



1
24
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ACATLAN"**

**"CONSTRUCCION DE PUENTES CON
ELEMENTOS-PREFABRICADOS"**



T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

VALENTIN ADAYA LOPEZ

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E . -

CARATULA	1
INDICE	2
INTRODUCCION	3
CAPITULO 1	
FABRICACION DE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO	4
CONCEPTOS, GENERALIDADES	6
MATERIALES, MOLDES	12
ESQUEMATIZACION DE EL PROCESO DE FABRICACION	19
FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE PRESFUERZO	33
CAPITULO 2	
CONDICIONES PARA LA UTILIZACION DE ELEMENTOS PREFABRICADOS EN LA CONSTRUCCION DE PUENTES	40
CARACTERISTICAS Y LOCALIZACION DE EL CRUCE DE EL PUENTE	42
TIPO DE PUENTE	44
PROCESO CONSTRUCTIVO A UTILIZAR	48
TIPOS DE ELEMENTOS PREFABRICADOS	50
CAPITULO 3	
CONSTRUCCION DE PUENTES CON ELEMENTOS PREFABRICADOS	59
TRANSPORTE DE ELEMENTOS PREFABRICADOS	60
MAQUINARIA Y EQUIPOS PARA MONTAJE	64
PROCESO DE ELEVACION Y MONTAJE	75
JUNTAS ENTRE ELEMENTOS	81
CAPITULO 4	
ASPECTOS DETERMINANTES EN EL TIEMPO Y COSTO DE CONST.	88
COMENTARIOS SOBRE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN EL COSTO	90
COMENTARIOS SOBRE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN EL TIEMPO	95
PERSPECTIVAS DE UTILIZACION A FUTURO	100
CONCLUSIONES	101
BIBLIOGRAFIA	102

INTRODUCCION . .

En la actualidad los avances que se tienen en todos los aspectos de la ciencia y la tecnología hacen que se tengan cambios en la forma de ver, sentir y realizar las actividades de la vida diaria, cada vez es mucho menor el tiempo en el que son mejorados los conocimientos que hace un poco tiempo eran lo último.

La industria de la construcción es una industria muy diferente y especial en comparación con otras industrias, ya que los procesos de fabricación para la obtención de los bienes son diferentes a cualquier otra industria productiva y de transformación. No es de ninguna manera igual tener concentrados todos los medios necesarios para la realización de un producto final, como por ejemplo, la industria automotriz en donde se tienen dentro de una planta todos los insumos y medios necesarios para construir un automóvil y todas las causas que pudieran afectar al proceso de fabricación podremos conocerlas con anterioridad y así poder combatir las para poder optimizar al máximo el ciclo de fabricación.

En la industria de la construcción se combinan muchos factores para poder llegar a realizar un proyecto y no es posible de ninguna manera prever las causas que nos puedan afectar. Por todas esas diferencias, los cambios que se han tenido en otras industrias diferentes a las de construcción han sido más sobresalientes ya que las condiciones que se presentan en ellas así lo permiten.

Un intento para lograr revolucionar la industria de la construcción es el uso de el concreto prefabricado, consistente en piezas de concreto de resistencias normales o especiales que son "fabricadas" en un lugar diferente a el que van a permanecer de por vida, pretendiendo con ello abatir tiempos de construcción, elevar la calidad y en la medida de lo posible abatir también el costo de construcción de las obras ya que se pretende con la prefabricación el uso de sistemas de fabricación en masa para las piezas que se prefabrican y que es un sistema utilizado por otras industrias para producir sus productos y recordando que la fabricación en serie tiene como ventaja abatir los costos de los productos finales por la rapidez que se logra en el proceso de producción.

A continuación se presentan las características de el empleo de piezas prefabricadas específicamente en la construcción de puentes que es uno de los campos en los cuales se ha podido aplicar y aprovechar las ventajas de las piezas y concreto prefabricado y presforzado.

CAPITULO 1

FABRICACION DE ELEMENTOS PREFABRICADOS
DE CONCRETO.

- a) CONCEPTOS, GENERALIDADES.
- b) MATERIALES, MOLDES.
- c) ESQUEMATIZACION DE EL PROCESO DE FABRICACION.
- d) FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE PRESFUERZO.

FABRICACION DE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO .

La necesidad de una comunicación rápida, hace que los sistemas operantes apenas ayer, hoy sean obsoletos y que los en cargados de planear las comunicaciones busquen nuevos caminos, i deeen nuevos sistemas y conciban técnicas que avces se antojan audaces para lograr una comunicación más eficiente y fluida dentro de las ciudades. Uno de esos sistemas son los puentes y viaductos que se realizan con elementos prefabricados de concreto presforzado.

La prefabricación de dichos elementos presforzados es un nuevo procedimiento de construcción industrial en donde las piezas estructurales son fabricadas mediante procedimientos que no son los convencionales en la industria de la construcción y que más bien pertenecen a procedimientos de fabricación industrial.

Por lo tanto la nueva rana de la construcción es a la que se le denomina construcción prefabricada en donde el procedimiento constructivo de cualquier estructura se divide en dos grandes fases: la primera se lleva a cabo en el momento de la fabricación de la pieza ya sea en una planta o a pie de obra y la segunda fase se realiza cuando dicha pieza ya terminada es colocada en el lugar que ocupará indefinidamente en la estructura mediante la ayuda de maquinaria y equipo diseñado para dicho fin.

Podemos mencionar dentro de la construcción prefabricada 2 diferentes opciones:

a) En planta.

Cuando las piezas prefabricadas son coladas en un local debidamente acondicionado para llevar todas las acciones de cimbrado, armado, colado, curado y presfuerzo en su caso y despues es transportado hasta el lugar de la obra mediante plataformas remolcadas por trailers.

b) En obra:

Cuando las necesidades de la obra así lo requieren los elementos prefabricados tambien pueden crearse a pie de obra siempre que las condiciones de espacio y las mismas piezas permita llevar acabo dicha prefabricación. El prefabricar los elementos en obra representa una inversión considerable en cuanto a equipo e instalaciones que son necesarias para poder obtener un elemento prefabricado de calidad. Esta inversión tendrá que estar justificada ya sea por la importancia de la obra misma o por poder amortizarse con el costo total de la obra.

1.a) Conceptos, generalidades.

El primer concepto de interés para la comprensión de el siguiente trabajo es el que se refiere a los puentes; la definición más simple que podemos encontrar de un puente es la que se refiere a una construcción con diferentes materiales que sirve de enlace entre 2 puntos hasta entonces separados por un accidente de la naturaleza. Esta definición puede referirse a los primeros puentes que se construyeron en la historia los cuáles estaban hechos con materiales naturales como troncos, piedras lianas o la combinación de estos tres materiales. Una definición más apegada a la moderna construcción de puentes se refiere a un grupo de elementos estructurales dispuestos en un arreglo tal que le permite cumplir la función primordial de salvar claros, que pueden ser claros creados por discontinuidades abruptas de la naturaleza o bien por el cruce de dos vías de comunicación entre sí como en el caso de los pasos a desnivel.

Podemos clasificar a los puentes de diversas maneras, de acuerdo a los materiales con los que están contruidos, de acuerdo a las formas geométricas que los constituyen o de acuerdo a los procesos constructivos que son empleados para su realización.

Así entonces tenemos;

- a) De acuerdo a los materiales con los que están contruidos:
 - a.1) Puentes de acero.
 - a.2) Puentes de concreto.
 - a.3) Puentes de madera.
 - a.4) Puentes mixtos.
 - a.5) Puentes de mampostería.
- Dentro de los puentes de concreto podemos encontrar las siguientes divisiones: De acuerdo a la forma de su estructura longitudinal:
- 1.1) Puentes de vigas.
 - 1.2) Puentes de arcos.
 - 1.3) Puentes de cables.

De acuerdo a los elementos que constituyen su sección transversal:

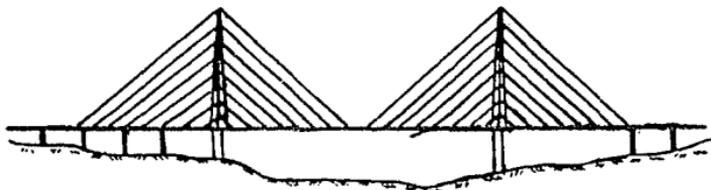
- 2.1) Puente de losa.
- 2.2) Puente de viga.
- 2.3) Puente de cajón.

Podemos incluir aún otra clasificación para puentes de concreto la cual se refiere a puentes de grandes dimensiones y que los separa en 4 grandes grupos pertenecientes cada uno a un proceso constructivo diferente:

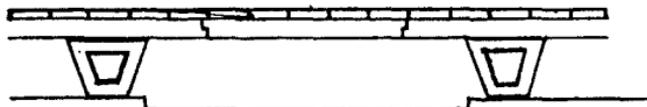
- 1.- Puentes de vigas prefabricadas.
- 2.- Puentes empujados.
- 3.- Puentes contruidos con cimbras autoportantes.
- 4.- Puentes contruidos por voladizos .



Puente de arco.



Puente de cables



Puente de vigas

FIGURA 1a.

