

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M	
E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E.
	CRUZ BASTIEN PEDRO
FIGURA IIB-4	



TRABES TY

CARGA UTIL 5
Ton/Ml.

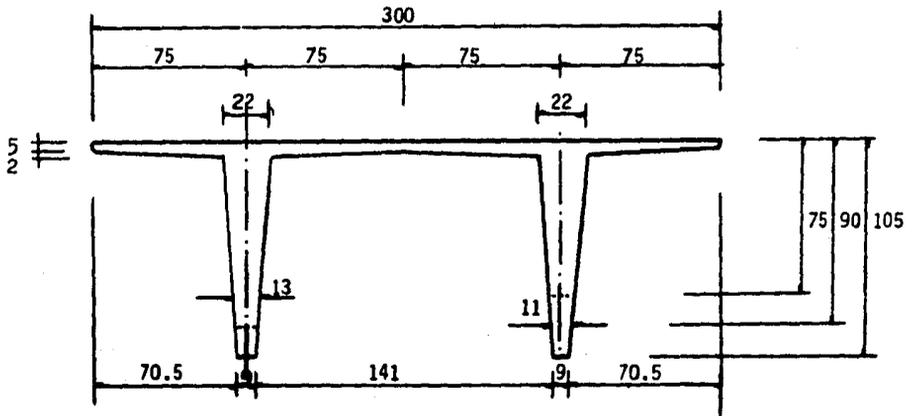
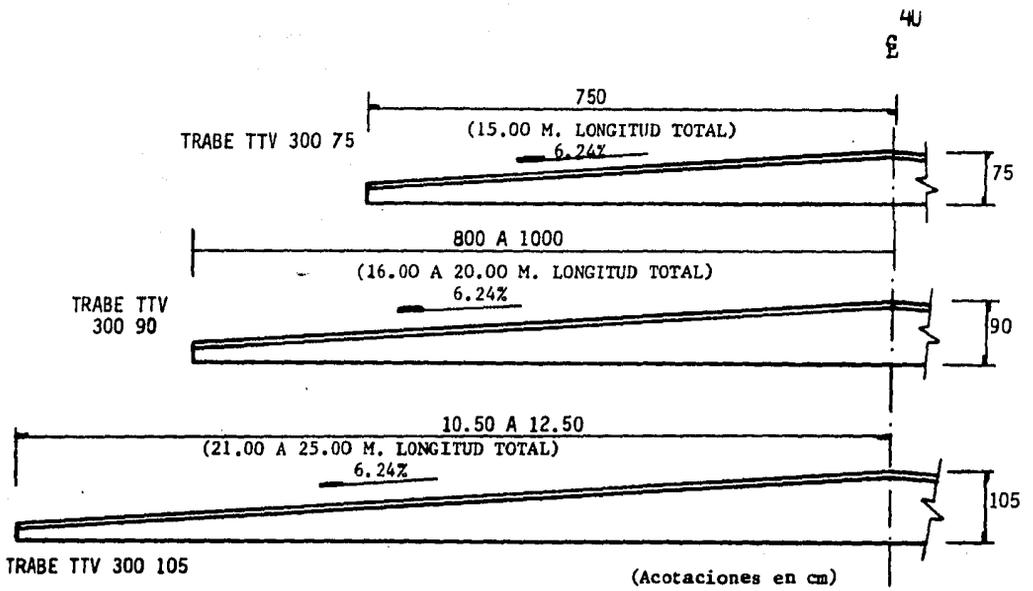


PESO PROPIO TRABES TY

TY 270-155	0.82 Ton/Ml
TY 250-120	0.76 Ton/Ml
TY 150-100	0.50 Ton/Ml

ancho-peralte

	TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
	U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
CORTES SANCHEZ JUAN E. CRUZ SANTISTA PEDRO		FIGURA IIB-5



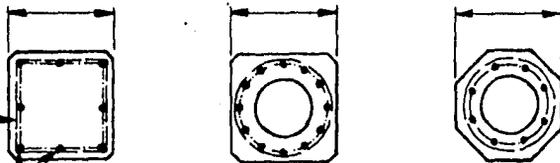
CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE
 LA VIGA TTV

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M	
E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JUAN E. CRUZ BASTISTA PEDRO
	FIGURA IIB-7

En la figura IIB - 8 Se aprecian las características de una sección de columna típica. Se considera que se obtienen ventajas adicionales en lo que se refiere al comportamiento en condiciones de servicio. Gracias al presfuerzo, la posibilidad del agrietamiento bajo cargas normales se elimina, lo que indudablemente es una ventaja en lo que se refiere a rigidez y durabilidad de la estructura.

Por otra parte, el presfuerzo protege a la columna muy eficientemente contra el agrietamiento durante las operaciones de transporte y montaje.

alambre
en espiral
torón de
presfuerzo



ELEVACION TIPICA

Lado m	PROPIEDADES DE LA SECCION						Carga concentrada de serv. perm.	
	área m ²	peso Lb/ft	Plomo de Iner in ⁴	Mod. secc in ³	Rad. de G. in	Per. ft.	5000 psi	6000 psi

COLUMNAS CUADRADAS.

10	100	104	833	167	2.89	3.33	73	89
12	144	150	1,728	288	3.46	4.00	105	129
14	196	204	3,201	457	4.04	4.67	143	175
16	256	267	5,461	683	4.62	5.33	187	229
18	324	338	8,748	972	5.20	6.00	236	290
20	400	417	13,333	1333	5.77	6.67	292	358
20	305	318	12,615	1262	6.43	6.67	222	273
24	576	600	27,648	2304	6.93	8.00	420	515
24	463	482	26,630	2219	7.58	8.00	338	414
24	422	439	25,762	2147	7.81	8.00	308	377
24	399	415	25,163	2097	7.94	8.00	291	357

COLUMNAS OCTOGONALES

10	83	85	555	111	2.59	2.76	60	74
12	119	125	1,134	189	3.09	3.31	86	106
14	162	169	2,105	301	3.60	3.87	118	145
16	212	220	3,592	449	4.12	4.42	154	189
18	268	280	5,705	639	4.61	4.97	195	240
20	331	345	8,770	877	5.15	5.52	241	296
20	236	245	8,050	805	5.84	5.52	172	211
22	401	420	12,837	1167	5.66	6.08	292	359
22	268	280	11,440	1040	6.53	6.08	195	240
24	477	495	18,180	1515	6.17	6.63	348	427
24	300	315	15,696	1308	7.23	6.63	219	268

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE
LA COLUMNA.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA
	INGENIERIA CIVIL
U N A M	
E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E.
	CRUZ BAUTISTA PEDRO
FIGURA II B-8	

C. METODOS USADOS EN SU ELABORACIÓN,

Los métodos usados en la elaboración de elementos estructurales prefabricados, tiene ciertas variaciones entre sí, pero esencialmente consiste en lo siguiente:

Se inicia con el análisis del proporcionamiento adecuado para las características particulares del elemento, como lo son: su resistencia, capacidad de carga, color, etc, que están en función de los materiales empleados en su elaboración (cemento, arena, grava, agua y aditivos). En el siguiente ejemplo se muestra el procedimiento para la obtención del proporcionamiento adecuado de un M3 de concreto -- con una resistencia de $f'c = 400 \text{ Kg/cm}^2$.

	Peso vol. comp.	Densidad
Grava 3/4"	1546 K/cm3	2.3 Ton/m3
Arena	1531 " "	2.4 "

cemento	480Kg.	relación A/C=0.5
agua	240lts.	relación C/A=1.8

1% de aire incluido

Dif. de Vol.	= 990 - (C + A) =	595 Lts.
Cemento	480 + 3.1 =	154.8
agua	240 - 1.0 =	240.0

$$P_A = \frac{595 \times 2.4 \times 2.3}{1.8 \times 2.4 + 2.3} = 496.13 \text{ Kg.}$$

$$P_G = 1.8 \times 496.13 = 893 \text{ Kg.}$$

	Peso	Densidad	Vol.
Cemento	480 Kg.	3.1 T/M3	154.83 lts.
Arena	500	2.4	208.33
Grava	900	2.3	391.30
Agua	240	1.0	240.00
			<hr/> 994.46 lts.=1m3.

...

Una vez obtenida la dosificación requerida para el concreto, se procede a su elaboración. Simultáneamente a esto, se preparan los moldes de colado (en la figura IIC - 1 se muestran algunos de ellos), para efectuar el armado del acero de refuerzo y el tendido de los cables para el presfuerzo que deben llevar los elementos. En la figura IIC - 2 se muestran armados típicos.

Posteriormente los cables son tensados mediante gatos hidráulicos, siendo el procedimiento de tensado el siguiente:

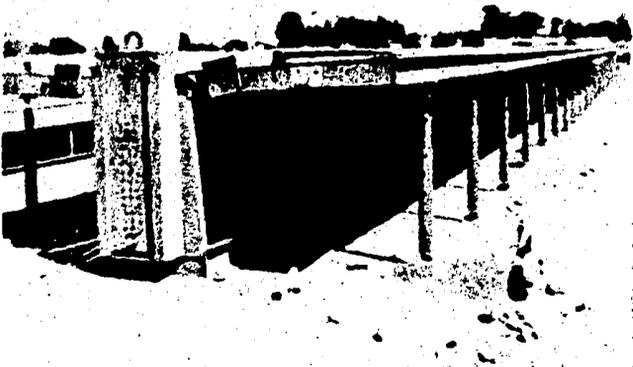
El torón o cable de acero de alta resistencia, que - - atravieza el elemento estructural, en cuyos extremos se encuentran unos muertos de anclaje conteniendo placas las - - que están ranuradas para dejar pasar los cables, así como - - se muestra en la figura IIC - 3, sobre las placas y en ambas salidas de los alambres de presfuerzo, son colocados específicamente un cono de anclaje y su correspondiente cuña de cuatro gajos, como se indica en la figura IIC - 4.

Haciendo referencia a la figura IIC - 5 se presenta el procedimiento de tensado de torones, mediante un gato hidráulico.

En el lado del anclaje fijo (cuando se tensa de un solo lado), se hunde la cuña (6a), golpeando el tubo de acuñamiento (7) según el sentido indicado por la flecha (8).

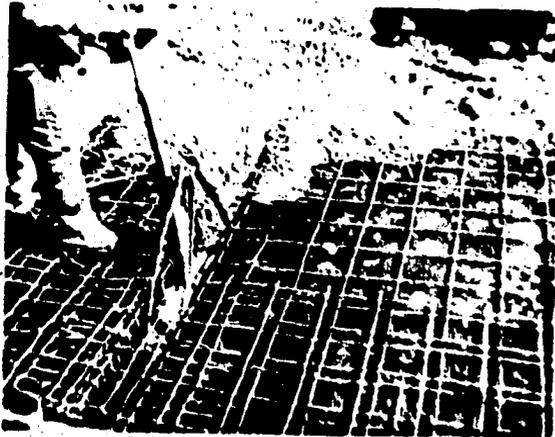
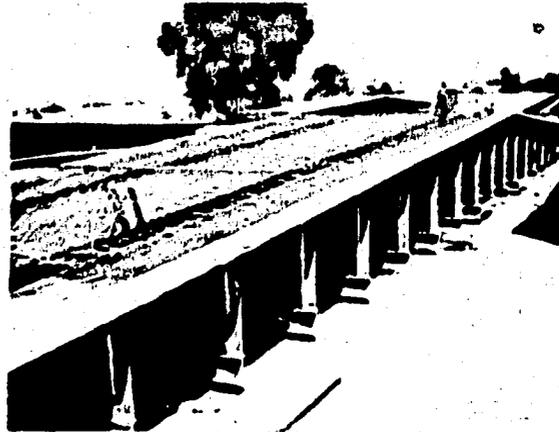
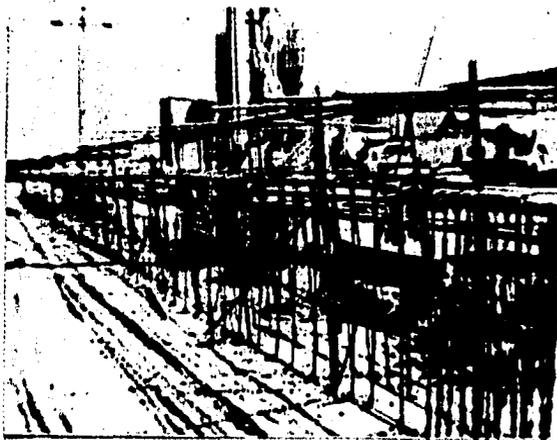
En la salida del anclaje móvil se instala el gato de tensado (9), disponiendo la cabeza del pistón (10), con un chasis para el acuñamiento provisional (11); este chasis cuenta con cuatro prismas (12), que alojan la cuña de cuatro gajos (13), la cual se instala dentro del chasis, con el procedimiento igual al seguido en el acuñamiento del anclaje móvil, el alambre por tensar se sujeta mediante el elemento (15), de una regla, con el objeto de medir el alargamiento.

Al actuar la bomba de inyección e introducir el líquido por la entrada (17), el pistón corre en sentido de las flechas (18). Logrando el alargamiento requerido, se intro



MOLDES METALICOS PARA LA ELABORACION DE ELEMENTOS PREFABRICADOS.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ ANNE E. GONZ. BASTIETA PEREZ
FIGURA IIC-1	



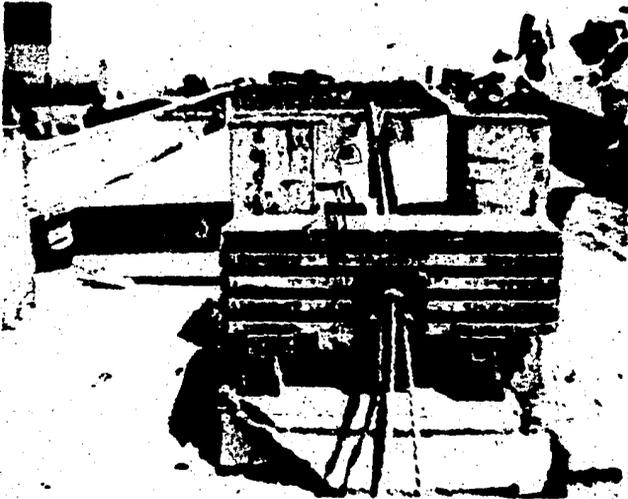
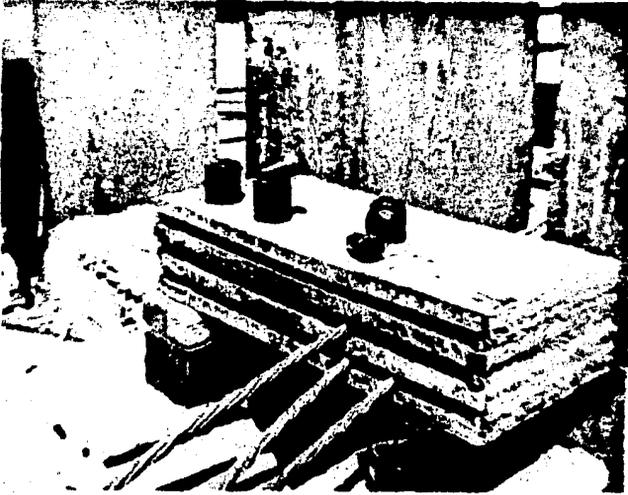
ARMAO TIPICO DE ELEMENTOS PREFABRICADOS.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAMES E. CRUZ BASTISTA PEDRO
	FIGURA 11C-2



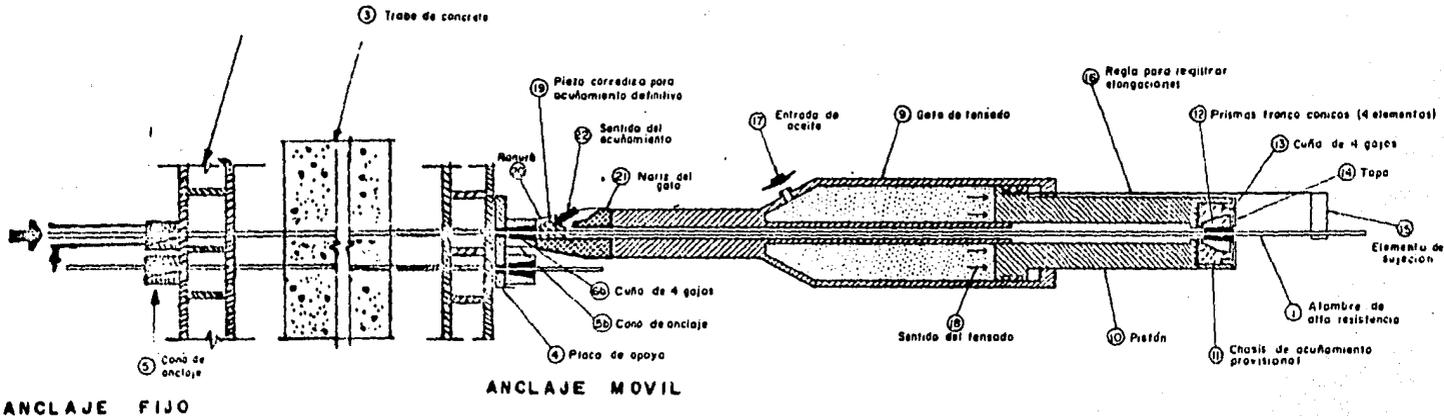
MUESTRAS DE ANCLAJE PARA EL PRETENSADO.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAMBE E. CRUZ BAUTISTA PERES
	FIGURA 110-3



PLACAS Y CONOS DE ANCLAJE PARA EL
PRETENSADO.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES GONZALEZ JUAN E. GONZ. SANTANA PEDRO
FIGURA IIC-4	



GATO HIDRAULICO PARA EL PRETENSADO.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA
	INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E.
	CRUZ BAUTISTA PEDRO
	PISTRA 110-5

duce la cuña (6b) en el cono de anclaje (5b), golpeando -- con una barra la pieza corrediza (19) a través de la ranura (20) con que cuenta la nariz del gato (21), siguiendo el -- sentido del acuñamiento (22), y restirando a continuación -- el gato de tensado (9), para continuar con igual operación -- en los siguientes alambres de presfuerzo del cable en proce -- so de tensado.

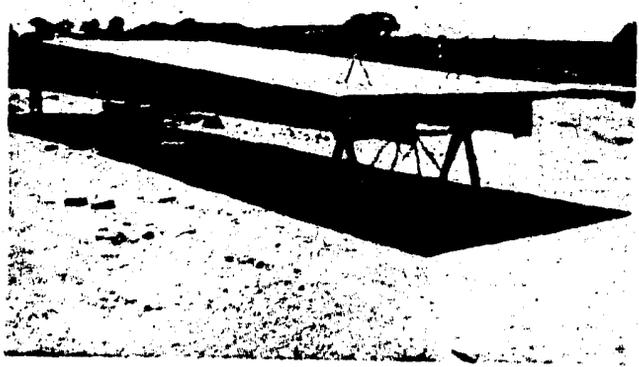
Terminando el tensado de los cables se procede a va -- ciar el concreto (el que debe tener un revenimiento de 8 -- cm) en los moldes, verificando su adecuada vibración.

Durante el colado se tomaran muestras de concreto, pa -- ra verificar la resistencia y determinar la fecha de corte -- de los torones, la que se realiza cuando alcanza el 85% de -- su resistencia.

El método de curado dependerá de las exigencias y ca -- racterísticas de producción de la planta, en condiciones -- normales bastará con mantener húmedo al elemento durante un tiempo determinado, en caso contrario se usará vapor a una -- temperatura promedio de 80°C. Cuando el concreto alcanza -- la resistencia requerida, se procede al corte de torones, -- el cual se hará con soplete en el caso de torones gruesos, -- o con cortadora manual de disco en caso de que no lo sean.

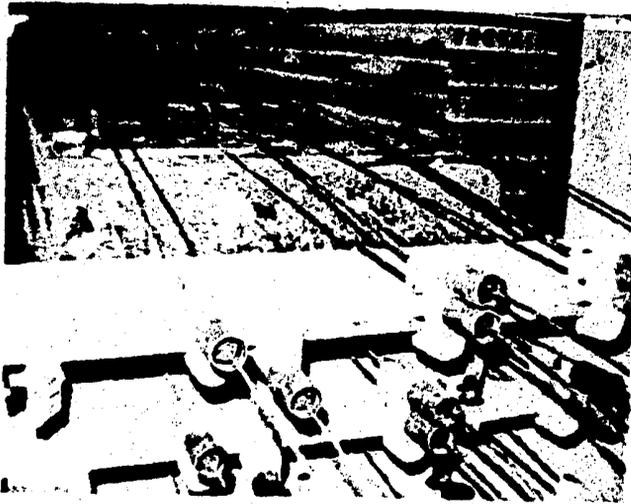
Por último se retira la pieza del molde y se transpor -- ta a la zona de almacenamiento de donde será tomada para -- llevarla al lugar de su utilización. En la figura IIC - 6 -- se muestran dos elementos terminados.

En la elaboración de losas extruídas, el método es di -- ferente, debido a que la mezcla de concreto es seca además -- que la producción esta superditada a una máquina, la cual -- conforma en una mesa de colado la losa. En la figura IIC-7 se muestra una losa tipo, así como su acero de presfuerzo.



ELEMENTOS PRETENSADOS TERMINADOS.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAMIE E. CENZ BASTISTA PEDRO
	FIGURA IIC-6



ANCLAJE Y ACERO DE PRESFUERZO EN
LOSAS EXTRUIDAS.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M	
E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAMES E.
	GRIZ BARTISTA PEDRO
FIGURA IIC-7	

D. NORMAS Y CONTROL DE CALIDAD.

Antes de efectuar la producción y en la elaboración -- misma de cualquier tipo de elemento estructural prefabricado, se deberá contar con un procedimiento de control de calidad adecuado. Tal proceso debe de estar a cargo de personal calificado que sea independiente de la producción.

Los requisitos de calidad de los materiales así como los procesos de elaboración, generalmente se basan en las normas contenidas en las diferentes especificaciones tales como: "American Concrete Institute (A. C. I.)", "Preteseed Concrete Institute (P. C. I.)" y "American Society of Testine Materials (A.S.T.M.)".

El control de calidad se efectua mediante un equipo de laboratorio y una supervisión adecuada.

1. PRUEBAS DE LABORATORIO:

Las pruebas que se realizan normalmente en laboratorio se dividen en, pruebas físicas y pruebas químicas.

Las primeras corresponden a la determinación de:

- Granulometría.
- Peso volumétrico.
- Densidad.
- Peso específico.
- Absorción.
- Dureza.

En la figura IID- 1 se muestra la obtención de cilindros de concreto para la prueba de resistencia a diferentes edades.

Las pruebas químicas, las más relevantes son:

- La determinación de la sanidad de los agregados inertes, es decir, del contenido de materia orgánica (en porcentaje) se determina mediante un análisis colorimétrico, que



OBTENCION DE MUESTRAS DE CONCRETO.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAMES E. CRUZ BASTIEN PERRO FIGURA IID- 1

consiste en tomar una pequeña muestra y ponerla en un recipiente, el que contiene una solución de hidróxido de sodio al 20% y después de pasadas 24 horas, se observa la coloración comparandola con una muestra patrón. El contenido de materia orgánica permitida es del 4%.

Esta prueba es efectuada en los bancos de materiales, así como en los laboratorios localizados en los lugares donde son utilizados los materiales, cada vez suministrados.

- La determinación de la contracción y expansión en el cemento, permite obtener una prueba al agrietamiento durante la adquisición de la resistencia, y solo es tolerable el 1%.

Para el control de pruebas de laboratorio, así como de los resultados obtenidos es necesario contar con una serie de tablas, como las que se muestran a continuación.

2. SUPERVISIÓN.

Todo procedimiento constructivo requiere contar de personal calificado para realizar una supervisión adecuada, la que consiste en:

- La elaboración del concreto, para que los materiales y su dosificación sean las correctas.

- Los moldes antes del colado, comprobándose las dimensiones, cantidad y colocación del acero de refuerzo.

- La colocación y tensado de los cables de presfuerzo, verificando que los gastos hidráulicos apliquen la tensión requerida.

- El curado ya sea a vapor o con agua.

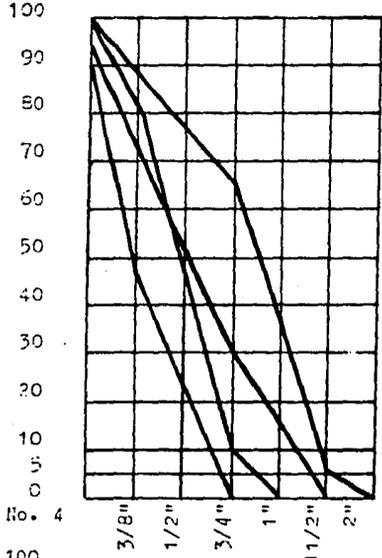
- El desmoldeo, manipulación y almacenamiento.

- El acabado arquitectónico para asegurar que el elemento se ajuste con las necesidades del proyecto.

REPORTE DE LABORATORIO

ENSAYE DE MATERIALES PARA CONCRETO

No. de muestra	muestreada en:
Material:	Fecha de muestreo:
Procedencia:	Cantidad de Mat. recibido:



G R A V A _____

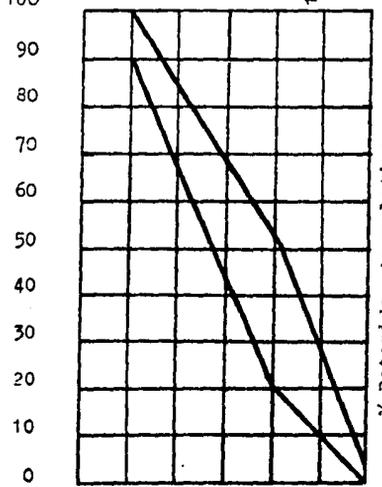
Peso Vol. suelto _____ kg/m³ % Abs. _____
 Peso Vol. Comp. _____ kg/m³ Dens. _____

Malla	Peso Kg.	% reten.	% ret. Acu
4"			
3"			
2"			
1-1/2"			
1"			
3/4"			
1/2"			
3/8"			
No. 4			
Charola			
TOTAL			

Arena _____ % Módulo de finura _____

A R E N A _____

Peso seco suelto _____ kg Análisis colorimétrico.
 Peso seco comp. _____ kg/m³ Color No. _____
 % de absorción _____
 Densidad _____



Malla	Peso Kg.	% Reten.	% Ret. Acu
No. 4			
No. 8			
No. 16			
No. 30			
No. 50			
No. 100			
No.			
Charola			
TOTAL			

Grava _____ %
 Módulo de finura _____

OBSERVACIONES:

PRUEBA GRANULOMETRICA DE ARENA

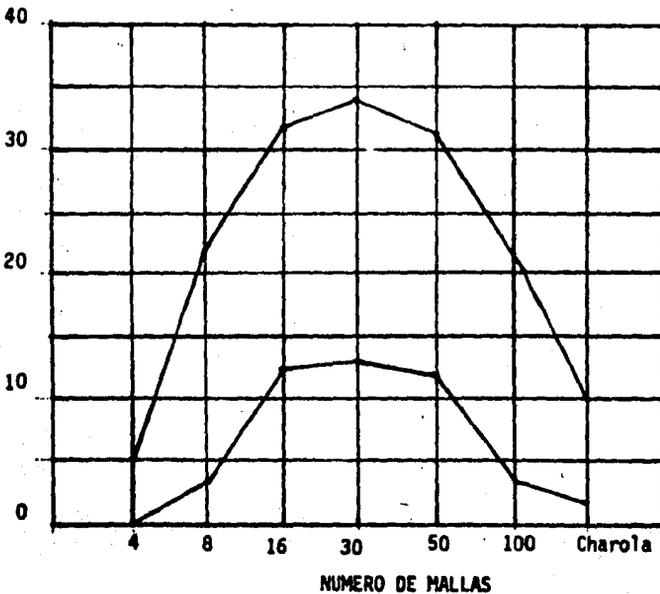
PROCEDENCIA: _____
 ENSAYO: _____

FECHA: _____

MALLA No.	% INDIV. RETENIDO	% RETENIDO ACUMULATIVO	% TOTAL QUE PASA	

MODULO DE FINURA $\frac{\%}{\%}$

QUE PASA LA MALLA 200 $\frac{\%}{\%}$



- La aplicación de las cargas, para mejorar los procedimientos y observar los posibles defectos producidos en el almacenamiento.

- En general: equipo, condiciones de trabajo, -- condiciones ambientales y otros aspectos que afectan la pro ducción.

Con la supervisión de todos los puntos anteriores se - estará en la posibilidad de garantizar cualquier elemento - prefabricado por lo menos un año después de que se ha sido montado el elemento.

T E M A I I I

ELEMENTOS PRESFORZADOS.

A. IMPORTANCIA DEL PRESFUERZO EN LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS.

Los efectos desfavorables de las grietas sobre la apariencia y la durabilidad de los elementos del concreto reforzado son ampliamente conocidos, de ahí que la eliminación de las grietas en el concreto constituye un problema relevante.

Con la introducción del presfuerzo en el concreto se ha logrado que un elemento adquiera mayor resistencia al agrietamiento, mejorando también sus características de resistencia a los esfuerzos y durabilidad.

La resistencia a la tensión del concreto simple es muy inferior a la de compresión. Para poder emplear al concreto simple en elementos que deben resistir tensiones, es necesario encontrar una forma de suplir ésta falta de resistencia. Esto se logra colocando acero de refuerzo en las zonas donde aparecen tensiones, que es lo que se hace en el concreto reforzado convencional; sin embargo esta forma de proporcionar resistencia a la tensión representa un inconveniente, aún cuando el refuerzo garantiza una resistencia adecuada no impide el agrietamiento del concreto, a niveles de carga relativamente bajos.

Una de las ventajas más notables que resulta de presforzar el concreto, es el hecho de que la zona que trabaja a tensión en un elemento, adquiere mayor resistencia al agrietamiento que en una sección similar no presforzada.

Ya que el presfuerzo tiene varias características que lo distinguen del concreto reforzado ordinario, resulta conveniente mencionar sus cualidades.

1. CUALIDADES DEL CONCRETO PRESFORZADO.

El concreto presforzado posee cualidades importantes tales como el de ser un material:

1.1 HOMOGÉNEO E INAGRIETABLE.

El evitar las grietas representa una cualidad muy importante, ya que si permanece libre de éstas hasta la carga de diseño, es lógico suponer que al considerar las propiedades de una estructura bajo condiciones normales, que las sección completa trabaja en forma activa; en efecto esto facilita una predicción del comportamiento bajo condiciones de servicio.

1.2 ELÁSTICO.

Puede suceder en efecto, que un elemento sea accidentalmente sometido a cargas muy superiores a las previstas entonces si este elemento no es presforzado sufre grietas y deformaciones considerables que pueden por este hecho dejarlo fuera de servicio.

En un elemento presforzado no se presenta este problema porque al cesar las cargas en el elemento, las grietas causadas por estas cargas se cierran y el elemento regresa a su estado inicial. Esta cualidad es muy importante particularmente cuando el elemento esta sujeto a esfuerzos dinámicos y a las vibraciones de maquinaria pesada.

1.3 IMPERMEABLE.

El ser un material inagrietable favorece su impermeabilidad y esta cualidad lo hace particularmente adecuada en obras donde ésta es de suma importancia, tal es el caso de tanques de almacenamiento, acueductos sometidos a altas presiones, torres de oscilación, silos etc. Recientemente esta cualidad ha permitido notablemente la aplicación del presforzado en la industria atómica.

1.4 ECONÓMICO.

Permite obtener un ahorro considerable de materiales -

debido a la utilización de aceros de alta resistencia, los cuales no pueden ser usados en el concreto convencional. Este tipo de acero aún cuando es más caro (dos veces aproximadamente), en relación al ordinario, permite en la mayoría de los casos abatir el precio total de la construcción puesto que se evita la utilización excesiva de acero común, de la cimbra y armado compitiendo con grandes ventajas con el concreto convencional.

1.5 ESBELTEZ EN LOS ELEMENTOS.

Dado a las posibilidades técnicas que ofrece el concreto presforzado, se obtienen elementos más ligeros con la misma o mayor resistencia lograndose con esto salvar un mayor claro para un mismo peralte de viga disponible, lograndose con esto mayores ventajas en la construcción de edificios y naves industriales donde la técnica moderna requiere de grandes espacios libres, por lo que los claros entre más grandes sean facilitan la colocación de maquinaria o equipo de mayores dimensiones.

2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.

2.1 CONCRETO: PARA PRESFUERZO.

a) Requisitos de resistencia.

Es importante usar un concreto adecuado en construcciones a base de elementos presforzados. Aunque en la actualidad es relativamente fácil conseguir concretos con una resistencia a la compresión de 280 a 350 Kg/cm² con cilindros a 28 días.

Las razones por la cual es necesaria una resistencia alta son:

- Minimizar su costo.
- Ofrecer alta resistencia a la tensión y al cortante.
- Resistencia al empuje y a la adherencia.

- Tener mayor módulo de elasticidad y una deformación menor por plasticidad.
- Menores pérdidas por presfuerzo y reducción de su peso muerto.

Otro factor, es que esta menos expuesto a las grietas por contracción que aparecen frecuentemente en el concreto de baja resistencia antes de la aplicación del presfuerzo.

No solamente debe especificarse concreto de alta resistencia para el presforzado, sino que, cuando se solicite tal resistencia deberá obtenerse en el campo más exactamente que para concreto reforzado, puesto que el factor de seguridad usual contra la falla de ruptura a la compresión en el concreto presforzado es alrededor de 2.5, el cual es ciertamente un factor suficiente, pero no tan excesivo como en el concreto reforzado en donde el factor es superior a 3.5, sin embargo, también es evidente que con un factor de seguridad de 2.5, no sería causa de alarma si el concreto en la estructura tuviera una resistencia de 10 a 20% bajo el valor requerido.

En un miembro de concreto presforzado mas de sus partes es tan sujetas a altos esfuerzos, que en uno reforzado. Por ejemplo, en una viga presforzada; mientras que las fibras superiores están altamente comprimidas bajo fuertes cargas exteriores, las fibras inferiores están bajo una alta compresión al transferir el presfuerzo, así como las secciones en el centro del claro resisten los momentos flexionantes máximos, las secciones en los extremos soportan y distribuyen la fuerza de presfuerzo.

Se recomienda el uso de concreto de bajo revenimiento para la fabricación de productos presforzados, sin embargo, el uso de concreto sin revenimiento debe restringirse a aquellos elementos que pueden fabricarse sobre mesas o plataformas vibratorias y quizás a piezas delgadas para que sea accesible al vibrado interno. En los casos en que esta operación no puede realizarse, se recomienda el uso del concreto plástico con revenimiento entre 5 y 10 cm.

El mejor método de curado del concreto es manteniendo su superficie uniformemente mojada durante el mayor tiempo posible. En concreto pretensado este método facilita la alta resistencia rápida, así mismo se utiliza con buenos resultados el curado con vapor a presión atmosférica para acelerar el endurecimiento del concreto en ambos casos es importante que se mantengan las superficies mojadas durante todo el tiempo que dura el curado.

En términos generales los agregados usados para la fabricación de piezas de concreto normal, son satisfactorias para el concreto presforzado. Sin embargo, el objetivo principal por lo que se refiere al concreto presforzado, es la resistencia necesaria, así como la magnitud de los cambios de volumen elásticos que pueden obtenerse con un determinado tipo de agregado, sobre todo tomando en cuenta la pérdida de presfuerzo.

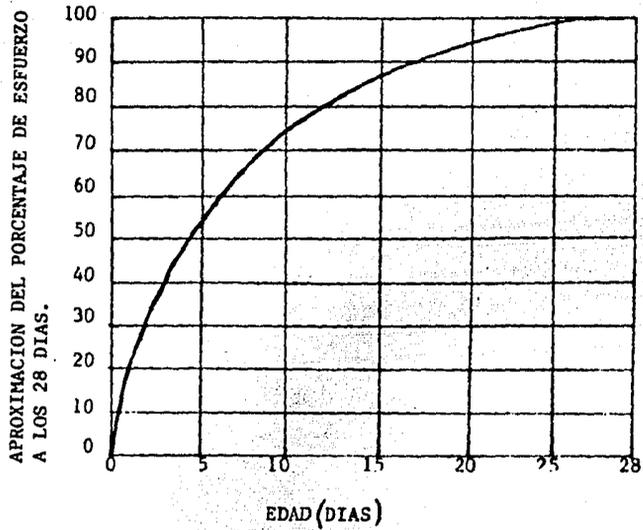
La garantía de los agregados para concreto puede obtenerse casi siempre con arena relativamente fina, limpia con muy poco porcentaje de agregados que pasen por un tamiz del No. 100.

El cemento con un mínimo de resistencia a la compresión cilíndrica a 28 días del orden de 280 a 400 Kg/cm², ofrece cambio de volúmenes más bajos y resistencias más altas en el concreto presforzado.

En la figura IIIA-1 se presenta una curva de resistencia/tiempo para concreto hecho con cemento tipo I curado a 70 ° F. Esta curva es muy útil para estimar la resistencia inicial de concreto a 28 días, la resistencia a la compresión varía según los materiales usados, la mezcla y el curado.

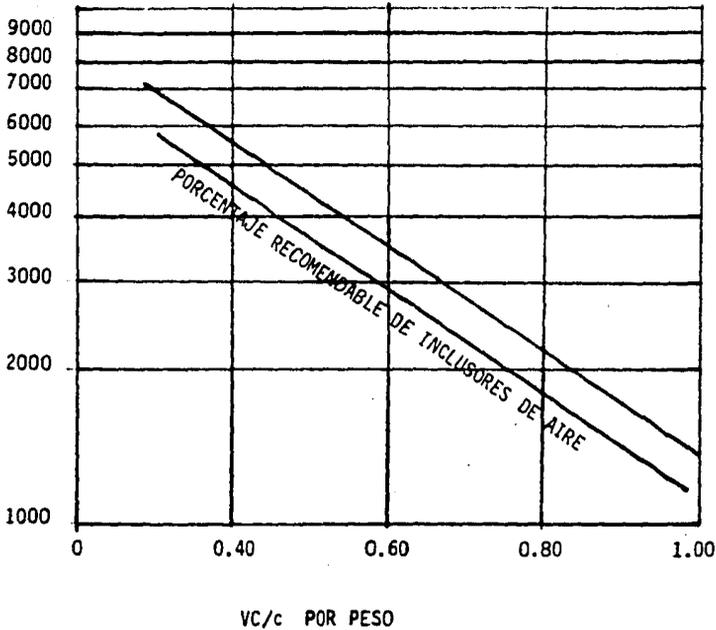
En la figura IIIA- 2 se muestran las curvas de resistencia a la compresión en función de la relación agua/cemento, para concreto con y sin inclusión de aire. En la figura IIIA- 3, se presenta la curva que sirve para calcular la cantidad de agua y cemento necesaria para alcanzar la resistencia requerida del concreto a los 28 días, resisten-

CURVA DE RESISTENCIA TIEMPO PARA
CEMENTO TIPO I



TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IIIA-1

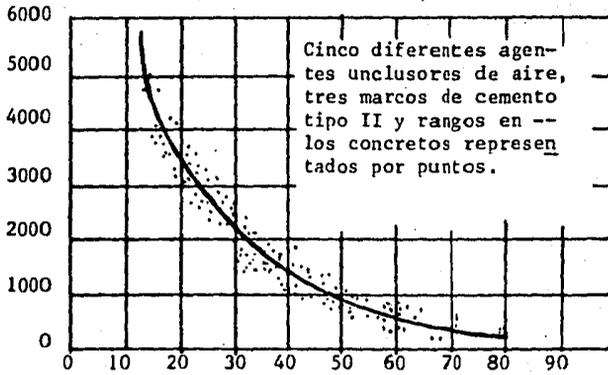
PRIMEDIO A LOS 28 DIAS DE ESFUERZO DE COMPRESION (P.S.I.)



CURVA PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO CON Y SIN INCLUSION DE AIRE.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAYME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IIIA-2

ESFUERZO DE COMPRESION A LOS 28
DIAS (libros por pulgada cúbica).



RELACION DE AIRE+AGUA-CEMENTO POR VOLUMEN
ABSOLUTO.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IIIA-3

cia que esta en función de la relación huecos/cemento. Por lo tanto, en un miembro presforzado es más importante asegurar la uniformidad de resistencia.