UNAM

ENEP Acañon

CONSTRUCCION DE PUENTES CON
ELEMENTOS PREFABRICADOS

PUENTES SEGUN SU ESTRU. LONG.

Por otro lado, los conceptos relacionados con elementos prefabricados dentro de un aspecto general están guiados a la idea de productos que son moldeados y endurecidos previamente al tiempo final de su uso. Dentro de la construcción, los elementos prefabricados son aquellos que son construidos en un lugar diferente a en el que van a permanecer indefinidamente y que son colocados en dicho lugar mediante el empleo de maquinaria y equipos especiales para su elevación y montaje. La prefabricación de estos elementos puede realizarse en planta o a pie de obra según las circunstancias de las cuales se hablará más adelante.

En general existen varios tipos de elementos prefabricados y se clasifican de la siguiente forma:

- a) Por su objeto
 - Prefabricados estructurales.
 - Prefabricados de fachada.
- b) Por su destino.
 - Zapatas.
 - Trabes.
 - Losas.
 - Muros.
 - Etc.
- c) Por su refuerzo.
 - sin refuerzo.
 - reforzados.
 - prefrozados. (pretensados, postensados).
- d) Por su lugar de fabricación.
 - En planta.
 - En obra.

Los elementos prefabricados muestran ventajas en relación a los elementos que son colados en sitio:

- A) Mayor economía en el consumo de cimbras y revestimientos.
- B) Normalización (elementos repetibles)*
- C) Indiferencia por las condiciones climáticas.
- D) Reducción de 3 ó 4 veces la mano de obra.
- E) Reducción de el tiempo de ejecución y la casi total independencia en cada fase ejecutiva que permite simultaneidad de tareas.

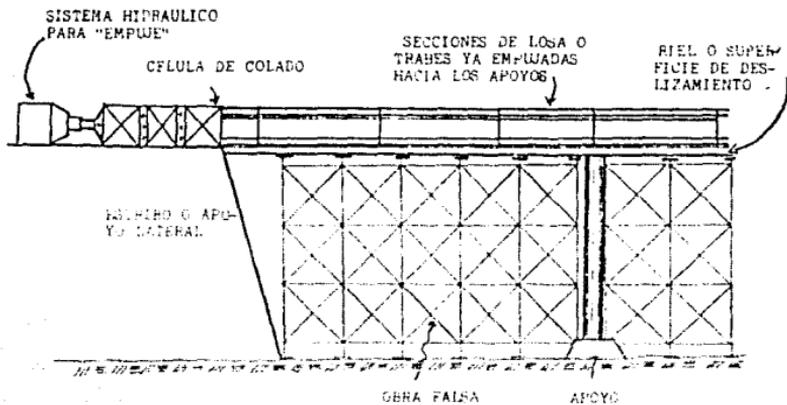


FIG.1.b PUENTE EMPUJADO

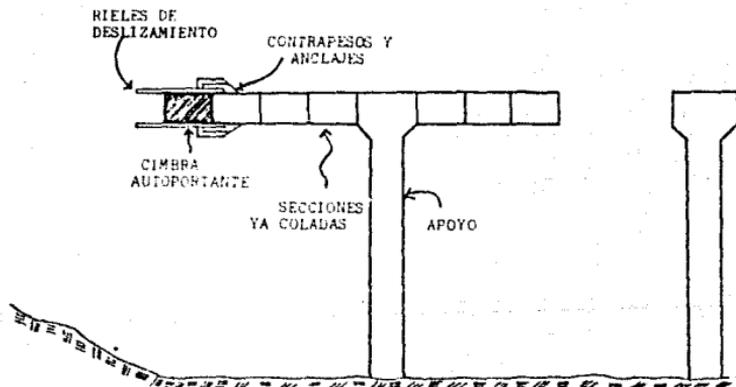


FIG.2 PUENTE CON CIMBRA AUTOPORTANTE

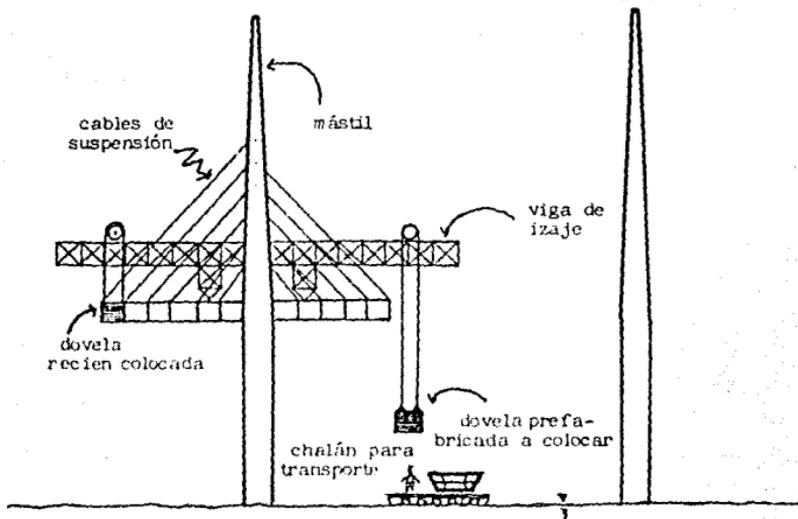


FIG.3 PUENTE POR VOLADIZOS SUCESIVOS

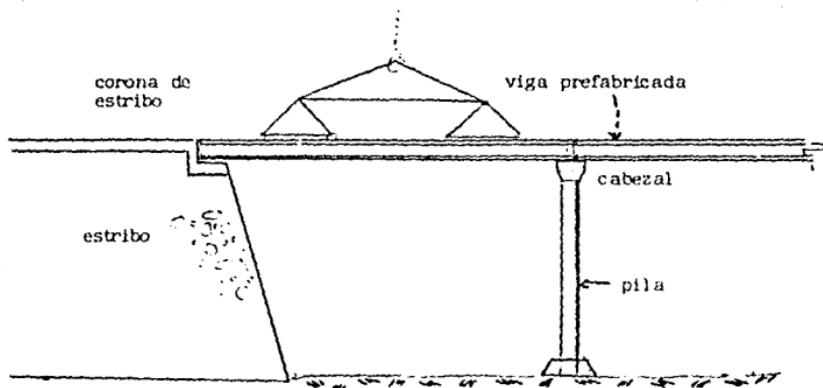


FIG.4 PUENTE CON VIGAS PREFABRICADAS

Prefabricación en planta o en obra.

La decisión de elaborar los elementos prefabricados en obra o en una planta debidamente acondicionada es un problema con el que frecuentemente se tiene que enfrentar. Para poder tomar la mejor opción se deben considerar los siguientes factores:

1.- si el elemento a prefabricar es de concreto simple, reforzado o presforzado, generalmente un elemento presforzado requiere de muchas más maniobras para su fabricación que uno reforzado.

2.- Equipo de maniobras disponible en la obra, es decir, contar con el equipo necesario para realizar todas las maniobras de transporte desde el patio de colado hasta el almacén y una buena programación y diseño de el patio de colado permite que las piezas ya coladas sirvan de fondos de moldes para las siguientes en fabricar.

3.- Distancia y accesos de la planta prefabricadora a la obra.

Muy frecuentemente, aunque la distancia de la planta a la obra no sea muy grande, los accesos para llegar a el lugar de la obra pueden representar un problema dependiendo de el tamaño de la pieza prefabricada y entonces preferir la prefabricación a pie de obra.

4.- Materiales disponibles en obra.

Otro problema con el que podemos encontrarnos es el de no contar con los materiales necesarios para fabricar elementos de la calidad y resistencia requerida.

5.- Posibilidad en obra de realizar una planta de prefabricación.

El aspecto de las condiciones físicas en cuanto a topografía son muy importantes pues dependiendo de ellas se podrá o no contar con una planta prefabricadora a pie de obra.

6.- Inversión y tiempos de ejecución.

La realización de una planta a pie de obra requiere de una inversión que muchas veces no se puede realizar o porque de acuerdo a el calendario de terminación de obra se prefieren asignar recursos económicos, materiales y humanos para la realización de sub e infraestructura, decidiendo que los elementos de la superestructura sean adquiridos en plantas fijas lo que de algún modo pudiera dar una mayor rapidez a la construcción.

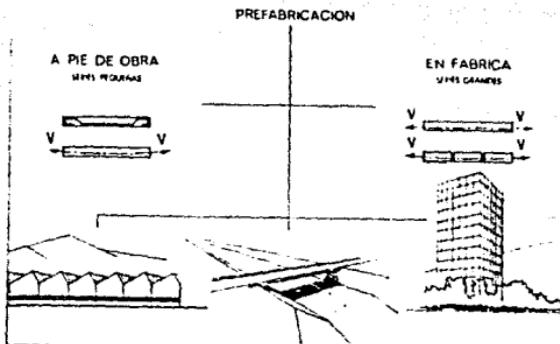
7.- Control de calidad.

Es debido tomar en cuenta que al elegir la fabricación de elementos a pie de obra, se utilizará para ello al personal más calificado con el que se cuente y se deberá tener una estricta supervisión de las diferentes actividades de pretensado para poder asegurar la misma calidad de las piezas tal como sucede e la fabricación en planta.

Prefabricación en obra.

El mayor problema de la fabricación en obra de las piezas son las instalaciones que se necesitan sobretodo para lograr el pretensado de las piezas. Sin lugar adudas , lo más difícil es el que se tiene que adaptar el lugar de la obra para realiza los trabajos de colado, curado, presfuerzo y que para poder llevarlos a cabo perfectamente es necesario de una inversión considerable. El lograr una calidad aceptable en las piezas que se prefabrican es indispensable pero todo el conjunto de acciones solo se realizaran de forma temporanea y para piezas únicas , especiales para la requisición de una sola obra y que se llegan a realizar pero que generalmente son casos "especiales" en los que las circunstancias que se presentaran fueron únicas y que permitieran llevar a cabo las piezas a pie de obra..

FIG.5 TIPOS DE PREFABRICACION.



1.b) Materiales, moldes.

Los materiales constituyentes de los elementos prefabricados de concreto son los mismos que para la fabricación de concreto normal, concreto y acero aunque cuando se requieren de una mayor calidad o resistencias especiales, se utilizan materiales con características específicas.

CONCRETO: Este material es definido por las resistencias a la compresión y a la tracción a 28 días en probetas normalizadas. La calidad requerida está definida por varios reglamentos y para el uso de piezas presforzadas debe cumplir con requisitos adicionales.

El concreto debe ser trabajable y resistente a el endurecimiento, existen concretos con revenimientos diferentes de acuerdo a las necesidades que se tengan, los rangos varían desde los 15 cm. hasta revenimiento cero el cual es considerado como tal cuando se tiene un revenimiento menor a 2.5 cm. y que en este caso es necesario utilizar aditivos para mejorar la trabajabilidad sin aumentar el contenido de agua.

En general para la construcción de piezas prefabricadas deben alcanzarse altas resistencias en corto tiempo para que se tenga una construcción racional lo que exige en el curado y dosificación el empleo de tecnologías modernas como lo son el curado térmico y el empleo de aditivos.

En el concreto presforzado es común llegar a la resistencia correspondiente a los 28 días en pocas horas. El uso de vapor saturado a baja presión es uno de los procesos para alcanzar estos valores en menor tiempo, reduciendo al máximo el tiempo para alcanzar las resistencias óptimas.

Los concretos que comunmente se utilizan para la fabricación de elementos tienen resistencias a la compresión f'c de 250, 300, 350, 400, 450 dependiendo de las dosificaciones y el destino de el elemento.

Para los elementos reforzados de acero ordinario se emplean concretos con resistencias sigilares a las que se usan en obras convencionales: f'c 200 kg/cm² y 250 kg/cm².

Para los elementos presforzados se emplean concretos con f'c 300 a 450 kg/cm² aun que se han llegado a utilizar resistencias mayores. Para alcanzar dichas resistencias las variaciones en las dosificaciones es el punto más importante ya que lo que determina la resistencia de un concreto es la relación agua cemento y con la menor cantidad de agua posible para crear una mezcla manejable se obtiene una resistencia elevada. En muchas ocasiones por tratar de lograr una mayor resistencia se obtienen concretos con revenimientos cercanos o revenimientos cero aunque este problema se logra solucionar con el empleo de aditivos.

Tipos de Cemento Portland.

Como ya se mencionó el cemento portland es el que se utiliza en la fabricación de elementos prefabricados de concreto, y dependiendo de los usos que vaya a tener el elemento dependerá el uso de los diferentes tipos de cemento portland:

TIPO I (NORMAL)

Este tipo de cementos son usados cuando no se requieren en el elemento características o propiedades especiales, ya sea en resistencia o cualesquier otra, como resistencia a sulfatos. Cuando el concreto estará expuesto a la acción de heladas se usa el tipo IA que es similar al tipo I pero tiene un aditivo inductor de aire.

TIPO II (MODIFICADO).

Este tipo de cemento es una ligera variante de el tipo I pero su uso es el indicado cuando se requiere de una buena resistencia a los sulfatos o cuando se necesita un calor de hidratación menor al habitual. El concreto que se fabrica con cemento tipo IIA es aquel que estará simultaneamente expuesto a la acción de sulfatos y helada.

TIPO III (DE ELEVADA RESISTENCIA INICIAL)

Si por causas de una situación o procedimiento especial de construcción es necesaria una elevada resistencia inicial se utiliza este tipo de cemento portland.

La elevada resistencia inicial se logra en estos cementos adicionando durante su fabricación una porción extra de silicato tricálcico además que durante la molienda se procura lograr partículas más finas. El cemento tipo IIIA se utiliza para obtener una elevada resistencia inicial en condiciones de contacto ante la acción de una helada.

TIPO IV (DE BAJO CALOR).

Este tipo de cementos contienen proporciones de mezcla de sus componentes adecuadas para que el calor que se produce en la hidratación de el cemento se mantenga lo más bajo posible ya que así lo requiere el uso de el concreto.

TIPO V (RESISTENTE A SULFATOS).

Este cemento es ideal para estructuras hidráulicas que están en contacto con aguas que contienen sulfatos o algún otro componente que pueda llegar a lesionar la resistencia del concreto.

**COMPUESTOS PRINCIPALES DE EL
CEMENTO PORTLAND.**

SILICATO TRICALCICO	C3S
SILICATO DICALCICO	C ₂ S
ALUMINATO TRICALCICO	C ₃ A
ALUMINOFERRITA TRICALCICA	C ₄ AF

ADITIVOS PARA EL CONCRETO.

Se entiende por aditivo todo aquel material diferente a el agua, cemento hidráulico y a los agregados que es empleado como componente de el mortero, concreto o lechada y que se agrega inmediatamente antes o durante el mezclado.

En la fabricación de piezas prefabricadas dependiendo de las necesidades que se tengan es posible agregar algún aditivo o más de uno de acuerdo a el uso y características de resistencia necesarias.

Razones para el empleo de aditivos en concretos frescos.

- Aumento de la trabajabilidad en el concreto sin aumentar el contenido de agua.
- Para acelerar o retardar el tiempo de fraguado inicial.
- Para reducir o evitar el fraguado.
- Para reducir la segregación.
- Para mayor penetración y bombeabilidad.
- Para reducir la tasa de pérdida de revenimiento.

Razones para el empleo de aditivos en concretos endurecidos.

- Para incrementar la resistencia.
- Para incrementar la durabilidad a intemperie y corrosión.
- Para reducir el flujo capilar de el agua.
- Para reducir la permeabilidad.
- Para incrementar la adherencia entre concreto y acero.
- Para incrementar la adherencia entre concreto viejo y nuevo.

Dentro de la construcción de piezas prefabricadas los tipos de aditivos que más se usan son los aditivos para dar mayor resistencia, los que aceleran el tiempo de fraguado, los que controlan la cantidad de agua y la manejabilidad de el concreto con revenimientos muy pequeños. El número de aditivos que existen en el mercado son innumerables y nos ayudan para darle a el concreto todas las características que queremos.

Para la prefabricación de elementos los aditivos nos ayudan sobretodo para reducir los tiempos de desmoldeo de las piezas ya que ayudan a alcanzar altas resistencias en lapsos muy cortos de tiempo ayudando a que los ciclos de colados sean cada vez menores en tiempo.

ACERO: Los materiales de acero que se utilizan en la fabricación de elementos prefabricados son aceros de alta resistencia con esfuerzos de fluencia f_y : 4000, 6000, 16000 y 19000 kg/cm^2 dependiendo de el uso y la presentación que tengan en los elementos, es decir, varillas para refuerzo, anclajes y cables o torones para presfuerzo.

Los anclajes generalmente son de forma troncocónica que sirven para sujetar en los extremos los cables o torones. Pueden ser también placas circulares huecas al centro como especie de rondanas y sirven para el mismo efecto y el uso de uno u otro tipo dependerá de el sistema de presfuerzo que se este utilizando, las características de el presfuerzo y de la pieza misma.

En México se emplean los siguientes tipos de acero para presfuerzo.

TIPO	ESFUERZO DE FLUENCIA (kg/cm^2)
Alambre liso ϕ 2mm	22 000
" " ϕ 5mm	17500
" " ϕ 7mm	17 500
Torón ϕ 5/16"	18 000
" " ϕ 2/8"	18 000
" " ϕ 1/2"	18 000

Es necesario un acero de refuerzo de alta resistencia a la tensión para poder dar a el concreto los esfuerzos internos necesario despues de que se han dado las perdidas.

La presentación más común de el acero es al siguiente:

- a) **ALAMBRE:** de alta resistencia a la tensión usado en forma de conjunto compuesto de 2 o más alambres prácticamente paralelos. los alambres son usados para pretensado o postensado.
- b) **TORÓN DE ϕ PEQUEÑO** de alta resistencia compuesto generalmente de 6 alambres alrededor de uno central. El torón de este diámetro es usado normalmente para pretensado.
- c) **TORÓN DE ϕ GRANDE** de alta resistencia, usualmente con dispositivos de anclaje a los extremos para construcción de postensados. Esta formado por 7, 17, 37 o más cables individuales.
- d) **VARILLAS** de acero de aleación de alta resistencia con diámetros de 12.7 hasta 28.6mm, son usados para postensados.
- e) **ACERO** de alto módulo laminado en caliente con diámetros de 5 y 7 mm y un esfuerzo máximo de 14000 kg/cm^2 .