Es práctica general especificar una menor resistencia del concreto en la transferencia, que su resistencia a los 28 días; esto es deseable con el objeto de permitir una temprana transferencia del presfuerzo al concreto. En esta etapa, el concreto no esta expuesto a sobrecargas externas, la resistencia solo es necesaria para proteger contra fallas en el anclaje y una deformación plástica excesiva. Por ejemplo, en el trabajo de pretensado, frecuentemente es necesaria una resistencia de 245 Kg/cm² en la transferencia para una resistencia de 350 Kg/cm² especificada a los 28 días.

b) Técnicas de manufactura.

La mayoría de las técnicas para elaborar un buen concreto ya sea simple o reforzado, puede aplicarse al concreto presforzado; sin embargo, deben tomarse en cuenta ciertos factores tales como: no disminuir la alta resistencia requerida, no producir efectos adversos como lo dan la inducción de conexión a los alambres de alta resistencia en la tensión, no aumentar apreciablemente la deformación plástica y el cambio de volumen en el concreto, que procede a la regulación de la cantidad usada en la mezcla.

- Aunque el concreto a base de cemento portland (tipo III), con resistencia rápida, genera contracciones ligeramente mayores que las alcanzadas con el cemento portland normal tipo I, en el primero la pérdida de pretensado debido a los cambios de volumen es menor.

- Por otro lado, desde que el concreto pretensado es precolado aumentan las deformaciones causadas por la contracción y el elevado calor de hidratación típica del cemento tipo III. En la estructura expuesta a la acción del agua del mar, se recomienda el uso del cemento portland tipo II modificado.

- Los diferentes tipos de aditivos que se usan normalmente en obras de pretensado son: retardantes de fraguado rápido, plastificantes, para reducir la cantidad de agua de la mezcla y aditivos que anotan aire para dar al concreto mayor resistencia al deterioro.

Por lo general, el uso de aditivos que mejoran las condiciones de trabajo es recomendable, siempre y cuando no contengan cloruros de calcio y otros cloruros que causan corrosión por esfuerzo o por picaduras en los cables pretensados.

c) Características de deformación.

En el concreto presforzado, es tan importante conocer las deformaciones como los esfuerzos, esto es necesario para estimar la pérdida de presfuerzo en el acero y para tenerlo en cuenta para otros efectos del acortamiento del concreto. Tales deformaciones pueden clasificarse en cuatro tipos: deformaciones elásticas, plásticas o por plasticidad, laterales y deformaciones por contracción.

- Deformaciones elásticas.

El término deformación elástica es quizá un poco ambiguo, puesto que la curva esfuerzo-deformación para el concreto es raramente una línea recta aún a niveles normales de esfuerzo, pero eliminando las deformaciones plásticas de esta consideración la porción inferior de la curva esfuerzo-deformación instantánea es relativamente recta, puede llamarse convenientemente elástica. Entonces es posible obtener valores para el módulo de elasticidad del concreto. Ver Fig. IIIA-4. El módulo varía con diversos factores: notablemente; con la resistencia del concreto, la edad del mismo, las propiedades de los agregados y el cemento, y la definición del módulo de elasticidad en sí. Aún más, el módulo puede variar con la velocidad de la aplicación de la carga y con el tipo de muestra, ya sea un cilindro o una viga. Por lo consiguiente, es casi imposible predecir con exactitud el valor del módulo para un concreto dado.



CURVA TIPICA ESFUERZO-DEFORMACION PARA EL CONCRETO DE
350 kg/cm^2

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M	
E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IIIA-4

Con un valor promedio para el concreto a los 28 días y para los esfuerzos de compresión hasta cerca de 0.40 f'c el módulo para el concreto de alta resistencia tal como se emplea para la construcción presforzada, ha sido aproximado - mediante la fórmula empírica de Jensen,

$$E_c = \frac{6 \times 10^6}{1 + (2000/f'c)} = \text{lb} \text{ in}^2$$

La cual da valores más correctos para un f'c de aproximadamente 350 Kg/cm². = 5000 lb/in².

Otro procedimiento empírico esta dado por la fórmula - propuesta por Hognestad,

$$E_c = 1'800,000 + 460 \text{ f'c}$$

La cual da valores similares a la anterior.

En lo que se refiere al módulo de elasticidad del concreto en tensión no hay mucho trabajo de investigación pero generalmente se supone que antes de agrietarse, el módulo - promedio sobre una longitud de varios centímetros es el mismo que el de compresión, mientras que el módulo local en -- tensión varía grandemente.

- Deformaciones laterales.

Estas deformaciones se calculan por la relación de -- Poisson, debido al efecto de esta relación; disminuye ligeramente la pérdida del presfuerzo en el presforzado biaxial la relación de Poisson varía de 0.15 a 0.22 para concreto - promediando alrededor de 0.17.

- Deformaciones plásticas.

La plasticidad en el concreto es definida como la de--formación dependiente del tiempo que resulta de la presen--cia de un esfuerzo.

Existen pocos datos concernientes a la plasticidad del

concreto bajo esfuerzos altos, algunas de estas parecen indicar que cuando el esfuerzo soportado está en exceso de -- aproximadamente $1/3$ de la resistencia a la ruptura del concreto, la relación del incremento de deformación con el esfuerzo tiende a elevarse. Es posible que este aumento pueda ser muy pronunciado cuando el esfuerzo se acerque a la resistencia a la ruptura del concreto.

Después de remover el esfuerzo de apoyo, parte de la plasticidad puede recuperarse con el transcurso del tiempo generalmente. Se necesita más tiempo para recuperar la plasticidad que para que suceda el escurrimiento plástico. Por la cantidad de datos disponibles, se puede establecer que aproximadamente se recuperará del 80 al 90% de la plasticidad en el mismo tiempo que se ha necesitado para el escurrimiento plástico.

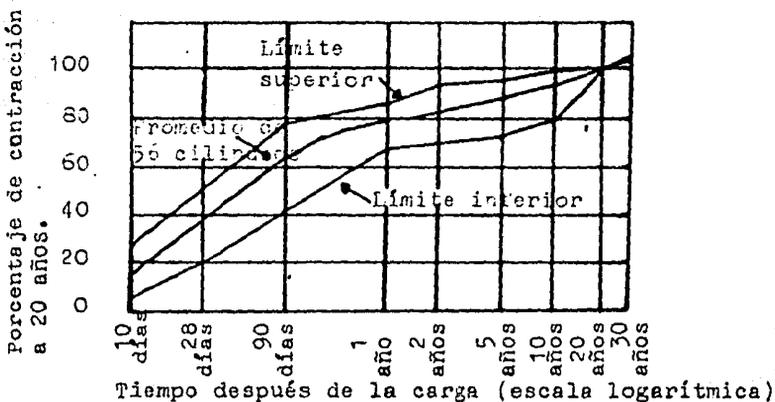
De la cantidad total de deformación plástica, se puede estimar que se presenta $1/4$ dentro de las dos primeras semanas después de la aplicación del presfuerzo, otro $1/4$ dentro de los 2 a 3 meses, otro $1/4$ al transcurrir un año, y la última cuarta parte en el trayecto de varios años. Ver figura IIIA-5a.

- Deformaciones por contracción.

La contracción en el concreto es debido al secado y a cambios químicos que dependen del tiempo y de las condiciones de humedad, pero no de esfuerzos; por lo menos, una parte de contracción resultante por el secado del concreto es recuperada con la restauración del agua perdida.

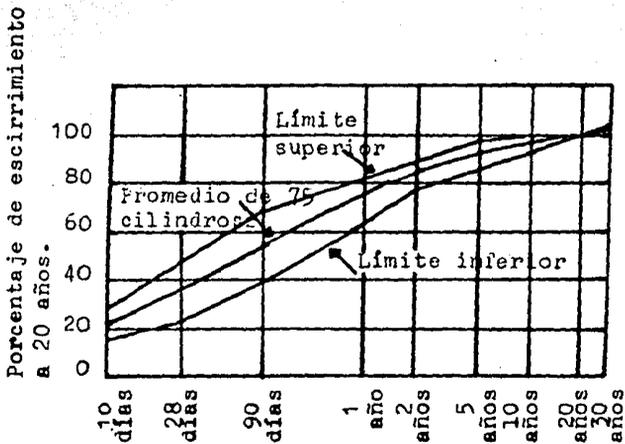
La magnitud de esta deformación también varía con diversos factores, y puede fluctuar desde 0.00 hasta 0.001 mm. o más.

La figura IIIA - 5b muestra algunas curvas típicas de la relación contracción-tiempo. La contracción del concreto es en cierto modo proporcional a la cantidad de agua empleada en la mezcla.



CURVAS RELACION SECADO CONTRACCION-TIEMPO

(b)



CURVAS DE RELACION ESCIRRIMIENTO PLASTICO-TIEMPO

(a)

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M	
E.N.E.P. ACATLAN	
	CORTES BANCHEZ JAIME E. CRUZ BASTISTA PEDRO
	FIGURA IIIA-5

La cantidad de los agregados también es una consideración importante; los agregados duros y densos de baja absorción y módulo de elasticidad alto exhibirán una baja contracción. El concreto que contenga caliza dura, se supone que tiene una contracción menor que el que contiene granito, basalto y arenisca de igual grado.

La magnitud de la contracción varía ampliamente, dependiendo de las condiciones individuales; con el objeto de diseño un valor promedio de deformación por contracción será de 0.0002 hasta 0.0004 para las mezclas usuales de concreto empleadas en la construcción de presfuerzo. El grado de contracción depende grandemente de las condiciones del tiempo y de las estructuras reales expuestas a la atmósfera.

2.2 ACERO PARA PRESFUERZO.

El acero de alta resistencia es prácticamente el material universal para producir el presfuerzo y poder dar al concreto los esfuerzos internos necesarios.

Las formas en que se puede presentar el acero de alta resistencia a la tensión son: alambres, cables o torones y varillas.

a) Alambres.

Los alambres de alta resistencia pueden ser galvanizados o sin recubrimiento, presentado una considerable diferencia en su resistencia. El diámetro de los alambres varía desde 2 hasta los 8 mm., siendo el de 4 mm más frecuentemente usado para elementos estructurales.

El requisito de resistencia a la tensión en los alambres para concreto presforzado, varía desde 16550 hasta 17606 Kg/cm² para 7 y 5 mm de diámetro respectivamente. Como se puede apreciar, mientras más pequeño sea el diámetro, más alta es su resistencia unitaria a la ruptura, proporcionando además, mejor adherencia lo que es de suma importancia para el pretensado.

En la figura III A - 6a se muestra una curva de la variación típica de la resistencia con el diámetro; desde -- luego, la resistencia real varia con la compresión y fabricación del acero.

Con el fin de ahorrar mano de obra y costos de anclaje es preferible usar alambres con diámetros mayores en el caso de los sistemas de postensado. Por ejemplo, para los -- sistemas Freyssinet y Magnel, los anclajes se fabrican para los alambres de 5 y 7 mm. En la figura IIIA - 6b se mues-- tra un diagrama típico de esfuerzo-deformación.

b. Cables o Torones.

El torón puede estar formado de 7, 19, 37 o más alam-- bres galvanizados o sin recubrimiento, siendo el primero el más comunmente usado.

El torón de diámetro pequeño está constituido por 7 -- alambres, dispone de un alambres central encerrado estrecha mente y con espaciamento uniforme. Este torón es el tipo -- predominante y el más comunmente usado en la construcción -- pretensada. El diagrama esfuerzo-deformación de un torón -- es similar al del alambre individual.

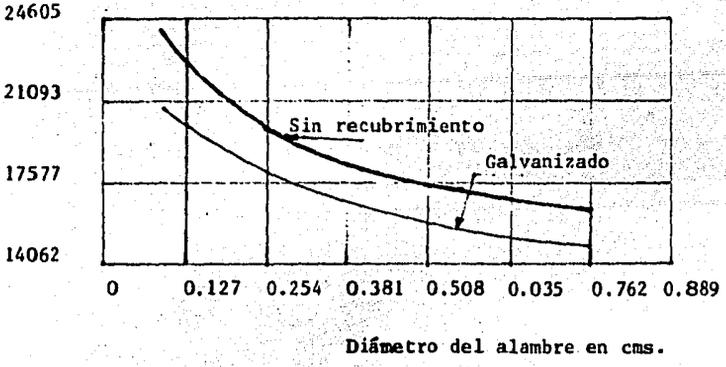
El de diámetro mayor se utiliza en la construcción a -- base de sistemas postensados, debido a que no se le puede -- dar un tratamiento final para aliviar los esfuerzos exter-- nos, alguna de sus cualidades físicas difieren de las co-- rrespondientes al torón de diámetro pequeño. Las pruebas -- de aceptación, cuando se requieren deberán basarse a las -- propiedades del torón y no en la de los alambres individua-- les.

Las características generales de este tipo de torón se especifican en la tabla III A-1.

c. Varillas.

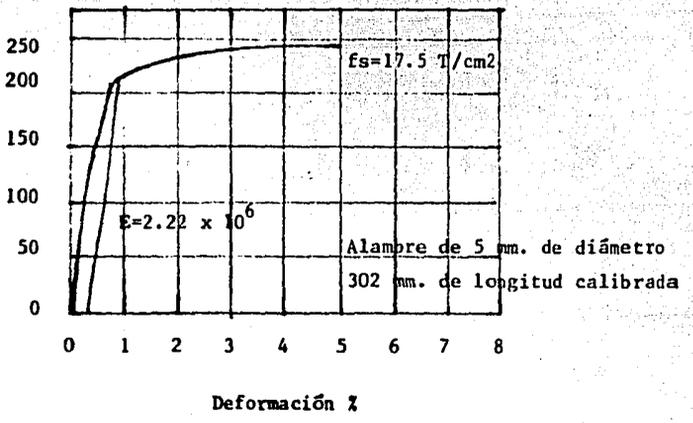
Se fabrican de acero (*aleación de alta resistencia*), -- con una resistencia mínima a la tensión de 10 195 Kg/cm², --

Resistencia a la ruptura por tensión Kg/cm²



(a)

ESFUERZO lb/in² x 10³ (÷14.2=τ/cm²)



(b)

CURVAS DE RESISTENCIA PARA LOS ALAMBRES DE PRESFUERZO

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M	
E.N.E.P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIG. III A-6

DIAMETRO NOMINAL DEL ALAMBRE CM.	ROMPIMIENTO DEL ESFUERZO DEL ALAMBRE - MIN. LB.	AREA NOMINAL DE ACERO DEL ALAMBRE PULG2	PESO NOMINAL DEL ALAMBRE lb POR 1000ft	A.5 CARGA NOMINAL AL 1% DE EXTENSION LB
GRADO 250				
0.255	9 000	0.036	122	7 650
0.313	14 500	0.058	197	12 300
0.375	20 000	0.080	272	17 000
0.438	27 000	0.108	367	23 000
0.500	36 000	0.144	450	30 600
GRADO 270				
0.375	23 000	0.085	290	19 550
0.436	31 000	0.115	390	26 350
0.500	41 300	0.153	520	35 100

CARACTERISTICAS GENERALES DE TORONES.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA
	INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAINE E.
	CRUZ BAUTISTA PEDRO
TABLA III A-1	

para todos los diámetros.

Estas varillas están disponibles con una longitud hasta de 24.5m, debiéndose esta restricción a la dificultad -- del transporte. Su longitud se puede limitar aún más, para evitar ésta restricción hay disponibles acoplamientos de -- casquillo, para unir las varillas hasta la longitud deseada. En la gráfica mostrada en la figura III A-7 se muestran -- las curvas típicas de presentación del acero, y en la tabla IIIA-2 se muestran las características del acero para pres -- fuerzo.

3. REQUISITOS DE MANUFACTURA.

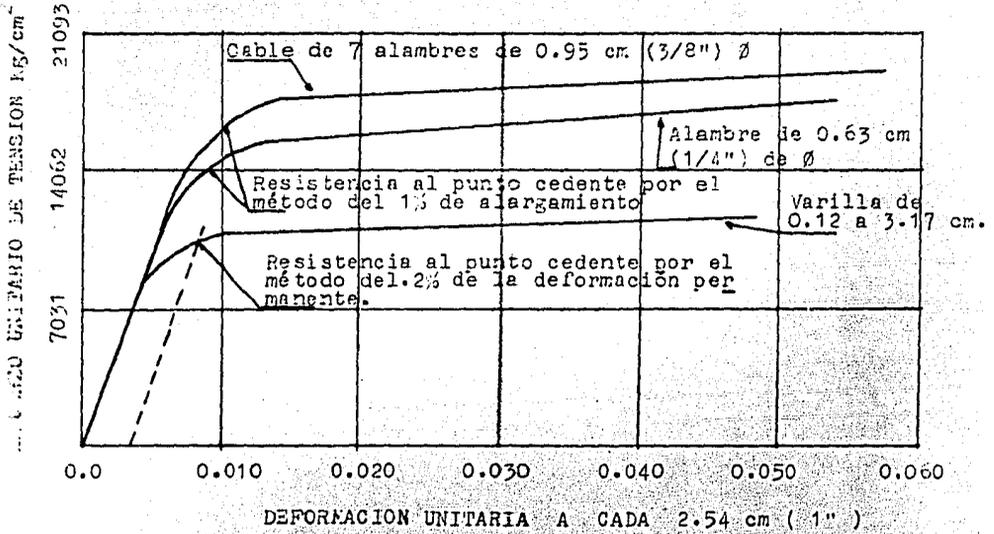
Los elementos de concreto presforzado están compuestos de concreto y acero de alta resistencia.

Los esfuerzos de proyecto son controlados minuciosamen -- te, pero el comportamiento en servicio depende de que el -- concreto y acero sean colocados correctamente dentro de los moldes, embebido el acero en ductos colocados y fijados con precisión. Este tipo de construcción se requiere que el -- trabajo sea hecho cuidadosamente, requiriéndose también de -- una mano de obra calificada. Otros requisitos importantes -- son los siguientes:

Las mezclas que tengan un revenimiento bajo y alto con -- tenido de cemento, se deben colocar en el menor tiempo posi -- ble después de completar el mezclado, para evitar pérdida -- de manejabilidad.

El concreto se debe depositar lo más cerca posible de -- su posición definitiva, el método de colocación debe ser -- tal, que no tenga lugar la segregación de los materiales.

Para producir un concreto denso y bien compactado, es -- necesario aplicar vibrado interno o externo o bien ambos. -- Los vibradores se usan para mover horizontalmente al concre -- to dentro del molde, debiéndose evitar llevar hasta un gra -- do excesivo la operación de vibrado. Cuando se aplica vi -- bración interna, las cabezas de los vibradores deben ser me --



CURVA TIPICA ESFUERZO-DEFORMACION PARA ACEROS DE PRESFUERZO

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E.
	GRAZ BAUTISTA PEDRO
FIGURA IIIA-7	

NOMBRE Y DESCRIPCION.	RESISTENCIA (mínimas) Kg/cm ²	LIMITE ELASTICO (mínimo)	ALARGAMIENTO TOTAL (mínimo)
Alambre de alta resistencia a la tensión ASTM A 421.	16 550 (7 mm Ø) 17 606 (4.9 mm Ø)	Al menos 80% de resistencia para 1% de alargamiento.	4.0% (254 mm de longitud calibrada).
Torón de 7 alambres sin recubrimiento para concreto - presforzado ASTMA 416.	17 606 (7.5 y 12.7 mm Ø). 17 441 (11.1 mm Ø)	Al menos 85% para la resistencia especificada a 1% de alargamiento.	3.5% (610 mm de longitud calibrada).
Varillas de aleación de acero de alta resistencia AISI 5160 o AISI 9260.	10 211 (para todos los diámetros).	Al menos 90% de la resistencia especificada a 0.2% de formación permanente.	4.0% (longitud calibrada equivalente a 20 diámetros).

CARACTERISTICAS DE LOS TIPOS DE ACERO QUE SE UTILIZAN NORMALMENTE
PARA EL PRESFORZADO.

TESIS	LICENCIATURA
PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
U N A M	
E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO TABLA III A-2

5/.

nores que la mínima distancia entre ductos o acero para presfuerzo. Se deben tomar todas las precauciones necesarias para evitar algún daño o sacar fuera de alineamiento a los ductos para el acero de postensado.

También se debe tener presente que la operación de vibrado no es un sustituto de la manejabilidad del concreto. Para especificar un revenimiento se debe usar el criterio apropiado al caso y usar métodos aprobados de vibración para alcanzar el máximo de compactación.

El curado se deberá iniciar poco después de la operación de acabado, si se usa curado a temperatura alta, se deberá permitir un tiempo de fraguado inicial antes de aplicar el calor. Debiéndose prolongar hasta que se alcance la resistencia requerida para la aplicación de la fuerza de presfuerzo. Previamente al periodo de curado, el concreto fresco debe protegerse de la lluvia o de la pérdida rápida de humedad. El secado rápido se debe evitar hasta que se obtenga la resistencia requerida.

Cuando el curado sea a alta temperatura, la proporción o velocidad de calentamiento y de enfriamiento deberá controlarse para solucionar el agrietamiento debido a la variación brusca de temperatura; cuando se necesita fabricar miembros presforzados con características idénticas, las condiciones de curado deberán ser uniformes.

Los moldes para elementos pretensados se deben construir de manera que permitan movimientos del mismo, sin que reciba algún perjuicio durante la operación de transferencia de presfuerzo.

En el caso de los moldes para elementos postensados se deben construir para reducir al mínimo la resistencia a la contracción y al acortamiento elástico al aplicar el presfuerzo.

3.1 REQUISITOS DE COLOCACION Y APLICACION DE ACERO PARA PRESFUERZO.

La localización del centro de gravedad del acero para presfuerzo, fuerza inicial y final, y las pérdidas supuestas debido a la fluencia, contracción, acortamiento elástico y fricción, que estén anotados en los planos, deberán basarse en el uso de materiales especificados. Se podrán usar otros materiales no especificados siempre y cuando sean capaces de dar los mismos resultados.

A menos que se indiquen las tolerancias permitidas para la localización del acero, éstas variaran en más-menos - 3 mm hasta 6.4 mm, dependiendo del tamaño del miembro.

a. Acero para pretensado,

- El acero para pretensado se debe mantener completamente limpio y seco. Previamente a la operación de colado, se deberá quitar cualquier materia extraña; grasa, aceite, pintura y herrumbre suelta; y se verificará que la superficie del acero no este picada, en algunos casos se permitirá una ligera capa de herrumbre siempre y cuando esta no este suelta,

En concreto, el acero para pretensado que vaya anclado por adherencia, no se recomienda el uso de alambre galvanizado,

- La fuerza para presfuerzo deberá determinarse midiendo el alargamiento y verificando la presión del gato con un manómetro calibrado. La medida del alargamiento generalmente da resultados mas consistentes; cuando haya una diferencia mayor del 5% entre el esfuerzo en el acero determinado por alargamiento y el determinado en la lectura del manómetro se deberá investigar la causa de la discrepancia y hacer correcciones necesarias.

Si varios alambres o torones se tensan simultáneamente se deberá tomar todas las precauciones necesarias para aplicar en cada alambre el mismo esfuerzo inicial,

- La fuerza de presforzado deberá ser transferida al concreto en forma suave y gradual. Si ésta fuerza en los alambres

bres o torones se transfiera individualmente se debe establecer un ordenamiento del proceso para la transferencia de fuerzas y evitar que el elemento sea sometido a esfuerzos no previstos.

- Los extremos del acero que vayan a quedar expuestos al intemperismo o atmósfera corrosiva se deben proteger por medio de una capa de material asfáltico, de preferencia debe quedar alojados en una cavidad o caja para después aplicarles una capa de material asfáltico y finalmente cubrirlos con mortero de concreto.

- Todo acero que sobresalga en los anclajes en el presentado, se deben cortar mediante una máquina cortadora evitando cortarlos mediante soplete.

b. Acero para postensado:

- Este acero, se deberá mantener completamente limpio y seco. Cuando se use en construcción de elementos con acero anclado por adherencia se le deberá quitar cualquier materia extraña como: grasa, aceite, pintura y herrumbre suelta; previamente a su colocación dentro de los ductos se permitirá en algunos casos la presencia de una ligera capa de herrumbre, siempre y cuando no este suelta y que la superficie del acero no este picada.

- Si se usan envolturas y recubrimientos sobre el acero que no sea galvanizado, la capa protectora deberá proteger el acero contra la corrosión durante el transporte, almacenamiento, construcción y cuando ya quede en su sitio. Dichas envolturas o forros deberán permitir los movimientos del acero durante la operación de tensado con un mínimo de fricción. A los anclajes y dispositivos en los extremos se les da un tratamiento de protección que esté de acuerdo con el que se haya dado al acero para presforzado, de preferencia deberán quedar alojados en una cavidad o caja, para después cubrirlos con mortero de cemento.

- Los ductos o cavidades para lojar el acero de presfuerzo se forman usando tubería, forros metálicos y otros mate-

riales, se debe colocar en su posición definitiva, asegurando firmemente para mantener el acero dentro de las tolerancias permisibles de colocación, se evitará que antes de las inyecciones en los ductos pueda entrar cualquier materia extraña. Las partes metálicas de los anclajes, que vayan a quedar embebido en el concreto del elemento, se debe sujetar firmemente a los moldes en el sitio y en posición adecuada.

- Los valores del alargamiento total, corregidos por la pérdida supuesta por fricción y por el corrimiento del anclaje y los valores de las presiones correspondientes en los gatos para los incrementos del presfuerzo, deben ser dados por el responsable de la obra. Cuando exista una diferencia mayor del 5% entre el esfuerzo del acero determinado por el alargamiento corregido y el de la lectura correspondiente en el manómetro, se suspenderá la operación de tensado.

- Cuando la fuerza para presfuerzo se vaya a aplicar en más de una etapa, se evitarán los grandes esfuerzos en el concreto durante las etapas intermedias. El responsable de la obra determinará la localización y magnitud de estas fuerzas que se vayan a usar para cada etapa, así como las cargas permisibles exteriores que se puedan colocar sobre el elemento. Para los anclajes de tipo de fricción, el fabricante debe especificar el deslizamiento tolerable que se debe esperar al efectuar el apoyo en los dispositivos de anclaje.

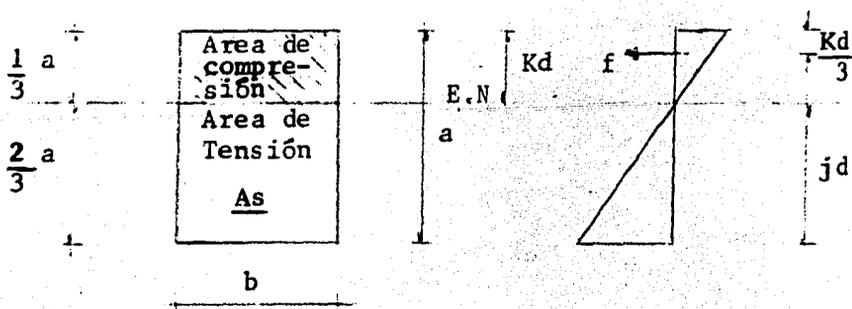
- Cuando se especifique inyectar los ductos de los miembros postensados, debe tenerse cuidado que el mortero fluido o la lechada de la inyección llene completamente los vacíos de todos los conductos o cavidades.

B. ALTERNATIVAS PARA SALVAR GRANDES CLAROS.

El concreto armado ordinario, que tanto se ha extendido en toda clase de construcciones normales, no ha podido competir con las estructuras de acero o en las obras donde se requiera salvar grandes claros, debido a razones económicas.

El concreto reforzado en forma convencional, se vuelve masivo e impráctico para claros mayores de 12 mts. teniendo se en cuenta que la carga muerta de una estructura de concreto armado aumenta aproximadamente como el cuadro de la longitud del claro.

La causa principal de la inferioridad del concreto armado en los grandes claros, es debida a que no se aprovechan adecuadamente las resistencias de los materiales en los elementos sometidos a flexión, desperdiciandose la del concreto que trabaja a tensión, la cual en la mayor parte de los casos son las 2/3 partes del total del concreto, que por estar en el eje neutro al tercio de la altura, como se muestra en el siguiente esquema.



Distribución de esfuerzos en el concreto armado.

Como además la distribución de esfuerzos en la zona -- comprendida no es rectangular sino triangular, siendo por -- tanto el esfuerzo medio la mitad del máximo, puede decirse que solo una sexta parte del concreto total se utiliza eficientemente.

Ocurre además que en el concreto amado se emplea por lo general acero comercial ordinario, pues no tiene objeto usar el de alta resistencia, que tiene el mismo módulo de elasticidad ($2'100,000 \text{ Kg/cm}^2$), porque su alargamiento bajo grandes esfuerzos sería considerable si se aprovechara su gran resistencia a tensión, lo que produciría grietas en la zona de tensión del concreto. Por ello, no se admite un esfuerzo de trabajo a tensión en el acero mayor de 2100 Kg/cm^2 (generalmente se calcula con 1265 Kg/cm^2) y aunque se fabrica acero de 25000 Kg/cm^2 de resistencia máxima no se obtendría con él ninguna economía en el concreto armado corriente.

Por otra parte, la adherencia entre el concreto y el acero que es uno de los principios fundamentales en la construcción del concreto armado, se muestra que generalmente es insuficiente cuando las varillas de armado tienen más de 2.5 cm de diámetro y cuando se utilizan altos esfuerzos de trabajo en el acero. Este inconveniente se agudiza cuando hayan de ponerse varias capas sucesivas de varillas, limitando también el uso de concreto armado en grandes claros.

Para salvar estos inconvenientes y extender la competencia del concreto armado con las estructuras de acero en claros mayores, el uso de los elementos de concreto presforzado es lo más adecuado, porque además de reducir los costos en relación del concreto armado convencional, disminuye la sección, peraltes y peso de los elementos estructurales. En casos especiales aumenta la duración o vida del elemento evitando grietas.

Si se tienen en cuenta los altos costos de conservación de las estructuras de acero y su mayor sensibilidad a las sobre cargas y vibraciones, se llega a la conclusión que el concreto presforzado puede competir con ventajas sobre --

las estructuras de acero para salvar grandes claros.

En los calculos comparativos de la altura de una viga rectangular, se utiliza para concreto presforzado un esfuerzo de compresión admisible $f'c=148 \text{ Kg/cm}^2$ y un esfuerzo de tensión admisible $f'c= 10.5 \text{ Kg/cm}^2$, mientras que para el concreto ordinario solo se considera un esfuerzo de compresión admisible de $f'c= 105 \text{ Kg/cm}^2$. En conclusión: la altura de una viga rectangular de concreto presforzado se reduce en un 40% en relación con la de una viga de concreto armado ordinario; es decir, una viga rectangular que precise de 1.83 m. de altura con concreto armado corriente y un esfuerzo a compresión de 105 Kg/cm^2 , sólo necesitará una altura de 1.10 m. con el presforzado, si se admiten en éste 148 Kg/cm^2 , y aunque es evidente que algo de esta reducción se debe al mayor esfuerzo admitido por las consideraciones antes indicadas, una parte importante de ellas corresponde a las distintas formulas empleadas, las cuales, empleando el mismo esfuerzo admisible a compresión de 105 Kg/cm^2 para ambas clases de concreto, dan en el caso del presforzado una reducción de altura del 26%, además en el concreto armado, la cantidad de acero es alrededor de 1.67% mientras en el presforzado solo es del 0.72%, estando por consiguiente sus pesos en proporción de 1.67×1.83 a 0.72×1.1 , es decir de 100 a 26. La reducción del acero es pues de 74%, sin embargo, el costo del acero para presforzar es algunas veces mayor que el corriente; de modo que el costo total del acero no es muy diferente, pero esto no es significativo cuando reducen grandes volúmenes de concreto.

1, CONSIDERACIONES IMPORTANTES PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE CARGA,

El presforzado puede definirse como un artificio mediante el cual se provocan a un material, esfuerzos internos con anterioridad a la aplicación de cargas exteriores, o simultáneamente a éstas en magnitud y distribución tal, que combinados con los que originan las cargas exteriores se produzcan esfuerzos comprendidos dentro de los límites que el material pueda soportar indefinidamente.

Una estructura presforzada difiere, por consiguiente de una no presforzada en su comportamiento. Una viga de concreto simple se flexiona bajo el efecto de su peso propio, deformación que se incrementa al aplicarle en igual sentido otras fuerzas exteriores, sean éstas uniformes, con centradas o móviles; al flexionarse las fibras longitudinales se deforman, acortándose las situaciones arriba del eje neutro, y alargándose las que quedan abajo de éste como resultado de los esfuerzos de tensión y compresión.

En el caso de una viga de concreto reforzado; como el concreto es un material incapaz de soportar esfuerzos considerables de tensión, una gran parte de la zona que queda abajo del eje neutro se agrieta y sólo se considera capaz de admitir esfuerzos de compresión la parte que queda arriba del eje neutro, debiendo tomar todo el esfuerzo de tensión el acero de refuerzo; por lo tanto el concreto abajo del eje neutro, gravita inútilmente.

El artificio del concreto presforzado permite que el comportamiento del elemento bajo las condiciones antes descritas sea diferente, ya que se logra que toda la sección esté sujeta únicamente a esfuerzos de compresión permanentes, aprovechándose íntegramente y evitando el agrietamiento.

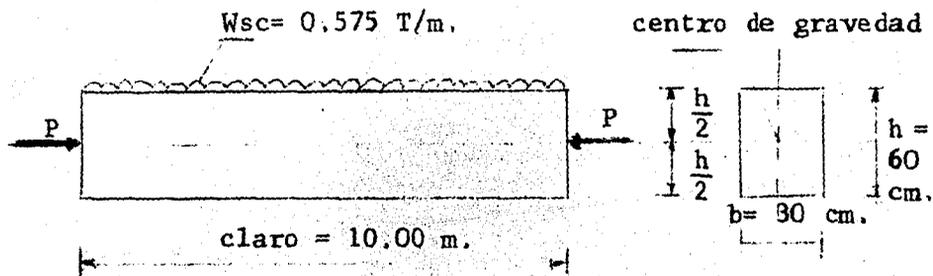
Para hacer objetivo el comportamiento del concreto presforzado y ver en que forma se puede incrementar la capacidad de carga de un elemento, en el siguiente ejemplo, se analizarán los esfuerzos de flexión de una viga libremente

apoyada, de sección rectangular constante en toda su longitud. Los esfuerzos producidos por las diferentes combinaciones de carga se analizarán independientemente, y por superposición se determinarán los esfuerzos resultantes. Estos serán producidos por el presfuerzo, peso propio y sobrecarga; cabe hacer notar que, en vigas el efecto del presfuerzo y el peso propio se combinan simultáneamente en la aplicación del presfuerzo (*esfuerzos a viga en vacío*).

En el siguiente dibujo esquemático se detallan las dimensiones de la viga a la cual se le aplicará una sobrecarga de 575 Kg/m, y se considerará que el esfuerzo de ruptura del concreto de que está construida la viga es de 350 Kg/cm², y que los esfuerzos límites son:

$$f'c \text{ máx} = 0.40 \times 350 = 140 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (compresión).}$$

$$f'c \text{ mín} = 0.00$$



Carga por peso propio:

$$W_{pp} = 0.60 \times 0.30 \times 2.40 = 0.432 \text{ ton/m.}$$

$$\text{Momentos flexionantes máx. } M = \frac{W L^2}{8}$$

$$\text{Peso propio } M_{pp} = \frac{0.432 \times 10^2}{8} = 5.4 \text{ ton-m}$$

$$\text{Sobrecarga } M_{sc} = \frac{0.575 \times 10^2}{8} = 7.19 \text{ ton-m}$$

Esfuerzos en las fibras superior e inferior:

Por tratarse de sección rectangular;

$$f_s = f_i = \frac{6 M}{b \cdot h^2}$$

Peso propio:

$$f_s = f_i = \frac{6 \times 5.40}{0.30 \times 0.60^2} = + \frac{32.40}{0.108} = + 300 \text{ ton/m}^2$$

Sobrecarga:

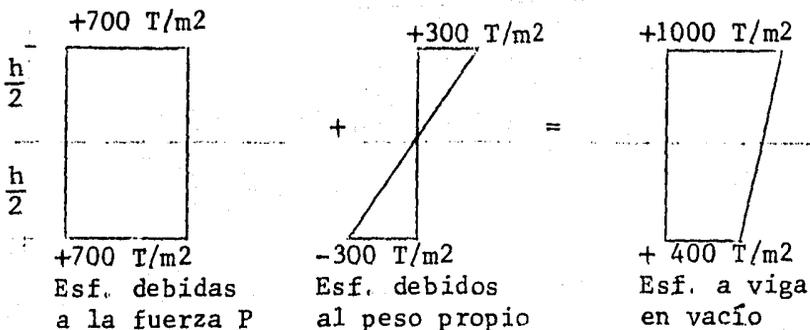
$$f_s = f_i = + \frac{6 \times 7.19}{1.108} = + 400 \text{ ton/m}^2$$

Considerando que a la viga se le aplica en sus extremos y en el centro de gravedad de la sección dos fuerzas de 126 ton. (fuerza de presfuerzo) el esfuerzo producido por esta fuerza a lo largo de toda la viga será:

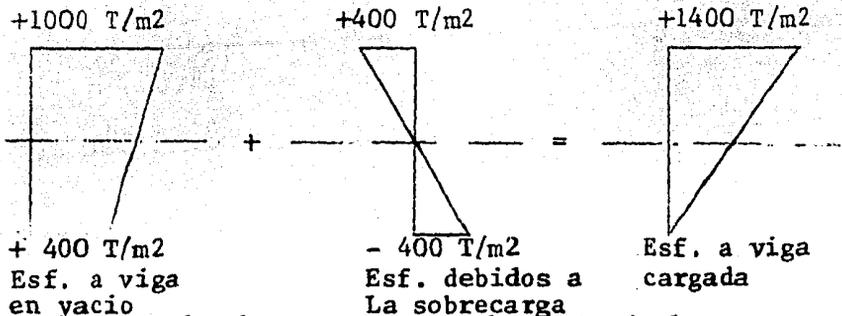
$$f_p = \frac{P}{b h} = \frac{126}{0.30 \times 0.60} = 700 \text{ ton/m}^2$$

Superponiendo los esfuerzos determinados se tendrá:

VIGA EN VACIO Y EN EL CENTRO DEL CLARO.



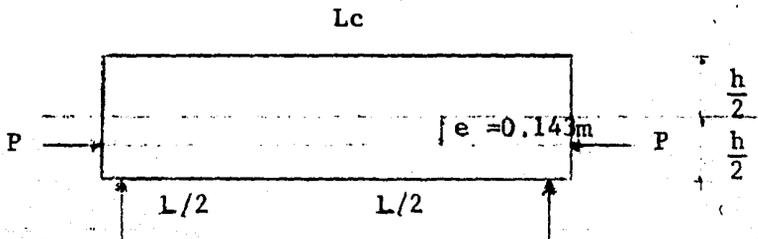
A VIGA CARGADA.



Como puede observarse, por el efecto de las cargas aplicadas en los extremos de la viga, que se llama fuerza de presfuerzo, toda la sección ha tenido en sus dos etapas de carga esfuerzos de compresión dentro de los esfuerzos límites. En consecuencia, al no agrietarse la sección, su análisis se lleva a cabo como si se tratara de una viga de madera o acero.

Ahora bien; si a la viga le aplicamos la misma fuerza de presfuerzo, pero abajo de su centro de gravedad, se verá que su capacidad a la sobrecarga aumenta.

En efecto, si el punto de aplicación queda a 0.143 m. abajo del centro de gravedad los esfuerzos en las fibras extremas a lo largo de toda la viga producidos por la fuerza de presfuerzo serán:



$$f = \frac{P}{b h} + \frac{6P \times e}{b h^2}$$

$$f = \frac{126}{0.18} + \frac{6 \times 126 \times 0.143}{0.108} = 700 + 1000$$

En efecto, la sobrecarga que puede soportar la viga, al aplicar la fuerza de presfuerzo excéntricamente sin sobrepasar los esfuerzos límites fijados, es de 2 ton/m; valor que es mayor en 1.425 ton/m con respecto al ejemplo 1.

Este incremento puede también explicarse de la siguiente manera:

Como la fuerza de presfuerzo está aplicada abajo del centro de gravedad de la sección, le produce a la viga un momento negativo, cuyo valor es igual a la fuerza de presfuerzo por la distancia del punto de aplicación al centro de gravedad; este momento deberá ser equilibrado por el que produzca una sobrecarga adicional, con respecto a aquella que tenía cuando la fuerza de presfuerzo estaba aplicada en el centro de gravedad de la sección.

$$-M = P \times e = -126 \times 0.143 = -18 \text{ ton-m}$$

$$\therefore M_{sc} = 18 \text{ ton-m y } \frac{\Delta W_{sc} L^2}{8} = 18$$

de donde la sobrecarga adicional ΔW_{sc} será igual a:

$$\Delta W_{sc} = \frac{8 \times 18}{100} = 1.425 \text{ Ton/m, que corresponde}$$

al indicado anteriormente.

Como en el ejemplo la carga por peso propio y sobrecarga es uniforme, la variación de los momentos flexionantes a lo largo de la viga es parabólica y el momento producido por la fuerza de presfuerzo es constante, los esfuerzos resultantes sobrepasarían los esfuerzos límites en todas las secciones fuera del centro del claro; por lo tanto, es necesario que la posición de la fuerza de presfuerzo a lo largo de la viga sea variable; como se ha considerado que la fuerza está aplicada exteriormente en los extremos de la viga, no es posible cambiar su punto de aplicación a lo largo de ésta, ni tampoco resulta fácil mantener aplicada esta fuerza en tal forma, por lo que se recurre al empleo de cables de acero de alta resistencia, cuyos esfuerzos a la ruptura

están comprendidos entre los 10,000 y 17,000 Kg/cm².

La posición del cable se determina encontrando los puntos de aplicación de la fuerza de presfuerzo, para obtener los esfuerzos límites a viga en vacío y a viga cargada, a lo largo de ésta.

En el ejemplo anterior, el diagrama de esfuerzos en el centro del claro o viga vacía es triangular, con esfuerzo límite en las fibras inferiores por lo tanto, la compresión resultante estará aplicada a un tercio de "h" o a un sexto de "h" respecto al centro de gravedad de la sección; y por equilibrio la fuerza de presfuerzo es igual a la compresión resultante, por lo tanto, el momento resistente será igual a:

$M_{\text{resistente}} = T \left(e - \frac{h}{6} \right)$, que es igual al momento por peso propio, de donde se obtiene que:

$$e = \frac{M_{pp}}{T} + \frac{h}{6} \quad ; \text{ para el extremo de la viga.}$$

$M_{pp} = 0$, y $e = \frac{h}{6}$ valor límite del núcleo central de

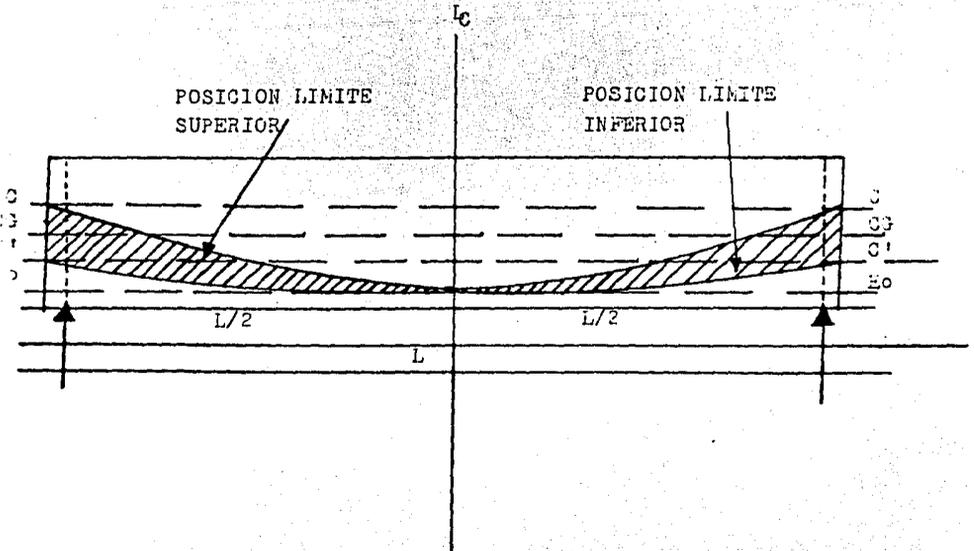
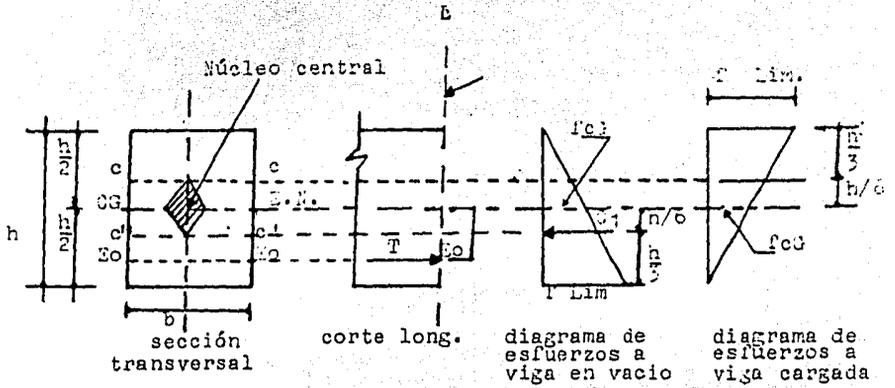
la sección, que en este caso corresponde al límite inferior.

Como el diagrama de esfuerzos al centro del claro a viga cargada también es triangular, siguiendo un razonamiento análogo se obtiene $e = -\frac{h}{6}$ que corresponde al límite superior del núcleo central.

De lo anterior se deduce que el cable de presfuerzo deberá quedar alojado a lo largo de la viga dentro de las dos posiciones límites o sea dentro de la parte asegurada, para no sobrepasar los esfuerzos límites, bajo las dos condiciones de carga.

En el ejemplo propuesto se determinó como valor máximo de la sobrecarga $2 T/m^2$, sin embargo, es posible incremen--

CON LOS SIGUIENTES ESQUEMAS SE ACLARA LA IDEA



tar este valor, o sea aplicable a la viga ya cargada una nueva sobrecarga, para lo cual se requiere un nuevo esfuerzo.

Considerando este nuevo presfuerzo de 74 ton. aplicado a 24 cm. del centro de gravedad de la sección, los esfuerzos al centro del claro serán:

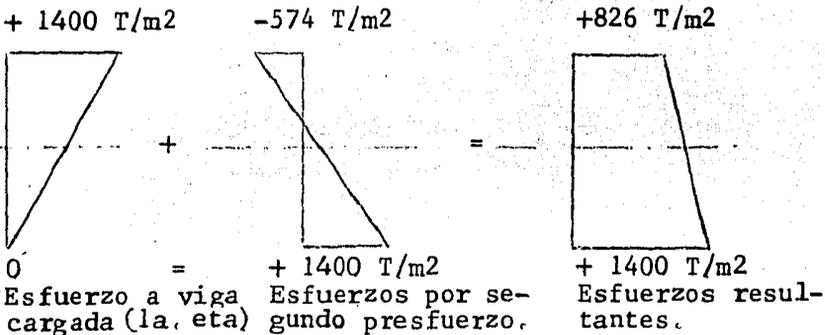
$$f = \frac{p'}{b h} + \frac{6p'e'}{b h^2}$$

$$f = \frac{74}{0.18} + \frac{6 \times 74 \times 0.24}{0.108} = 413 + 987$$

$$f_s = 574 \text{ Ton/M}^2 \text{ (tensión)}$$

$$f_i = 1400 \text{ Ton /M}^2 \text{ (compresión)}$$

Los esfuerzos resultantes serán:



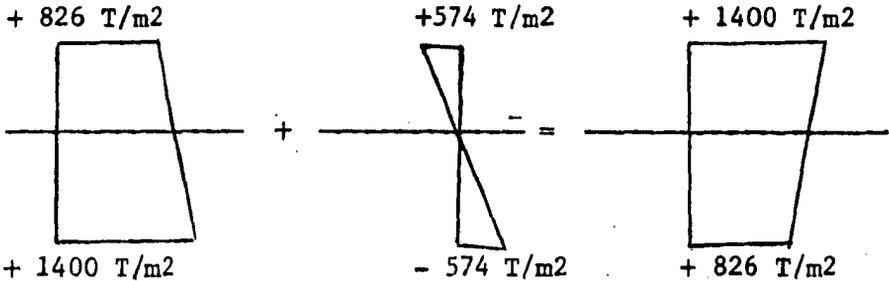
Es fácil observar que los esfuerzos que puede producir la nueva sobrecarga serán $f = + 574 \text{ Ton/M}^2$ para obtener los esfuerzos límites en la fibra superior, por lo tanto el valor de la sobrecarga será:

$$f_{sc2} = \frac{6 M_{sc2}}{b h^2} = 574$$

$$M_{sc2} = \frac{0.108 \times 574}{6} = 10.3 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

$$y W_{sc2} = \frac{8M}{100} = \frac{8 \times 10.3}{100} = 0.825 \text{ Ton/m.}$$

En las condiciones anteriores los esfuerzos son:



Si se le aplica a la viga un nuevo presfuerzo, con la misma excentricidad anterior, de tal manera que en la fibra inferior se produzca el esfuerzo límite:

$$f_i = \frac{p''}{A} \left(1 + \frac{6e}{h} \right) = 1400 - 846 = 574 \text{ Ton/m}^2$$

$$p'' = \frac{A \times 574}{1 + \frac{6e}{h}}$$

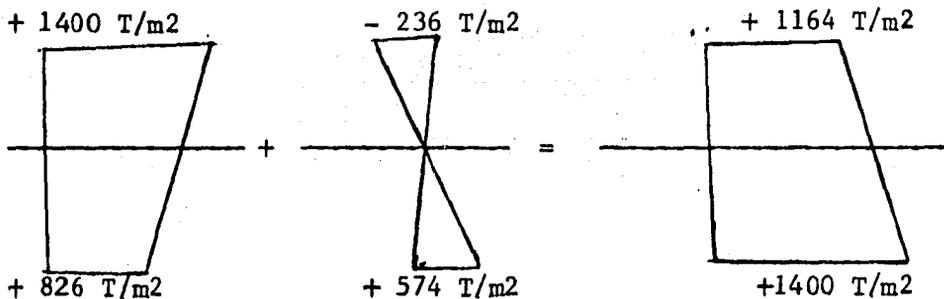
$$\text{Entonces } p'' = \frac{0.18 \times 574}{1 + \frac{6 \times 0.24}{0.6}} = 30.4 \text{ ton.}$$

El esfuerzo en la fibra superior vale:

$$f_s = \frac{30.4}{0.18} \left(1 - \frac{6e}{h} \right) = \frac{30.4}{0.18} \cdot 1.4 = 236 \text{ Ton/m}^2$$

Y los esfuerzos resultantes serán:

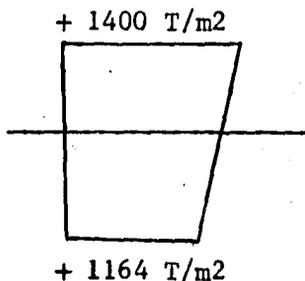
...



El valor de la sobrecarga es ahora:

$$W_{sc3} = \frac{4 b h^2}{3 L} = f_s = \frac{4 \times 0.108 \times 236}{3 \times 100} = 0.34 \text{ Ton/m.}$$

Y los esfuerzos finales:



Aún se podría seguir aplicando presfuerzo y sobrecargas, hasta obtener los esfuerzos límites, tanto en la fibra superior como en la inferior.

Con las tres etapas de presfuerzo aplicadas hasta ahora, el valor de la sobrecarga útil es de $2000 + 0.825 + 0.34 = 3.165 \text{ Ton/m.}$

C. TECNICAS DEL PRESFUERZO.

En términos generales, existen dos formas en que puede lograrse el presforzado del concreto por medio de elementos de acero, siendo estas, el pretensado y el postensado. La principal diferencia entre los dos métodos se refiere a la condición del concreto durante el momento en que los elementos de acero se estiran. En el método del pretensado, el acero se estira antes de colar el concreto, mientras que en el del postensado el acero se estira después de que el concreto ha sido colado y solamente cuando tiene la suficiente resistencia para soportar el esfuerzo.

Existen otras diferencias de importancia entre los dos procedimientos. El pretensado; requiere de instalaciones industriales equipadas con lechos de esforzado y equipo de presforzado, además de todos los otros servicios convencionales, e implica una gran inversión de capital. El postensado también puede realizarse en una planta de manufactura, pero se requiere de una proporción considerablemente menor de equipo y servicios en comparación con el pretensado; también permite la construcción de estructuras in situ tal como las armaduras y puentes continuos, losas de construcción y bóvedas laminares que requieren del presforzado pero que no pueden fabricarse en la planta. En las estructuras continuas, en que los cables curvos son más eficientes que los cables lineales, el postensado es de particular utilidad, ya que pueden obtenerse con facilidad pasos curvados por los cables mediante el uso de un vaciado de revestimiento permanente en el concreto. Por otra parte, aún cuando existe la posibilidad de alguna deflexión de los torones con relación a una trayectoria recta en los sistemas de pretensado con dispositivos de retención, siempre constituye un procedimiento limitado y costoso; sin embargo no existen dudas de que la eficiencia del presforzado, debido en términos del costo por kilogramo de carga de tensionamiento es mayor en el sistema de pretensado. Esto es cierto debido a los costos de material y la mano de obra, implicados en el revestimiento adicional, anclajes terminales y cimentación requeridos por el sistema de postensado, asimismo, el tensado individual de los cables en un miembro postensado requie

re de mayor tiempo y esfuerzo a diferencia del tensado simultáneo de todos los torones, lo cual es la práctica usual en las operaciones de pretensado.

1. PRETENSADO.

En el sistema de pretensado se utilizan como elementos de presfuerzo, alambres o torones. Este sistema toma su nombre del hecho de que los torones de acero se estiran antes de que el concreto se haya colado; considerando la forma en que el acero presforzado se mantiene en tal estado hasta que se suelta en el concreto.

a. Sistemas de pretensado.

Existen dos formas de aplicar el pretensado.

El primero, que no es utilizado frecuentemente, consiste en el estiramiento de los torones y anclaje de los mismos directamente en formas de metal; una vez que el concreto ha logrado suficiente resistencia, se somete a la acción del presforzado. En este método, las formas de metal deben tener la suficiente resistencia para soportar la carga de pandeo originada por los torones de acero, esta condición aumenta el costo de tal método.

El segundo, el más frecuentemente usado debido a su adaptabilidad para la producción en serie en las plantas de colado. En el patio de prefraguado se establece un lecho de esforzado sobre el piso; las paredes de anclaje de acero verticales en los extremos que se denominan montantes ó muertos de anclaje, y el equipo de esforzado. Los torones de acero se estiran y se anclan en los muertos verticales, los cuales son bastante rígidos y que generalmente se forman de secciones de acero de ala ancha en cimentaciones de concreto reforzado. Esta técnica: es adecuada para la producción en serie, ya que los lechos de esforzado se hacen lo suficientemente largos de modo que sea posible la fabricación de varios miembros similares de manera simultánea por medio de una sola operación de tensado.

Las mesas de colado, comúnmente así llamadas, tienen una longitud promedio de 107 m, existiendo algunas hasta de 183m de longitud, y una capacidad de 70.4 T/cm² de pretensado. En general el tamaño de las piezas no suele alcanzar -

proporciones muy grandes debido a los problemas de transporte desde los centros de producción a la obra. Estas mesas pueden tener características muy variables, dependiendo de la naturaleza de los productos por fabricar, la magnitud de las fuerzas de presfuerzo para las que haya que proporcionar anclaje, y las propiedades del suelo sobre el que deben apoyarse. En la fig. III C-1 se presenta un esquema de una mesa de colado.

Los lechos de esforzado de algunas plantas disponen de dispositivos de retención para la reflexión de los alambres, por medio de estos dispositivos es posible lograr el perfil deseado para los alambres. Otro de los dispositivos comúnmente usados son para amordazar los alambres de pretensado a los cabezales, que se hace bajo el principio de cuña y fricción. En la figura III C-2 se muestran algunos de los dispositivos para el anclaje.

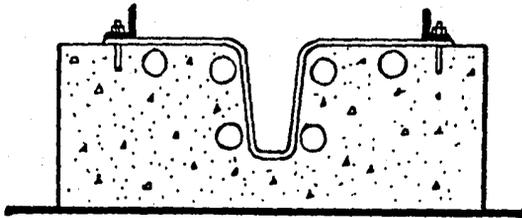
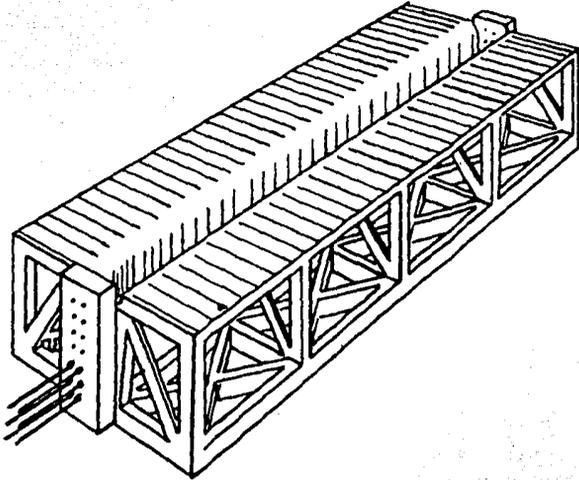
Uno de los componentes principales del sistema de esforzado es, el gato hidráulico el cual debe tener una carrera no menos de 122 cm. de modo que resulte adecuado para el estiramiento de los torones, mediante la operación de una etapa.

La operación final a que se somete el miembro cuando se encuentra en la mesa de colado, consiste en el desprendimiento de los torones con relación a los anclajes terminales; esto se realiza después de que las probetas de prueba han demostrado que el concreto en el elemento ha alcanzado la resistencia especificada. Al liberar los alambres se transmite el presfuerzo a los elementos através de la adherencia entre el acero y el concreto.

Para alcanzar la resistencia requerida lo antes posible, se hace necesario la aplicación de calor húmedo en forma de vapor de agua bajo una cubierta de protección, 2 o 3 horas después de que el concreto se ha vaciado, y continuando el mismo durante un lapso de 12 a 14 horas.

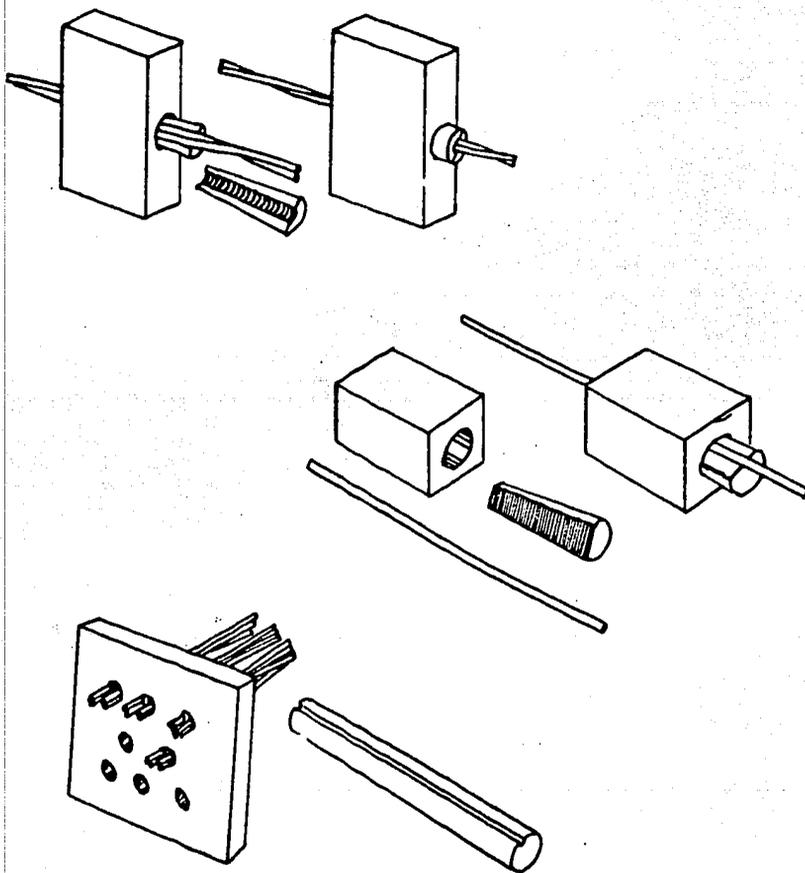
La transportación y levantamiento de los elementos terminados, sigue inmediatamente del cortado de los torones. -

MOLDES O MESAS DE COLADO PARA ELEMENTOS
PRETENSADOS.



TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IIIC-1

DISPOSITIVOS DE ANCLAJE.



TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IIIC-2

El manejo y transportación de estos elementos son bastante importantes para lograr que los costos de producción se mantengan competitivos; en consecuencia, las industrias de pre tensado, deben disponer de todos los servicios para el mane jo y transportación eficiente de los productos terminados. - Asimismo, las plantas se deben localizar de tal modo que se encuentren capacitadas para lograr el máximo de ventaja de los sistemas de carretera y ferrocarril. Normalmente es to permite que los productos se lleven de la planta hacia el lugar de trabajo en forma rápida y económica.

2. POSTENSADO.

2.1 GENERALIDADES DEL POSTENSADO.

El procedimiento de inducir esfuerzos de precompresión en una estructura de concreto, después de colada, y obtenida la resistencia requerida para el postensado, puede en principio considerarse general y, por lo mismo, independiente de los sistemas en particular, que varían tanto en la forma de sujetar el cable durante el tensado, como en la manera de transferir en forma definitiva los esfuerzos logrados al concreto, empleando para ello un anclaje de diseño especial.

Igualmente, se puede hacer extensiva esta consideración, en cuanto al tipo de sección de acero de alta resistencia, ya que puede emplearse acero redondo, liso, de poco diámetro, y barras gruesas o alambres corrugados de sección oval.

A este respecto se puede observar que el acero de sección delgada es más eficiente que las barras gruesas, ya que el tensado acepta alcanzar el 80% del valor de ruptura, valor que es más elevado mientras menor sea el diámetro del acero. Esto se debe a las propiedades físicas del mismo, como su mejor homogeneidad.

En ningún caso puede esperarse lograr efectos de presfuerzo eficientes y económicos, empleando aceros dulces debajo límite elástico, ya que al alcanzar el 80% de éste y presentarse las pérdidas (*acortamiento elástico, relajamiento del acero, etc.*), son tan significativas, que el presfuerzo remanente sería prácticamente nulo; esto no acontece con el acero de alta resistencia, por razones obvias.

Las operaciones de presforzado en sí, pueden generalizarse en el siguiente orden:

- Durante el colado deben correrse los cables constantemente para que no se peguen por la penetración del concreto dentro del ducto.

Para evitar lo anterior se emplea el sistema de lavado con agua durante el colado, para arrastrar la lechada, por lo cual debe dejarse drenaje a los ductos en su parte baja a fin de desalojar el producto de la limpieza.

- Se produce al estudio de los diagramas de esfuerzos, anotando los valores exigidos, con objeto de conocer las fuerzas de gateado necesarias en los respectivos cables, teniendo especial cuidado en los valores de fricción y en la caída de tensión necesaria al final del tensado.

- Conocer la curva esfuerzo-deformación del acero por emplear, y calcular con ella y con los datos de proyecto (*longitudes de cable y tensiones a lo largo del mismo*), las elongaciones por lograr.

- Conocer el funcionamiento del gato, y el área del pistón que recibirá la presión por aplicar durante el gateado, mediante la bomba de inyección regulada con un manómetro. - Investigar el porcentaje de pérdida de eficiencia del gato, respecto a la capacidad teórica determinada con los datos.

- Purgar el gato para expulsar burbujas de aire, basura, etc.

- Verificar o calibrar los manómetros, operación que se efectúa generalmente en el laboratorio.

- Comprobar que el cable corra libremente dentro del ducto, a fin de asegurar que la acción de tensado se distribuya a todo lo largo del cable, para lo cual se golpea en un extremo debiendo salir el cable por el lado opuesto o viceversa.

- Tensado del cable: si se tensa de un solo lado, se aplica primeramente una presión manométrica de 50 Kg/cm² (que debe corresponder, a una fuerza de gateado), hecho esto se marcan en algunos alambres con la mayor exactitud posible, distancias arbitrarias para medir los alargamientos, teniendo la trabe como referencia.

...

A continuación se eleva la presión del manómetro a 100 Kg/cm², y se mide la elongación, y así sucesivamente hasta llegar a la presión prevista para lograr los esfuerzos calculados, teniendo cuidado en ningún caso que excedan del límite elástico convencional del acero, lo que se verifica dividiendo la fuerza aplicada entre el área del cable. Para determinar el alargamiento total efectivo durante el tensado, se anotan los resultados registrados en una gráfica: en el eje de las ordenadas se anotan las lecturas del manómetro y sus correspondencias a fuerza de gateo; en las abscisas, los alargamientos en milímetros; se traza una recta de tal manera que se compensan las desviaciones de los puntos a la recta. Véase la figura III C-3.

- En caso de que por exigencias de proyecto haya necesidad de tensar de los dos lados, se procede en forma semejante, es decir, instalando en ambos extremos gatos de tensado y aplicando al mismo tiempo fuerzas de tensado.

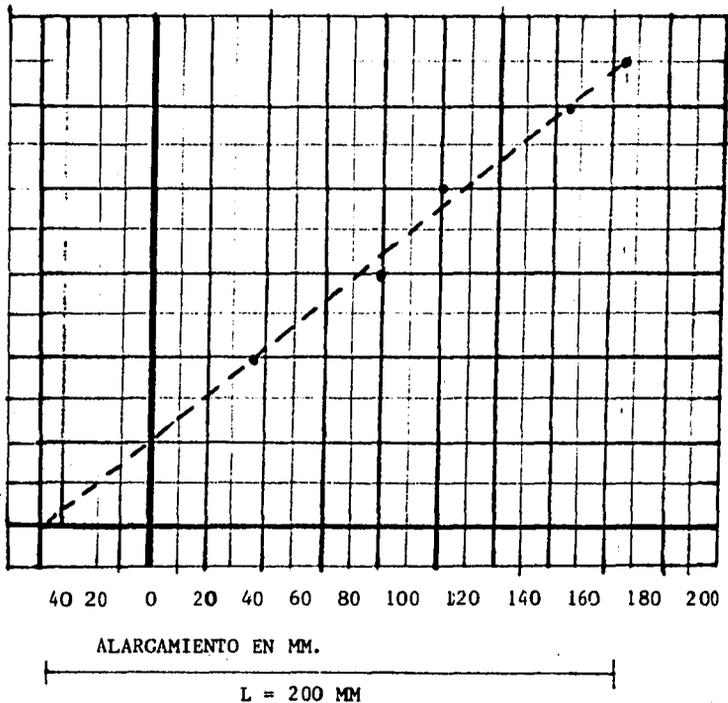
Es usual seguir el siguiente procedimiento para efectuar el tensado con gatos en ambos extremos del cable: si al aplicar 100Kg/cm² en cada extremo los alargamientos en uno y otro lado son sensiblemente diferentes, al elevar la presión de ambos lados a 150 Kg/cm², se deberá aumentar primeramente la presión del lado de menor alargamiento, sosteniendo el otro los 100 Kg/cm², cuando se igualen más o menos los alargamientos, se incrementa la presión en el otro extremo hasta llegar a los 150 Kg/cm², a ambos lados, no debiendo nunca aplicarse distintas fuerzas de tensado, en los extremos del cable, al final de cada una de las etapas del tensado.

- Al final del tensado, la distribución de tensiones a lo largo del cable es variable, siendo menor en el centro y mayor en los extremos.

Se hace preciso por consiguiente, reducir las tensiones máximas sin afectar las exigidas por el proyecto para efectos de trabajo. Normalmente los sistemas de anclaje previenen cierto corrimiento automático del cable hacia adentro de la trabe durante la operación del anclaje, lo que re

GRAFICA PARA DETERMINAR EL ALARGAMIENTO EFECTIVO
DEL TORON DURANTE EL TENSADO.

FUERZA EN TONELADAS



TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIG. III C-3

presenta una caída de tensión en el extremo del cable. Este corrimiento varía de 1 a 8 mm, según el sistema de presforzado que se haya empleado, y el cual es un factor determinante en el diseño.

Son de preferirse los sistemas que permiten los mayores corrimientos al efectuar el anclaje, pues con ello es posible trabajar provisionalmente el acero a mayores esfuerzos.

En sistemas de anclaje rígidos, que no permiten corrimientos al cable, es usual soltarlo bajando la presión de la bomba de inyectado del gato de tensado, de manera de provocar la caída de tensión prevista en el proyecto, aún cuando cabe advertir que los resultados de esta operación son dudosos. Para seguridad de la correcta distribución de esfuerzos se hace necesario, entonces, trabajar el acero a menores esfuerzos por lo que se precisará emplearlo en mayor cantidad.

- Se procede finalmente y a la mayor brevedad posible - *(mínimo a las 8 horas para permitir reacomodos en el acero)*, a efectuar la inyección de la lechada que rellenará el espacio entre alambres y ductos, ya que de lo contrario, pueden correrse los cables por oxidación, fenómeno que crystaliza el acero haciéndolo perder resistencia.

Para el inyectado, se introduce primero agua para la limpieza del cable y del ducto. Después de este lavado se inyecta una mezcla de agua-cemento, con un aditivo para hacer fluida la mezcla; este aditivo deberá tener propiedades de expanderse para evitar las contracciones por fraguado y obtener así una mayor adherencia.

Después que la lechada sale espesa, y de verificar que no arrastra burbujas, se obtura el orificio de salida, y se continúa con la inyección hasta que se rellena completamente el ducto, procediéndose a sellar la entrada.

A continuación se presentan los sistemas más usuales en el postensado de elementos.

2.2 SISTEMAS DE POSTENSADO.

Los sistemas mas comunmente usados son:

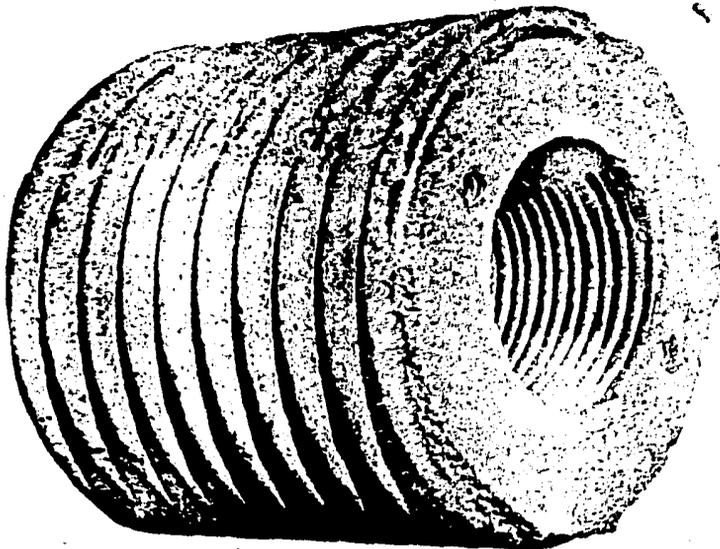
a) Sistema Freyssinet.

En este sistema, los cables estan formados por un haz de alambres de alta resistencia dispuestos en grupos de 8, 10, 12, o 18, de 5 mm de diámetro o de 12 de 7 mm de diámetro, los cuales estan acomodados paralelamente alrededor de un alma de acero ordinario, llamada resorte central, una vez que el cable ha sido así constituido se ata exteriormente con amarres de alambre a cada metro. Manufacturado el cable en la forma expuesta, se introduce en un ducto de lámina, que puede fabricarse en taller o en obra siendo esto último usual en este sistema.

Un problema básico en cualquier sistema de presforzado es, lograr la transferencia del presfuerzo al concreto sin que éste rebase su capacidad de trabajo, sufriendo agrietamientos inadmisibles. Para ello se hace preciso disponer de un sistema de anclaje adecuado.

En este caso, se utiliza un conjunto simple de conos de concreto macho y hembra que actuan a modo de cuña en el anclaje de todos los alambres del cable en forma simultánea y evitando el deslizamiento. La parte hembra consiste en un cilindro de concreto de alta resistencia con un orificio cónico central recubierto de alambre helicoidal, mientras que la parte macho consiste en un tapón de concreto ranurado que separa uniformemente los alambres alrededor de su perímetro y que los acuña en contra del interior del cono hembra., ver figura IIIC-4. En el extremo del esforzado se inserta el cono macho por medio de un gato, ejerciendo una gran presión después que ha ocurrido el presforzado de los alambres; en el extremo del anclaje el cono macho se empuja inicialmente dentro del cono hembra con la suficiente fuerza para sujetar simplemente los alambres, conforme se realiza el efecto del gato y se desarrolla la tensión, el asentamiento del cono macho procede por si mismo.

...



DISPOSITIVOS DE ANCLAJE TIPO FREYSSINET



TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E CRUZ BASTISTA PEDRO
	FIGURA III C - 4

Existe también un tipo de anclaje para cables o torones, este anclaje esta formado por una aleación de acero -- forjado de alta resistencia la cual consta de un cono -- alargado y un tapón ranurado, ver figura IIIC-5, la cuña -- del anclaje origina un efecto de sujeción que esta diseñado específicamente para el postensado de cable o torón grado ASTM o tipo 270 K cada cable de grado ASTM tiene un diámetro de 12.7 mm, dispone de 7 alambres sin recubrimiento. El tipo 270K también cumple con las características y requisitos anteriores, pero es aproximadamente 15% más resistente.

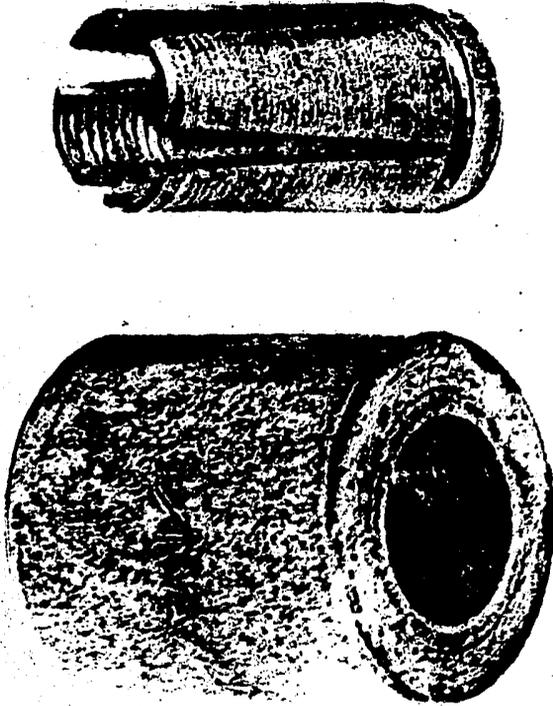
El cable de torones Frayssinet, esta formado de 6, 8, 9 ó 12 torones, disponiendo de un anclaje de torones especial en el extremo, en la figura IIIC-6 se muestra la colocación del cable o torón de 12 alambres de 7 mm.

En la table III C-1 se muestran las principales características de los alambres y cables, para este sistema, y en la figura IIIC-7 se presenta un esquema del gato hidráulico de doble acción.

b) Sistema B. B. R. V. (*Berkenmaier, Brandestini, Ros y Vogt*).

Sistema clasificado como tuerca roseada, debido a que en la parte media baja del rango de fuerzas disponibles, es una contratuerca la que se apoya en una placa de acero y -- transmite la compresión al concreto. En la parte media superior del rango de fuerzas, el esfuerzo se transmite por medio de calzas metálicas que se incertan entre el anclaje de tensado y la placa de apoyo. En todos los casos, el elemento básico consiste en un cilindro de acero con un cierto número de agujeros axiales taladrados que acomodan los alambres sin recubrir en paralelo y liberados del tensado.

En el extremo de cada alambre se forma una cabeza semiesférica aplastada lateralmente después que se ha pasado a través del cabezal de anclaje, el cual tiene un diámetro aproximado del 40% del diámetro real del alambre. La longitud del cable es por lo tanto fija y debe determinarse en forma precisa, de tal manera que cuando éste ha sido tensa-



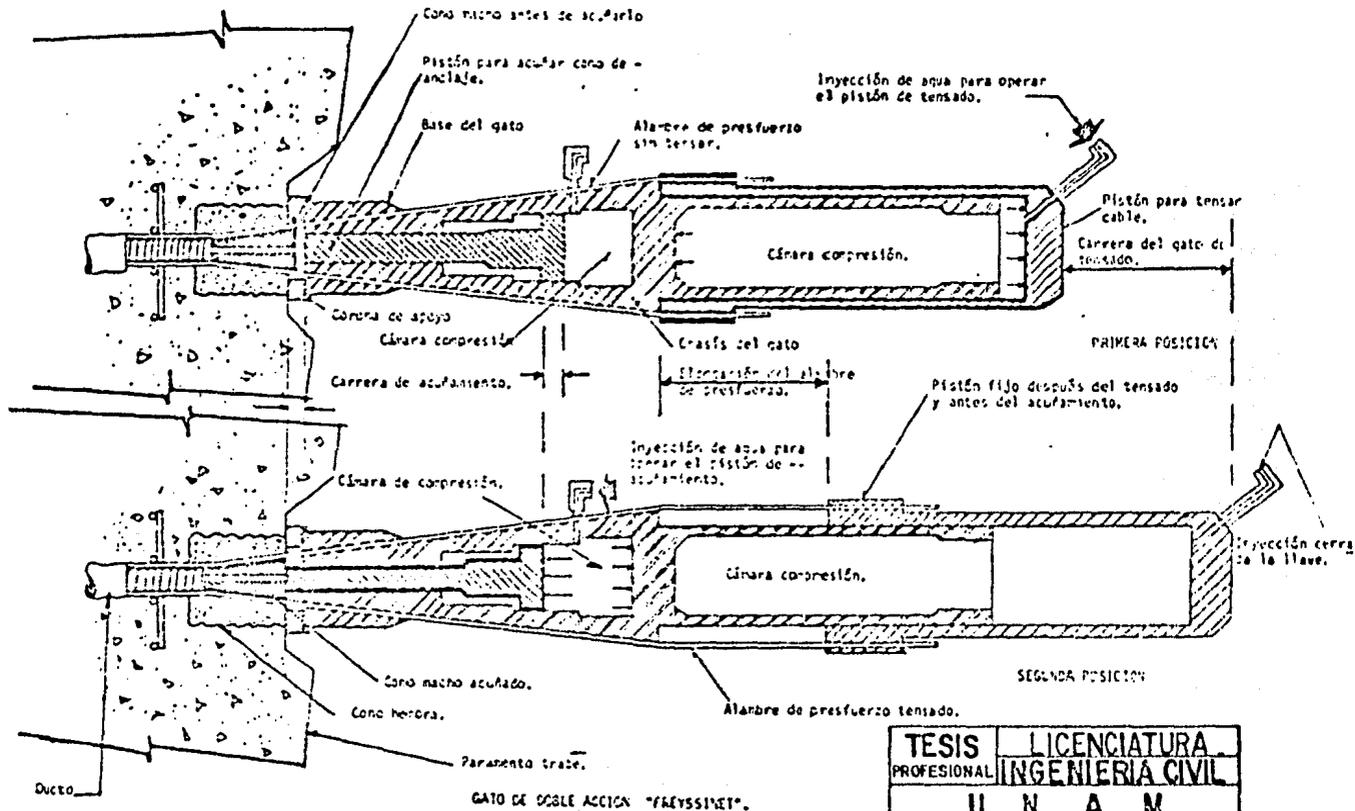
Detalle de los conos de anclaje que sujetan cada alambre, después de su tensado, contra el cono hembra, que se observa en la parte inferior de este conjunto.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAVIER CRUZ BASTIENZA PEDRO
	FIGURA IIIC-5

TAMAÑO DEL CABLE	ALAMBRE			CABLE	
	DIAMETRO	5 y 7 mm	0.196", 0.276"	7 FORMULAS DE 1.27 cm (1/2")	
	12/50(0.196")	18/50(0.196")	12/0.70(0.276")		
Area nominal de acero (cm ²)	2.335	3.502	4.631	11.16	
Resistencia a la ruptura - (Kg).	40815	61233	76414	195912	
Carga máxima de tensado -- (75% de ruptura) (Kg)	32652	48978	61223	---	
Carga máxima de tensado -- (75% de ruptura) (Kg).	---	---	---	146934	
Carga máxima de diseño --- (60% de ruptura) (Kg).	24489	36733	45849	117000	
Peso del cable sin incluir envoltura (Kg/m)	1.830	2.752	3.645	2.68	
Diámetro recomendado del orificio.	2'85	3.81	3.81	6668	

CARACTERISTICAS DE LOS ALAMBRES Y CABLES DEL SISTEMA FREYSSINET

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
TABLA III C-1	



TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
	U N A M E. N. E. P. ACATLAN
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAPTISTA PEDRO
	PLAZA 1110-7

do, el cabezal de anclaje quede en posición correcta en la relación de la placa de apoyo.