Corte de un cable

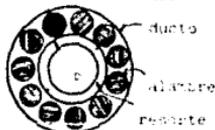
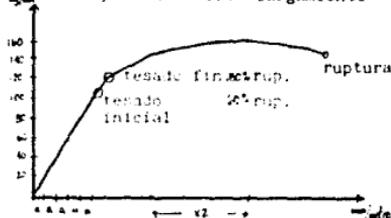


Diagrama esfuerzo-alargamiento



MOLDES: Bajo el concepto de moldes se entiende todo aquel dispositivo de moldeo utilizado para la fabricación de piezas prefabricadas. Los moldes constituyen una parte fundamental de entre los medios de fabricación de piezas prefabricadas. Su costo con respecto a la inversión total puede decirse que es elevado. Los moldes deben tener ciertas características ya que la exactitud y precisión que deben tener las piezas prefabricadas así como también la calidad dependen en mucho de los moldes.

Las características que deben tener los moldes

son:

- A) Deben conservar el mismo volumen aún con el vertido de el concreto para así asegurar las medidas correctas de las piezas.
- B) Deben ser susceptibles de poder utilizarse reiteradas ocasiones sin que se tenga un gasto de tiempo importante.
- C) DEBEN ser fáciles de manejar y cerrar bien.
- D) Presentar poca adherencia con el concreto para así poder limpiarse fácilmente.
- E) Poder ser utilizables para diferentes perfiles.
- f) Poder ser transportados en el caso en el que se necesiten llevar a la obra.

Los materiales con los que comunmente se construyen los moldes son los siguientes:

MOLDES DE ACERO: Este tipo de moldes son los más utilizados en la prefabricación porque cumplen con casi todos los requerimientos estipulados. ESTOS moldes son caros por lo que su utilización siempre estará ligada a procedimientos de construcción en serie o diseñados de tal forma que puedan ser modificados para darles forma a diferentes tipos de piezas. Los moldes de acero son apropiados para grandes vigas peraltadas, soportes y también elementos estructurales y de pared. Los vibradores para el concreto se montan en el molde. Las uniones por parte de los moldes de acero se hacen mediante pernos y abrazaderas.



FIG 6.

CIMBRA METALICA
REUTILIZABLE

Andamios Tubulares
de México.

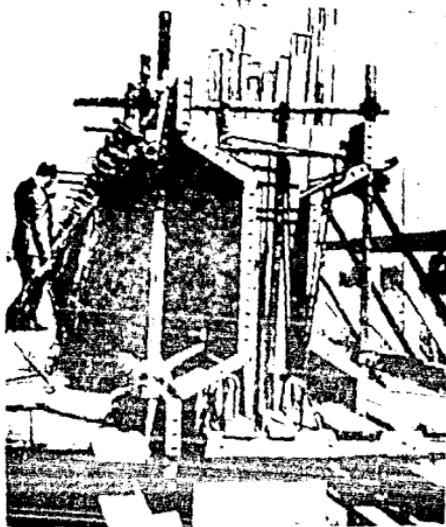


FIG. 7
CIMBRA METALICA
PARA TRABE DE
SECCION "I".

Andamios
tubulares de
México, S.A.

MOLDES DE MADERA: Son adecuados para la fabricación de series de elementos de muy numerosas, pero aun así son teóricamente construidos no son más baratos que los de acero. Los moldes de madera son usados generalmente para elementos de cubierta o techos. La adherencia existente entre el concreto y la madera es grande por lo que se usan casi siempre con alguna cubierta o forro de plástico que impide esta adherencia. Los moldes de madera no son tan indeformables como los de acero y el número de usos que tienen un inconveniente, aunque existen piezas que por el peso y la manejabilidad preferentemente se utilizan moldes de madera.

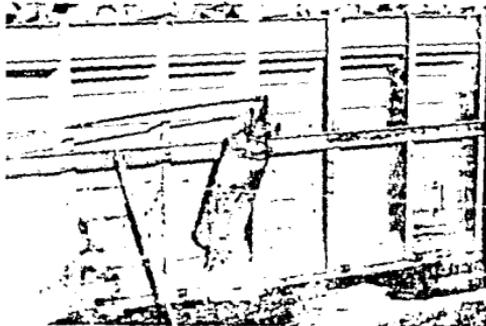


FIG. 8.
PANELES DE
CIMBRA

Manual de la
Const. Prefabric.
Elihaner Kozak.

MOLDES DE CONCRETO: Este tipo de moldes se utilizan para darle volumen a elementos de cubierta, permiten un trabajo con medidas correctas pero tienen muchos inconvenientes como el de la poca manejabilidad y nula posibilidad de transportación, la adherencia entre concreto y concreto es grande.

MOLDES DE PLASTICO: Este tipo de moldes permite formas geométricas no restringidas, la adherencia con el concreto no es mucha y los moldes son ligeros. Los moldes plásticos también conservan su volumen pero el mantenimiento que requieren es alto y mucho más costoso que el de los moldes de acero así como también que la posibilidad de modificación de los moldes resulta imposible.

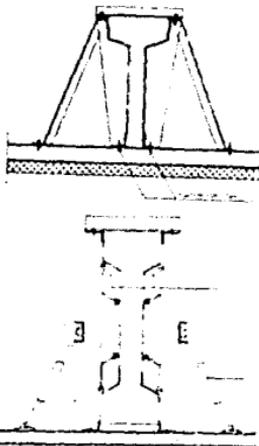
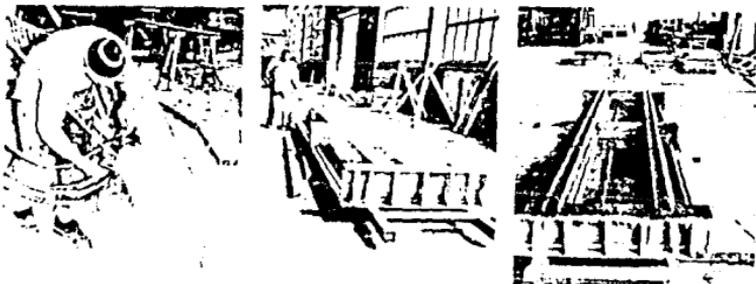


FIG. 9

MOLDES
ESTANDARIZADOS

1.c) Esquemmatización del proceso de fabricación.

Es evidente que la industria DE la construcción tiene muchas diferencias en cuanto a otro tipo de industrias, por ejemplo la automotriz, los problemas que se presentan en la construcción son específicos para cada obra por lo que no se puede tipificar o generalizar para encontrar una manera de erradicarlos por completo. La construcción de un automóvil presenta un número determinado de problemas los cuales pueden conocerse con anterioridad por lo que es posible crear una estrategia que permita eviatrios y por lo mismo tener mejores procedimientos de producción.

La acción más evidente hacia el proceso de automatización de la industria de la construcción la representa la prefabricación en donde los métodos de fabricación en serie o producción en masa son utilizados para craer series de piezas similares y que posteriormente se montan en las obras mediante la ayuda de dispositivos de elevación y montaje.

Lo anterior nos conduce a una nueva condición en construcción y es la que se refiere a que los proyectos deben complementarse con una adecuada tecnica de prefabricación de las piezas y montaje de las mismas.

Los principios que deben regir a la prefabricación de piezas son: poco consumo de mano de obra, producción muy rápida y de muy alta calidad.

METODOS DE FABRICACION DE LOS ELEMENTOS

En general existen 3 métodos de fabricación de las piezas: a) fabricación fija.

b) fabricación deslizando.

c) fabricación en cadena.

FABRICACION FIJA.

se entiende como fabricación fija la que se realiza en un banco de un taller. Los moldes estan constituidos por estos bancos donde se realizan los trabajos. Los moldes utilizables pueden estar constituidos por piezas abatibles para el desmoldeo. También puede realizarse el desmoldeo por volteo o por elevación.

FABRICACION DESLIZANTE.

Se realiza de tal forma que el molde se vaya desplazando, dando de esta forma la sección definitiva de el elemento, el molde se vibra para darle la resistencia a el concreto.

FABRICACION EN CADENA.

Este tipo de fabricación solo es utilizada para la construcción de un número grande de piezas. La fabricación en cadena representa la verdadera industrialización y automatización de piezas prefabricadas las cuales, dentro de el ámbito de la construcción tendrán características específicas con las que el estructurista podrá definir cuales son las mas convenientes para sus necesidades.

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS MOLDES.

MOLDES DE MADERA

- fácil de trabajar y fijar.
- adecuados para todos los usos.
- son endurecidos fácilmente con barniz.
- las juntas deben ser perfectamente realizadas.
- deja la impresión de la textura.
- la adherencia con el concreto es variable.
- debe cubrirse la textura de los extremos.

MOLDES DE MADERA COMPRIMIDA.

- su superficie se deteriora fácilmente
- requiere de muchos soportes.
- su fijación representa dificultades.
- deja una superficie aparente en el concreto.

MOLDES DE TRIPLAY.