Todo el cable, incluyendo la camisa preformada y los anclajes en ambos extremos se deben ensamblar en el taller y ser transportados posteriormente a la obra, siempre y cuando se pueda realizar. Si no es posible predeterminar la longitud del cable, las cabezas semiesféricas se forman en la obra con el empleo de una máquina portátil.

Aún cuando se pueden usar alambres de otros diámetros, se prefiere el de 7 mm. El número de alambres varía entre 8 y 163 proporcionando fuerzas en el gato del orden de 34 y 790 toneladas.

Existen diversos tipos de anclaje BBRV en la forma de las series B, J, C, S y E.

Los anclajes tipo B se disponen en cuatro tamaños estándar (B32, B64, B100, y B138), en que el último número indica la capacidad del cable en toneladas. Este tipo puede utilizarse en el postensado de etapas y anclarse temporalmente. La inyección final del relleno de pasta de cemento se logra a través del orificio central que se encuentra en el cabezal del anclaje. El anclaje tipo "J" es el de cable movable que se utiliza particularmente para el caso de los cables cortos, sin embargo, en este tipo de anclaje toda la fuerza de pretensado solamente se encuentra disponible en el extremo de espiral, aproximadamente a 30.5 mm de los extremos debido a esto, no se recomienda cuando las condiciones limitadas de apoyo del miembro requieren del pretensado inmediato en la superficie de soporte.

Para fuerzas de pretensado mayores de 21.4 T/cm² el sistema BBRV cuenta con el tipo de serie "C", que se caracteriza por una alta proporción de alambres. La inyección final de lechada, se realiza a través de una conexión de tubo lateral. El tipo serie "S" para fuerzas de presforzado hasta de 21.4 T/cm², que se coloca de modo opuesto al anclaje movable de las series B y J.

La serie " E " se encuentra disponible a manera de serie C.

En las figuras IIIC-8a, IIIC-8b, IIIC-9a, IIIC-9b y -- IIIC-10 se presentan los anclajes BBRV en la forma de las series B, J, C, S y E respectivamente.

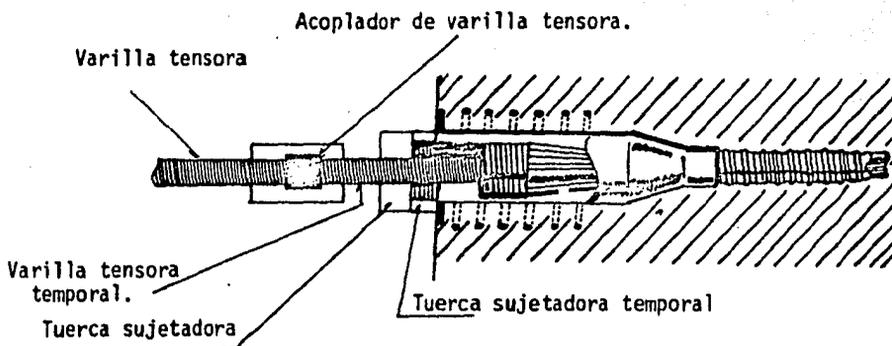
Operaciones de tensado: En el extremo del anclaje móvil el cable que pasa a través del ducto, entra en un embudo de transición, necesario para lograr durante el tensado el desplazamiento de la cabeza móvil donde están conectados los alambres, debiendo disponer por lo tanto de una longitud tal que permita lograr los alargamientos previstos en el proyecto.

Haciendo referencia a la figura IIIC-11 se muestran -- los alambres del cable (4), con sus cabezas (6), de donde se agarran de la cabeza móvil (5); a su vez ésta se encuentra atornillada de la tuerca de anclaje (14).

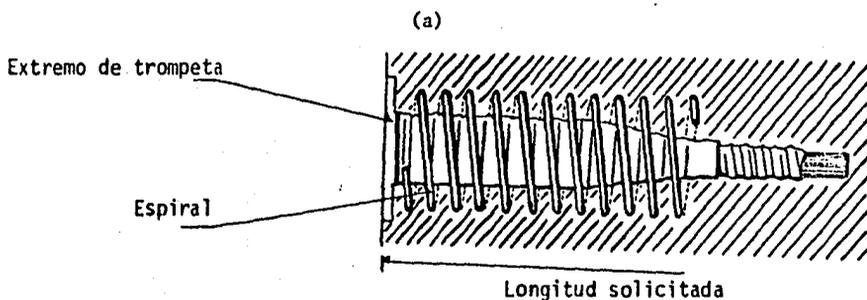
En torno del embudo (2), se arma una espiral de acero ordinario (3), para reforzar el concreto de la trabe en dirección de los esfuerzos de tensado, que son transmitidos de ésta a través de la placa de anclaje (15).

La cabeza móvil, se conecta a una barra (7), que dispone de una rosca a todo lo largo; esta barra, que pasa a través de las tuercas (13) y (14), entra en el pistón perforado (10), del gato hidráulico (8), sobre cuyo pistón se coloca la tuerca (12), que ajusta la mencionada barra de tensado. El gato hidráulico se apoya en la placa de anclaje mediante una silleta (9), cuyas ventanas permiten el manejo de las tuercas

Al inyectar aceite en la entrada (11), el pistón se impulsa en el sentido de las flechas, contrario a la trabe, arrastrando consigo la tuerca (12) y por consiguiente la barra, cabeza móvil y el cable, que en ésta forma se va alargando. Como la carrera del pistón es limitada e inferior al alargamiento total, será preciso enmendarla regresándolo a la base del gato.



El anclaje movable BBRV del tipo B para el pretensado de cables puede utilizarse eficientemente en el postensado en etapas.

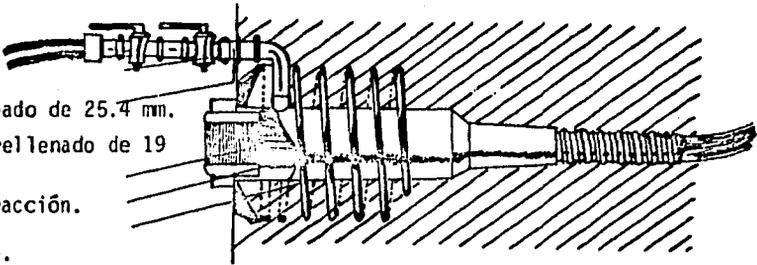


Anclaje movable BBRV tipo J que se utiliza con mayor frecuencia para el presforzado de cables.

(b)

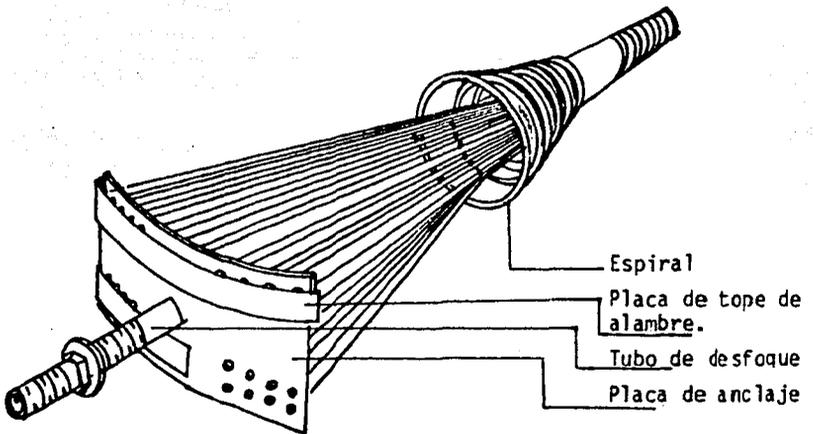
TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IIIIC-8

Grifo de rellenado de 25.4 mm.
 Conector de rellenado de 19 mm.
 Mangito de tracción.
 Elemento básico.
 Extremo de trompeta.
 Espiral.



Anclaje movable BBRV tipo C para el presforzado grande de cables.

(a)

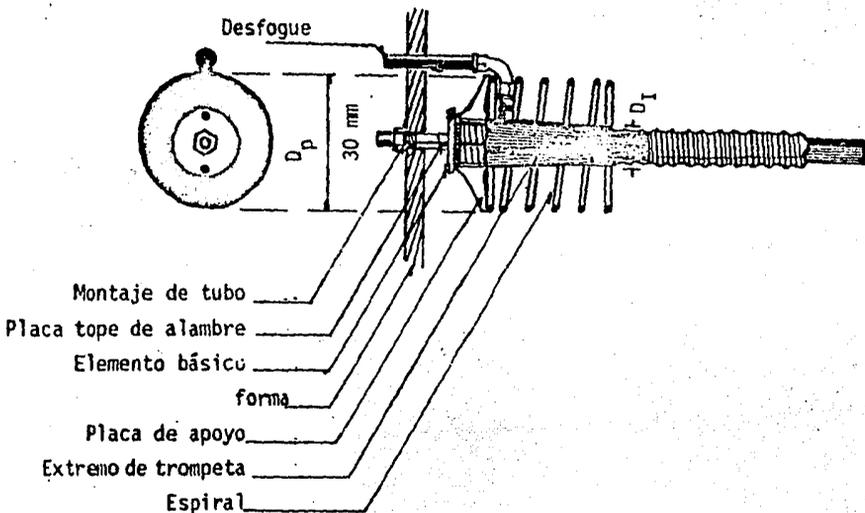


Anclaje fijo BBRV tipo S para el presforzado de cables utilizando opues-
 tamente los anclajes movibles de las series B y J.

(b)

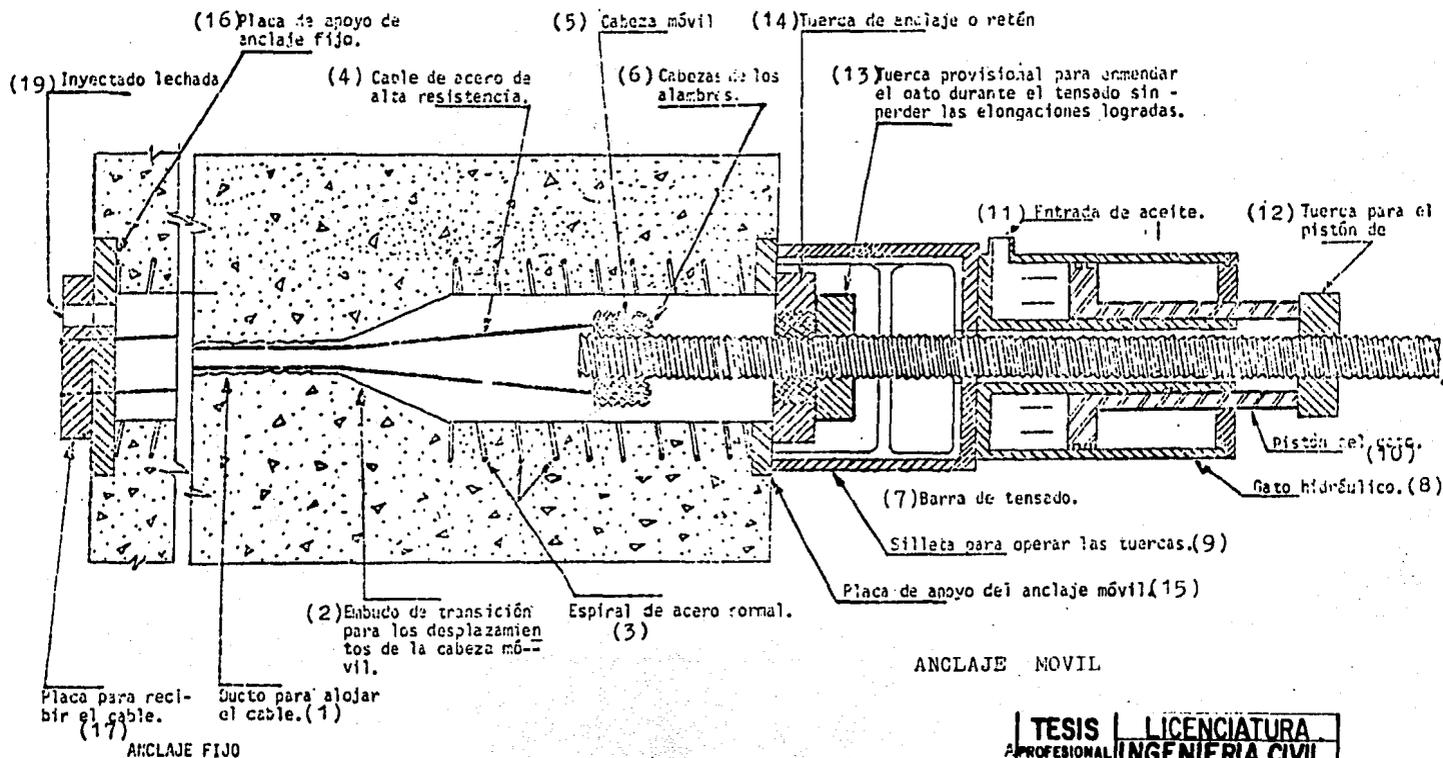
TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IIIC- 9

Instalación



Anclaje tipo BBRV de tipo E para el presforzado de cable.

TESIS	LICENCIATURA
PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
U N A M	
E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E.
	CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IIIC-10



ANCLAJE Y TENSADO DEL SISTEMA E.B.R.V.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M	
E.N.E.P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E.
	FIGURA III C-11

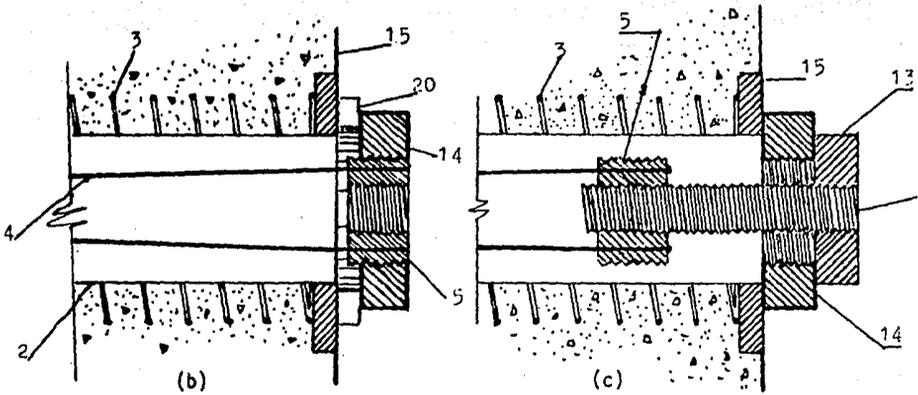
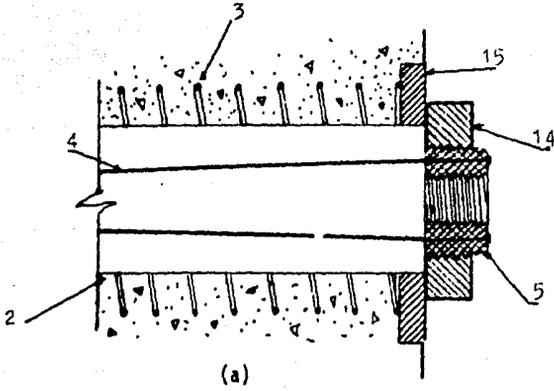
Para recibir provisionalmente la barra durante esta operación, se avanza la tuerca (13) apoyandola sobre la tuerca (14). Esta última es la que recibe la cabeza móvil al final del tensado, tal como se muestra en la figura IIIC-12 (a).

Si el alargamiento del cable fuese superior al previsto, como se muestra en la figura IIIC-12 (b), y por ello la cabeza móvil tendiese a salirse de la tuerca de anclaje, se calza mediante cuñas que son propiamente medios anillos, para poder ser instalados.

Si por lo contrario, al lograrse la elongación necesaria la cabeza móvil no alcanza a llegar a la tuerca de anclaje, se corta la barra de tensado sujetándola definitivamente con la tuerca provisional que estaba destinada originalmente a recibir la barra provisionalmente durante el tensado, como se muestra en la figura IIIC-12 (c).

Si los esfuerzos finales requeridos en la trabe permiten tensar el cable de un solo lado, el opuesto funcionará como anclaje fijo, siendo recibido el cable por una placa que apoyará sobre la placa de apoyo de anclaje fijo, disponiendo ambos de una perforación de ventilación. El inyectado de la lechada se efectuará a través del agujero roscado en la cabeza móvil donde se conecta el dispositivo.

En la tabla IIIC-2 se muestran algunas características de las series de anclajes.



DIFERENTE TIPO DE SUJECION DE BARRA PARA EL SISTEMA B.B.R.V.

TESIS	LICENCIATURA
PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
U N A M	
E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E.
	CRUZ BAUTISTA PEDRO
FIGURA IIIC-12	

DATOS DEL SISTEMA BBRV PARA CADA ANCLAJE

ANCLAJE (B) & (J) DESIGNACION DEL TIPO	32	64	100	13g
Alambres de acero por anclaje , número máximo.				
5 mm diám	14	28	44	---
6 mm diám	10	20	32	44
7 mm diám	8	16	24	34
Carga permanente en Ton.	T 32.3	64.6	99.5	137.4
Carga de plazo breve durante el sobreforzado, Ton.	T 36	72	110	150
ANCLAJE TIPO C DESIGNACION DEL TIPO	TIPO 6 mm	C130	C170	---
Alambre de acero por anclaje número máximo.	TIPO DE mm	C125	C170	C220
6 mm		42	55	---
7 mm		31	42	55
Carga permanente en ton. máx.	T	130.6	171	222.2
Carga de plazo breve durante el sobreforzado, Ton máx.	T	140	190	245
ANCLAJE TIPO 5 DESIGNACION DE TIPO	532	564	5100	5138
Alambre de acero por anclaje, número máximo				
5 mm	14	28	44	---
6 mm	10	20	32	44
7 mm	8	16	24	34
DESIGNACION TIPO 6mm		E130	E170	---
ANCLAJE TIPO E DE TIPO TIPO 7mm		E125	E170	E220
Alambre de acero por anclaje, número máximo.				
6 mm		42	65	---
7 mm		31	42	55

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M	
E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
TABLA IIIC - 2	

c) Sistema C. C. L. (Sistema Cable Covers L. T. D.)

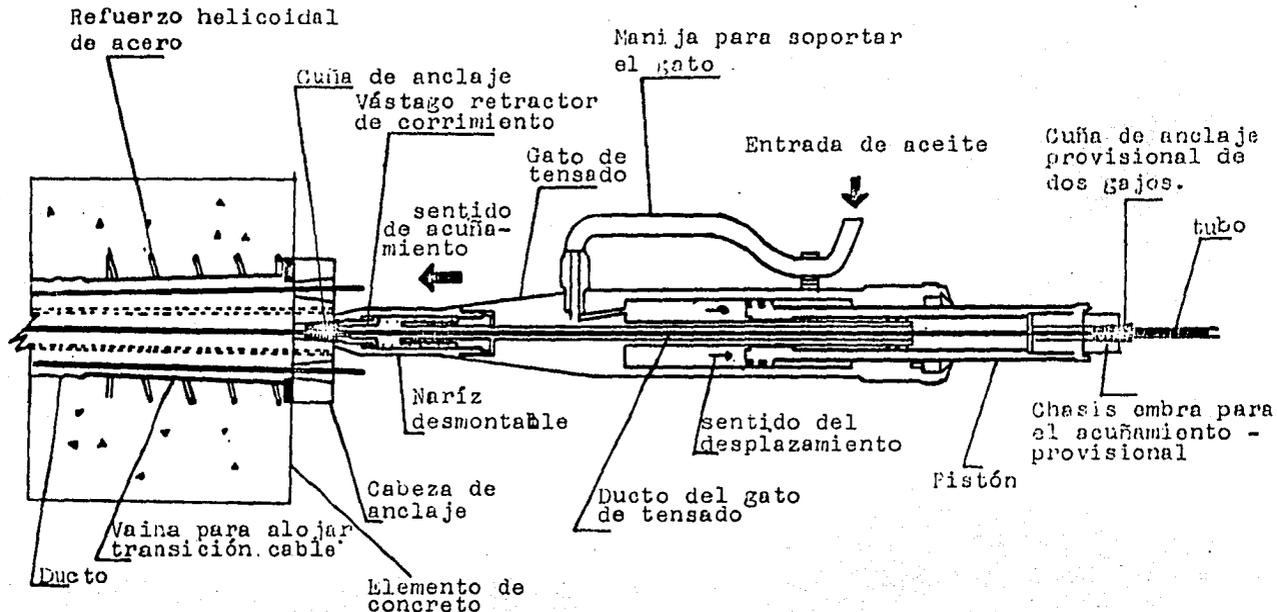
Es usado convenientemente donde el espacio para instalar el equipo de tensado es muy reducido, las dimensiones del equipo son tales que facilitan las operaciones de tensado.

Al igual que el Freyssinet, utiliza el principio de cuña y fricción pero cada torón es anclado individualmente -- por medio de un sistema de cuña y cilindro, debiéndose tensar uno por uno de los torones que forman el cable. Este método utiliza cables formados por una combinación de siete o doce torones de 12.7 mm, 15.2 y 17.8 mm.

El cable integrado por 12 torones de alta resistencia (*variable según el caso*), pasa a través del ducto alojado dentro de la trabe por presforzar, así como por la vaina de transición que esta dotada de una hélice de acero, cuya finalidad es reforzar el concreto a fin de que resista la concentración de la fuerza de tensado. Cada torón pasa por -- los agujeros tronco-cónicos de la cabeza de anclaje. Para efectos de tensado, el torón pasa a través del ducto del gato, y se ancla provisionalmente mediante el chasis y la cuña en la cabeza del pistón. Esta operación se logra (*estando el pistón sin carrera*), hundiendo suavemente la cuña, -- golpeando al tubo.

Al introducir aceite al gato por la entrada, mediante una bomba hidráulica, el pistón corre en el sentido estirando al torón. El vástago dotado de un fuerte resorte, impide que la cuña sea arrastrada por el torón en proceso de -- alargamiento bajo la acción del gato y, una vez agotada su carrera y al dejar de accionar sobre el alambre, este por simple recuperación elástica tiende a introducirse de nuevo en el ducto: pero el vástago acciona de inmediato en el sentido hundiendo la cuña dentro del agujero tronco-cónico correspondiente a la cabeza de anclaje.

En la figura IIC-13 se visualiza esquemáticamente el procedimiento de anclado y tensado de este sistema.



ANCLAJE MOVIL.

SISTEMA DE TENSADO Y ANCLADO C. C. L.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M	
E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E.
	CRUZ BAUTISTA PEDRO
FIGURA IIIC-13	

17

Es necesario que el cable se ordene en su fabricación y acomodado de una manera que no gire sobre su eje, torciéndose, pues de lo contrario podría darse el caso de tensar uno o varios alambres según un orden arbitrario lo que ocasionaría que los demás alambres se aprieten quedando limitada en estos últimos la posibilidad de alargarse, aún cuando cabe advertir que los cables se encuentran alineados mediante separadores de plásticos o metálicos.

Para los perfiles de acero en que no existe inversión de la curvatura, ninguno de los sistemas de siete torones requiere del uso de separadores, en caso de que la fuerza requerida sea menor que la proporcionada por los siete torones, el número de estos puede reducirse correspondientemente.

Este sistema requiere de una pequeña proporción de cables para lograr el presfuerzo requerido en un miembro, la cual se debe a la fuerza de presforzado generalmente alta, proporcionada por los cables como consecuencia el costo total del revestimiento y anclaje se reducen, no son necesarios los separadores considerando que los torones se someten separadamente al esfuerzo; la aplicación de la fuerza de presfuerzo a la estructura se realiza gradualmente. Se puede hacer uso de gatos pequeños aún cuando la fuerza total del gato sea tan grande como 191 T/cm^2 finalmente, ya que se hace uso de grapas individuales para el anclaje de cada tendón de cierto cable.

Existe un anclaje especial para torones grandes. Este consiste de un forjado de metal con un saliente de espiral exterior grande y un orificio interior cónico. El anclaje se coloca en el concreto y el torón se asegura por medio de una cuña de acero dentro de la parte cónica; no se requiere ningún esfuerzo helicoidal y el tratamiento con pasta o lechada de cemento se realiza desde el frente del anclaje directamente hacia dentro del ducto. En la tabla IIIC-3 se muestran las características de este sistema.

		SISTEMA DE UN CORDON					SISTEMA DE CORDONES MULTIPLES																					
		ESPIRAL		TUBO			7/0.7			4/0.7			12/0.6			7/0.6			4/0.6			12/8.1			7/0.5			4/0.5
HENDON	ins	1.125	1.25	0.7	0.6	0.5	7/0.7	4/0.7	12/0.6	7/0.6	4/0.6	12/8.1	7/0.5	4/0.5														
	mm	29	29	18	15	13	7/18	4/18	12/15	7/15	4/15	12/13	7/13	4/13														
FUERZA DE PRE TENSADO	kips	130	130	58	35.7	25.9	406	232	428	250	143	311	181	104														
	Tonnes	59	59	26.5	16.2	11.8	184.5	105.5	194.5	113.5	65	141.5	82.5	47.5														
ANCLA JE.	BRIDA	ins	4.5	4.5	3.5	2.5	2.25	8.5	7.0	9.0	7.0	6.0	8.5	6.0	4.75													
		mm 2	114	114	89	64	57	816	178	229	178	152	216	152	121													
	LONGITUD.	ins	7	6	5	3.25	3	13	10	13	10	10	13	10	8													
		mm	178	113	127	83	76	330	254	330	254	254	330	214	201													
TIPO		S6	T7	T1	S2	S5	T6	T5	T6	T5	T4	T6	T4	S4														
DIAMETRO DEL CONDUCTO.	ins	1.5	1.5	1.25	1.0	0.75	3.0	2.0	3.25	2.5	2.0	3.0	2.0	1.625														
	mm	39	39	33	25	18	75	51	81	68	51	75	51	42														

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA C.C.L.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAVTISTA PEDRO
TABLA IIIC-3	

d) Sistema Stressteel.

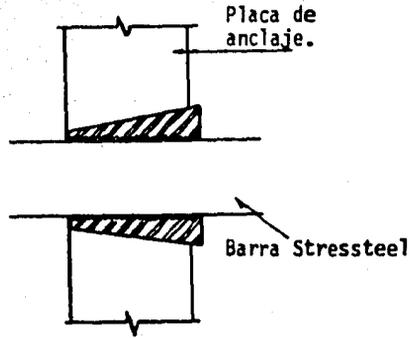
Ha sido ampliamente utilizado en puentes, especialmente en los que se ha construido en doble voladizo. Con la introducción de las barras de acero de alta resistencia cuyo diámetro varía desde 12.7 hasta los 34.9 mm, las barras pueden sujetarse con una variedad de anclajes de cuña o tuerca que aprieta, tal como se muestra en la figura IIIC-14a y IIIC-14b, los cuales están diseñados especialmente para el anclaje de barras sin rosca, con una gran diversidad de tamaños y pendientes de la placa de anclaje. Se puede seleccionar dentro de una variedad de fuerzas de trabajo de pensados desde barras individuales de 1.13 T/cm² para el caso de barras de 12.7 mm, hasta 10 T/cm² para barras de 34.0 mm. En los arreglos de barras múltiples se ha logrado alcanzar anclajes de fuerza de trabajo de 493 T/cm².

Las barras de acero Stressteel se fabrican en aleaciones de acero laminadas en caliente, liberadas posteriormente de la tensión.

El usar barras trae como ventajas el tener coeficientes de oscilación y fricción menores que los usados en los cables o torones galvanizados; desde el punto de vista de construcción éstas requieren un amarre de fijación menos frecuente en las formas, también cuentan con dispositivos de anclaje que permiten la sustentación en cualquier punto de la longitud de la barra, lo cual hace innecesario la determinación y especificación de la longitud exacta de la barra, al igual se tiene como ventaja la existencia de acopladores de fácil montaje; como el que se muestra en la figura IIIC-15. Pueden tomar formas curvas sin alterar sus características.

El procedimiento de aplicación del gato requiere una longitud de barra exterior mínima, que varía de 533 mm para gatos de 26.2 T/cm² hasta 762 mm para gatos de 91 T/cm².

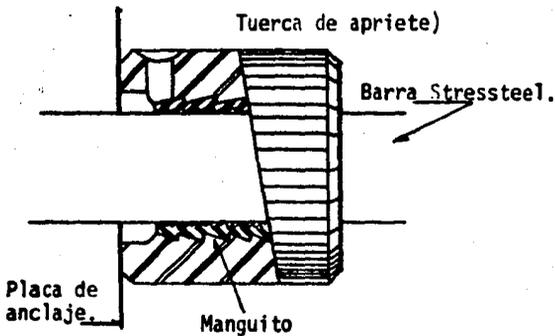
Al igual que los demás sistemas puede tener un extremo fijo consiguiéndolo de la siguiente manera: Una vez que la barra de acero de alta resistencia se encuentra colocada --



Anclaje Stressteel de tipo cuña para barras de acero de alta resistencia.

Anclaje de cuña.

(a)

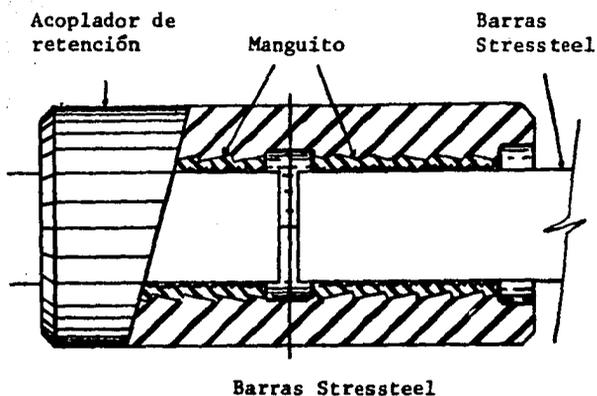


Montaje de tipo Tuerca de Apriete

Anclaje Stressteel de tuerca de apriete - para barras de acero de alta resistencia.

(b)

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA
	INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAME E. CRUZ BANTISTA PEDRO
	FIGURA IIIC-14



Dispositivo de acoplador de retención para barras -- de acero de alta resistencia en el sistema Stressteel.

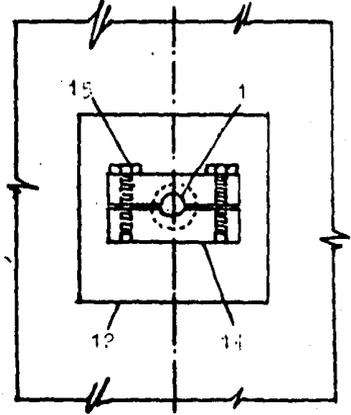
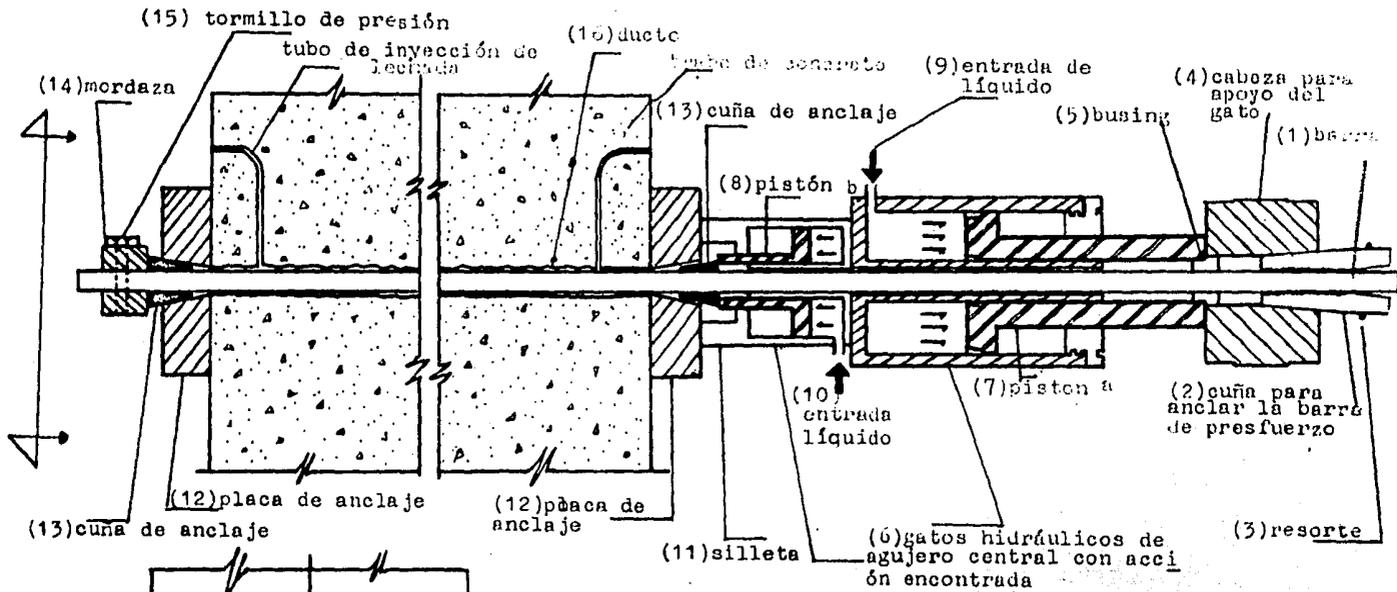
TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIM E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA III-C-15

dentro del ducto, y posteriormente al colado de la trabe, se coloca la placa de anclaje que cuenta con un agujero tronco-cónico en su centro, para permitir el paso de la barra y alojar la cuña de anclaje. Se sujeta el extremo de la barra con la mordaza (la que esta formada de dos placas con un recorte circular para permitir el paso de la barra), la cual esta sujeta por dos tornillos de presión que permiten conectar firmemente las dos placas de la mordaza. Este extremo fijo, cuando queda ahogado en el concreto, se soluciona haciéndole rosca a la barra y a una placa que funciona como anclaje.

Al igual que el fijo, el anclaje móvil dispone de una placa y cuña de anclaje; la barra pasa por los pistones perforados de los gatos hidráulicos uno de los cuales cuenta con una ventana para tener acceso a la cuña de anclaje, el sentido de acción de los gatos es inverso a fin de alargar uno, la barra y otro anclarla.

La operación del sistema es la siguiente: Sobre el pistón se coloca un empaque (*bushing*) para ajustar el espacio entre la barra y el pistón, sobre éste se apoya una cabeza que a su vez se acuña con la pieza (consistente en una cuña para anclar la barra de presfuerzo a la cabeza de apoyo), formada por tres elementos ligados por un resorte para facilitar tanto su colocación como su retiro. Atendiendo a la figura III-16, y haciendo referencia a sus partes numeradas tenemos que:

Al inyectar líquido mediante una bomba a uno de los gatos (6), por la entrada (9), el pistón corre en el sentido indicado por las flechas, arrastrando consigo la cabeza (4), la cuña (2) y la barra (1). Al agotar la carrera de este gato se acciona el otro inyectando aceite por la entrada (10), con lo que el pistón del mismo hunde la cuña (13), que sujeta a la barra (1). Esta cuña tiene ranuras que le dan flexibilidad para el objetivo deseado. Una vez enmendada la carrera del pistón (7), se inyecta de nuevo aceite en la entrada (9), para continuar con el alargamiento de la barra, siendo con ello arrastrada la cuña de anclaje en el sentido del tensado quedando libre para acuñarse de nuevo, en la tabla IIIC-4 se presentan las características de las barras.



DISPOSITIVO DE PENSADO
 SISTEMA A PRESOSTEEL

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
	U N A M E. N. E. P. ACATLAN
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO SEGURAS IIC-16

TAMAÑO NOMINAL DE LA BARRA m m	PESO NOMINAL Kg/m	AREA NOMINAL cm ²	RESIST. A LA ROTURA MINIMA GARANTIZADA		CARGA DE TENSADO INICIAL RECOMENDADA 0.7 f'c		CARGA DE DISEÑO FINAL RECOMENDADA 0.6 f'c	
			REGULAR 10.21	ESPECIAL 11.27	REGULAR 7.15	ESPECIAL 7.89	REGULAR 6.13	ESPECIAL 6.76
			LAS UNIDADES CORRESPONDEN A Ton/cm ²				0	
19.0	2.23	2.85	4.50	5.00	3.17	3.25	2.75	2.95
22.2	3.03	3.88	6.13	6.76	4.29	4.72	3.66	4.08
25.4	3.97	5.06	8.03	8.87	5.63	6.20	4.79	5.28
28.6	5.03	6.41	10.14	11.20	7.11	7.82	6.13	6.69
31.7	6.20	7.92	12.53	13.80	8.80	9.65	7.53	8.31
34.9	7.51	9.58	15.14	16.76	10.63	11.69	9.08	10.07

CARACTERISTICAS DE LAS BARRAS STRESSTEEL

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES BANCHEZ JAINE E. CRUZ BASTIESTA PEDRO
TABLA III C-4	

C) SISTEMA V. S. L. (*Vorspann System Losinger*).

Sistema presforzado de torones múltiples dispuestos en círculo. Todos los torones se tensan simultáneamente y se anclan por medio de cuñas que se fuerzan dentro de orificios ahogados en la cabeza de anclaje, la que transmite la fuerza al concreto a través de una placa de apoyo. En el pueden emplearse hasta 30 alambres de 5, 7, y 8 mm, dependiendo su número de la fuerza de tensado, que varía según el modelo de gato empleado, pudiéndose aplicar fuerzas del orden de las 150 ton.

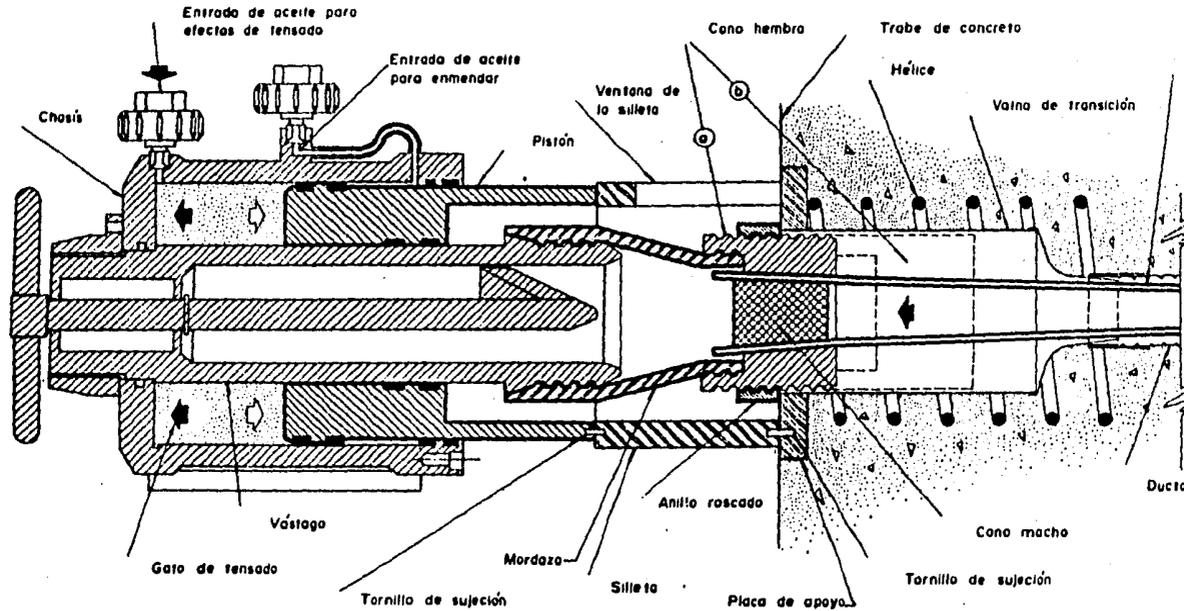
El procedimiento general de tensado es el siguiente:

El cable formado por un haz circular de varios alambres de alta resistencia, cuyo número varía con el de las ranuras del cono macho, se instala en la trabe, dentro del ducto. La vaina de transmisión reforzada con una hélice de acero de refuerzo, aloja el cono hembra en su desplazamiento y anclaje definitivo. Previamente al tensado, el cable se sujeta al cono hembra mediante el cono macho.

El gato de tensado se conecta al cono hembra por medio de una mordaza y se sienta contra la trabe mediante una silleta que dispone de unos tornillos de sujeción, a fin de fijarla conscientemente al gato y a la placa de apoyo; ésta forma un conjunto con la vaina, el cual se fija en la cabeza de los moldes de la trabe antes de su colado. La silleta cuenta con una ventana para operar el anclaje, al entrar aceite en el gato, el chasis se desplaza quedando el pistón estático sobre la silleta.

En la figura IIIC-17, se nota que el vástago forma parte integrante del chasis y, por consiguiente al desplazarse arrastra tanto la mordaza como los conos y por lo tanto el cable. Al sobresalir el cono de la cara exterior de la trabe, se sujeta mediante el anillo roscado, el cual apoya contra la placa.

El anclaje fijo consiste simplemente en los siguientes elementos: una cabeza con agujero tronco-cónico, dentro del



ANCLAJE MOVIL

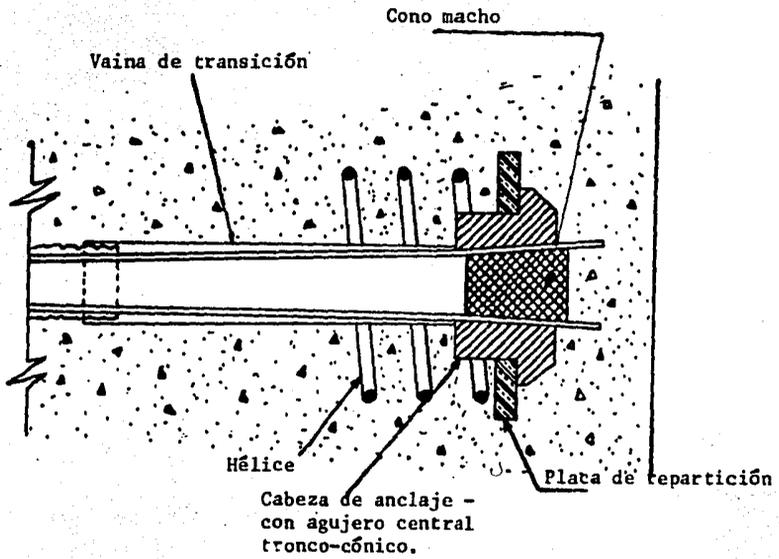
SISTEMA DE ANCLAJE VSL

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
CORTES SANCHEZ JAIME CRUZ BAUTISTA PEDRO	
FIGURA IIIC-17	

cual se introduce el cable y el cono macho; la cabeza cuenta con una placa de repartición, y con una vaina de transmisión dotada del refuerzo helicoidal. El cono macho, una vez hundido dentro de la cabeza queda junto con el conjunto resistente.

Este sistema dispone de otro tipo de anclaje fijo, el que se muestra en la figura IIIC-18. El cable que proviene del anclaje móvil, una vez que da la vuelta en una placa circular de repartición retorna al anclaje móvil.

Es necesario sellar el extremo del ducto a fin de que no penetre el concreto; se cuenta asimismo con un ducto para el inyectado de la lechada.



ANCLAJE FIJO

TESIS	LICENCIATURA
PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
U N A M E.N.E.P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E.
	CRUZ BAUTISTA PEDRO
FIGURA IIIC-18	

f) Sistema Prescon.

Este sistema emplea el mismo principio que el sistema B.B.R.V., el cable esta constituido por un haz de alambres paralelos de igual longitud, cuyos extremos después de pasar por las perforaciones tanto de la placa de apoyo del extremo móvil como del ancla del extremo fijo, disponen de unas cabezas forjadas en frio. En el apoyo fijo, antes del tensado del cable, el ancla apoya sobre la placa de repartición y posteriormente a esta operación entre los elementos (ancla y placa de apoyo), se instalan dos cuñas cuyo peralte es variable de acuerdo con el alargamiento obtenido durante el tensado.

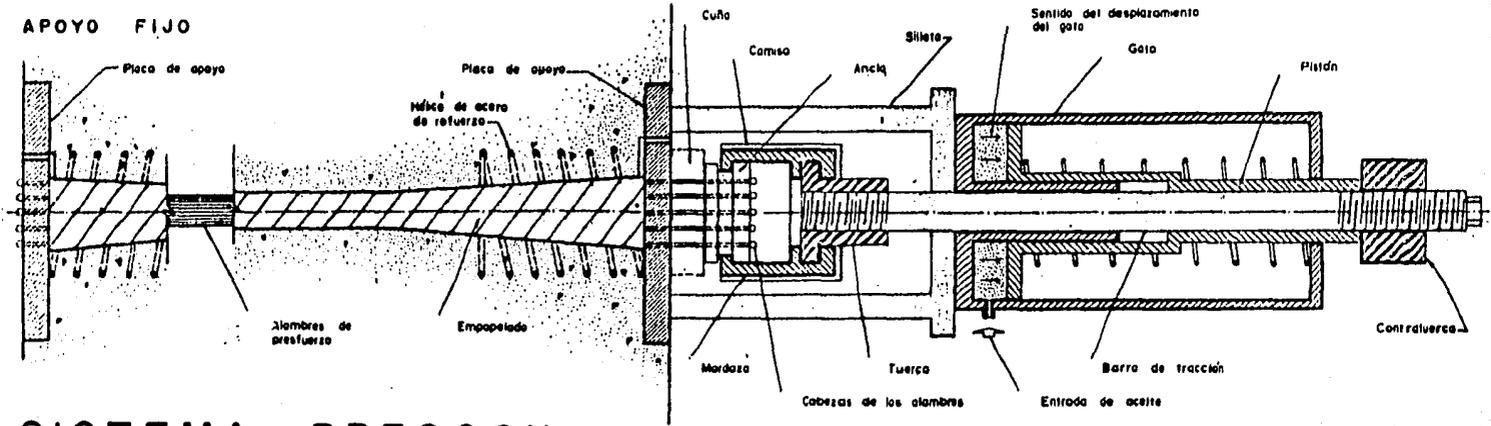
Las operaciones que se efectuan para tensar un cable son las siguientes: El gato se apoya contra la trabe mediante una silleta, dentro de su pistón hueco pasa la barra de tracción que se conecta a el ancla mediante la tuerca y la mordaza; este último elemento para poder acoplarse con el ancla y la tuerca, se fabrica en dos piezas tubulares semicirculares disponiendose de los bordes interiores necesarios para agarrar a estos últimos elementos; rodeando las mordazas y con objeto de que no se habran durante las operaciones de tensado, se introduce una camisa.

La barra de tracción se apoya contra el pistón del gato con la constratuerca; al accionar el gato introduciendo aceite por la entrada mediante una bomba de inyección se desplaza el pistón en el sentido. En caso de que al agotar se la carrera del pistón no se logre la elongación requerida, se introduce entre el ancla y la placa de apoyo, dos cuñas provisionales y se inicia un nuevo ciclo de tensado hasta lograr el alargamiento previsto, hecho, se instalan las cuñas definitivas y se desmantela el equipo de tensado.

Como el ancla y las cuñas sobre salen bastante con respecto de la placa de apoyo, si las condiciones de la estructura lo requieren se deja una caja de concreto de dimensiones tales que puede alojar al conjunto antes citado.

En la figura IIIC-19, se muestra un esquema de este --

APOYO FIJO



SISTEMA PRESCON

APOYO MOVIL

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA
	INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IIIC-19

TIT

sistema.

Para éste **existen** dos tipos de torones, el tipo denominado M que están recubiertos con grasa grafitada y papel asfaltado, que se emplean en estructuras que no estén sujetas a grandes sobrecargas y que por lo mismo no precisen de inyectado para garantizar adherencia entre cables y estructura, siendo muy práctico su manejo. Los de tipo G se alojan en ductos metálicos requiriéndose de una inyección de lechada.

En la tabla IIIC-5 se muestran las características de los cables y del anclaje.

CARACTERISTICAS DE LOS CABLES

NOMENCLATURA CABLE * M ó G	NUMERO DE ALAMBRES	DIAMETRO COMERCIAL DEL CABLE	AREA NOMINAL DEL CABLE mm ²	CAPACIDAD ULTIMA TONS.	PESO DEL CABLE POR ML EN KG	DIAMETRO INTERIOR DEL DUCTO
4	4	7 MM	154	23.1	1.28	48
5	5	7 MM	192	28.8	1.60	48
6	6	7 MM	231	34.7	1.92	48
7	7	7 MM	269	40.3	2.24	48
8	8	7 MM	308	46.2	2.56	48
9	9	7 MM	346	52.0	2.88	48
10	10	7 MM	355	57.8	3.20	48
11	11	7 MM	423	63.2	3.52	48
12	12	7 MM	482	69.2	3.70	48
13	13	7 MM	500	75.0	4.16	50
14	14	7 MM	539	80.7	4.48	50
15	15	7 MM	577	86.3	4.80	50
16	16	7 MM	616	92.1	5.12	50

CARACTERISTICAS DEL ANCLAJE

DIMENSIONES					DIMENSIONES				
CABLE	A MM	B MM	C MM	D MM	CABLE	A MM	B MM	C MM	D MM
4	101	152	101	63	110	127	215	101	76
5	101	152	101	63	120	152	203	101	76
6	101	152	101	63	130	152	227	152	89
7	101	178	101	63	140	152	240	152	89
8	101	178	101	76	150	152	254	152	89
9	127	190	101	76	160	152	279	152	89
10	127	203	101	76					

* M = Alambres no inyectados, protegidos con papel.

G = Alambres cubiertos con ducto para inyección.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
TABLA IIIC-5	

3. COMPARACION DE SISTEMAS.

Es muy difícil comparar las ventajas de los diversos sistemas de presforzado, debido a la manera en la cual se ha desarrollado en el concreto esforzado, cualquier sistema incluye generalmente varias características esenciales, algunas de las cuales también son adoptadas por otros sistemas.

La diferencia esencial entre los sistemas se basa en las características de: el material para producir el presfuerzo; los detalles de aplicación del gato, y el método de anclaje.

Cuando hay accesibilidad de una planta de pretensado, y el miembro precolado se puede transportar convenientemente, generalmente el pretensado será el más barato, debido al ahorro en los anclajes en los conductos, y en la inyección de la lechada y debido a la centralización del proceso de producción. Si la planta de producción de estos elementos esta muy lejana, se incrementan todos los costos, hasta llegar a ser prohibitivos. Cuando los miembros son suficientemente grandes, largos y pesados pueden colarse en el lugar o fundirse en bloques para ser postensados en el lugar, y el pretensado puede ser antieconómico.

Un defecto importante en el pretensado era el hecho de que su aplicación se había limitado al empleo de alambres rectos tensados entre dos cabezales. Por consiguiente no se podía aprovechar el curvado y flexionado de los cables tan benéfico para muchas soluciones, pero este problema se ha solucionado con las plantas modernas de pretensado, donde en cualquier punto se pueden doblar los alambres.

Para el postensado, los miembros pueden ser o bien precolados o colados en el lugar. Ciertos sistemas producen una adherencia ligeramente mejor que otros, dependiendo del espacio provisto para la inyección de la lechada y el perímetro de adherencia proporcionado por unidad de fuerza de presforzado. Para otros sistemas, los torones pueden engranarse y envolverse más fácilmente para un refuerzo sin adherencia.

Otro aspecto importante es la elección de los materiales apropiados para el presforzado, ya sean alambres, cables o varillas; los primeros tienen una resistencia unitaria más alta que los otros, los cables y las varillas significan menos unidades para maniobrar. La resistencia de los cables es cercana a la de los alambres, pero los cables cuestan más por unidad de peso; las varillas son las que tienen una resistencia menor, pero son más fáciles de manipular y su anclaje es más barato.

Básicamente la comparación de sistemas se reduce a tomar la decisión final de cual sistema utilizar, tal decisión es a menudo de tipo económico, esto es, cuál sistema trabajará y resultará el más económico. Para cualquier estructura particular en un tiempo y lugar dados, un sistema resultará ser el más económico. Esto es usualmente el resultado de las condiciones circundantes así como las ventajas inherentes de ese sistema; la disponibilidad de servicio de los representantes del sistema, la accesibilidad de los materiales y equipos, la familiaridad del ingeniero con un sistema en particular, y el deseo y habilidad del sistema para conseguir aquel trabajo forman a menudo los factores decisivos. La mayoría de los sistemas populares tienen un número de méritos propios, pero la economía de cada uno variará con cada trabajo.

4. PERDIDAS DE PRESFUERZO,

Cuando el presfuerzo es aplicado a un elemento, el concreto y el acero presforzado se acortan junto con él, originando pérdidas las cuales pueden ser:

4.1 DURANTE LA TRANSFERENCIA DEL PRESFUERZO.

- a) Fricción.
- b) Contracción elástica del concreto.
- c) Deslizamiento del anclaje.

a) Pérdidas por fricción:

Las pérdidas debidas a la fricción que afectan al diseño y construcción de los elementos de concreto presforzado, son originadas por el rozamiento entre el cable y el ducto que lo contiene, siendo esto función de; la distribución de los alambres que forman el cable; del estado de corrosión de estos; si estan sueltos o guiados; de la diferencia que existe entre el diámetro del cable y del ducto; de la forma y tipo del material del ducto así como de la trayectoria -- del cable a lo largo del ducto.

Otros factores muy importantes y que pueden incrementar notablemente la fricción son; las ondulaciones que presentan los ductos, una defectuosa colocación y la falta de cuidado en el vaciado y vibrado del concreto, originando pequeñas roturas de los ductos por donde penetra lechada, llegando en ocasiones a formar tapones que impiden el tensado.

Hay varias formas de disminuir estas pérdidas, siendo las principales: la disminución de la longitud, la envoltura del perfil del acero presforzado y de los coeficientes de fricción. En ocasiones se recurre al uso de lubricantes aceptandose solo aquellos que sean solubles en agua, para que una vez tensado el cable puedan eliminarse lavando a presión los ductos, con objeto de no disminuir la adherencia entre los alambres y la lechada que se inyecta posteriormente; por otra parte estos lubricantes ayudan a evitar la corrosión de los cables.

La magnitud fricción en cualquier punto se puede determinar mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$P_x = P_o e^{-(\mu_c + kx)}$$

y para valores pequeños de kx & μ_c

$$P_o = P_x (1 + kx + \mu_c)$$

Siendo:

P_x = Esfuerzo en el punto x .

P_o = Esfuerzo en el acero en el extremo donde se aplica el gato.

K = Coeficiente de fricción por metro.

x = Longitud del elemento de acero para presfuerzo, desde el extremo de aplicación del gato al punto x (en metros)

μ_c = Coeficiente de fricción por curvatura.

α = Variación angular total en radianes, del eje del elemento de acero para presfuerzo, desde el extremo donde se aplica el gato hasta el punto x .

Los siguientes valores de k y μ_c son típicos y se pueden usar como guía. Pueden variar mucho según sea el material del ducto y el método de construcción. En los planos se deberán anotar los valores de k y μ_c , que se usan en proyecto, para que sirvan de guía en la solución de los materiales y métodos de construcción que dan resultados tan próximos como sea posible, a los valores supuestos.

Se debe tener en cuenta el efecto de sobreestimar la pérdida por fricción, ya que un presfuerzo excesivo puede causar estados de esfuerzos permanentes indeseables, el efecto de subestimar las pérdidas por fricción puede ser error en el cálculo de la carga para agrietamiento.

b) Contracción elástica en el concreto.

Por efecto de la transferencia del presfuerzo, el elemento tiene una deformación axial instantánea de acortamiento

to. En las vigas postensadas no todos los cables se tensan al mismo tiempo debido a razones prácticas. Conforme se procede al tensado de los cables, se tiene que estos, sometidos inicialmente al tensado manifiestan una pérdida de presfuerzo a causa de la contracción elástica de la viga; el cable que se tensa primero, sufrirá la máxima pérdida, debido al acortamiento del concreto por la aplicación subsecuente de presfuerzo de los demás cables. El cable que sea tensado al último no sufrirá ninguna pérdida debido al acortamiento elástico, porque todo ese acortamiento habrá tenido lugar cuando se mida el presfuerzo en el último cable.

El cálculo de tales pérdidas puede hacerse muy complicado, pero para fines prácticos es suficientemente exacto el determinar la pérdida para el primer cable y emplear la mitad de ese valor para la pérdida promedio de todos los cables.

Esta pérdida es importante en elementos pretensados y su valuación se reduce a aplicar los principios fundamentales de la elasticidad, en el postensado es menos importante, debido que este se elimina al anclar los cables de presfuerzo en los extremos de la viga ya deformada y solo se consideran pérdidas que se producen al aplicar el presfuerzo en diferentes etapas, en esta forma el cable recién tensado crea pérdidas en los cables anclados anteriormente. Para su determinación en la práctica se acostumbra utilizar la siguiente expresión:

$$\Delta f_s = \left[\frac{N - 1}{2} \right] \left[\frac{1.2 f_{cs}}{N} \right] n \quad \text{donde:}$$

Δf_s = pérdida de presfuerzo en el acero de presfuerzo

f_{cs} = esfuerzo en el concreto a la altura del centro de gravedad de los cables de presfuerzo.

N = número de cables

n = relación modular $n = \frac{E_s}{E_c}$

Para el caso de vigas pretensadas, frecuentemente se aplica soltando los torones en forma alterna, donde en promedio se puede aproximar aplicando la siguiente expresión:

$$\Delta f_s = n = \left[\frac{\sum f_s A_s}{A} \right] \left[1 + \frac{e^2}{r^2} \right] \quad \text{donde:}$$

$\sum f_s A_s$ = fuerza total de presfuerzo

A = área de la sección transversal

e = distancia del centro de gravedad de todos los torones al eje neutro de la sección.

r = radio de giro de la sección.

c) Deslizamiento del anclaje.

Esta pérdida solo se presente en los sistemas de postensado, los dispositivos de anclaje se utilizan para retener el cable en los extremos después de que se realiza el tensado y para transmitir la fuerza al concreto. Cuando el gato se desprende, la fuerza de tracción del cable se transmite al dispositivo de anclaje en alguna forma, dependiendo del sistema particular aplicado.

El dispositivo de anclaje se presenta una deformación o deslizamiento debido al efecto de la fuerza, la cual induce cierta pérdida del presfuerzo.

En los sistemas en que el anclaje es mediante cuñas la magnitud de este deslizamiento tienen un valor promedio de 2.5 mm y en anclajes de apoyo directo el valor promedio es de 0.7 mm.

Aunque esta pérdida no es considerable para el caso de claros grandes, es alta para claros cortos, una fórmula general para calcularla es la siguiente.

...

$$\Delta f_s = \frac{\Delta a \quad E_s}{L}$$

donde:

Δf_s = deformación unitaria en el presfuerzo efectivo en el acero.

Δa = Deformación total del anclaje.

E_s = Módulo de elasticidad del acero.

L = Longitud del claro.

4.2 BAJO CONDICIONES DE SERVICIO

- a) Contracción en el concreto.
 - b) Flujo plástico.
 - c) Relajamiento del acero.
- a) Contracción del concreto.

La deformación por contracción es la deformación del concreto que se presenta en los miembros de concreto sin someter a esfuerzo.

La magnitud de la contracción varía grandemente debido al proceso de deshidratación y el tiempo de aplicación de presfuerzo en el concreto.

Son muchos los factores que influyen en la contracción, siendo los más importantes la humedad del aire circunvecino, la relación agua cemento, las propiedades de la mezcla, las condiciones del fraguado y el tamaño y forma del miembro de concreto.

Este tipo de pérdida depende de la edad del concreto al aplicar el presfuerzo, siendo mayor en los miembros con acero pretensado, por el hecho que el presfuerzo se transfiere al concreto a una edad más temprana que la usual en los miembros con acero postensado.

Una de las fórmulas que más comúnmente se utilizan pa-

ra valuarlas, y que además de resultados razonables para di seño es:

$$\epsilon_{sh} = \frac{12.5 (90 - H)}{10^6} \text{ donde}$$

ϵ_{sh} = Deformación unitaria debida a la contracción.

H = Humedad relativa en (%)

Pudiendo variar de 0.0 hasta 0.0005.

Aplicando la fórmula para H = 50 se obtiene $\epsilon_{sh} = 0.0005$ que representa un valor razonable para diseño la pérdida -- por contracción será:

$$\Delta f_s = \epsilon_{sh} E_s$$

b) Flujo plástico.

Es el cambio de deformación del concreto sometido a es fuerzos constantes, dependiendo de los siguientes factores: resistencia del concreto; humedad ambiente; edad del concre to al aplicar la carga; duración de la carga y tamaño del - elemento.

El flujo plástico es difícil de valuar ya que las de-- formaciones en el concreto debido a cargas permanentes, se se incrementan con el tiempo y aún después de varios años es-- tas deformaciones siguen aumentando, aunque un mayor por-- centaje se obtiene en los primeros años.

La contracción y el flujo plástico está íntimamente li gados y en muchas ocasiones es difícil de separarlos. En - la tabla siguiente se muestran los valores aproximados de - Cu, definida como la relación entre la deformación progresi va final y la deformación inicial para el concreto ordina-- rio y el de alta resistencia.

...

	HUMEDAD	RELATIVA	PROMEDIO
RESISTENCIA DEL CONCRETO	100%	70%	50%
ORDINARIO	1.0 - 2.0	1.5-3.0	2.0-4.0
ALTA RESISTENCIA	0.7 - 1.5	1.0-2.5	1.5-3.5

La deformación plástica unitaria δ_t está definida como la deformación plástica por unidad de esfuerzo, y el coeficiente de deformación progresiva (C_t), está definido como la relación entre la deformación plástica a la deformación inicial. De acuerdo con estas definiciones.

$$\delta_t = \frac{\epsilon_t}{\sigma} \quad \text{y}$$

$$C_t = \frac{\epsilon_t}{\epsilon_j}$$

En donde:

- ϵ_t = deformación plástica.
 ϵ_j = deformación inicial.
 σ = esfuerzo cortante.

El coeficiente de deformación plástica C_t puede expresarse en la siguiente forma:

$$C_t = \delta_t E_c \quad \text{en donde:}$$

$$E_c = \frac{\sigma}{\epsilon_j}$$

Un cálculo aproximado para determinar la pérdida de --presfuerzo en el acero por flujo plástico es utilizado la --expresión.

$$f_s = (C_t - 1) f_{cs} \eta$$

En donde:

Δfs = deformación unitaria en el presfuerzo efectivo en el acero.

Ct = coeficiente de flujo plástico.

fcs = esfuerzo en el concreto a la altura del centro de gravedad de los cables de presfuerzo.

n = relación de módulos.

c) Relajamiento del acero.

Por efecto de la deformación plástica en el acero, se produce una disminución en la fuerza de tensión, siendo mayor al principio y teniendo a estabilizarse posteriormente. En general, los fabricantes de acero de presfuerzo someten a los alambres a un tratamiento de normalizado, con lo que se logra disminuir el relajamiento, es decir, si el acero se esfuerza a un porcentaje ligeramente mayor al 70% de su resistencia y se mantiene unos cuantos minutos, la deformación plástica disminuye considerablemente. Si tomamos en cuenta que el acero se mantiene tensado cuando menos 3 minutos a la carga de anclaje del 80% de su esfuerzo de resistencia, transcurrido este periodo se compensará la caída de tensión antes de retirar los gatos.

La proporción de la pérdida por relajamiento que puede esperarse en un acero determinado depende de muchos factores, de los cuales los más importantes se presentan en la manufactura. A pesar de la gran variación que puede presentarse en la pérdida por relajamiento, es posible establecerla, de manera razonable para los propósitos prácticos. La siguiente expresión permite obtener el porcentaje para los refuerzos de alambre y torón de alta resistencia.

$$\frac{fs}{fsi} = 1 - \frac{\text{Log}t}{10} \quad \frac{fsi}{fsy} = 0.55$$

Donde:

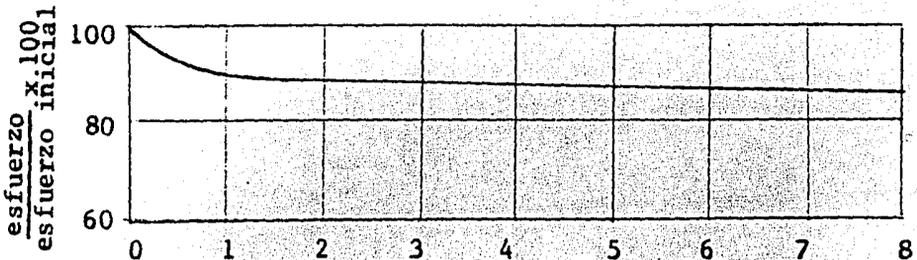
fs = esfuerzo en el acero al tiempo t .

t = horas después del esforzado inicial hasta fsi .

fsi = presforzado inicial.

f_{sy} = límite elástico del acero.

La tabla IIIC-6 muestra la pérdida por relajamiento para el acero, en alambres.



Para cálculo preliminar es común englobar la pérdida total de presfuerzo en un porcentaje.

3. MAGNITUD TOTAL DE LAS PERDIDAS.

El presfuerzo inicial en el acero menos la pérdida se conoce el presfuerzo efectivo o de diseño, la magnitud total de las pérdidas que se supondrá en el diseño dependerá de la base en la cual se va a medir el presfuerzo inicial. Primero existe el esfuerzo máximo temporal de los gatos el cual puede estar sujeto un torón con el objeto de disminuir al mínimo la deformación plástica en el acero o para equilibrar las pérdidas por fricción. Entonces hay un pequeño o ligero relevo de ese esfuerzo máximo al esfuerzo normal de los gatos.

Tan pronto como se transfiere el presfuerzo al concreto, tomará lugar la pérdida por anclaje. El esfuerzo de los gatos menos la pérdida por anclaje será el esfuerzo en el anclaje.

4.3 MAGNITUD TOTAL DE LAS PERDIDAS.

El presfuerzo inicial en el acero menos la pérdida, se conoce como el esfuerzo efectivo o de diseño. La magnitud total de las pérdidas que se supondrá en el diseño dependerá de la base en la cual se va a medir el presfuerzo inicial; primero existe el esfuerzo máximo temporal de los gatos al cual puede estar sujeto un torcón con el objeto de disminuir al mínimo la deformación plástica en el acero ó para equilibrar las pérdidas por fricción. Entonces hay un pequeño o ligero relevo de ese esfuerzo máximo al esfuerzo normal de los gatos.

Tan pronto como se transfiere el presfuerzo al concreto, tomará lugar la pérdida por anclaje. El esfuerzo de los gatos menos la pérdida por anclaje será el esfuerzo en el anclaje después del alivio y se llama frecuentemente el presfuerzo inicial.

Para el postensado, las pérdidas debidas al acortamiento elástico tomarán lugar gradualmente, si aún quedan otros torcones por tensar.

Dependiendo de la definición del término presfuerzo inicial, la magnitud de las pérdidas a deducir será diferente; si el esfuerzo de los gatos menos la pérdida por anclaje se toma como presfuerzo inicial, entonces las pérdidas a deducir incluirán: flujo plástico, deformación plástica, contracción en el concreto y la deformación plástica en el acero. Esto parece ser la práctica común.

Si el mismo esfuerzo de los gatos se toma como presfuerzo inicial, entonces también se deberán incluir las pérdidas por anclaje; si se toma como presfuerzo inicial el esfuerzo después del acortamiento elástico del concreto, entonces las únicas pérdidas serán la contracción y la deformación elástica en el concreto y el escurrimiento o deformación plástica en el acero.

La magnitud de las pérdidas puede expresarse de la siguiente manera:

- a) En deformaciones unitarias, esta es más conveniente para pérdidas como deformación plástica, contracción y acortamientos elástico del concreto.
- b) En deformaciones totales, ésta es más conveniente para las pérdidas por anclaje.
- c) En esfuerzos unitarios, todas las pérdidas cuando se expresan en deformaciones se pueden transformar en esfuerzos unitarios en el acero, si se conoce el Es.

4.4 PORCENTAJE DEL PRESFUERZO.

Esto conduce a menudo a una representación mejor del significado de las pérdidas.

Es difícil generalizar la magnitud de la pérdida del presfuerzo porque depende de muchos factores tales como: -- las propiedades del concreto y el acero; condiciones de curado; humedad; magnitud y tiempo de aplicación del presfuerzo; y el proceso de presfuerzo.

Para propiedades promedio del acero y del concreto curado bajo condiciones normales de aire, pueden tomarse como representativos de las pérdidas promedio los siguientes valores:

	PRET.	POST.
	%	%
- Acortamiento elástico y flexión del concreto	3	1
- Deformación plástica del concreto..	6	5
- Contracción del concreto	7	6
- Deformación plástica del acero	2	3
	18	15

Para calculos preliminares, es común englobar la pérdida total del presfuerzo en un porcentaje que varía de un -- 15% a un 25%

En el informe ACI-ASCe 323, recomienda considerar 2450 Kg/cm² como pérdida total para elementos pretensados y 1750 Kg/cm² para elementos postensados; a estos últimos se les debe añadir las pérdidas por fricción.

T E M A IV

PRINCIPALES PROBLEMAS TECNICOS REFERENTES A LA LIGA DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

A. CONTINUIDAD DE LOS ELEMENTOS.

En cada obra, en que sus características particulares orienten un sistema constructivo especial, se presentan problemas específicos cuya resolución implica muchas veces el desarrollar métodos y técnicas poco usuales.

La prefabricación de estructuras de concreto se ha venido incrementando actualmente en México, pero como toda innovación ha tenido que ajustarse no sólo en los aspectos de ejecución de obra, en rentabilidad más expedita de los edificios, en mejores acabados y control de calidad; sino que también ha sido necesario revisar los métodos de diseño.

Caso particular, es el diseño de las juntas y conexiones entre elementos verticales y horizontales en estructuras prefabricadas. Ya que para este tipo de estructura el darle monolitismo es de suma importancia.

1. JUNTAS.

En la etapa inicial de diseño, es necesario efectuar un estudio muy cuidadoso para diseñar las juntas y determinar el tratamiento de las mismas. Es preciso reconocer que la exitosa aplicación de una técnica de sellado entre elementos prefabricados depende de diversos factores interrelacionados, siendo los principales: el diseño del perfil y de las dimensiones de la junta, la exactitud dimensional que se obtenga en el sitio, particularmente en relación con el espesor de las juntas, y el grado de movimiento que tenga lugar durante su servicio.

1.1 METODOS DE TRATAMIENTO DE LAS JUNTAS.

Hay tres métodos principales para tratar las juntas en el revestimiento de concreto: Las empaquetaduras (que incluyen los compuestos selladores en tiras); los desviadores

en juntas drenadas, y la junta rellena que requiere del uso de un compuesto sellador de superficie.

Es difícil decir cual de los tres métodos es el mejor, ya que los tres pueden ser eficientes en todos los casos, - sin embargo, existe una importante contingencia que hay que tener en cuenta y que puede impedir la aplicación de alguna de las posibles soluciones; ya que el problema vital es la tolerancia de las juntas. Aunque las dimensiones totales - de los propios elementos pueden tener una tolerancia de 6 - mm, o hasta una exactitud de 3 mm, las variaciones de los - anchos de las juntas ya terminadas puede en realidad, ser - muy grande.

Un estudio realizado en unos cincuenta edificios, reveló que las tolerancias para los anchos de las juntas verticales estaban generalmente dentro del rango de 6 mm a 20 mm, y que la mayoría de ellas caían entre 7 mm y 13 mm.

Por lo tanto, en cualquier estudio de diseño de juntas y sistema de sellado debe considerarse la tolerancia prevista en el ancho de la junta. Si se toma 13 mm, será fácil apreciar que en las juntas nominales de 20 mm la dimensión real puede variar de 6 a 31 mm.

Contra esta base de espesores variables de las juntas debe evaluarse cualquier sistema que se proponga.

a) Compuestos selladores para empaquetaduras y tiras.

Estos solamente serán eficientes en donde haya una presión positiva que las deforme ó comprima. Una verdadera empaquetadura no debe ser adhesiva y depende que exista presión en toda la longitud de la junta durante la vida útil - de ésta. Las dimensiones y el perfil de la empaquetadura - debe acomodarse a las tolerancias o a los defectos de superficie; también debe tomarse en cuenta la naturaleza del material de la empaquetadura.

Es recomendable usar empaquetaduras en juntas horizontales por conseguir más fácilmente la presión requerida. En

las juntas verticales no es fácil lograr la presión y a veces se utilizan verdaderas empaquetaduras elásticas, -- como las cruciformes de neopreno. Esta sección es una forma especial de empaquetadura que, teóricamente, tiene la capacidad de acomodarse a una variedad bastante amplia de espesores de juntas.

Ventajas.

- El clima húmedo no afecta la realización del sellado, -- porque el comportamiento depende de la compresión y no es necesaria la adherencia.
- En el borde de los elementos no se requieren perfiles complicados que impliquen ranuras,
- En algunos casos se pueden instalar las empaquetaduras desde el interior del edificio.

Desventajas.

- Las superficies de los bordes de los elementos deben -- ser lisas y carecer de defectos.
- Las tolerancias de las juntas se deben estudiar cuidadosamente, ya que se duda que este tipo pueda soportar variaciones superiores a 6 mm.
- Las intersecciones entre juntas pueden ocasionar problemas muy difíciles de resolver, y siempre serán vulnerables a desviaciones dimensionales y por mano de -- obra.

b) Junta drenada.

Los resultados de las pruebas efectuadas en un período de aproximadamente dos años, demostraron en forma categórica que si se cumplen ciertos requisitos básicos, una junta drenada proporciona un sello de intemperie sencillo y satisfactorio. La junta debe incluir un desviador suelto entre los elementos, un buen sello de aire colocado tanto verti--

cal como horizontal, y un dobles o traslape en la junta horizontal.

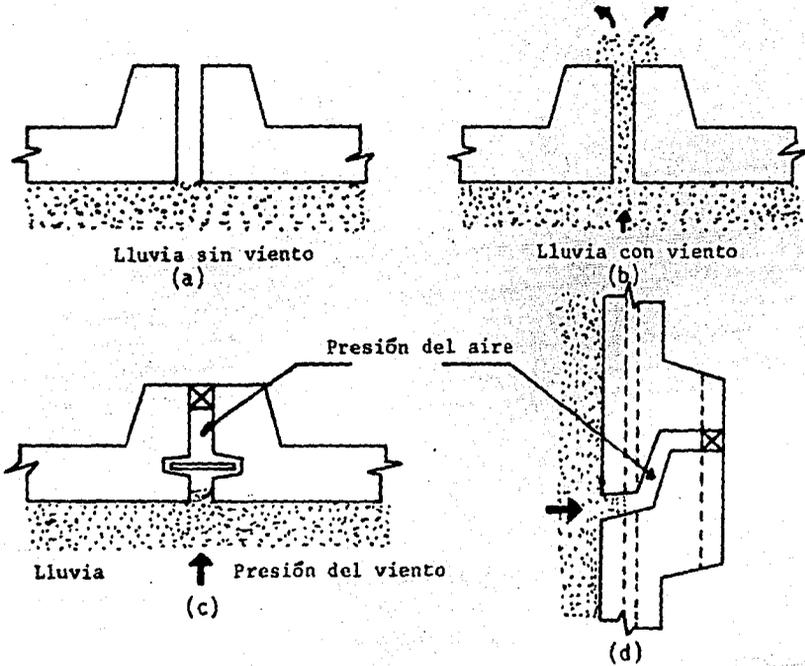
Concepto básico de una junta drenada: Considerese una junta vertical entre dos elementos de concreto, como se muestra en la figura IVA-la. Si no hay viento y la presión del aire en el interior del edificio es mayor que la del exterior, la lluvia no pasará a través de la junta; pero sí lo hará cuando las condiciones sean inversas, como se muestra en la figura IVA-lb. Sin embargo, si se forma un sello de aire en la parte posterior de la junta y se coloca una barrera que la cruce, como se ilustra en la figura IVA-lc, se verá que cuando la presión del viento tiende a empujar la lluvia a través de la junta, es necesario crear en el espacio entre la barrera y el sello de aire un desviador (*una área de presión igual a la del viento*), de esta manera la lluvia no irá más allá del desviador. En el frente de éste la presión del aire tratará de igualar a la del viento y, por consiguiente el ímpetus de la lluvia se reducirá gradualmente, mucho antes de llegar al desviador.

En el caso de juntas horizontales, se puede demostrar también que la lluvia empujada por el viento no penetrará muy adentro de la junta, si ésta cuenta con un tapajuntas apropiado y un sello posterior para aire, así la gravedad asegura el drenaje de cualquier cantidad de agua que caiga sobre la superficie, Fig. IVA-ld.

Los requisistos esenciales para una buena junta drenada son: espesor adecuado del concreto en las bordes del elemento (*que permite la incorporación de ranuras para el desviador*), una cámara y un sello de aire en la parte posterior de la junta. En la práctica, el espesor del concreto es casi siempre de 10 cm.

Las ranuras para el desviador deben estar situadas a un mínimo de 5 cm. de la cara exterior; ésta longitud ha sido recomendada por la "Building Research Station" como resultado de exhaustivas investigaciones. La profundidad de las ranuras y el ancho del desviador se deben relacionar con el espesor nominal de la junta y con la variación que

JUNTAS DRENADAS.



TESIS	LICENCIATURA
PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
U N A M	
E.N.E.P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E.
	CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IVA-1

pueda preverse en las posiciones de los bordes de los elementos.

El sello de aire tiene una importancia fundamental, y aún cuando los métodos para obtenerlo pueden variar, lo esencial es conservarlo; si es defectuoso, el mecanismo de sellado de la junta podría averiarse totalmente.

La junta horizontal debe incluir un tapajuntas con una altura mínima de 5 cm; se debe suministrar un sello de aire horizontal que se una al vertical.

Donde se presentan intersecciones de juntas (*verticales y horizontales*), es necesario asegurar que el agua drenada no descargue a través de la junta en la parte de arriba del elemento inferior; por lo común, esto se consigue con un botaguas que cubra unos 15 cm a cada lado de la junta.

Las juntas no deben ser estrechas, porque corren el peligro de penetración debido a la acción capilar. Del total de agua que penetra en la junta, el 80% procede de aquella que cae por la cara de los elementos, el resto es impulsado directamente a la junta, la que se puede reducir considerablemente por medio de ranuras verticales cercanas a las juntas.

El sello de aire, se puede formar utilizando una gran variedad de materiales y técnicas, éstos incluyen: sellos convencionales de masilla; plásticos de espuma que pueden estar impregnados y ser auto adhesivos en una cara para facilitar la instalación; tiras de material delgado impermeable; betún; material DPC de hule sobre la junta y fijo a la parte trasera de los bordes del elemento; relleno de mortero o concreto; etc.

Siempre se debe obtener el sistema más sencillo posible, para evitar la constante supervisión y que toma mucho tiempo. Como recomendación diremos que no es probable que el sello de aire quede aislado después de terminar la obra, por consiguiente, debe quedar bien la

primera vez.

Ventajas.

- La instalación en clima húmedo no constituye un problema, aunque es posible que algunos sellos de aire requieran una superficie seca.
- El mecanismo básico de sellado depende no de la adherencia, sino de la geometría del perfil de la junta y de la igualación de presión en la cavidad.
- El único relleno o sello está protegido de los principales agentes degradantes.
- Si el diseño con respecto a la profundidad de la ranura y el ancho del desviador es correcto, el sistema puede tolerar grandes variaciones en el espesor de la junta, incluso, las inducidas por los movimientos térmicos y húmedos.
- No es probable que el rendimiento disminuya con el tiempo, ya que el desviador no está sujeto a tensiones causadas por el movimiento.
- Normalmente es posible instalarlos sin andamios o plataformas.