- Elimina las juntas entre madera y madera.
- las hojas delgadas pueden doblarse.
- elimina la impresión de la textura.
- se puede fijar fácilmente.
- pueden obtenerse gran número de usos
- el barniz endurece la superficie.

MOLDES DE PLASTICO.

- muy útil.
- acabado terso.
- produce más burbujas en el concreto.
- es moldeable.
- es costoso.

ELECCION DE EL METODO DE FABRICACION.

Podemos considerar como determinantes los siguientes factores en la elección de el método de fabricación:

- a) la magnitud de las series a prefabricar y el lugar de prefabricación: EN PLANTA O EN OBRA.
- b) El tamaño de las piezas a prefabricar.
- c) La clase y el tipo de los elementos, es decir, forma y uso futuro.
- d) El refuerzo de los elementos (Presforzado o no)
- e) La estructura de los elementos y su material.

La magnitud de las series es importante pues de ello dependerá la decisión de colocar o no una planta para la creación de las piezas. Cuando la serie a prefabricar es solo una serie pequeña no tiene caso el colocar una planta para ello, y por el contrario si el número de piezas a prefabricar es muy grande si es factible optar por la creación de una planta para fabricarlas pues la amortización de el valor de la planta está rá cubierto por la magnitud de la serie.

Para más de 2000 piezas la más recomendable es la fabricación en cadena y para series menores podemos utilizar las otras dos opciones, este número no necesariamente es definitivo si no más bien sirve como base para poder tener una idea de los rangos que se manejan para cada tipo de proceso constructivo.

El tamaño de las piezas es posible aumentarse hasta el punto en el cual ya no sea posible su fabricación por las mismas limitaciones de volumen. A mayor tamaño la manejabilidad de los moldes se vuelve más difícil y las piezas necesitan de maquinaria mayor para su manejo y transporte. Si bien es cierto que con piezas de mayor volumen las acciones de montaje disminuyen aún más no es justificable hacerlas de tamaños mayores pues lo que representa el montaje en el costo total de el proceso de construcción prefabricada es solo un 10% de el costo total de la pieza.

La clase y tipo de geometría que presenten los elementos es determinante para elegir el proceso de fabricación pues por ejemplo las losas prefabricadas que son elementos planos no hay mejor manera de fabricarlos que de manera estacionaria pues esto permite lograr una pieza perfecta en su geometría, dimensiones y refuerzo, así como una adecuada resistencia en el concreto.

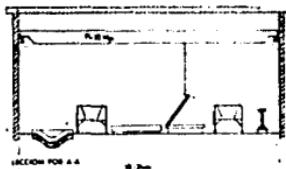


FIG. 10
PLANO GENERAL DE UNA PLANTA DE
PREFABRICACION DE PIEZAS.

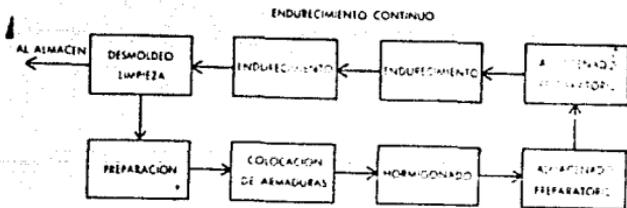
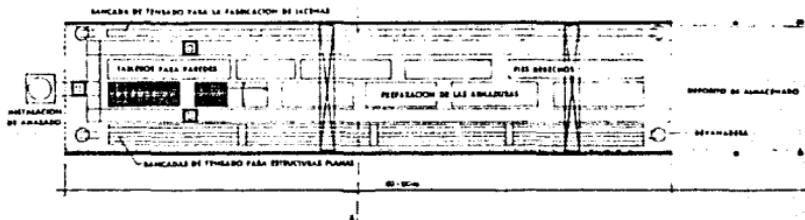


FIG. 11 ESQUEMA DE FABRICACION EN CADENA DE LAS
PIEZAS.

PROCESO DE FABRICACION DE LOS ELEMENTOS

El proceso de fabricación de los elementos podemos dividirlo en las siguientes fases:

- a) Preparación de los moldes.
- b) Armado y pretensado de los elementos.
- c) Colado de los elementos.
- d) Fraguado de el concreto.
- e) Descimbrado de los elementos, curado y conservación.

Adicionalmente a estas acciones tambien se encuentran las de preparación de el concreto y la de el acero, aunque esta última no difiere mucho de las acciones comunes en cualquier obra. Si el concreto es adquirido a una planta de una planta mezcladora de concreto este es transportado a la planta de fabricación mediante camiones revolvedores, el transporte de el concreto a los moldes se puede realizar de diferentes formas.

- a) Mediante una vagoneta o carretilla.
- b) Mediante un monopatín suspendido.
- c) Mediante una cinta transportadora

COLADO

Los elementos como se mencionó pueden ser fabricados en moldes o en bancadas de pretensado de acuerdo a la naturaleza de el armado y de el vibrador.

Un primer procedimiento para compactar el concreto es la vibración y extracción de el agua mediante el vacío.

La compactación de el concreto puede hacerse con:

- a) vibradores de inmersión.
- B) vibradores de superficie.
- c) vibradores de cimbras.
- d) mesas vibratorias.

De los anteriores, el menos utilizado es el de inmersión y los demás se usan en función de el procedimiento que se este utilizando en la fabricación de piezas.

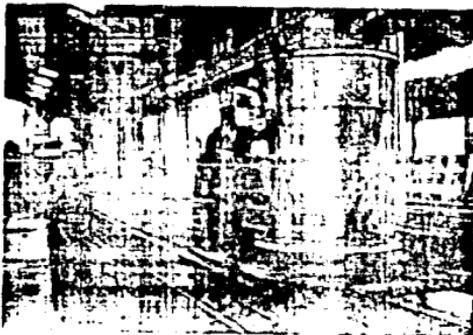


FIG.12

Carro de transporte para la
transferencia de materiales desde el
almacenamiento de la masa de fabricación

Manual de la
construcción prefabricada.
Eduardo Konez

Tomo 1

A continuación se presenta una dosificación para una mezcla tipo de un elemento prefabricado presforzado:

Cemento fraguado rápido	420 kgs.
grava limpia	800 lts.
arena limpia	400 lts.
agua	160 lts.

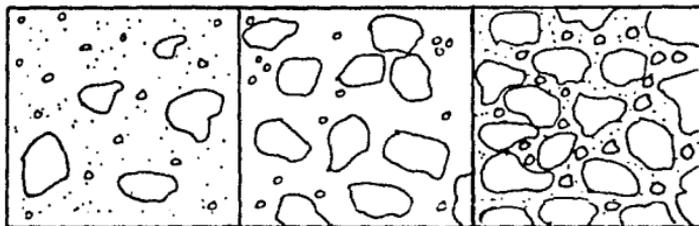
Relación de Peso : agua/cemento = 0.4
Relación de Peso : grava/arena = 2.4

Cuando una mezcla tiene exceso de agua se produce como resultado que la pieza fabricada tenga poca resistencia y una mayor segregación de los agregados de la mezcla.

Cuando a la mezcla le hace falta agua se tienen dificultades para poder vibrarlo adecuadamente y la compacidad de el concreto disminuye.

FORMA ADECUADA DE REALIZAR UN COLADO PARA
UN ELEMENTO PRESFORZADO :

FIG.13
APARIENCIA ADECUADA DE EL CONCRETO*



MALA
EXCESO DE
AGUA U FINOS

MALA
EXCESO DE GRAVA

BUENA
GRANULOMETRIA
ESTUDIADA

Verificaciones antes de el colado.

Moldes	Deben estar rígidos, indeformables, impermeables. Mojados si son de madera. Engrasados si son de acero.
Cables y Ductos.	Verificar: - la posición exacta. - la fijación a el refuerzo. - las conexiones entre ductos. - la impermeabilidad de ductos. - la protección de las puntas de los ductos con sacos de papel.
Anclajes	Verificar: - la fijación de anclaje con la cimbra. - la perpendicularidad de el cable con el anclaje. - Las dimensiones de cajas para colocar los gatos.

Verificaciones durante el colado.

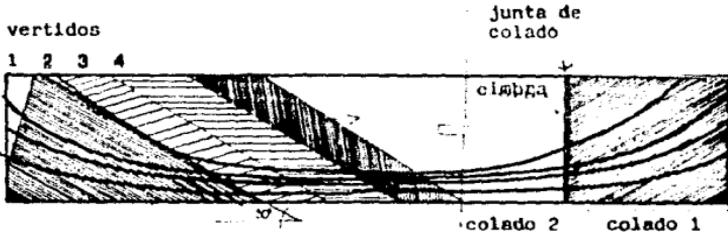
- Bajar el concreto sin deformar los cables
- Vibrar sin mover o romper ductos.
- no caminar sobre los ductos.
- vibrar bien la zona de anclajes.

Verificaciones despues de el colado

- Mover los cables dentro de el ducto.
- Lavar los cables, inyectando agua.
- Verificar la posición de las cajas al quitar los costados.
- Verificar y limpiar anclajes y extremidades de los cables.

FIG.14 Forma adecuada de colar.

El colado tiene que avanzar segun un estudio del tipo de pieza y de los cables, teniendo como principio general que el concreto debe bajar como bajan los cables para evitar huecos en las almas de las trabes.