Desventajas.

- El perfil del borde del elemento que corresponda a ranuras relativamente profundas, aumenta el costo de fabricación y lo hace vulnerable a daños durante el manejo.
- La instalación de los componentes de este sistema debe efectuarse durante la erección del revestimiento, y habrá pocas oportunidades de realizar modificaciones o arreglos posteriores para conseguir omisiones en un mano de obra deficiente.

- Puede ser muy difícil inspeccionar la instalación determinada, de manera que es necesario un acabado cuidadoso o bien, una supervisión intensiva en toda la instalación.
- La geometría del concepto puede limitar al arquitectónico con respecto a la forma estética del revestimiento.
- Aunque no es importante desde el punto de vista funcional, la vibración del desviador puede producir sonidos tamborileantes que serán molestos para los ocupantes del edificio.

c) Junta rellena o de sellaje superficial.

En todos los recubrimientos primarios hechos de concreto, se utiliza algún tipo de sellador para rellenar el hueco en las juntas verticales, y el mismo material o una tira de masilla en las horizontales. Estos son los principios básicos que rigen el uso efectivo de los selladores en los revestimientos.

Aunque se han utilizado casi todo tipo de compuestos para los recubrimientos de concreto, desde masillas bituminosas sencillas, o con base de aceite, hasta polisulfatos; por razones convenientes de comportamiento, color y de durabilidad, estos últimos son los que se especifican con más frecuencia.

Ventajas.

- Los bordes de los elementos requieren un perfil muy sencillo, pero ninguna ranura o forma especial.
- Con una correcta selección y aplicación de las técnicas, los compuestos selladores pueden soportar variaciones de 6 a 40 mm en el espesor de las juntas, sin que surjan problemas indebidos.
- La configuración geométrica de los elementos (ángulos

agudos, curvas, etc.) no representa problema alguno en la aplicación de un compuesto sellador.

- No hay dificultades en la intersección de las juntas.

Desventajas.

- Es esencial tener acceso a la fachada del edificio.
- Para asegurar una buena adherencia, la superficie del concreto debe estar lisa, libre de nata limpia y seca.
- Aún una pequeña falla en la adherencia del concreto, - permitirá que el agua penetre, debido a la capilaridad o a diferencias de presión.
- El compuesto sellador está totalmente expuesto a los - principales agentes de envejecimiento y deterioro: en general, la luz ultravioleta y la intemperie. Por con siguiente, para obtener buenos resultados a largo plazo, se deben usar compuestos más o menos caros.

2. CONEXIONES.

Las conexiones entre elementos prefabricados constituyen uno de los principales problemas de éste nuevo sistema constructivo, donde es necesario tener un mayor cuidado en su diseño y elaboración ya que cuando se pretende dar monolitismo a la estructura se confía únicamente en las conexiones.

Quando las estructuras se diseñan para resistir ciertas acciones que si no se tratan debidamente por medio de las conexiones, éstas pueden estar sujetas a elementos mecánicos no previstos, por consiguiente su comportamiento no será del todo deseable. Generalmente, en las conexiones se tiene la incertidumbre de su comportamiento real, porque además de los esfuerzos que transmiten de un elemento a otro, existen otros esfuerzos locales producidos por cam - bios volumétricos debidos a la variación de la temperatura ó flujo plástico que en ocasiones llega a ser de importan-

cia y difícil de valorar. Por ésto, es necesario diseñar -- las conexiones con un factor de carga adicional al del diseño de los elementos estructurales; el valor del factor de carga dependerá de: la importancia, tipo de conexión, carga de diseño y experiencia del proyectista. Normalmente, los valores de los factores de carga varían de 1.1 a 1.33 para diseño elástico y de 3 para cargas verticales, y 1.5 para cargas accidentales en un diseño plástico.

Por otra parte, una acción que dificulta más el aspecto de las conexiones, es que no se cuenta con un criterio de diseño uniforme y por lo general todas las diferentes conexiones que se usan son resultados de investigaciones empíricas.

Las conexiones pueden clasificarse de dos maneras, la primera de acuerdo a su comportamiento mecánico y la segunda de acuerdo a el tipo de elemento a unir.

2.1 CLASIFICACION DE ACUERDO A SU COMPORTAMIENTO MECANICO.

Dentro de ésta podemos encontrar dos tipos principales:

- a) Conexiones articuladas.
- b) Conexiones rígidas.

a) Conexiones articuladas.

Son por lo general las más sencillas y económicas ya que no requieren preparaciones laboriosas, ni trabajos complicados posteriormente al montaje de los elementos. Estas permiten movimientos y rotaciones diferenciales, así como la transmisión de fuerzas normales y cortantes.

Es recomendable realizar preparaciones antes del montaje de los elementos, que consisten en colocar cojines de apoyos para asegurar el contacto y la transmisión adecuada de esfuerzos.

Este tipo de conexiones es el más usado en la unión de elementos prefabricados, empleado frecuentemente en cubiertas de naves industriales y en estructuras de un solo nivel, o en aquellas en que se puede confiar la transmisión de los

elementos mecánicos debido a fuerzas horizontales a otros miembros rígidos, como muros o marcos contraventeados y en estructuras que no se presenten problemas de fuerzas horizontales de consideración.

Una ilustración de conexiones articuladas se muestran en la fig. IVA-2.

b) Conexiones rígidas.

Este tipo de conexiones es cuando se logra dar una continuidad completa entre los elementos estructurales, requiriéndose para ello una serie de preparaciones y trabajos -- posteriores al montaje.

En la práctica, una conexión totalmente rígida no se logra, porque cuando se realiza el montaje y se logra la -- continuidad por cualquier método, los elementos estructurales tendrán una etapa de trabajo similar a la de una conexión (*isostática*) por lo menos para su peso propio y algunas cargas muertas, a menos que se tomen las precauciones -- para evitar esta etapa de trabajo.

Por otra parte, el cuidado, habilidad e importancia -- que requiere éste tipo de conexiones hace que en ocasiones el uso de los prefabricados como sistema constructivo sea -- desventajoso con respecto a los sistemas convencionales.

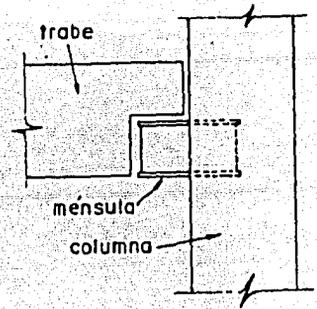
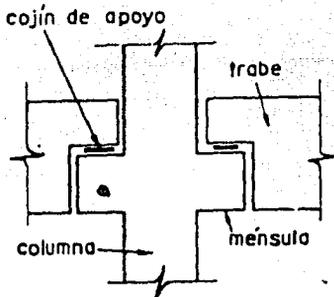
Estas conexiones son adecuadas para soportar fuerzas -- de tensión, compresión y cortantes, así como momentos flexionantes y torsionantes. Otra propiedad es que hacen imposible los desplazamientos y giros relativos.

Una ilustración de éste tipo de conexiones las tenemos mostradas en la fig. IVA-3.

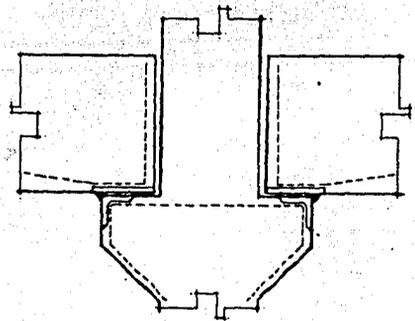
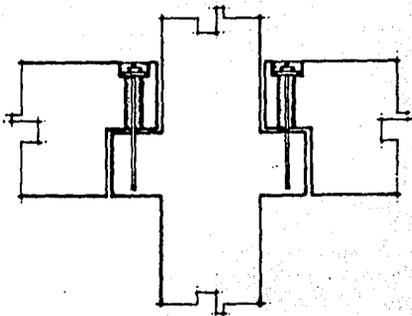
Las conexiones ya sean articuladas o rígidas, deben -- cumplir con ciertos requisitos, entre los cuales podemos -- mencionar las siguientes:

- Seguridad.

Para obtener este requisito, es necesario diseñar la --

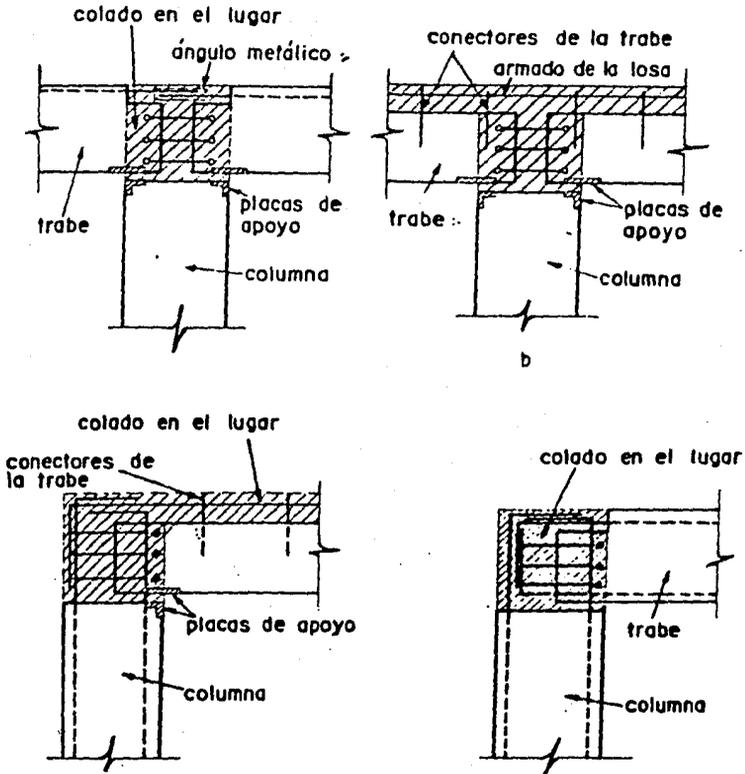


CONEXIONES ARTICULADAS



TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IVA-2

CONEXIONES RIGIDAS



TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IVA-3

capacidad de unión con factores de ayuda adicional, pudiendo ser del orden de 1.1, 1.2, etc., para diseño elástico y hasta de 3 para diseño plástico.

- Ductibilidad.

Esta es necesaria para que la estructura tenga un comportamiento adecuado sobre todo, ante la presencia de sismos y consiste en que al llegar una conexión a su máxima carga fluya primero el acero de refuerzo antes que ceda el concreto, permitiendo la formación de articulaciones plásticas antes del colapso, impidiendo con esto la falla instantánea de los elementos.

- Rigidez y monolitismo.

Este, es conveniente para que una estructura tenga suficiente resistencia a las fuerzas laterales permitiendo la transmisión de las mismas a otros elementos. Logrando con esto secciones más esbeltas, traduciéndose en una mayor economía en los materiales.

- Estabilidad durante el montaje.

El diseño de las conexiones deberá ser de tal manera que permita algún grado de sujección de los elementos prefabricados, para lograr un montaje eficiente sin recurrir a la utilización de equipo especial.

- Resistencia al intemperismo y al fuego.

Este requisito variará según la finalidad y tipo de estructura, debiéndose tener el menor número de detalles para evitar el ser afectados por la acción del intemperismo y el fuego.

- Precisión geométrica.

Deberán tomarse en cuenta, tanto la fabricación de las piezas como el empalme de las mismas. Durante la fabricación de los elementos se deberán poner especial cuidado en

las dimensiones de éstos, de manera que las imprecisiones - queden dentro de las tolerancias permisibles, y poder realizar así el empalme de los mismos.

- Sencillez.

El hacer una conexión sencilla trae como consecuencia una rápidez en el montaje, al mismo tiempo que reduce el mínimo el personal especializado empleado, repercutiendo en - la disminución de errores.

2.2 CLASIFICACION DE CONEXIONES DEPENDIENDO DE LOS ELEMENTOS A UNIR.

Esta clasificación se basa en los diferentes elementos a unir, presentándose diversos arreglos de conexiones.

A continuación se presentan detalles y figuras de cada una de ellas.

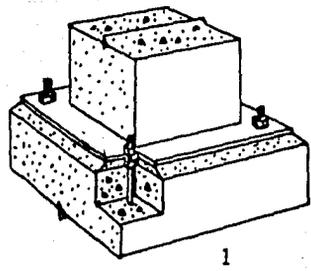
a) Base de columna (CB)

Este tipo de conexiones, mostrados en la figura IVA-4, tiene como principal característica el de usar lechada de - concreto sin contracción en la parte superior de la pila colada en obra, además es necesario que se coloquen suficientes estribos en la parte superior de la pila, para confinar los pernos de anclaje.

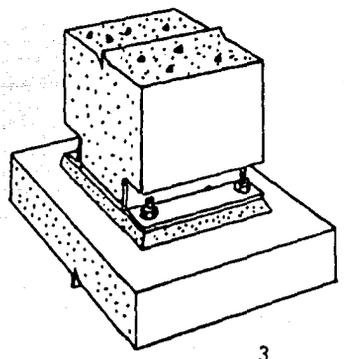
En el detalle 1 de la misma figura, se tiene una placa con base de mayores dimensiones que la sección transversal de la columna. Típicamente se usan cuatro pernos de anclaje con doble tuerca.

En el detalle 2 la llamada placa base interna, tiene - una placa que puede ser igual o de menor sección que la columna, la cual cuenta con huecos para los pernos de anclaje: huecos que pueden estar localizados en las esquinas o en la parte media de cada uno de los lados.

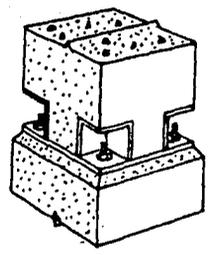
Hay otro caso, donde se presentan ángulos los cuales - están unidos con soldadura al refuerzo principal ó espigas _



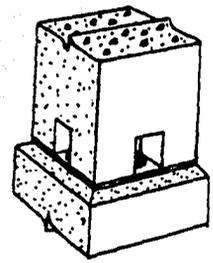
1



3



2



CONEXIONES TÍPICAS DE BASE COLUMNA
(CB)

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAPTISTA PEDRO
FIGURA IVA-4	

que traslapen con el refuerzo principal como se muestra en el detalle 3.

b) Columan a columna (CC)

Cuentan con las mismas características que las anteriores, por lo tanto podemos citar como ejemplos los ya presentados en las conexiones (CB), solo teniendo en cuenta que en lugar de base de columna se tiene una columna.

c) Viga a columna (VC)

Este tipo, puede dividirse en dos, dependiendo de la altura de la columna a la que se encuentra la conexión, pudiendo ser.

- Conexión a un nivel intermedio de la columna.
- Conexiones en la parte superior de la columna.

Las primeras, se logran por medio de unas salientes en las columnas, llamadas ménsulas, las cuales pueden ser de concreto armado o de acero, perfectamente anclado.

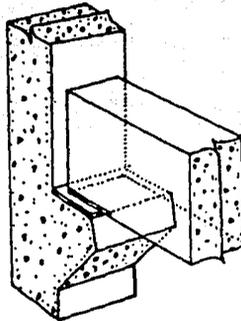
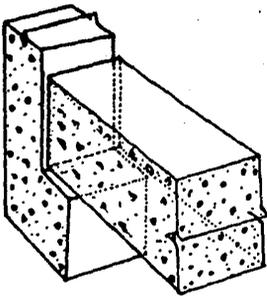
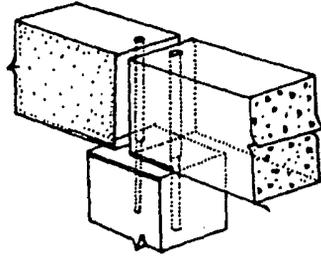
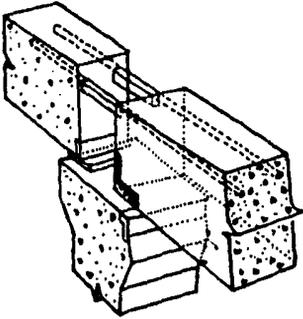
Al igual que otro tipo de conexiones, la unión se realiza de diferentes formas, como se verá más adelante. En la figura IVA-5 se presentan detalles de éstas dos clasificaciones.

d) Losa a viga (LV)

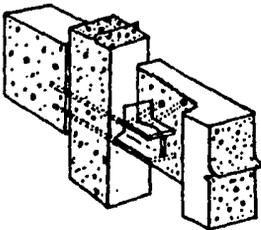
En este tipo de conexión, se deben considerar los efectos de cambio de volumen y la transferencia de fuerzas horizontales de losa a la viga, cuando se asume que el piso o el techo actúe como un diafragma. Los movimientos de conexiones entre las losas y las vigas pueden dañar el techado, por lo que deberá considerarse un detalle especial de expansión. Ver figura IVA - 6.

e) Losa muro (LM)

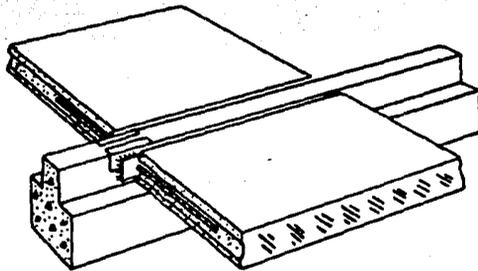
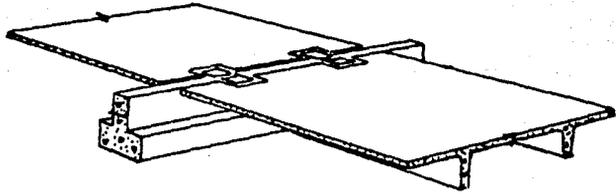
En gran parte de los diseños se requiere cierto grado



CONEXIONES TÍPICAS DE VIGA A COLUMNA
(Vc)



TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IVA-5



CONEXIONES TÍPICAS DE LOSA A VIGA.
(LV)

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ NAUTISTA PEDRO
	FIGURA IVA-6

de continuidad de losa a muro. Sin embargo, en general no es deseable una conexión completamente fija, especialmente en las losas en forma de "T" de claros mayores, esto se impide usando los amortiguadores de apoyo. Ver figura IVA-7.

2.3 APOYOS PARA LAS CONEXIONES.

Debe tenerse cuidado en las áreas de los elementos prefabricados al hacer o proponer una conexión, ya que las cargas muertas que actúan sobre los elementos suelen ser de consideración, puesto que algunas actúan permanentemente. Para asegurar el buen contacto y transmisión de las fuerzas de estas cargas, es conveniente hacer preparaciones antes del montaje, consistentes en cojines de apoyo.

Hay diferentes tipos de apoyos, los más usuales son:

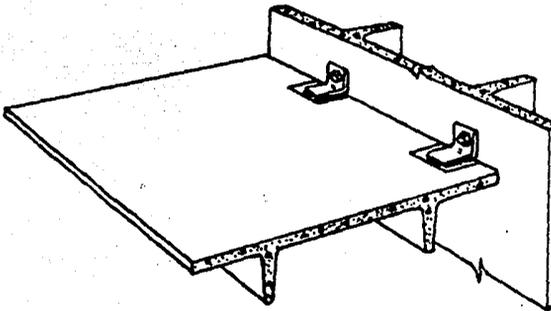
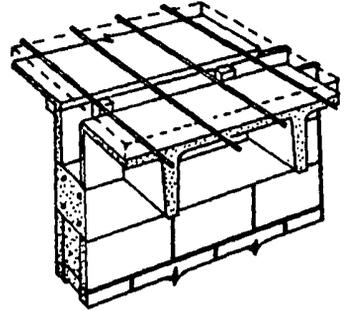
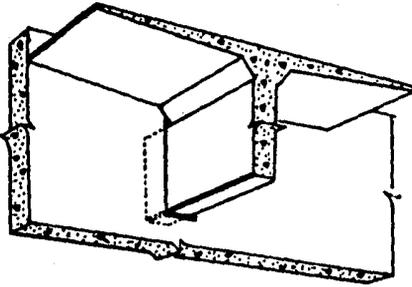
a) Apoyo de concreto sobre concreto.

Es el menos usado, sólo se recomiendan cuando los esfuerzos ejercidos sobre los apoyos sean bajos, del orden de 0.1 f'c, ya que no se pueden asegurar que la superficie de contacto sea lo suficientemente lisa para lograr una transmisión uniforme de esfuerzos, pues al no contar con la superficie lisa se presentan concentraciones de esfuerzos lo que redundará en un mal funcionamiento de la conexión.

En el caso de conexiones articuladas se permiten giros en la trabe, que se realizan alrededor de una de las aristas de la columna lo que produce concentración de cargas; este problema se puede visualizar en la figura IV A-8a.

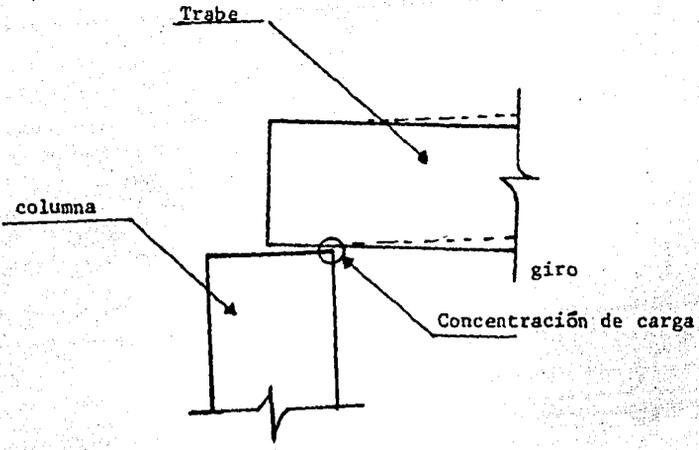
b) Apoyos a base de fibras químicas.

El uso de apoyos elaborados a base de estas fibras es lo más conveniente para las conexiones articuladas, ya que cuando se presentan rugosidades en las áreas de apoyo, los esfuerzos ejercidos sobre estas se distribuyen uniformemente, por la plasticidad del apoyo, logrando un comportamiento adecuado de la conexión. Aunque se presente un giro en la pieza la distribución se conserva uniforme, pues se comprime solo un área del cojín de apoyo, absorbiendo los incrementos de esfuerzo. Estos detalles se muestran en la figura IV A-8b.

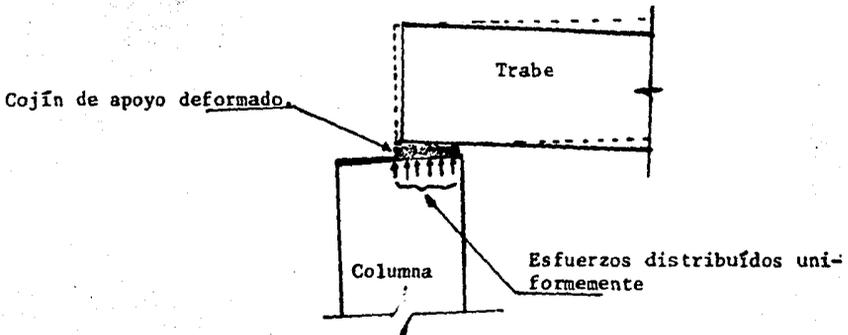


CONEXIONES LOSA MURO (LM)

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAPTISTA PEDRO
	FIGURA IVA-7



APOYO DE CONCRETO SOBRE CONCRETO
(a)



APOYO A BASE DE FIBRAS QUIMICAS
(b)

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAPTISTA PEDRO
	FIGURA IV A-8

Los materiales más frecuentemente usados como cojines son:

- Masonite.
- Fieltro para impermeabilizar.
- Fibra de vidrio.
- Losa de vinil para pisos.

Estos materiales son económicos y de fácil consecución, pero solo pueden usarse para cargas ligeras (es fuerzas menores de 30 Kg/m²).

- Neopreno.
- Lámina de plomo.

Siendo éstos más elaborados.

El apoyo de neopreno, es uno de los más utilizados debido a sus propiedades físicas y a las ventajas que presenta.

Dentro de las propiedades físicas están: La resistencia a la compresión y al deterioro.

La resistencia a la compresión del neopreno es más que suficiente para soportar cargas hasta de 70 kg/cm², variando su deformación en un rango 0.079 a 0.158 cm por cada 2.54 cm (1 in) de espesor, cuando esta debidamente fabricado y proyectado. Además la mayor parte de la deformación plástica tiene lugar en los primeros 10 días de carga.

La resistencia al deterioro por intemperismo del neopreno, es lo suficientemente amplia, comprobándose que se puede tener una superficie sin problemas de conservación ni de funcionamiento durante 35 a 50 años, cuando se hace de la calidad adecuada.

Dentro de sus ventajas encontramos 3 de mayor importancia, las cuales son:

- Economía. Debido a la sencillez de proyecto y fácil -- de fabricar.
- Efectividad de funcionamiento. Transmitiendo más eficientemente las cargas.

Debe tenerse cuidado de la deformación vertical debida a esfuerzos de comprensión que no exceda del 15% del espesor original, y para esfuerzos cortante debido a fuerzas horizontales no debe exceder del 50%.

- Conservación. No requiriéndose lubricación ni limpieza.

c) Apoyos formados por placas metálicas.

Esta forma de apoyo tiene un comportamiento semejante al del tipo a base de fibras químicas, solo que la distribución de esfuerzos se logra a manera de ganar espesor a las placas, las cuales deben de estar debidamente ancladas por medio de varillas soldadas, para que los esfuerzos no se -- presenten directamente sobre la superficie de contacto, sino que se transmitan por adherencia a lo largo de las varillas.

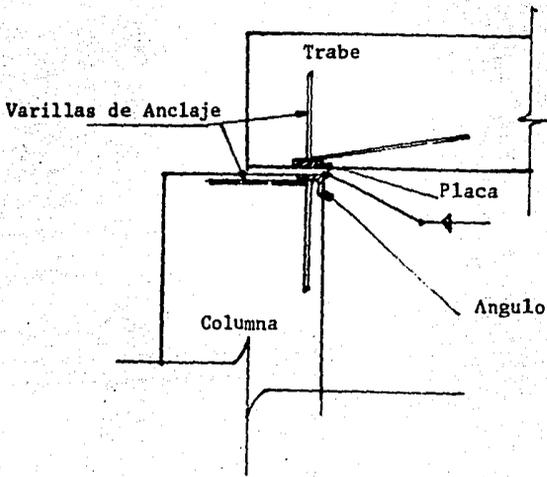
Una desventaja de éste tipo de apoyo, es el mantenimiento que requieren las piezas metálicas expuestas a la intemperie. Como ilustración de este tipo de apoyos se presenta la figura IV A-9.

d) Apoyos de mortero seco.

Consiste en apoyar directamente la trabe sobre la columna a la que se habrá colocado previamente un colado de mortero seco, en el área de apoyo. Este sistema se recomienda cuando se tienen esfuerzos dentro del rango de 10 a 20 kg/cm².

2.4 FORMAS DE EFECTUAR UNA CONEXION.

a) Conexiones por gravedad.



APOYO FORMADO A BASE DE PLACAS METALICAS.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAVTISTA PEDRO
	FIGURA IV A-9

Esta forma se distingue por el hecho de que el elemento únicamente descansa sobre su apoyo, con poca o ninguna fijación física. Normalmente se usan cojines de carga flexible, para proporcionar una distribución uniforme de carga y permitir algún tipo de rotación sin dañar al elemento.

Una conexión de gravedad con frecuencia es ventajosa, ya que permite los pequeños movimientos debidos a cambios de temperatura, contracción y flujo plástico. Al ser de este tipo, se debe tener cuidado en su estabilidad contra la carga del viento, sismo o de construcción.

Como ejemplo, se podría citar a las losas de asiento para estadios, las cuales se pueden fijar a las vigas de soporte por éste método de conexión. Otro uso, sería en marcos en forma de "A" que descansan sobre armaduras presforzadas prefabricadas.

Una conexión del tipo de gravedad se muestra en la figura IV A-10a.

b) Conexiones soldadas.

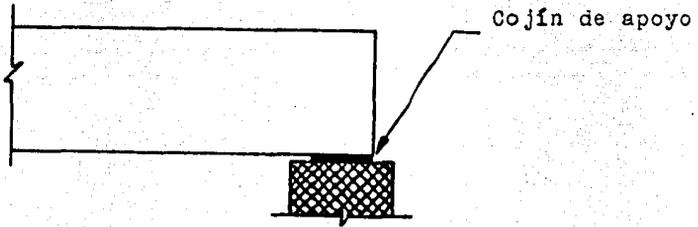
Estas conexiones, dependiendo de la localización de la soldadura pueden proporcionar: Extremos articulados, res-tricción parcial o continuidad total.

Si los extremos de la viga van a ser unidos con soldadura, debe tomarse en cuenta para su diseño de fuerza horizontal que se produce debido al acortamiento por flujo plástico, de no hacerlo, traerá como consecuencia la formación de grietas verticales cerca de los extremos, dando como resultado una falla por cortante.

Generalmente es mejor hacer soldaduras en la parte superior de los elementos de techo; la continuidad total se puede alcanzar con la combinación de soldaduras en la parte superior y lechadas entre los extremos de la viga, así como se muestra en la figura IV A-10b.

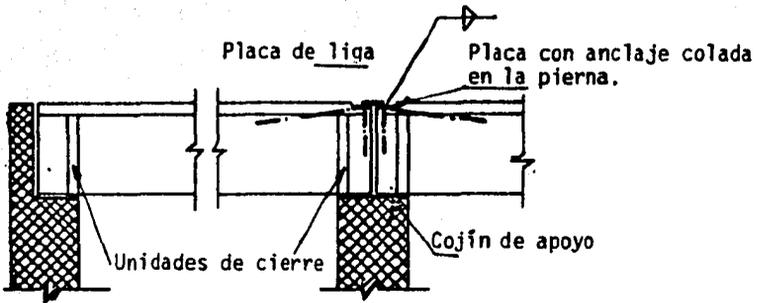
c) Conexiones con pernos.

La ventaja principal de éstas es el montaje y la fija-



Detalle típico de una conexión por gravedad

(a)



Conexiones soldadas.

(b)

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IVA-10

ción de los elementos se pueden hacer rápidamente, resultan do una reducción en el costo del montaje. El ajuste adecuado de las conexiones con pernos, requiere de tolerancias de colocación muy rígidas. Los pernos se usan en cortantes o tensión,

Estos deben estar protegidos contra fuego y corrosión, lográndose mediante la introducción de una lechada de concretos en los orificios donde está instalado el perno dentro del concreto, evitando con esto momentos de giro.

Para éste tipo de conexión el diámetro del agujero debe ser adecuado para permitir tolerancias en el montaje y para inyectar mortero, además deberán rodearse de estribos.

Los pernos de anclaje toman las fuerzas resultantes de cualquier movimiento longitudinal de piezas secundarias. Si se requiere permitir ciertos movimientos, en la parte inferior del agujero se coloca mastique o bien se puede usar perno o tuerca sin que se rellene el agujero de mortero, como se muestra en la figura IV A-11a.

d) Conexiones postensadas.

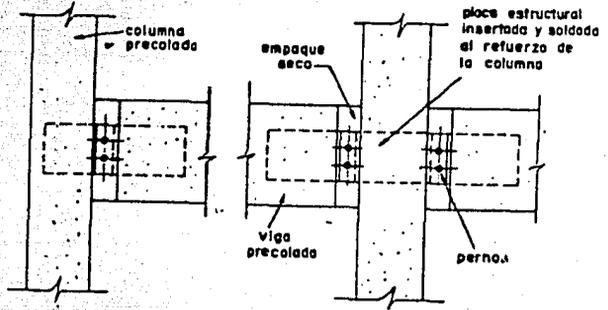
El postensado es un medio de precomprimir las caras que se encuentran de los elementos prefabricados. Los torones de alta resistencia que se colocan pueden resistir momentos muy grandes.

Los mejoramientos continuos en materiales y equipos empleados en este sistema, han hecho del postensado un dispositivo de conexión conveniente y confiable.

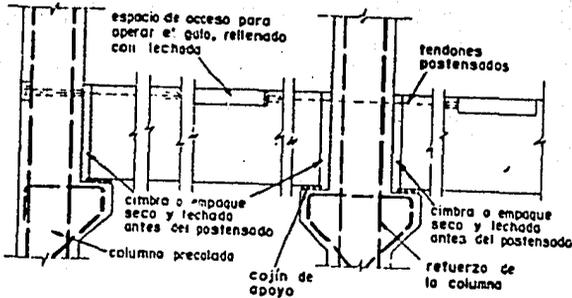
Con frecuencia se usa para resistir momentos en el centro del claro de una viga con los torones extendidos hacia arriba a través de las columnas que lo soportan para resistir los momentos extremos y servir como medio de enlace entre la viga, con la columna.

Se puede crear un marco rígido extendiendo los torones postensados verticales a través del extremo de la viga dentro de la columna de apoyo. Los torones, crean una precompresión a través de las juntas con una excentricidad que inducen esfuerzos opuestos a los provocados por las cargas --

CONEXIONES POSTENSADAS



(a)



(b)

TESIS	LICENCIATURA
PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
U N A M	
E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IVA-11

aplicadas. Ver figura IV A-11b.

e) Conexiones coladas en el sitio.

Ofrecen una forma simple y económica de obtener un comportamiento monolítico en la estructura prefabricada. Dichas conexiones pueden ser construídas y diseñadas para cargas vivas distribuidas o aún para cargas vivas y cargas - - muertas sobrepuestas.

Los extremos de las vigas se ahogan únicamente en el concreto colado en sitio, eliminándose las tolerancias y quedando finalmente una construcción monolítica.

Esta forma de conexiones se muestra en la fig. IV A-12.

f) Conexiones con pasajuntas.

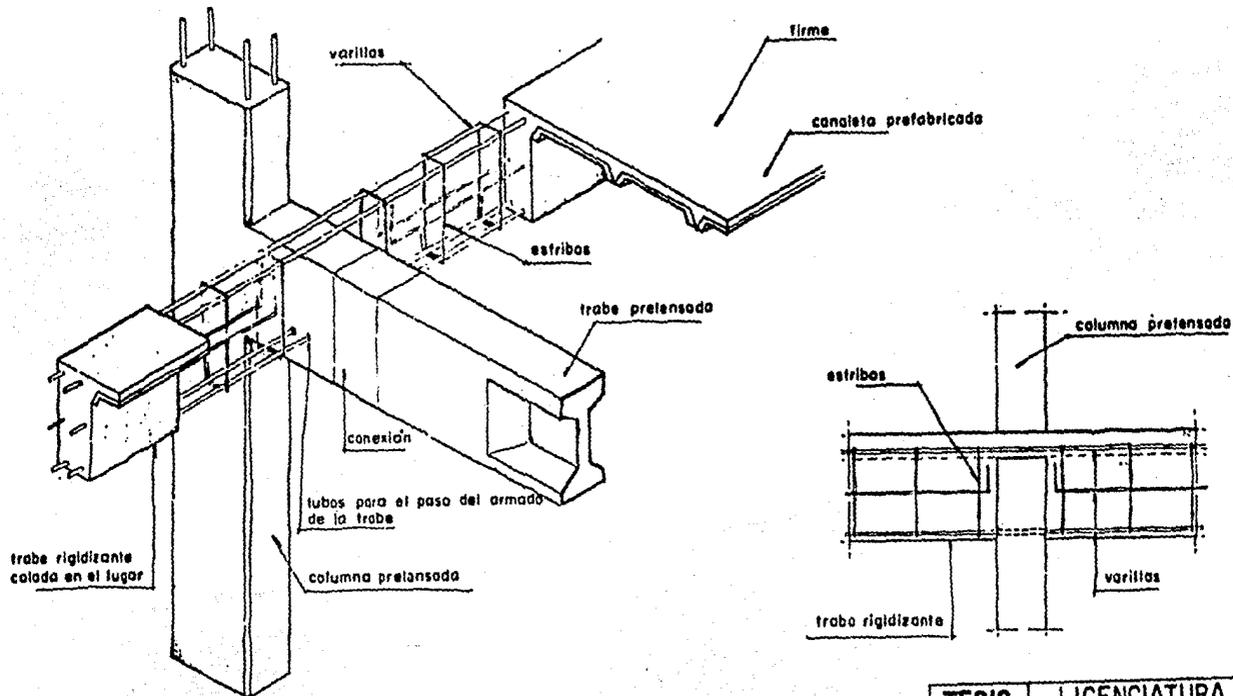
Cuando un elemento se monta en la parte superior de otro, una conexión con pasajuntas ofrece un método simple y rápido de liga de dos elementos; si la parte superior de la pasajunta tiene rosca, se puede colocar una tuerca para mantener al elemento en su posición. Si se desea adherencia con la pasajunta, ésta se puede llenar con lechada.

Las pasajuntas son especialmente útiles para traslapes de columnas y bases de columnas cuando se requiere transmisión de momentos.

2.5 CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO DE CONEXIONES

El diseño adecuado y económico de las conexiones de concreto prefabricado presforzado, requiere de:

- Un análisis de la producción de concreto prefabricado.
- Erección de los prefabricados.
- Procedimientos generales de diseño.
- Tolerancias.
- Todos los sistemas posibles de carga de fuerzas.
- Factores de carga.



CONEXION COLADA EN SITIO

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
	U N A M E. N. E. P. ACATLAN
	CORTES SANCHEZ JAIME E CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IV A-12

- Requisitos del comportamiento de las cargas de servicio.

Estos y mas aspectos se tratan a continuación.

a) El diseño satisfactorio de las conexiones.

No puede lograrse sin considerar plenamente los requisitos de la producción, el entendimiento de la elaboración del prefabricado no solo se traduce en economía de las conexiones, sino también sugiere formas en las cuales el detalle de las conexiones trabajará adecuadamente.

b) La normalización de las conexiones.

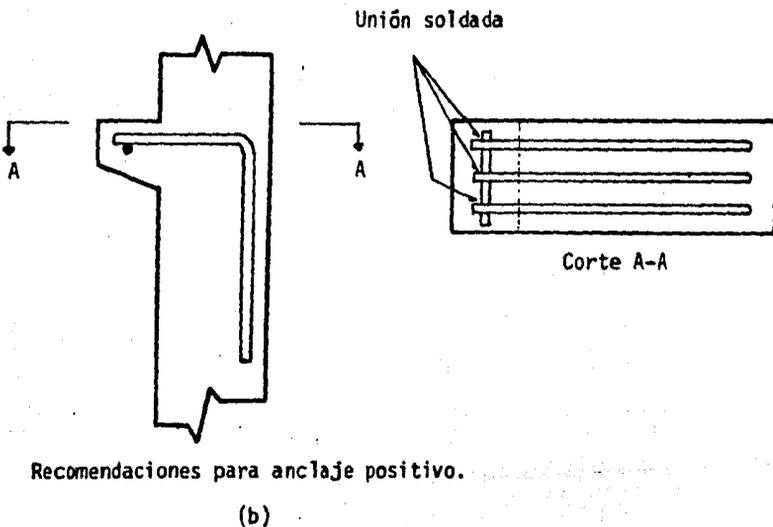
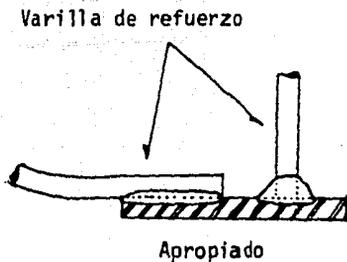
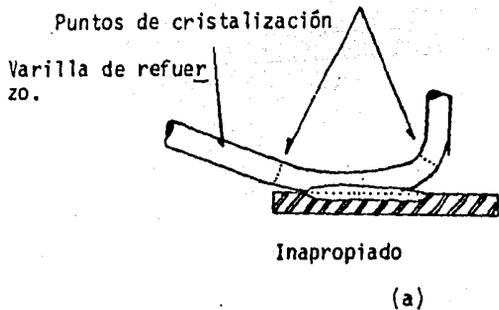
Es un aspecto importante en el diseño de éstas, pues mejora el control de calidad en la planta a la economía de la producción. La normalización, puede aplicarse a los elementos en una conexión. Por ejemplo: Si la mayoría de los detalles de conexiones requieren una placa de 10 mm. aunque en algunos de los casos sea adecuada una placa de 9 mm, todas las conexiones deberán hacerse con placa de 10 mm y así al respecto con algunos otros detalles.