FRAGUADO DE EL CONCRETO.

El fraguado de el concreto puede ser normal o acelerado. Generalmente las piezas prefabricadas prefieren de el fraguado rápido obtenido artificialmente mediante el uso de aditivos. El beneficio que se obtiene es la mayor utilización de los moldes pues el tiempo de desmoldado disminuye y por lo tanto los colados de las piezas son más continuos.

El endurecimiento rápido de el concreto puede obtenerse con el uso de aditivos o por curados térmicos el cual puede ser por la utilización de algún fluido caliente circulando en las proximidades de la pieza prefabricada.

El uso de vapor es de los mas sencillos metodos térmicos YA QUE LOS MOLDES NO NECESITAN MAS que tapas para lograr vapor. El mayor inconveniente de el curado vapor es que no se puede regular la temperatura con toda exactitud por lo que una temperatura excesiva puede llegar a quemar el concreto y el caso contrario, con una temperatura baja no se lograría una buena resistencia de el concreto.

El uso de agua caliente elimina el inconveniente de regulacion de temperatura, pero para hacer circular agua caliente es necesaria la instalación de tuberías en moldes especiales por lo que no es aplicable a todos los tipos de procesos.

El tratamiento térmico de el concreto permite alcanzar en 10 a 15 hrs el 80% de la resistencia definitiva; alcanza a esta resistencia en periodo de 24 hrs el prefuerzo sobre la pieza. Para piezas sin pretensar, con un armado normal no es necesario llegar hasta este porcentaje de resistencia y son solo de 2 a 3 hrs un 25% HASTA un 50% de la resistencia total por un desmoldarse los elementos con lo que los tiempos de desmoldado para piezas sin prefuerzo es mucho menor.

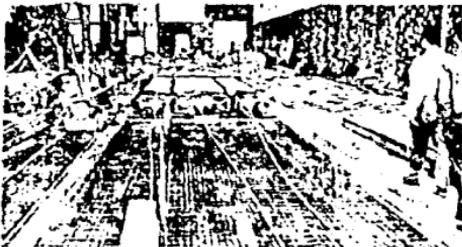


FIG. 15. COLOCACION DE LOS ARMADOS EN LOS MOLDES.



FIG. 16 CURADO DE PIEZAS AL VAPOR A FIE DE OBRA Y EN PLANTA
AL AIRE LIBRE .



FIG. 17 CURADO AL VAPOR EN UN LOCAL CUBIERTO.

DESOLDEO, CONSERVACION Y ALMACENADO DE LOS ELEMENTOS

Dependiendo de el tipo de molde, y el tipo de la pieza que se fabrica, varían los procedimientos de desmoldeo.

El desmoldeo de las piezas puede realizarse por medios mecánicos, mediante presión hidráulica o por el método de vacío.

DESOLDEO POR MEDIOS MECANICOS

A los elementos se les dota de ganchos de suspensión de tal manera que puedan ser sujetados por el dispositivo elevador. Los ganchos de suspensión (generalmente 4 a 8) son siempre de un acero dulce pues los aceros de alta resistencia son muy rígidos y pudieran romperse con facilidad. El anclaje que requieren los ganchos debe cuidarse y dependiendo de las dimensiones podemos tener un rango de entre 8 y 20 cm. Es conveniente hacer la primera extracción de el molde mediante la ayuda de gatos hidráulicos para que posteriormente se utilice una grúa para la elevación de la pieza. El desmoldeo es mucho más complicado mientras mayor es la superficie de contacto. De acuerdo a la experiencia para superficies mayores a 25^{cm} ya no es conveniente realizar el desmoldeo por medios mecánicos.

DESOLDEO MEDIANTE PRESION HIDRAULICA.

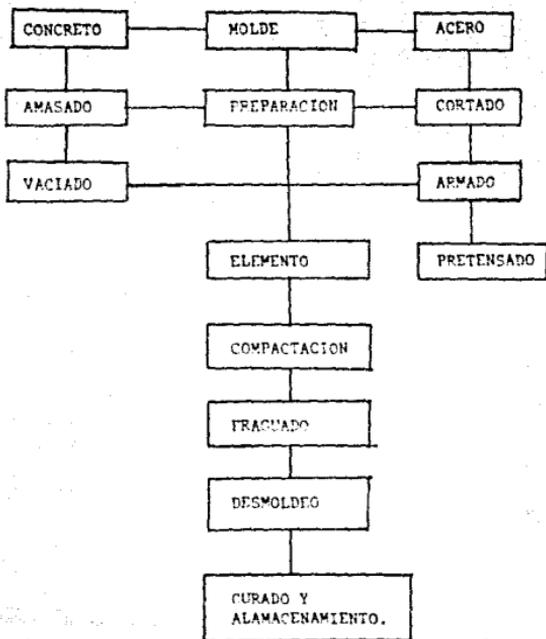
Se emplea para el desmoldeo de piezas nervadas. Para la extracción de el molde hay en est unos platos de acero que cierran una abertura de salida de agua. Un momento antes de realizar la extracción se envía agua por unas tuberías a dichos platos, de tal manera que se tenga una presión tal que permita el desprendimiento lento de la pieza.

DESOLDEO POR EL METODO DE VACIO.

La bomba de vacío, manejada por un operador trabaja con una presión de 0.7 y 0.8 atm. dicha bomba crea una alfombra que se sube y se baja por medio de un aparato elevador eléctrico.

Los lados laterales de el molde se abaten y la alfombra se sitúa centrada sobre la placa. Una vez levantada la placa con el mismo carrito es inducida al lugar de almacenamiento.

FIG. 18 PROCESO DE FABRICACION DE LAS PIEZAS.



MÉTODOS DE PREFABRICACIÓN DE DOVELAS.

El término "DOVELA" se refiere a una fracción de la sección longitudinal de un puente. Cuando un puente se construye mediante dovelas, generalmente todas son de las mismas dimensiones. Estas pueden ser coladas en sitio o prefabricadas.

La dimensión de las dovelas es variable sin embargo las longitudes más comunes son de 3 ó 4 metros.

A continuación se presentan las formas de prefabricación de dovelas:

Alcoladas sobre un banco de prefabricación.

Bicoladas las dovelas en uno o varios moldes fijos llamados celulas de prefabricación.

COLADO EN BANCO DE PREFABRICACIÓN.

Un banco de prefabricación reproduce a nivel de terreno todas las características que deben tener las dovelas en la sección de el puente.

Los moldes tanto interiores como exteriores se desplazan a una posición de colado hacia la siguiente, tomando todos los cuidados necesarios para que todos los cantos y aristas no sufran ningún daño. Si el banco de prefabricación cuenta con toda la longitud de el claro, la prefabricación debe hacerse de el centro hacia los extremos de tal forma que vaya quedando siétrica, de tal forma que el banco de prefabricación requiere de un área un tanto mayor a la de el claro y no permite de alguna forma el uso de una sección variable.

El levantamiento de las dovelas y su transporte hacia el área de almacenaje, se efectúa casi siempre con un puente grúa que abarque el banco de prefabricación.

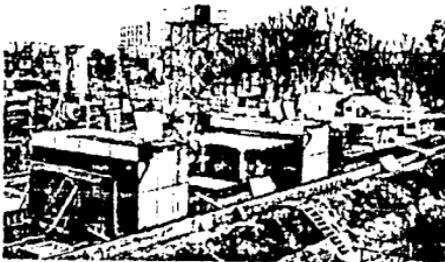


FIG. 19 BANCO DE PREFABRICACION

J. Mathivat

Construcción de Puentes
por voladizos sucesivos.

COLADO EN CELULAS DE PREFABRICACION.

Para este procedimiento se necesita unos moldes o cimbras fijos y entonces cada dovela ya endurecida es utilizada como cimbra para la dovela siguiente.

La forma de los moldes y de el colado es mucho más simple que el método anterior pero el hecho de mover las dovelas para que sirvan de molde es un problema en cuanto a la exactitud que debe tenerse en los movimientos y acomodos.

las fases esenciales son las siguientes:

- colocación de el armado, ductos y conos de presfuerzo en su caso.
- inducción de el nucleo en la parte fija de la cimbra.
- medición y ajuste de la dovela contramolde.
- colado y desmoldado.
- levantamiento de la dovela de contramolde y transporte hasta el almacenamiento.
- retirada de el nucleo de la cimbra.
- desplazamiento de la dovela colada para ser usada como contra molde.

Podemos clasificar las celulas de prefabricación en 2 grupos: **CELULAS DE PREFABRICACION HORIZONTAL.** - Se componen estas de una parte fija y de 2 móviles. La parte fija asegura el moldeo de la parte lateral de la dovela y el fondo. La primera parte móvil sirve para el moldeo de el nucleo interior y la segunda parte móvil es la dovela colada precedentemente.

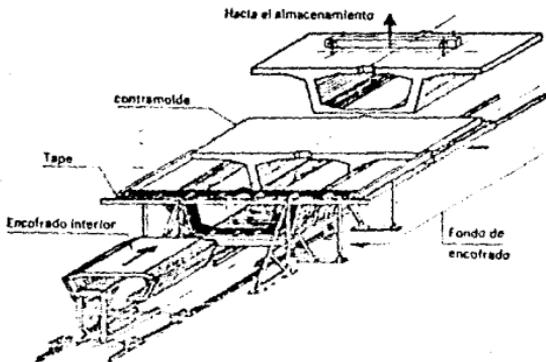


FIG. 20 Prefabricación en célula horizontal. Vista axonométrica

Construcción de Puentes por
Voladizo sucesivo.
J. Mathivat.

b) Células DE PREFABRICACION VERTICAL.

Las dovelas se cuelan sobre la sección de el corte, quedan - do superpuestas las dovelas de contranorde y la que se cuele en ese momento, y no como en el caso anterior una al lado de la otra.

Este tipo de células presenta la ventaja de facilitar el colado pues los ductos de presfuerzo no dificultan el descenso del concreto lograndose un buen recubrimiento.

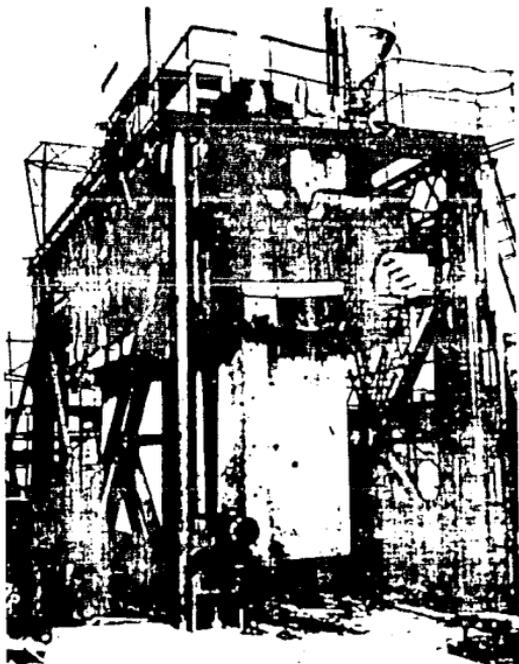


FIG.21 COLADO VERTICAL
DE DOVELAS.

Construcción de Puentes
Por voladizos Sucesivos.
J. Mathivat.

1.d)Funcionamiento de los sistemas de Presfuerzo .

El concepto de concreto presfuerzo fue introducido por primera vez en el año de 1930 por el ingeniero francés Eugene Freyssinet. La característica más importante de el presfuerzo se refiere a el hecho de crear un estado de carga opuesto a los estados de carga de peso muerto y de sobre carga, con la ayuda de un esfuerzo exterior que lo constituye el cable.

El concreto presfuerzo puede aplicarse a todo tipo de estructuras, puentes, losas, puertos, presas, canales, tanques, túneles, pilotes, etc.

Existen dos técnicas bien diferenciadas a saber: Preten Sado y postensado. En el Pretensado los cables se tensan antes de el colado de el concreto (generalmente en fabrica). El Postensado se refiere a el tensado que se le realiza a los cables despues de colado el concreto en el molde de el elemento a presforzar. (técnica general).

El presfuerzo ofrece algunas ventajas en comparación con la de el concreto simplemente reforzado y se refiere a una mayor calidad de materiales, posibilidad de que las estructuras sean prefabricadas, la estructura creada es más elástica, se ahorra concreto, se reduce el peso de elementos, se logran claros mayores con peraltes menores, se tiene una estructura más durable y sin presencia de grietas.

Generalmente el presfuerzo es inducido en un elemento prefabricado por medio de cables que corren a lo largo de el mismo, estos cables como ya se mencionó con anterioridad, son de aceros de alta resistencia y constituyen un armado adicional al correspondiente armado de refuerzo, dependiendo de la técnica que sea utilizada los cables correran dentro de unos ductos de material plástico o estarán directamente en contacto con el concreto induciendo así la tensión a el elemento por fricción pura entre acero y concreto.

La forma en la que se aplica tensión en los cables es mediante la ayuda de gatos hidráulicos y mecánicos los cuales varían de acuerdo a la técnica que se utiliza, aunque todos función de acuerdo a un mismo principio. Ya que la tensión ha sido aplicada en los cables estos se anclan a los extremos de el elemento mediante dispositivos especiales de forma troncocónica y así permitir que la tensión permanezca constante durante la vida útil de el elemento.

Para realizar el presfuerzo a los elementos existen sistemas los cuales en principio son muy similares y las variantes solo son mínimas.

- Sistema Freyssinet.
- Sistema B.B.R.V.
- Sistema c.c.l.
- Sistema Morandi.

SISTEMA FREYSSINET.

El cable está constituido por un haz de alambres de acero de alta resistencia, que están enrollados alrededor de un resorte que es con la finalidad de que el conjunto de cables no se crucen entre sí, además de facilitar el paso de el mortero de inyección y sellado.

El número de alambres es casi siempre de 12 y el diámetro de 7mm aunque puede variar de acuerdo a la resistencia que se requiere. La forma de anclar los cables es mediante el uso de un cono-hembra cilíndrico que presenta una cavidad central en la cual se instalará el cono-macho que aloja a los alambres que forman el cable. Por el orificio central del que se habló antes se inyecta el mortero en el interior de el ducto.

Los gatos utilizados para la tensión de los cables pueden ser de tornillo o hidráulicos, estos últimos son para esfuerzos de tensado grandes, es posible manejar un conjunto de gatos al mismo tiempo mediante el empleo de una bomba. El gato de doble acción es muy útil para ajustar las cuñas de los anclajes y fijar así un cable ya tensionado, el gato de doble acción cuenta con un pistón adicional al principal que se maneja en forma independiente. En México solo se utilizan los modelos U3 y U5 de gatos hidráulicos freyssinet y sirven para tensar cables de 5mm y 7mm en grupos de 12.

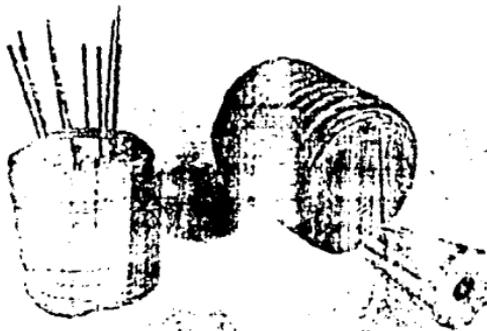


FIG.22 CONOS DE ANCLAJE
PARA CABLES.

CONCRETO PRETENSADO
ENRIQUE L. DE LUCA.
PAG. 58

SISTEMA FREYSSINET

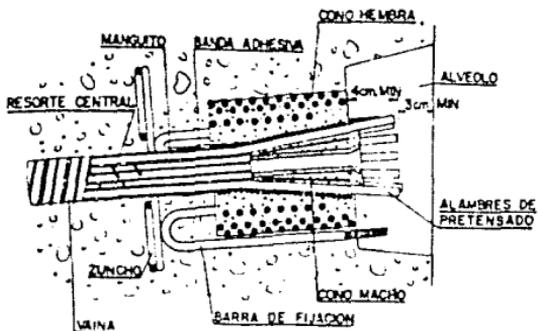


FIG. VI.33

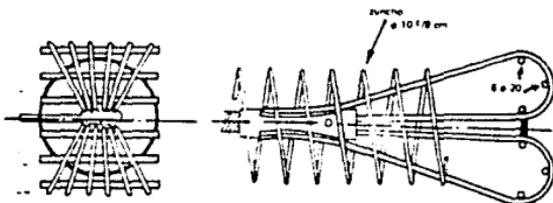


FIG VI.34

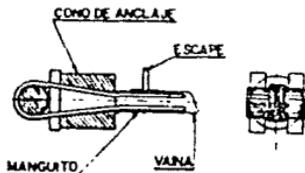


FIG. VI.35

Los alambres dan vuelta en un bucle sobre un redondo de acero que se apoyan en un cono hembra con interposición de placas de acero de un lado y otro de los bucles. Este anclaje, cuya realización no necesita material importante, es conveniente para las pequeñas obras. Se adapta a todas las unidades compuestas de alambres.

SISTEMA B.B.R.V.

Consiste en un haz de alambres con cabezas remachadas en frío en cada uno de los alambres de acero de alta resistencia pretensados y estirados en frío.

En todos los casos como elemento básico se tiene una pieza cilíndrica con orificios para el acomodo de los alambres los cuáles quedan fijados a este cuerpo de anclaje mediante remaches en las puntas ya mencionados. Al igual que en el sistema Freyssinet la pieza cilíndrica cuenta con un roscado interno y externo. El orificio interno que posee la pieza de anclaje es para alojar la barra de el gato el cual servirá para tensar el grupo de alambres.

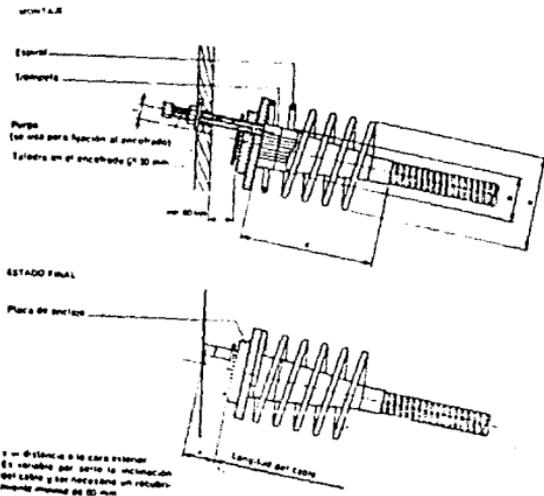
La longitud que deben tener los alambres debe ser siempre precisa para poder ajustar la tuerca contra la placa de transmisión.