También en su dimensionamiento puede ser aplicada la normalización, puesto que se gana poco con pequeños cambios dimensionales, ya que los ahorros en los materiales pueden anularse por la mano de obra extraordinaria que se necesite para llevar acabo las modificaciones; además si varían ligeramente en sus dimensiones, existe la posibilidad de que se use una conexión inadecuada en determinados sitios.

c) Refuerzos en las conexiones.

Una consideración práctica en el diseño de conexiones es un límite de tamaño de las varillas de refuerzo. Las varillas del No. 6 requieren longitudes de empotramiento para anclar que pueden ser inadecuados para la conexión, o difícil de doblarse en ángulos rectos sino en arco. Este problema lo podemos visualizar mediante la figura IV A-13a.

Para un anclaje del refuerzo positivo, es conveniente usar varillas transversales soldadas, como se muestra en la figura IV A-13b u otro tipo de anclaje mecánico.



TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IVA-13

Un detalle de conexión que requiera una gran cantidad de refuerzo adicional en los extremos de los miembros prefabricados, puede crear dificultades de producción. La dificultad en la colocación y vibración del concreto, puede conducir a cavidades en el interior de la conexión, o la congestión de varillas de refuerzo puede dar por resultado que queden coladas en formas impropia.

Un detalle con varilla de refuerzo que se crucen entre sí, requiere una cuidadosa revisión de las dimensiones, para asegurar que se dispone de suficientes claros y tolerancias para la colocación apropiada del acero de refuerzo.

d) Perfiles de acero empotrados.

Frecuentemente se pasa por alto en el diseño de placas, ángulos u otros perfiles de acero empotrados en concreto -- prefabricado, la unión adecuada a las formas. Si no se asegura firmemente a estas pueden quedar desalineadas o distorsionadas con relación a su posición previa; esto da como resultado un apoyo desigual u otro problema, aún después de haber terminado la conexión en la obra.

Es importante que no se presenten al igual que en el refuerzo, vacíos o cavidades especiales en los extremos de los miembros prefabricados, esto ocurre frecuentemente cuando las placas o ángulos se colocan de tal manera que el concreto tiene que trabajarse abajo de ellas.

e) Consideraciones dimensionales.

La coordinación de las dimensiones de los elementos -- dentro de las conexiones, conduce a una producción satisfactoria de los detalles de conexión; un problema común, se presenta cuando no se revisan las dimensiones de las separaciones.

Siempre que sea posible; las conexiones deberán dimensionarse hasta 10 mm más cercanos, esto hace más sencillo el detalle de ellas y simplifican la producción.

Las consideraciones dimensionales requieren tolerancias y separaciones razonables. No es práctico, ni económico que los diversos elementos de conexión se armen como un

reloj, por lo tanto la separación mínima entre diversas piezas dentro de ésta, no sea menor de 6 mm; prefiriéndose como ya se dijo de 10 mm.

Al dimensionar, no debe pasarse por alto el hecho de que las varillas de refuerzo tiene corrugaciones que aumentan en 3 mm o más el diámetro nominal de estas.

Frecuentemente, cuando se aplican los detalles a los miembros presforzados, la posición del cable de presfuerzo, o torones del postensado, pueden interferir con las piezas de conexión. Se deben coordinar la colocación de los cables con los requisitos de las conexiones; puede desarrollarse otro aspecto de normalización de proyecto.

f) Consideraciones de erección.

Cuando se diseñan conexiones de concreto prefabricado, deberá tomarse en cuenta la erección, en caso de que más de un detalle satisfaga los requisitos estructurales, el detalle seleccionado, será el que expedito y favorezca la erección. Los detalles que satisfagan las condiciones de la obra, pueden requerir un compromiso con las consideraciones que se necesitan para que la producción asegure el mejor de talle posible.

La selección de tolerancia para conexiones, es tan importante como el diseño estructural, deberá preverse suficiente espacio para soldar, o para poder colocar una llave que apriete una tuerca de un tornillo, etc.

Todas las conexiones deberán preverse con la tolerancia máxima que sea factible, tanto estructural como arquitectónicamente. Por ejemplo si es necesario una tolerancia de 25 mm pero si hay posibilidad de tener una de 50 mm sin que perjudique estructural o arquitectónicamente, se seleccionará la tolerancia de 50 mm.

g) Sistemas de fuerzas que se deben considerar en el diseño de las conexiones.

El sistema de fuerzas en una conexión no es más que suma total de todas las cargas transmitidas a ella.

Las cargas típicas son aquellas que comunmente se consideran en el diseño de edificios o puentes, la conexión -- puede soportar ciertas cargas adicionales durante la cons-- trucción de la estructura, o puede haber condiciones espe-- ciales de carga que son peculiares al concreto prefabrica-- do, y que también deben incluirse en el sistema de fuerzas.

Cargas típicas. Todas las conexiones deberán diseñarse para resistir satisfactoriamente las cargas de gravedad, resultantes de las cargas vivas y muertas, las cargas por viento, cargas sísmicas o cualquier otro tipo de carga lateral que pueda incluirse, como la que proviene de grúas ó maquinaria que tenga vibraciones. Estas consideraciones de carga estructura normal, dan por resultado conexiones que resisten fuerzas de tensión o de compresión, cortante o torsión o momentos flexionantes.

Sin embargo, no es apropiado diseñar considerando solamente estas condiciones típicas de carga, las fuerzas y esfuerzos impuestos sobre las conexiones por cargas típicas -- pueden alternarse, si se presentan cargas especiales como resultado de restricciones contra cambios volumétricos, con tracciones o sobre carga previa durante el montaje.

Los cambios de volumen en los elementos, son ocasionados por los cambios de temperatura, fluencia o contracción. Cuando se restringe estos movimientos potenciales, pueden desarrollarse fuerzas considerables, y el no tomarlas en cuenta puede causar un subdiseño, haciendo potencialmente peligrosa su omisión.

Las restricciones, se presentan en una gran variedad de formas, por ejemplo cuando hay cambios volumétricos en los miembros de la flexión, pueden desarrollarse fuerzas horizontales en las conexiones que sean suficientemente fuertes para reducir en forma considerable la capacidad supuesta.

Deberá diseñarse ya sea para resistir totalmente las cargas de cambio de volumen, o limitar la magnitud de las fuerzas a una cantidad predecible a través de un uso juicioso de los detalles de conexión y los materiales para redu--

cir la formulación de restricciones.

Otras cargas que hay que tomar en cuenta, son las que se pueden generar durante el montaje de los elementos. Es posible que una conexión reciba una carga mucho mayor durante el montaje, que cuando ya este en su posición final.

Las cargas por viento sobre una estructura durante el montaje, es un problema complicado, para simplificar un poco este problema, se deberá considerar al diseñar una carga mínima de 145 Kg/cm² sobre la superficie de la viga, columna, y otros miembros. Este valor incluye los efectos de presión y succión normales, sobre las formas estructurales prefabricadas, con viento de 160 Km/hra.

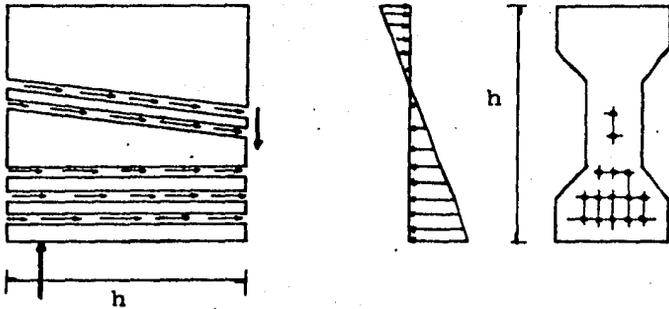
3.- ANCLAJE.

Comúnmente los esfuerzos de compresión se inducen estando elementos de acero (alambres, torones ó barras). La reacción de la fuerza aplicada a estos elementos, es tomado eventualmente por el miembro de concreto a través de adherencia en el prestensado, o por medio de anclajes especiales en el postensado.

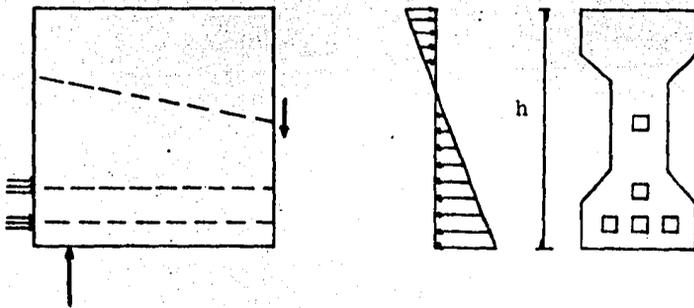
El presfuerzo crea esfuerzos considerables en las zonas de anclaje, los cuales, si no se toman en cuenta las precauciones adecuadas pueden ocasionar fallas en los elementos presforzados. Estas fallas se manifiestan por medio de grietas longitudinales visibles en los extremos de los elementos, fallas notables han aparecido en vigas pretensadas en las cuales se ha omitido el esfuerzo vertical en la pieza.

Es difícil poder determinar la magnitud de los esfuerzos y las condiciones son diferentes si la viga es pretensada o postensada.

En la figura IV A-14a se muestra el diagrama de cuerpo libre de todas las fuerzas que intervienen en el extremo del elemento de concreto pretensado de sección rectangular, y en la figura IV A-14b se muestra un diagrama similar, pe-



(a)



(b)

FUERZAS DE ANCLAJE

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E.N.E.P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IVA-14

ro para una viga postensada. De las figuras, se puede observar que las fuerzas que actúan en el concreto en el extremo de los elementos, son fuerzas de transferencia de presfuerzo, también se observa la reacción vertical del apoyo. De las fuerzas anteriores, la que produce efectos críticos es la de transferencia, que normalmente es varias veces mayor que la reacción vertical del apoyo.

El problema consiste en determinar los esfuerzos creados en las zonas de anclaje; esta concentración que se desarrolla en los extremos de la viga, se considera en una longitud igual a un peralte de la sección, más allá de esta distancia longitudinal, se considera que el presfuerzo se ha transmitido y que los efectos de concentración de esfuerzos son despreciables.

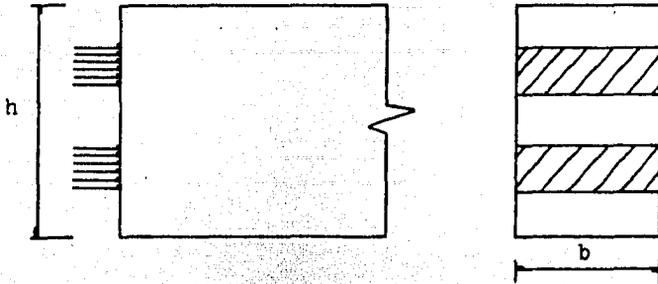
En realidad los esfuerzos varían apreciablemente de valor y de naturaleza a lo largo del claro del peralte y del ancho de la viga en la zona de transferencia.

Existe una gran variedad de soluciones empíricas para este problema, uno de ellos es despreciar la influencia de la reacción vertical, y se considera que la fuerza del presfuerzo se distribuye como una carga lineal a lo largo del ancho de la viga. Como resultado de esta idealización, la fuerza de presfuerzo queda distribuida como se muestra en la figura IV A-15a.

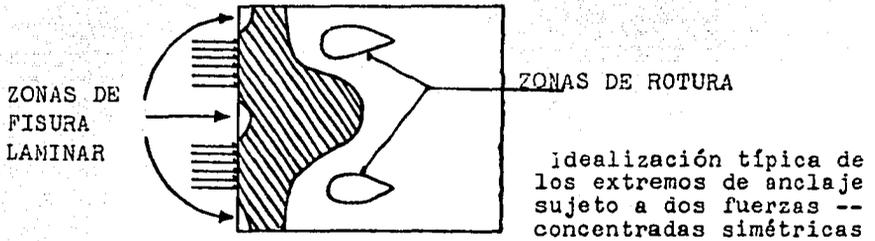
En la figura IV A-15b se muestra una idealización típica de los extremos de anclaje, sujetos a dos fuerzas simétricas con respecto a su sección transversal, donde los esfuerzos de tensión aparecen en las dos regiones siguientes:

- Posterior al punto de aplicación a la fuerza de presfuerzo en la zona de transferencia, la posición exacta depende del área de la placa de apoyo.
- En el extremo de la sección de la viga, entre las placas de anclaje y cercanos a la parte superior e inferior de la sección.

Así mismo se muestran cuantitativamente las regiones -



Idealización de la zona de anclaje



TESIS	LICENCIATURA
PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
U N A M	
E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIM E.
	CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IVA-15

donde ocurren estos esfuerzos, y el área sombreada representa la región donde aparecen esfuerzos de compresión. Se ha hecho innumerables estudios sobre los esfuerzos de tensión - que origina el anclaje debido al presfuerzo, y todos ellos, han tenido el propósito fundamental de determinar la cantidad de refuerzo que debe colocarse en la zona de transferencia, se ha observado que el propósito fundamental del refuerzo es impedir que el agrietamiento horizontal aumente - y se propague a lo largo de la viga, ya que se ha comprobado que el refuerzo solo trabaja cuando aparecen las grietas horizontales.

El sistema de presforzado comprende esencialmente, en un método de esforzar el acero, con otro para anclarlo en el concreto, existiendo para ello diversos accesorios y formas de anclaje en el postensado siendo así los principales.

Anclaje de postensado para alambres por acción de cuña.

Anclaje para postensado de alambres por soporte directo.

Anclaje de postensado para las varillas.

Anclaje para postensado de cables.

3.1 ANCLAJES DE POSTENSADO PARA ALAMBRES POR ACCION DE CUÑAS.

Hay esencialmente tres principios por los cuales los alambres de acero están anclados al concreto.

- a) Por el principio de acción de cuñas que produce una mordaza de fricción en los alambres.
- b) Por apoyo directo de las cabezas de remaches o pernos formados en el extremo de los alambres.
- c) Enrollado los alambres alrededor del concreto.

Se han desarrollado diversos sistemas basados en los -

principios de acción de cuña y de empuje directo. Poco puede decirse acerca de las ventajas relativas de éstos dos, dependiendo de la superioridad de cada sistema del método aplicado más que del principio mismo. El último método, de enrollar los alambres alrededor del concreto no ha sido aplicado ampliamente, aunque también tiene sus ventajas.

Dos sistemas populares de presforzado anclan sus alambres por la acción de cuña: El Freyssinet y el Magnel, el primero emplea cilindros y conos de concreto reforzados con alambres de acero. Cada unidad de anclaje consiste en un cilindro con un interior cónico a través del cual pasan los alambres, y contra sus paredes se acuñan los alambres por un tapón cónico estriado longitudinalmente para recibir a los mismos. El cilindro se ahoga en el concreto en la misma línea de la cara del elemento y sirve para transmitir la reacción del gato así como el presfuerzo de los alambres al concreto.

En el sistema Magnel, conocido también como sistema Magnel-Blatón, emplea placas rectangulares de acero, las cuales tienen unas muescas especiales para recibir las cuñas. El conjunto anclaje se coloca generalmente después del fraguado del concreto, con las placas de distribución de acero cementadas al concreto en ángulos apropiados.

3.2 ANCLAJES PARA POSTENSADO DE ALAMBRES POR SOPORTE DIRECTO.

Se están usando sistemas que emplean las cabezas de los ramaches formadas en frío, como apoyo directo en los extremos de los alambres para el esforzado; estos sistemas tienen con ese objeto máquinas especiales para formar las cabezas. Uno de los sistemas es el Prescon, el cual se forman en frío las cabezas de remache en el lugar apropiado para alambres de alta resistencia. Los ensayos estáticos en las cabezas han demostrado que puede desarrollarse la resistencia total del alambre. Si se cubren los alambres con mortero, no hay posibilidad de una falla por fatiga, aún si los alambres se dejan descubiertos, puesto que no existen variaciones excesivas de esfuerzo en los extremos. No se

considera como seria la posibilidad de falla bajo cargas repetidas.

El sistema Prescon utiliza cables de 2 a 42 alambres - dispuestos en paralelo, los cuales están enrollados a través de una arandela de esforzado en cada extremo, antes de que les formen sus cabezas. Se le prevee a la arandela de una perforación que permite la inyección de la lechada. Un alargamiento ligeramente en exceso permitirá que se inserten más fácilmente las cabezas.

Otros sistemas que emplean éste tipo de anclaje son:

El Sistema General Prestressing que es prácticamente idéntico al Sistema Prescón, el Sistema BBRV que es similar al Prescón, el Sistema Taxas P. I., difiere al Prescón en que, el extremo de esforzado del alambre se forman dos cabezas de remache en lugar de una, la primera cabeza se utiliza para jalar y la segunda para anclar, después del tensado, la porción saliente se corta hasta la segunda cabeza. Al emplear dos cabezas, se eliminan las calzas largas y la gruesa cubierta de concreto en los extremos que algunas veces se requieran para el Sistema Prescón.

3.3 ANCLAJE DE POSTENSADO PARA LAS VARILLAS.

Este tipo de anclaje es usado en el sistema Lee - - - McCall, en donde los extremos de las varillas de alta resistencia tienen rosca y están anclados con tuercas, rondanas y placas de apoyo.

El punto esencial es la rosca, apropiada de los extremos para aceptar una tuerca especial capaz de desarrollar tan cerca como sea posible la resistencia total de la varilla. Usado roscas ahusadas o cónicas, se desarrolla cerca del 98% de la resistencia total de la varilla.

Solamente tiene rosca una corta longitud de la varilla en los extremos sin tensar, lo suficiente para atornillar la tuerca que descansa en una rondana. Para el extremo donde se aplica el gato, se requiere una rosca larga, su

longitud es tal que después del tensado al valor completo, - la tuerca se atornilla hasta el mismo fondo del cono para lograr así la resistencia total de la varilla.

Si debido a la poca uniformidad del material o construcción, la varilla se tiene que alargar más de la cantidad calculada con el objeto de obtener el presfuerzo deseado, se pueden introducir calzas en forma de rondanas divididas entre la tuerca y la rondana regular. Será necesario el sobre tensado si por causa de la fricción u otras razones, la barra no puede alargarse lo predicho bajo el esfuerzo deseado.

Después de completar las operaciones de presforzado, - los extremos salientes con rosca pueden cortarse ó ahogarse en el concreto junto con las placas de anclaje.

El anclaje para este sistema se muestra en la figura. - IVA-16.

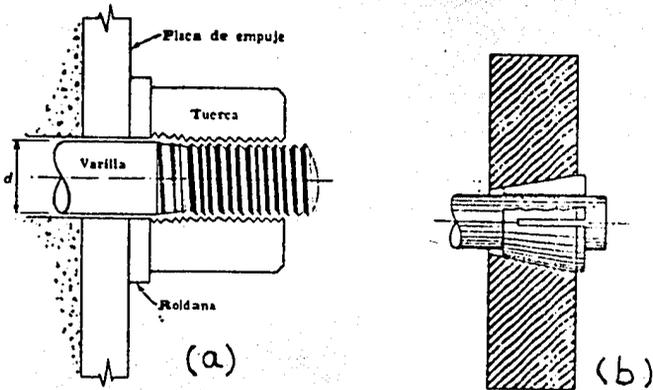
Mas recientemente, se ha desarrollado un anclaje de cuñas para varillas, empleando anclas de cuñas y placas ahusadas, la ventaja es, su conveniencia al amordazar la varilla en cualquier punto a lo largo de su longitud, como se muestra en la figura IVA-16b.

3.4 ANCLAJES PARA POSTENSADO DE CABLES.

Para el pretensado los cables de alambre se pueden - - amordazar por prensas de tornillo para cables.

En el postensado los primeros anclajes comerciales para cables fueron los del Sistema Reobling, el cual emplea anclajes similares a aquellos largamente empleados para los -- tensores de cables en los puentes colgantes. Los extremos - de los alambres de un cable se dispersan dentro de un cojine te o casquillo y se ahogan con zinc que se vacía en un embudo cónico de tubo de fierro fundido, el extremo exterior del tubo tiene rosca tanto en el exterior como en el interior; - después de que se jala el cable hasta el alargamiento y es-- fuerzo deseado, se aprieta la tuerca al exterior del tubo -- contra la placa de apoyo, la cual, a su vez, descansa en el concreto.

ANCLAJE PARA EL POSTENSADO DE CABLES SISTEMA
REOBLING.



TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M	
E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IV A-16

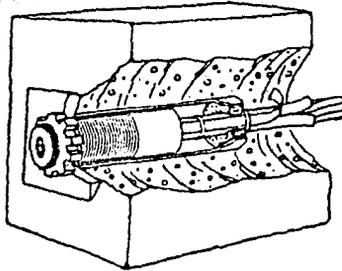
Se ahoga una longitud corta del tubo, en el concreto, para sostener los accesorios antes del presforzado y también para transmitir por medio de la adherencia, parte del presfuerzo de la placa de apoyo. En el extremo donde se coloca el gato se utiliza el mismo anclaje, apoyando la tuerca en la placa antes del tensado.

Hay un segundo tipo de anclaje Reobling, consistente en un perno largo roscado en el extremo del presforzado, en el cual se ajustan, tanto el adaptador del gato como la tuerca del anclaje; la tuerca se aprieta fuertemente después de que el gato aplica al cable el presfuerzo deseado.

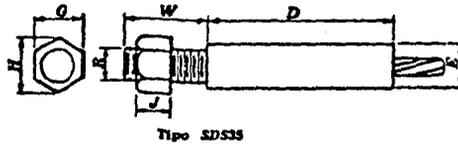
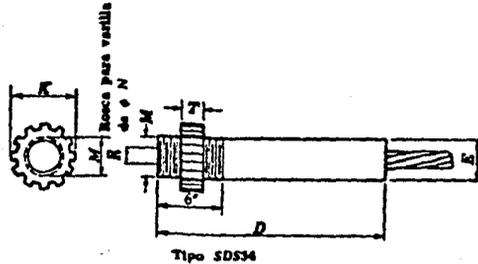
En ambos tipos, debe calcularse previamente el alargamiento, para asegurar que la porción roscada tenga la suficiente longitud para el anclaje. Si esta longitud no lo es, se deberá añadir para el apoyo unas rondanas especiales divididas. En la figura IVA-17 se muestra un anclaje de un extremo para el sistema.

El sistema C.C.L., el anclaje consiste en una pieza fundida esferoidal de grafito ahogada en el concreto, el cable se coloca dentro del cono interior de la pieza con tres cuñas, los dientes de las cuñas están hechas para que proporcionen un anclaje mecánico positivo.

En las figuras IVA-18a y IVA-18b se muestran anclajes para 7 cables y para un cable de 28.58 mm (1/8" respectivamente, en lo que consiste al sistema C. C. L.).



Anclaje de un extremo para el sistema Roebbling

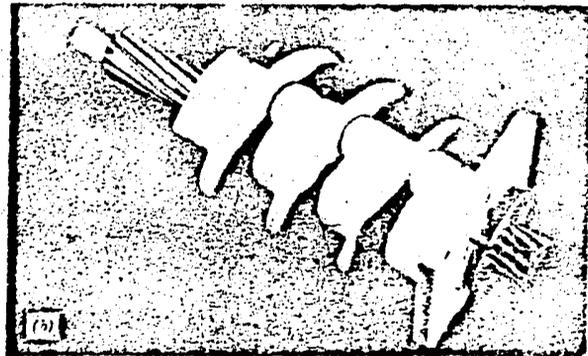
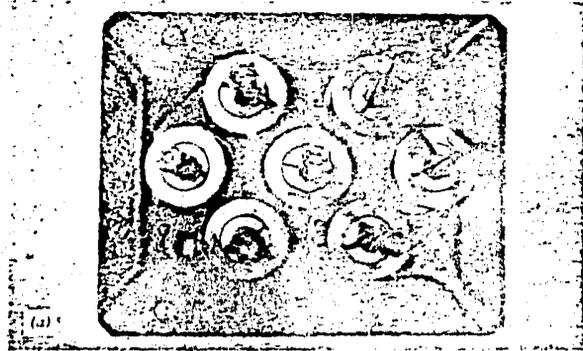


(Dimensiones en el sistema métrico)

Diámetro del cable	Medidas en centímetros										Peso total kg	
	D	W	E	M	R	G	H	J	K	T	Tipo SDS34	Tipo SDS35
1.324	24.13	20.32	4.29	12N	3.18-12N	4.29	4.92	2.54	8.89	1.91	3.178	4.200
2.121	31.75	25.40	5.72	12N	4.13-12N	5.72	6.51	3.33	9.53	2.54	7.491	8.334
3.540	35.88	27.94	6.09	8N	5.10-8N	7.14	8.10	4.13	11.11	3.18	11.237	14.755
3.858	41.91	27.94	7.62	8N	5.72-8N	7.62	8.73	4.48	12.07	3.81	17.933	23.700

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DEL SISTEMA ROEBLING.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
	U N A M E.N.E.P. ACATLAN
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IV A-17



ANCLAJE PARA UNO Y SIETE CABLES DEL SISTEMA C.C.L.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAMES E. CRUZ RAUTIETA PEDRO
#IGURA IVA-18	

B) MONTAJE.

El montaje de elementos prefabricados es otro problema que se debe tener en cuenta en la construcción a base de este tipo de elementos, debido a los fines que persigue la prefabricación, que son la de una construcción más económica a una menor tiempo de ejecución.

Se debe poner especial interés por los métodos de elevación para usar los más adecuados a cada obra en particular, ya que existe una gran variedad de éstos con características particulares.

1. PRINCIPALES CONSIDERACIONES PARA EFECTUAR EL MONTAJE;

- a) Número de elementos.
- b) Características de los elementos.
 - Dimensiones
 - Peso
 - Tipo
 - Altura de la obra
 - Distribución en planta de la edificación.
- c) Cualidades técnicas de la maquinaria de montaje.
- d) Capacidad de elevación; peso y distancias de colocación, altura máxima alcanzable (*un mínimo de 2 m por encima del último elemento a colocar*).
- e) Su rendimiento y velocidad de trabajo.
- f) La precisión; que nos permita colocar fácilmente los elementos en el punto exacto y con el menor maltrato.

Su movilidad sobre el terreno, según las necesidades de éste es recomendable analizar la posibilidad de utilizar en una misma obra varias máquinas de distintas características. Esto es especialmente interesante cuando hay elementos de pesos diferentes, ya que los medios de elevación mal aprovechados no resultan económicamente satisfactorios, y por otra parte funcionan mejor bajo carga constante o poco variable.

La decisión debe hacerse tras un análisis económico -- del costo total del montaje, empleando diversas combinaciones de maquinaria para lo cual se debe tener perfectamente tabulados para cada una, los costos hora/máquina, tanto en funcionamiento como estando oscisa, así como sus rendimientos reales medidos para distintos elementos. En éste estudio, debe incluirse la duración total del montaje, que en muchos casos puede ser un factor decisivo.

Es importante señalar que dentro de un tipo de maquinaria, la mano de obra necesaria para su operación suele ser independiente de la capacidad de carga de la misma.

2. MAQUINARIA PARA EFECTUAR EL MONTAJE.

La maquinaria, suele clasificarse de acuerdo a sus movimientos y a la forma de realizarlos. De un modo general, los movimientos posibles en la maquinaria de izado de elementos son elevación de carga, elevación de la pluma, desplazamiento de la carga, giro y translación del conjunto.

Las grúas son las maquinarias mas comunmente usadas para el montaje de elementos prefabricados.

Los tipos de grúa más usuales son:

Grúas torre (sobre carriles)
 Autogrúas (sobre neumáticos, sobre orugas).
 Grúas pórtico (sobre carriles, y neumáticos).
 Grúas mástil (simple, gemelos).
 Derricks (fijos, móviles).

Las grúas generalmente constan de un bastidor que lleva los elementos de apoyo y desplazamiento sobre el suelo - en el que va montada una plataforma, que puede o no girar - alrededor de un eje fijo en el bastidor y sobre la que van fijados un brazo con un contrapeso y una pluma para el movimiento de las cargas pudiendo ser ambas de inclinación fija o variable.

Con objeto de poder aprovechar la capacidad de carga - al máximo, los brazos suelen ser celosias de pequeños perfi

les metálicos por lo que las hacen ligeras.

2.1 GRUAS-TORRE.

Este tipo consta de un bastidor que va provisto de cuatro ruedas, y sobre un carretón va colocado un peso estabilizador. La torre es de celosía a base de pequeños perfiles metálicos o tubos. En el caso de edificios de gran altura interesan torres-telescopicas que van subiendo con la obra, que van incrementándose intercalando más elementos. Las grúas de pequeña o mediana capacidad en algunos casos, suelen ser autodesmontables empleándose un tiempo considerable en su montaje.

Existen diversos tipos de Grúas-torres, las de un brazo que son poco usuales debido a su escasa capacidad de carga y las de dos brazos que son las más convenientes, dado que pueden elegirse distintas longitudes de pluma y peso -- del carretón para incrementar la capacidad de carga para -- distancias cortas.

También los hay fijos, móviles y giratorias que es la más usada en todo tipo de obra, e incluso en las construcciones por métodos tradicionales.

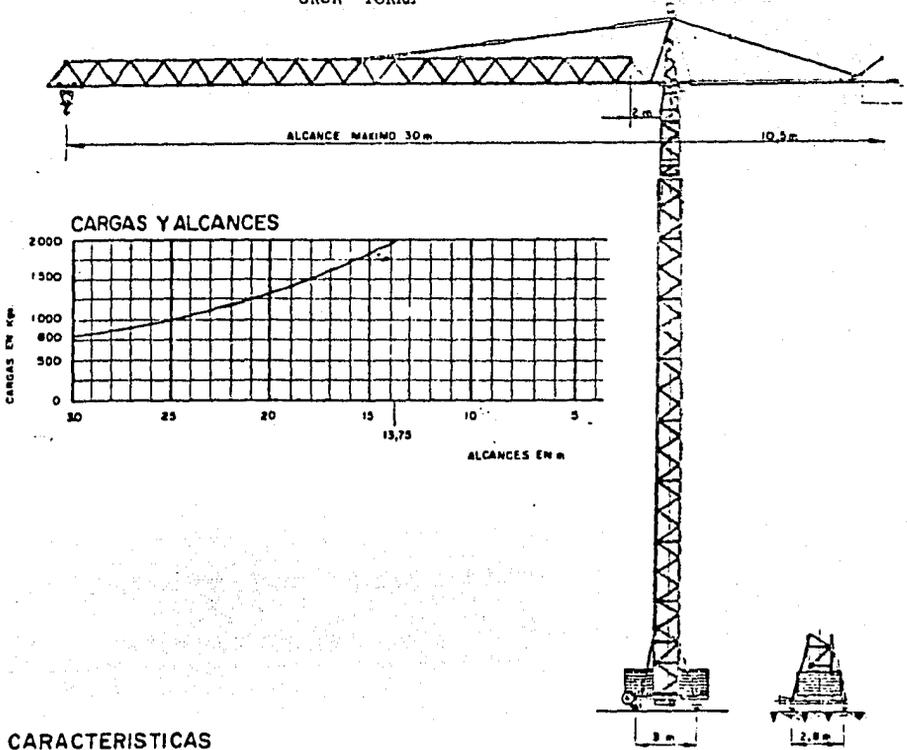
Un punto que debe vigilarse constantemente con éste tipo de grúa es el estado de la vía (*alineación y nivelación de los carriles*), ya que un pequeño desnivel lateral puede afectar extraordinariamente la estabilidad. La instalación de la vía es un proceso largo y engorroso, lo que, unido al trabajo de montaje de la grúa sola, las hace recomendable para grandes volúmenes de obra, específicamente para trabajos respectivos.

En las figuras IVB-1, IVB-2 y IVB-3, se dan las características de este tipo de grúas; una ligera, de 25 m Mp de potencia y otra de 150 m Mp, que se considera como pesada.

Atendiendo la velocidad de movimiento, el cual es un aspecto muy importante para el cálculo del costo hora/máquina, podemos dar como valores medios los siguientes para cada tipo de movimiento.

GRUA TORRE

205

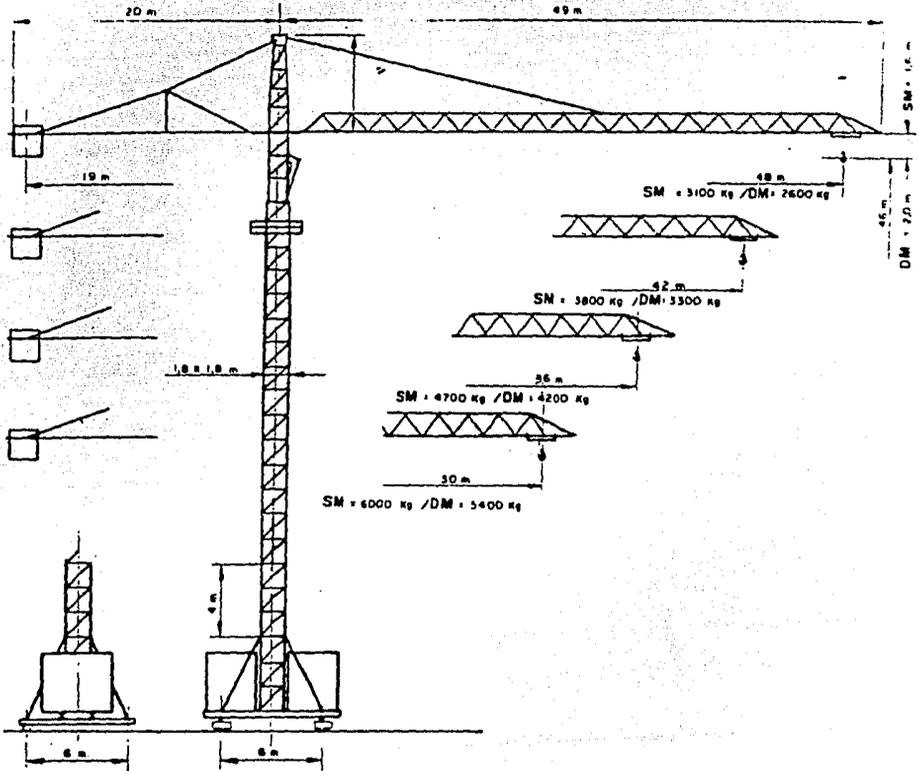


CARACTERISTICAS

Cargas y Alcances		Pluma de											
		20 mts.			25 mts.				30 mts.				
Alcance en mts.	De 2m. a.	13,75	15	20	13,75	15	20	25	13,75	15	20	25	30
Cargas en Kg.		2.000	1.800	1.300	2.000	1.800	1.300	1.000	2.000	1.800	1.300	1.000	800
Velocidades de trabajo	Elevación: Cabrestante ELECTROPOSE con motor de 3 velocidades											Motores	
	Hasta 1.000 Kgs. 50mts./min.											trifásicos	12/12 HR.
	Hasta 2.000 Kgs. 25 mts./min.											220/380 V.	5,5 HP.
	Microvelocidad 5mts./min.											50 períodos	1,7 HP.
	Traslación	20 mts./min.											
	Desplazamiento delcarro	30 mts./min.											
	Orientación (giro)	0,83 vueltas/min.											

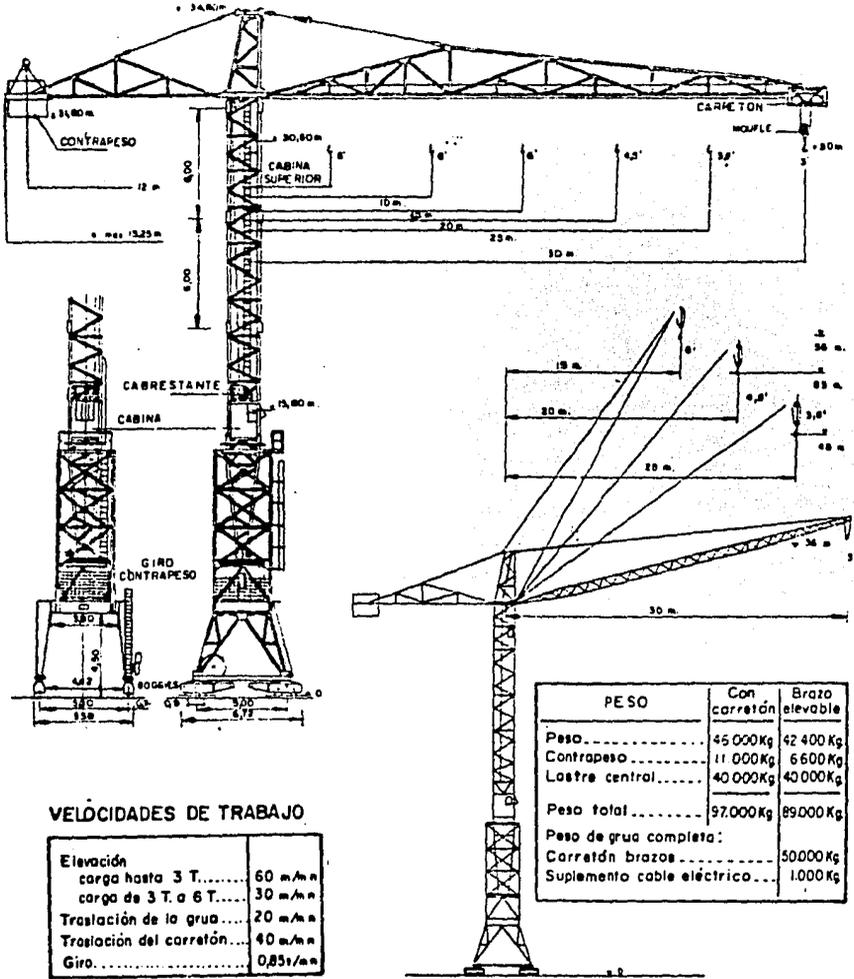
TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
	U N A M E. N. E. P. ACATLAN
	CORTES SANCHEZ JAINE E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IV B-1

GRUA TORRE



Grúa de 250 m Mp de momento de vuelco.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA
	INGENIERIA CIVIL
U N A M E.N.E.P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E CRUZ BAPTISTA PEDRO
	FIGURA IV B-2



VELOCIDADES DE TRABAJO

Elevación	
carga hasta 3 T.	60 m/mn
carga de 3 T. a 6 T.	30 m/mn
Traslación de la grua	20 m/mn
Traslación del carretón	40 m/mn
Giro	0,85 r/mn

PESO	Con carretón	Braza elevable
Peso	45 000 Kg	42 400 Kg
Contrapeso	11 000 Kg	6 600 Kg
Lastre central	40 000 Kg	40 000 Kg
Peso total	97.000 Kg	89.000 Kg
Peso de grua completa:		
Carretón brazos	50.000 Kg	
Suplemento cable eléctrico	1.000 Kg	

Grúa de gran potencia con pluma elevable.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA
	INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IV B-3

a) Elevación de la carga:

- Desde 0 a 140 m/min. (según la carga), valor medio 50 m/min.

b) Desplazamiento del carro.

- De 25 a 50 m/min.

c) Orientación (giro de la pluma).

- Desde 0.65 a 0.9 m/min.

d) Translación sobre la vía.

- Desde 20 a 25 m/min.

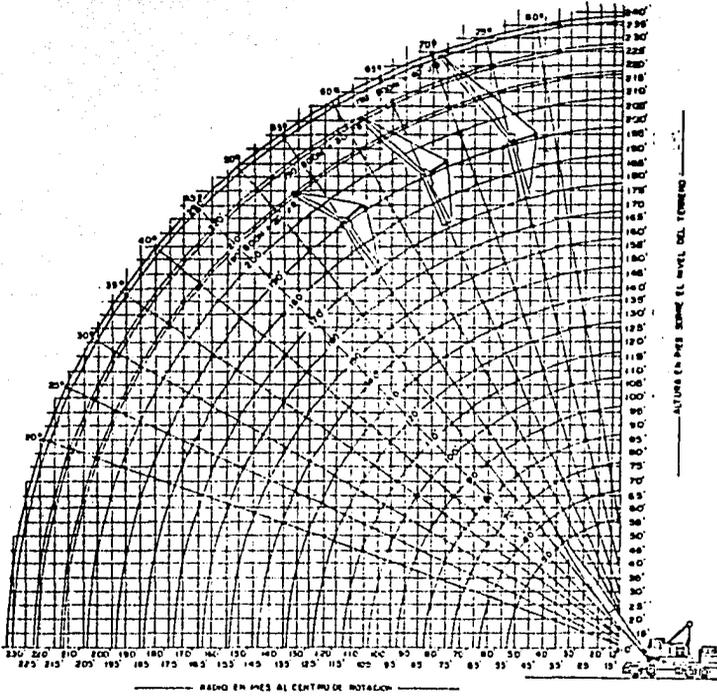
2.2 AUTOGRUAS.

Estas grúas constan de un chasis en que van montadas - las ruedas u orugas, así como el motor correspondiente, y - sobre el cual lleva una plataforma giratoria, en que se articula la pluma con la cabina de mando.

Esta tiene una gran capacidad de carga, llegado a rebasar las 200 Ton., y alcanzando alturas de 80 metros lo que se consigue a base de aproximarse hasta cerca de la vertical del punto de colocación de la pieza. Su gran ventaja - es la movilidad que posee, sin embargo, requiere de una - - fuerte inversión y tiene poca precisión aún trabajando con pequeñas longitudes de cable. Su funcionamiento y poco rendimiento suelen elevar el costo por hora/máquina, lo cual - es un aspecto desfavorable.

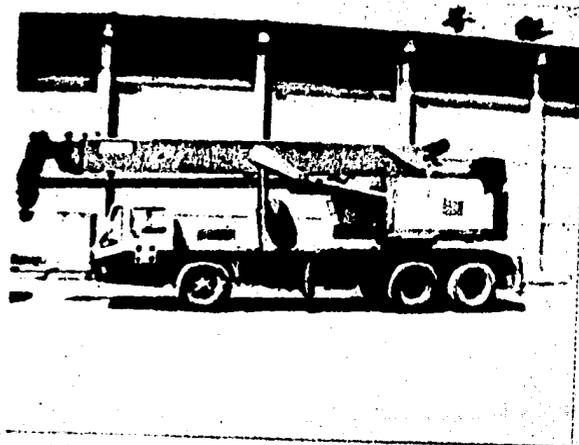
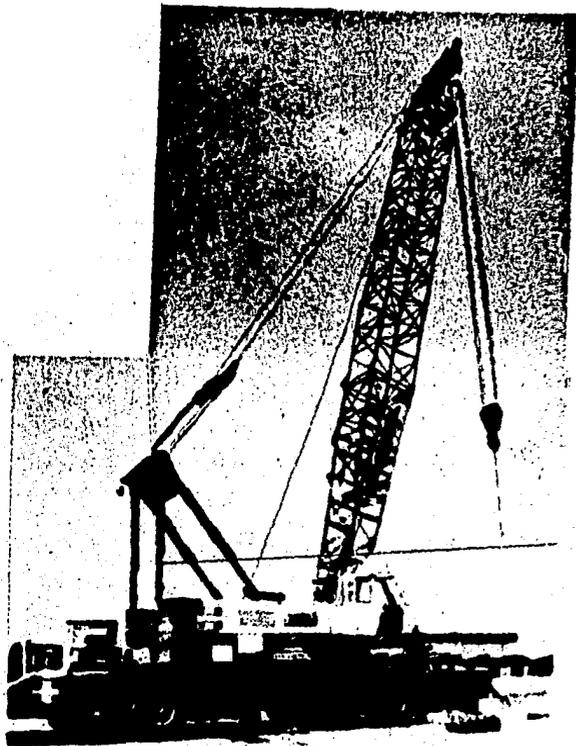
Existen dos clasificaciones de autogrúas, desde el punto de vista rodamiento; la montada sobre ruedas fig. IVB-4- y fig. IVB-4b que como ventaja principal es el de tener mayor movilidad, y desventaja principal el que son costosas y las montadas sobre orugas figura IVB-5 las que son más lentas.

GRAFICA DE CAPACIDADES DE CARGA DE LA AUTOGRUA



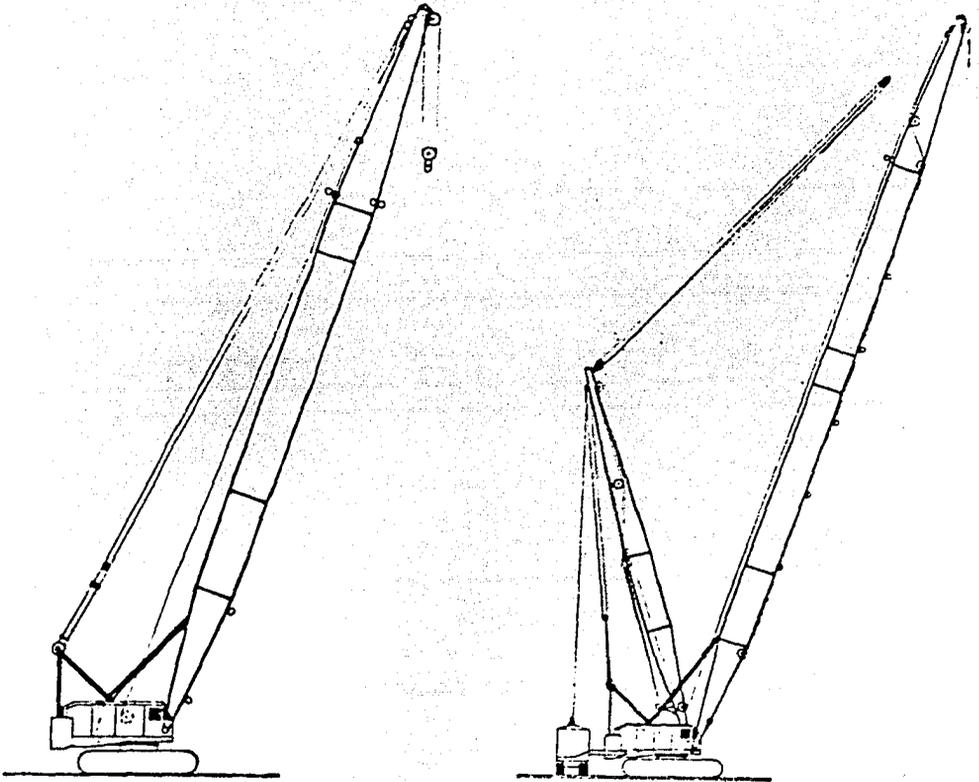
TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIM E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IV V-4a

AUTOGRUAS SOBRE PNEUMATICAS



TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BASTIENZA PEDRO FIGURA IVB-4b

AUTOGRUAS SOBRE CARRILES.



TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
FIGURA IV B-5	

La elección de cualquiera de los dos tipos, se basa -- principalmente al tipo de terreno que se presenta en la -- obra.

2.3 GRUAS PORTICO.

Estas grúas, en esencia constan de dos soportes que generalmente tienen forma de " A ", cuyos vertices superiores están unidos por una viga sobre la que se desliza el mecanismo de elevación, como se muestra en la figura IVB-6a y - en la fig. IVB-6b se muestra una grúa pórtico sobre neumáticos.

Estas grúas constituyen una maquinaria de elevación extraordinaria, estables, capaces de levantar grandes cargas y tener gran precisión. Su capacidad de carga varía de las 5 ton. a las 20 ton. aunque existen pórticos de mayor capacidad.

2.4 GRUAS MASTIL.

Este tipo permite el movimiento vertical de grandes -- cargas, sin embargo, la posibilidad de desplazamiento horizontales de las mismas es muy reducida, por lo que su campo de aplicación esta restringido en el montaje de elementos - prefabricados. En la figura IVB-7 se presenta el esquema - de esta grúa.

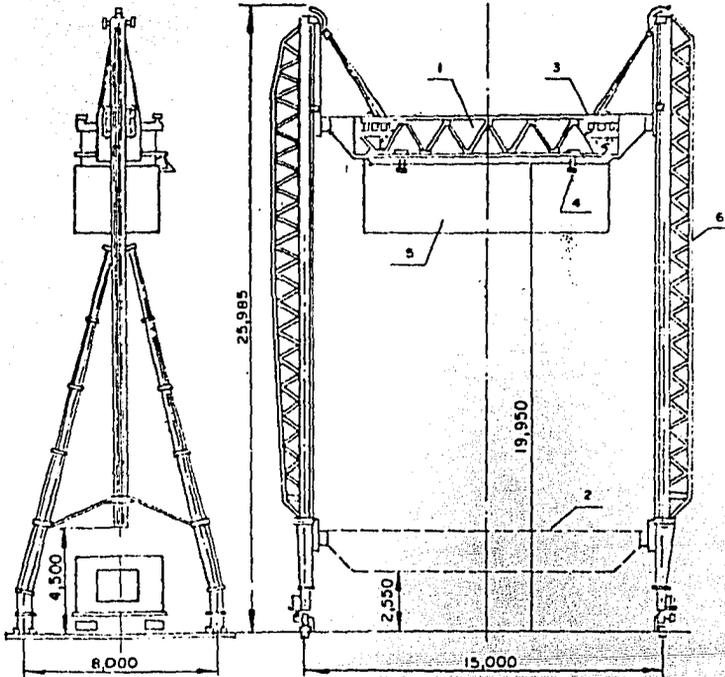
2.5 DERRICKS.

Al igual que los mástiles, son el tipo de maquinaria - especialmente indicado para el movimiento vertical de las - cargas; son muy sencillas, baratas y permiten elevar grandes cargas, sin embargo son de tipo estático.

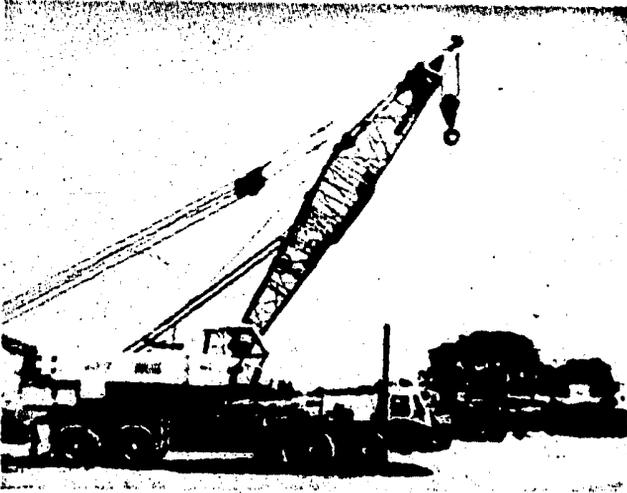
Una mayor movilidad de los derricks, se consigue montándolas sobre pórticos o carretones que se desplazan sobre carriles.

En la tabla IVB-1 se presenta un resumen de ventajas - y desventajas de las grúas mencionadas:

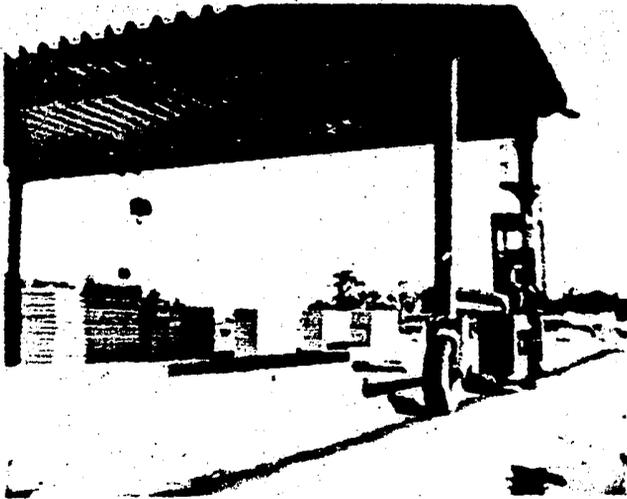
GRUA PORTICO.



TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
FIGURA IV B-6	



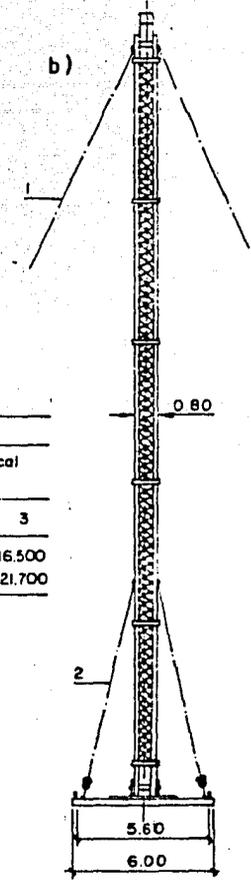
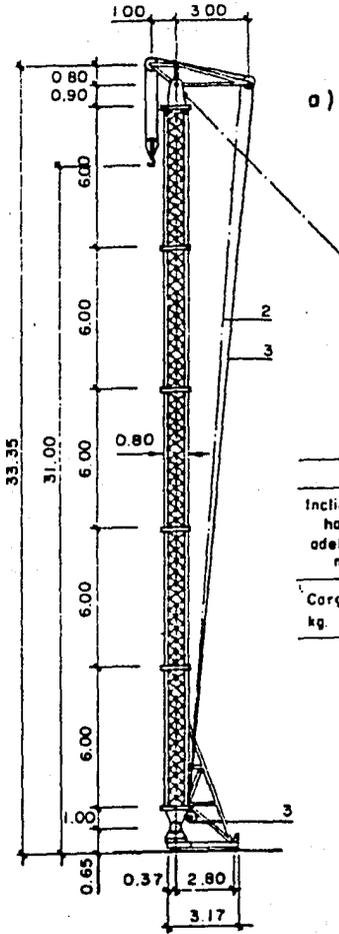
GRUA SOBRE
NEUMATICOS.



GRUA PORTICO
SOBRE NEUMA-
TICOS.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E.N.E.F. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAMES E. Cruz BASTIENZA PEDRO
	FIGURA IVB-6b

GRUAS MASTIL



Capacidad de carga					
Inclinación hacia adelante m	Soporte formado por	Medido desde la vertical m.			
		0	1	2	3
Carga kg.	5secciones	18.000	17.500	17.000	16.500
	4secciones	24.000	23.300	22.500	21.700

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
	U N A M E. N. E. P. ACATLAN
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IV B-7

CUADRO RESUMEN		
	VENTAJAS	DESVENTAJAS
GRUAS TORRE SOBRE CARRILES	Movilidad de las cargas Muy útil para repetición de movimiento.	Montaje y desmontaje Instalación de la vía de carriles. Transportes. Poca capacidad de carga.
GRUAS SOBRE ORUGAS	Movilidad No requieren vías	Falta de estabilidad Efecto perjudicial sobre pavimentos Altura limitada. Carga.
GRUAS SOBRE NEUMATICOS	Por su movilidad están consideradas como los más eficientes equipos de elevación Capacidad de carga elevada.	Necesidad de suelo estable y compacto. Poca precisión. Caras
GRUAS DE PORTICO	Por sus limitaciones sólo son de gran utilidad en zonas de fabricación y almacenamiento. Gran capacidad de carga Precisión de montaje.	Limitación de movimiento Precisa de carriles dobles Dificultad de montaje Lentitud de movimiento
GRUAS DE MASTIL	Sencillez y economía Poco peso	Dificultad de manejo Gran limitación de movimientos. Problemas de montaje. Lentitud de movimientos.
DERRICKS { FIJOS MOVI- LES.	Gran capacidad de carga Baratos	Limitado de acción Traslados rep. y costo Montaje costoso y largo (sobre carriles) Transporte dificultoso

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA
	INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	CUADRO IVB-1

2.6 OTROS MEDIOS DE ELEVACION DE ELEMENTOS PREFABRICADOS.

En algunos casos se han utilizado otros tipos de maquinaria para realizar el montaje, dentro de ellas podríamos mencionar los gatos, que elevan grandes cargas, con pequeños recorridos. Los gatos pueden ser mecánicos o hidráulicos, donde éstos últimos son los más utilizados por la mayor potencia, que en algunos casos es mayor a 300 ton.

Otros son los aparejos, que consisten en un sistema de poleas entre la que se enhebra una cuerda o cadena. La relación de transmisión es igual al número de ramales, la fuerza de tiro que se ejerce en el extremo libre, puede estimarse en 50 kg. como máximo. Los aparejos de cadena se construyen para cargas que van desde los 0.5 a 20 toneladas y alturas de 1 a 10 metros.

Todos los componentes de los aparejos han de ser de peso ligero y estan altamente solicitados para lograr un peso lo más reducido posible y unas dimensiones manejables.

3. DISPOSITIVOS DE SUSTENTACION AUXILIARES EN EL MONTAJE.

En la mayoría de los casos la maquinaria de elevación debe ayudarse de dispositivos tales como balancines eslingas y estobos cuyas características dependerán de las piezas y de altura que se interpone entre el gancho de elevación y la pieza. Los puntos de suspensión debe elegirse de forma que los solicitaciones que se producen sean aceptables y que la estabilidad de los elementos esté asegurado durante la elevación, este aspecto tiene gran importancia en el caso de pisos asimétricos.

Para facilitar al viraje es conveniente emplear dos cuerdas o cables guía ya sea en la pieza o en las eslingas de suspensión, una en cada extremo con los cuales se orienta el elemento a su posición final evitándose golpear a los ya instalados.

3.1 BALANCINES:

La misión de estos, es de convertir la carga puntual -

que actua en el gancho en una serie de cargas aplicadas en distintos puntos de la pieza de forma que, el equilibrio de la pieza sea estable durante la elevación y que los esfuerzos originados en la misma por estas cargas sean aceptables.

Para realizar el montaje de un elemento, que por sus características especiales, sea necesaria la acción conjunta de más de dos máquinas, o que una sola utilice un número de cables de tracción superior a dos, unos balancines comunes pueden evitar la aparición de esfuerzos en las piezas que se eleven, originados por movimientos diferenciales entre los distintos puntos de elevación.

Aún en aquellos casos que la pieza sea muy poco pesada hay que colocar como mínimo dos cables entre el gancho y la pieza, ya que con uno solo no se evita el balanceo. Además es prácticamente imposible ajustar el punto de suspensión por encima del centro de gravedad de la pieza, por la dificultad de su determinación.

En estos casos en que la maquinaria de elevación recibe la pieza en distinta posición de la que tendrá una vez colocada hay que realizar un giro de la pieza, la cual puede hacerse con balancines especiales que producen la manipulación.

En las figuras IVB-8 y IVB-9 se muestran diferentes tipos de balancines.

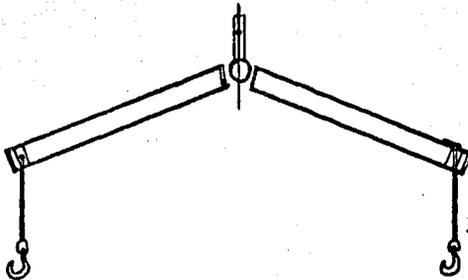
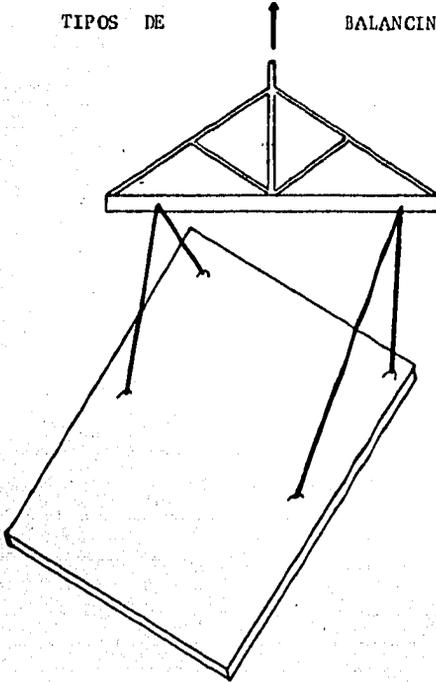
3.2 ESLINGAS Y ESTROBOS.

Antes de mover una carga, entre la línea de fuerza que jala y el miembro que la sujeta será conveniente utilizar algún dispositivo que las conecte, pudiendo ser estos: eslingas o estrobos.

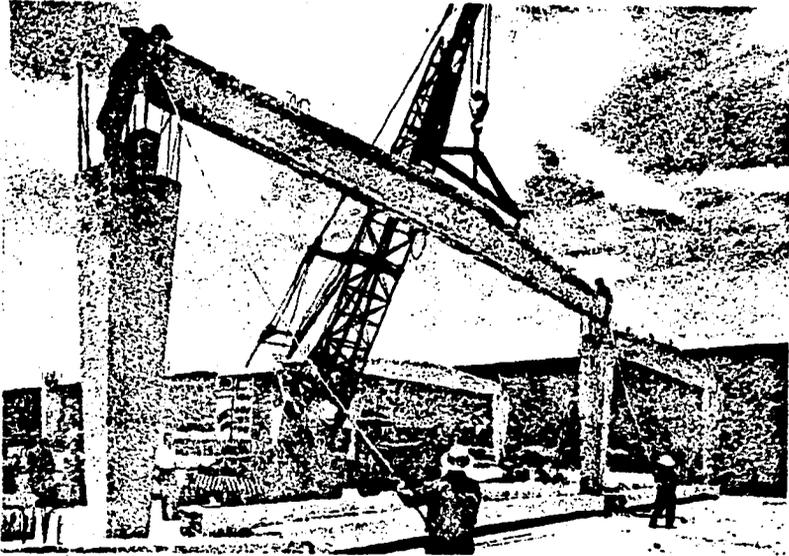
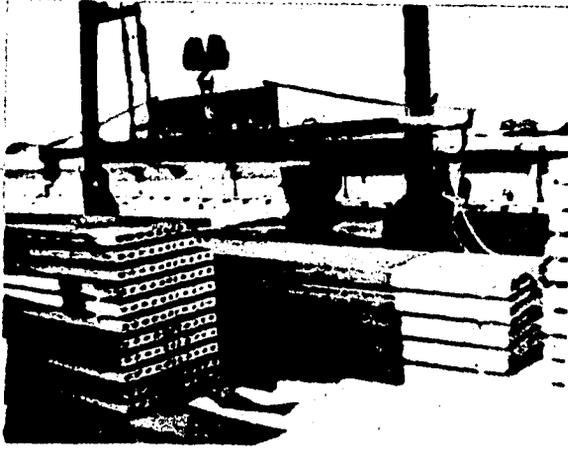
A diferencia de los estrobos, las eslingas están hechas a base de cadenas siendo por esto más sensibles a los choques para más resistentes a las diferencias de temperaturas. Estos dispositivos deben estar fuertemente amarrados y ajustados al elemento por levantar para evitar el deslizamiento.

TIPOS DE

BALANCINES



TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M	
E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E
	CRUZ BAUTISTA PEDRO
FIGURA IVB-8	



BALANCINES

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U E.N.E.P.	N A M ACATLAN
	CORTES SANCHEZ JAMES E. GONZ. BANTIETA PERRO
	FIGURA IVB-9

miento en el momento de izado.

Hay varios tipos de éstos, siendo la elevación de --- acuerdo a las características y necesidades del elemento --- que se sustente.

En las figuras IVB-10 se muestran algunos tipos de éstos.

4. MONTAJE DE DISTINTOS TIPOS DE ELEMENTOS PREFABRICADOS PRESFORZADOS.

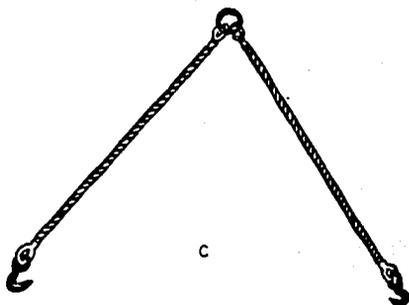
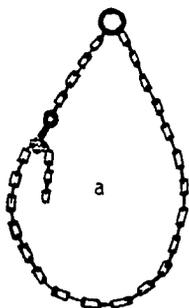
4.1 MONTAJE DE SOPORTES.

Quando los elementos son pequeños (*de altura de 1 ó 2 pisos*), la grúa los puede colocar fácilmente en su posición. Si se trata de elementos muy pesados, como puede ocurrir en el caso de utilizar una sola pieza para la altura del edificio, nave industrial, etc. puede ser interesante fabricarlo junto a su posición definitiva, y teniendo en cuenta que hay que huir de las tracciones inclinadas por ser sumamente peligrosas para la integridad del elemento. --- Caben dos posibilidades de montaje:

- Que la base del pilar esté fija, desplazándose la parte superior, lo cual tiene como consecuencia a que exista un movimiento de la grúa, que solo puede obtenerse con grúa torre, autogrúas o derricks. La base debe fijarse para evitar su desplazamiento.

- Que estando el punto de tracción fijo, sea la base la que se mueva, lo cual se consigue automáticamente al elevar el punto A, con solo colocar un carretón bajo la base B como se muestra en la figura IVB-11. Para evitar que el carretón se clave en el suelo debe disponerse de carriles. Si el suelo es muy compacto suele realizarse el desplazamiento sobre rodillos. En éste caso, la maquinaria más apropiada son las grúas mástil.

En ambos casos es importante proteger el extremo inferior, lo que se debe de hacer con perfiles metálicos.



- a) Eslinga de cadena con grifa y anilla.
- b) Eslinga de cadena con anilla grande.
- c) Estrobo brida de dos ramas.

TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E. CRUZ BAUTISTA PEDRO
	FIGURA IVB- 10

La sujeción se debe analizar normalmente con pasadores metálicos que atraviesen el elemento, si éste tiene mensu-- las puede aprovecharse para realizar la sujeción. Normal-- mente se realiza el montaje alzando de un solo lado. En el caso de piezas pesadas que se levanten teniendo un extremo_ apoyado en el suelo puede ser importante, si la armadura es escasa, será necesario elegir como punto de suspensión el - que origina una distribución de momentos en la que sean - - iguales los máximos positivos y negativos. Fig. IVB- 11b.

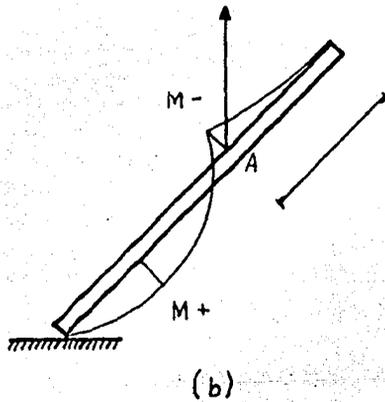
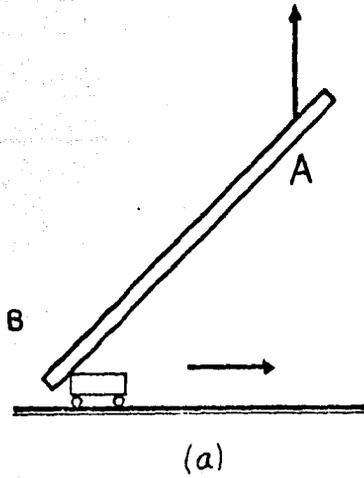
Normalmente para facilitar el montaje, los pilares sue-- len llevar en su base una chapa metálica que se apoya sobre otra colocada en la cimentación. Para realizar la coloca-- ción del elemento correspondiente es preciso señalar dos - ejes ortogonales en el centro de las caras marcandolas tan-- to en el pilar como en la base. La verticalidad se mide -- por medio de plomadas muy pesadas y se consigue normalmente traccionando los vientos. Una buena solución consiste en - colocar unos gatos mecánicos en la base, consiguiéndose, -- con pequeños movimientos la verticalidad de la pieza. El - ajuste se realiza ayudandose con cuñas y gatos.

La grúa no debe soltar el elemento hasta que la junta_ de su base haya sido materializada, lo que lleva bastante - tiempo. Este tipo de junta consta de soldaduras y un relle_ no de concreto, cuando la unión se realiza introduciendo la columna en un hueco ya preparado, la materialización de la_ junta, puede llevarse desde 0.5 hasta 2.0 horas.

El sostenimiento de las columnas se hace con cables, - colocando como mínimo tres cables (*no ortogonales*), o bien_ apuntalando unos con otros, debiéndose asegurar la estabili_ dad en todos los sentidos.

Si las columnas tienen menos de 8 metros de altura pue_ den apuntarse con puntales de madera. El caso de columnas_ muy altas y esbeltas, puede ser necesario apuntarlos en va- rios niveles con objeto de evitar el pandeo.

SUJECION PARA EL IZADO DE COLUMNAS



TESIS PROFESIONAL	LICENCIATURA INGENIERIA CIVIL
U N A M	
E. N. E. P. ACATLAN	
	CORTES SANCHEZ JAIME E.
	CRUZ BAUTISTA PEDRO
FIGURA IVB-11	

4.2 MONTAJE DE VIGAS.

Estas normalmente se montan suspendiéndolas de puntos, en el caso de vigas continuas, puede ser necesario levantar las, suspendiéndolas de las secciones correspondiente a los apoyos.

Cuando se trate de vigas de pequeña longitud, una sola grúa puede realizar la operación, sin embargo, cuando las vigas tienen una cierta longitud, hay que ocurrir a dos grúas (como mínimo), o más grandes; es muy importante que el montaje se realice en la forma vista al dimensionar la pieza, ya que los esfuerzos que se producen en las piezas durante su montaje tienen gran importancia.

La suspensión se realiza normalmente por medio de ejes metálicos, que se colocan en orificios delgados en las vigas durante su fabricación o por medio de ganchos dejados en su cabeza superior. En otras ocasiones, se realiza colocando unas eslingas abrazando la pieza, también hay que procurar que el rozamiento de la eslinga con la pieza no dañe el aspecto estético en aquellos casos en que este punto tenga importancia.

Una vez que el elemento este descansando en los apoyos se procede al desenganche de la grúa, siendo en algunos casos conveniente proceder a su arriostamiento provisional - en muchos casos hay que rigidizar el cordón durante el montaje para evitar su pandeo.

Cuando los extremos de las vigas tengan que ir unidas rígidamente a las columnas puede ser necesario montar unos apoyos provisionales para las vigas. La mejor solución a este problema, consiste en unos collarines metálicos montados en las columnas por medio de tornillos roscados.

Si la realización de las juntas se analiza con la pieza suspendida de la grúa, al aflojar la suspensión se introducen unos esfuerzos estructurales que hay que haberlos tomado en cuenta en el cálculo de la misma. En este caso los puntos de suspensión deben ser exactamente los previstos.

4,3 MONTAJE DE PANELES Y PIEZAS DE CUBIERTA.

El montaje es relativamente sencillo cuando se toman los paneles directamente del vehículo de transporte en la posición que tendrán en la obra, incluso cuando se transportan horizontalmente, su giro no presenta grandes dificultades si se suspenden por medio de ganchos dejados en su parte o cara superior. Suelen utilizarse balancines de cables o vigas con 2 ó 3 eslingas de suspensión, y la maquinaria más empleada es la grúa torre o la autogrúa sobre neumáticos.

5. TOLERANCIAS EN EL MONTAJE.

En el montaje de las piezas es necesario la máxima precisión, no solo porque una falta de alineación puede ser estéticamente deplorable, sino también puede introducir solicitaciones perjudiciales, comprometiendo incluso la estabilidad de la estructura.

En todo caso, una pieza mal colocada dificulta o puede impedir la colocación de las piezas que deban colocarse posteriormente. Sin embargo, por la falta de precisión de la maquinaria, el peso de los elementos a mover y montar, el interés de realizar el montaje lo más rápidamente posible e incluso debido a las variaciones en las dimensiones de las piezas, nunca será posible colocar las piezas con una exactitud extrema.

Las tolerancias se deben fijar normalmente estan en función de:

El tipo de pieza.

El tipo de unión.

Clase de estructura.

Para éste tipo de construcción es conveniente tener en obra un equipo de topografía, comprobando las nivelaciones

y alineaciones.

Como se ha mencionado anteriormente en la prefabricación no se puede dejar nada a la improvisación, y uno de los aspectos en que más interés debe ponerse es el del montaje, esto no solo por presentar junto con el acabado uno de los trabajos que más mano de obra precisa, sino también por requerir la coordinación y fijación. Por lo general, el ritmo de montaje es el que condiciona la cadencia del transporte.

Por otra parte los medios de transporte deben suministrar la forma ininterrumpida piezas a la maquinaria de elevación, ya que el quedarse sin piezas supone paralizar, no solo la maquinaria, sino también la mano de obra.

En la obra se debe contar con un almacén de piezas, para evitar este problema, ha intentarse que la grúa tome directamente la pieza de vehículo de transporte en segundo lugar, debe existir un adecuado equilibrio entre la capacidad de elevación del conjunto de máquinas, vehículos de transporte y el número de operarios, de manera que se pueda realizar el montaje con el ritmo preciso, sin que existan tiempos muertos. Debe también seleccionarse la potencia de los medios de elevación en función del peso y características de los elementos y de la distribución en planta de la edificación.

Como resumen podemos decir que los objetivos de la organización del montaje son:

- Sacar el mayor provecho de la utilización de los medios.
- Reducir los plazos de ejecución.

Es conveniente realizar una planificación en la que se señale el orden de la colocación de los elementos de cada planta, analizando la mano de obra y el tipo que llevará el montaje de cada una de ellas, de forma que previamente pueda saberse en cada instante del día qué elemento estará mon

tándose, lo cual permite coordinar transporte y montaje y -
optimizar los medios.

T E M A V

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL USO DE LOS PREFABRICADOS.

En todo proyecto de construcción a base de elementos prefabricados es necesario analizar primeramente los factores que por nuestro medio influyen directamente en su uso.

Los factores más importantes son:

A. TÉCNICO.

Este factor se refiere a los problemas que se presentan al diseñar una junta o conexión, a efectuar el montaje y a los requerimientos de transporte.

El diseño de una junta o conexión reviste de especial importancia, ya que para lograr una continuidad como en una construcción a base de concreto reforzado convencional, es necesario un cuidadoso y detallado cálculo de las mismas, puesto que, no existe una teoría referente a éstas y gran parte de las especificaciones y recomendaciones están basadas en diversas experiencias que no dejan de tener mérito pero no es lo suficiente para su diseño.

En lo que respecta al montaje, requiere de una cuidadosa selección de equipo, maquinaria y técnicos especializados, además de que si las condiciones donde se efectuará la obra son adversas los problemas técnicos referentes al montaje se incrementaran haciendolas en algunos casos desventajas.

Y en relación a la transportación, este factor limitará en muchos casos a las construcciones a base de elementos prefabricados debido a la lejanía y tamaño de obras, puesto que, entre más grandes sean tales elementos más difícil será su transportación, por lo tanto no será posible su construcción aunque por sus características ésta sea adecuada para el uso de los prefabricados.

B. ECONOMICO.

El problema que influye directamente para tener como opción a construir determinada obra a base de elementos prefabricados, es el concerniente a la contratación de equipo de montaje y mano de obra especializada necesaria en este tipo de construcción y que no lo son en construcciones por los procedimientos tradicionales.

El alquiler de grúas, u otro medio de elevación puede ser antieconómico para un tipo de obra y no solo por los altos costos-hora de la maquinaria, sino que en ocasiones no es suficiente una sola grúa, sino por las características de la construcción son requeridas varias, de características diferentes, lo que hace una mayor alza en la rentabilidad de tal maquinaria. Ahora bien, no todas las construcciones pequeñas o aquellas que no cumplan con los requisitos necesarios para lograr las ventajas que ofrece la prefabricación, resultan no ventajoso, sino solo aquellas en que su rentabilidad no sea lo suficiente para abatir los costos realizados.

Otro problema no menos importante es el costo de la mano de obra empleada en este tipo de construcción, la que debe de ser especializada, que por tal es mas cara en comparación con la comunmente usada.

Por otro lado, en una obra prefabricada es necesario tener una buena programación para reducir al mínimo los tiempos muertos, lo que redundo en mayores gastos realizados en el proyecto. Este factor es importante a medida del tamaño de la obra.

Toda obra esta superitada al aspecto económico, por lo tanto cuanto mayor sean las características favorables de éste, mayor será la aceptación de un proyecto.

C. SOCIALES.

Como toda innovación, la aceptación de un nuevo método constructivo repercute en el aspecto social, dado que en muchos casos es difícil desarraigar los conceptos e ideas tradicionales de la construcción. Nuestra sociedad se ha visto afectada por diversas crisis económicas lo cual ha frenado su desarrollo, ya que, para que su aplicación sea satisfactoria es necesario mantener una demanda constante.

Por otra parte, la falta del conocimiento de la información existente de tal procedimiento, en todos los niveles sociales, ha contribuido a que no se generalice su empleo.

La creencia de que este sistema por su alto grado de modulación y mecanización, desplazará gran parte de la mano de obra y que restringirá la creatividad arquitectónica, -- así como la funcionalidad de las construcciones, ha influido en su total aceptación.

Las circunstancias en que se presenta la prefabricación, ha creado la formación de obreros especializados, de los que se exige una habilidad especial para asegurar la calidad de las obras.

CONCLUSIONES:

La prefabricación se originó en la necesidad de adaptar la construcción tradicional a los progresos y requerimientos de los países, tanto en lo que se refiere a la organización del trabajo, como a la productividad.

El sistema de construcción a base de elementos prefabricados tiene perspectivas de desarrollar una industria económicamente interesante y estable en el tiempo, con las posibilidades de elevar el nivel técnico de producción, así como de mejorar la calidad de las construcciones.

Para la adopción de este sistema se requiere visualizar previamente el mercado y las posibilidades de estandarizar los elementos estructurales a fin de simplificar en lo posible los procesos constructivos, dado que la instalación de plantas requiere de grandes inversiones, maxime si a ello se aúna la necesidad de contar con equipo apropiado para el transporte y el montaje de las piezas prefabricadas.

Siempre que la magnitud de la obra lo justifique, puede optarse por la instalación de la planta en el lugar, recurrir a sistemas de postensado, o combinar elementos prefabricados con estructuras coladas en sitio. Para lo cual habrá necesidad de elaborar un programa de integración sistemática de los elementos prefabricados, cuyos indicadores tendrán que ser pronosticados, observados y revisados hasta llegar al nivel de integración, que de acuerdo a parámetros prefijados se considere óptimo.

En comparación a los procedimientos de construcción convencionales, en el sistema de prefabricación la mano de obra se aprovecha en óptimo grado (*por la posibilidad de sincronizar un número de diversas actividades*) ya que el equipo y la mano de obra realizan una producción constante, y los materiales se utilizan al máximo por estar centralizado su empleo, evitándose con ello los desperdicios que habitualmente se registran en las construcciones convencionales, lográndose además una producción continua independiente de las condiciones externas del tiempo.

A fin de aprovechar en grado óptimo las ventajas que ofrecen la prefabricación, se debe prescindir de cualquier improvisación en el desarrollo de las actividades que tal industria reclama.

Es inegable que la integración en el mundo moderno es un fenómeno determinante en todos los campos del desarrollo humano, así como también los sistemas de prefabricación y en general de la industrialización de los sistemas de producción de viviendas; son una pauta establecida y en todos los países de economía avanzada.

Por otra parte, la búsqueda de productos más baratos ha encontrado en los sistemas industrializados su más importante posibilidad. Estos argumentos por si solos descubren una franca y clara tendencia en el campo de la construcción hacia la industrialización de sus sistemas.

No es nuestra intención decir con esto que la construcción a base de elementos estructurales prefabricados es la panacea que resolverá todos los problemas para salvar grandes claros, pero si sabemos que de acuerdo a las evidencias obtenidas, que bien vale la pena considerar su uso, si lo que se busca es una estructura de calidad y bajo costo.

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

- Diseño de estructuras de concreto presforzado.
T. Y. Lin, Ed. C.E.C.S.A.
- Concreto presforzado
Narbey Khachaturisn, German Gurfinkel
Ed. Diana.
- Introducción al concreto presforzado.
A. H. Allen, Ed. I.M.C.Y.C.
- Diseño de vigas de concreto presforzado.
Dan. E. Branson Ed. I.M.C.Y.C.
- Productos prefabricados de concreto.
U. G. Richardson. Ed. I.M.C.Y.C.
- Procedimientos de construcción de puentes
tomo I y II, Ricardo Lasso.
- Concreto presforzado primera parte
Carlos Felipe Tovar M. Ed. CENETI.
- Diseño de conexiones de elementos prefabricados
de concreto.
I.M.C.Y.C.
- Prefabricación, teoría y práctica, Tomo I y II
Fernández Ordoñez.
- Prefabricación e industrialización en la construcción
de edificios.
Basso, Birules Francisco.
- Congreso Nacional del presfuerzo y la prefabricación
Memoria III.
- Aplicación de las conexiones en los elementos de con-
creto prefabricado.
Cacique Valenzuela Eleazar.

- Reglamento de la construcción de concreto reforzado.
- P. C. I. Manual por Estructural design of architectural precast concrete prestressed concrete institute.