Los diámetros más comunes de cables que podemos encontrar son los de 7mm, aunque pueden usarse de otras medidas. El número de alambres va desde 6 hasta 54 con fuerzas de tensado de 30 t, 250t y hasta 700t.

FIG.24 SISTEMA DE FUNCIONAMIENTO

ANCLAJE TIPO F

Anclaje tipo normal introducción concentrada del esfuerzo
Se utiliza cuando es necesario todo el esfuerzo en el extremo del cable



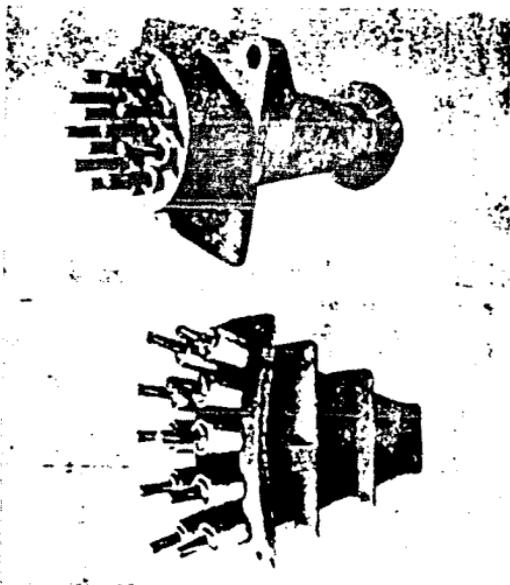
SISTEMA C.C.L.

Hay diversas variantes de este sistema, pero todos ellos con el empleo de cables. Las acciones de tensión pueden ser realizadas por cada cable o un conjunto de ellos simultáneamente.

Las cuñas de anclaje se colocan individualmente para cada alambre y en conjunto para todo el cable. Las cuñas individuales son remachadas a el alambre y la cuña de todo el cable es de forma cónica como las anteriores pero con una placa de superficie plana al frente para lograr el anclaje individual de los demás cables.

Los rangos de esfuerzos que maneja oscilan entre 50 y 575 toneladas.

FIG.25 DISPOSITIVOS DE ANCLAJE



CONCRETO PRETENSADO
ENRIQUE L. DE LUCA

SISTEMA MORANDI.

Este sistema de pretensado se caracteriza por constituirse de grupos de alambres. Los cables formados están agrupados en múltiplos de 4 hasta formar el cable total.

Un grupo de 7 alambres presenta una sección de 92.9 mm^2 con una resistencia de 178 KN/mm^2 .

El anclaje de los cables también se realiza en grupo de 4 cables primarios los cuales se agrupan en una unidad indivisible. La potencia de los cables oscila entre las 48 ton y 290 ton dependiendo de los cables.

Las placas o cuerpos de anclajes están constituidos por un cilindro de acero, acanalado de 65 cm de diámetro en el cual se introduce una cuña también acanalada.

Estos cilindros a su vez se apoyan sobre placas de repartición que quedan embebidas en el concreto, después de la tensión e inyección de mortero en las vainas.

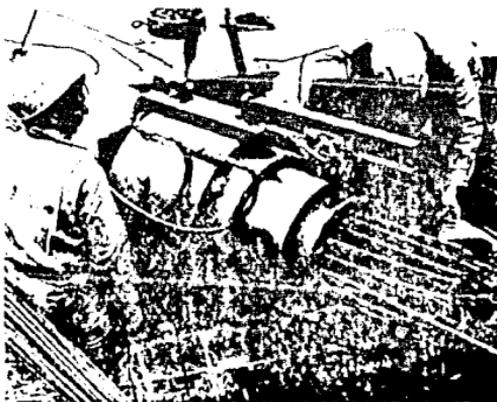


FIG.26 SISTEMA DE TENSION DE CABLES .

Las operaciones de presforzado pueden generalizarse de la siguiente forma:

- 1.- Debe tenerse precaución en la colocación de los ductos tratando de seguir al pie de la letra las especificaciones de diseño.
- 2.- Es recomendable poner un poliducto dentro de el ducto de lámina el cual servirá para que no se bloquee el ducto en caso de que el concreto penetrara.
- 3.- Antes de tensar el acero se debe tener en cuenta cual es la fuerza necesaria de gateado en cada uno de los cables.
- 4.- Es necesario conocer tambien la curva esfuerzo-deformación de el acero empleado para saber cual es el rango de las elongaciones que se puede permitir tener en el o los cables.
- 5.- Conocer a la perfección el sistema de presfuerzo y cual es su funcionamiento teniendo en cuenta el porcentaje de eficiencia de el mismo.
- 6.- Purgar los gatos extrayendoles el aire o basura.
- 7.- Calibrar correctamente los manómetros y tener la precaución necesaria para no someterlos a presiones altas instantaneas porque esto puede llegar a dañarlos.
- 8.- Verificar que los cables corren perfectamente dentro de los ductos y eliminar los taponamientos que existieran.
- 9.- Se aplica de 10% al 20% del tensado total en la primera fase. La segunda fase es aplicar el doble de tensión y se miden las elongaciones que presente el cable considerandolas de acuerdo a la curva de esfuerzo deformación de el acero empleado.
- 10.- Si la tensión se aplica en los 2 extremos se procede de manera simultanea en ambos.
- 11.- La correcta colocación de las anclas permitirá que el elemento presforzado no tenga perdidas de resistencia posteriormente por lo que se debe tener especial cuidado en esta parte de el proceso de presfuerzo.
- 12.- Por último se procede a realizar la inyección de lechada* de cemento que rellenará el espacio entre el acero y ductos, ya que de lo contrario el acero de los cables pudiera corroerse por oxidación.

*Lechada : mezcla de partes iguales de cemento portland y arena con el agua necesaria para crear una mezcla manejable y con la suficiente fluidez para poder ser inyectada en los ductos.

CAPITULO-----2

**CONDICIONES PARA LA UTILIZACION DE ELEMENTOS
PREFABRICADOS DE CONCRETO EN LA CONSTRUCCION
DE PUENTES .**

- a) Características y localización de el cruce del puente.
- b) Tipo de puente.
- c) Proceso constructivo a utilizar.
- d) Tipos de elementos prefabricados factibles de ser utilizados en la construcción de puentes.

**CONDICIONES PARA LA UTILIZACION DE ELEMENTOS
PREFABRICADOS DE CONCRETO EN LA CONSTRUCCION
DE PUENTES.**

En el capítulo anterior se vio que los elementos prefabricados de concreto deben de cumplir con ciertas características en cuanto a los materiales que los constituyen así como de resistencia. También se mencionaron de una manera general cuales son los procedimientos de fabricación de más uso para la fabricación de piezas prefabricadas y la forma en que funcionan los sistemas de prefuerzo y esta última característica será la que en un momento dado haga que se prefieran el uso de elementos prefabricados en la construcción de un puente.

En el desarrollo de este capítulo la idea más importante es la de señalar, revisar y enumerar cuales son las condiciones necesarias para el empleo de elementos prefabricados en la construcción de puentes.

Es muy importante conocer dichos factores, pues son precisamente ellos los que tendremos que tomar en cuenta para la construcción de puentes en general, e implícitamente los factores que debemos considerar para los puentes prefabricados.

Aunque son muchos los factores que intervienen para decidir la construcción de un puente y como será este, se tratará de dar algunos parámetros que permitan tener una idea de los factores que influyen y como lo hacen.

En el momento en el que tengamos definidos los casos en los que el uso de elementos prefabricados es posible entonces podremos enumerar algunas de las características de los elementos que se pueden usar en la construcción de puentes.

pe

2.a) CARACTERISTICAS Y LOCALIZACION DEL CRUCE DEL PUENTE .

Para el proyecto y construcción de un puente hay factores que son tomados en cuenta para darle las características tanto de cimentación, estructuración y tipo de puente, y dependiendo de esto, la forma en la que se llevará a cabo la construcción de el mismo, los materiales a emplear y los procedimientos constructivos.

Las características y localización de el cruce donde se piensa construir un puente son indudablemente importantes para decidir algunas de las características de el puente.

La LOCALIZACION es importante desde el punto de vista de costo y transporte ya que en función a ello tendremos la disposición inmediata de materiales, maquinaria, personal a un costo dado de acuerdo al punto donde se situe dicho cruce.

a) Costo y transporte:

Para la construcción de un puente es muy importante la distancia de acuerdo a su localización, que se tenga hasta los centros en los cuales se cuente con los insumos necesarios para llevar a cabo dicha construcción. Es evidente que mientras más alejado este de estos centros, más costosos serán los transportes de los insumos hasta el lugar de la obra, también habrá que pagar un costo de trasportación de maquinaria y de mano de obra si esta no se encuentra cercana a la obra. En el caso de un puente prefabricado habrá de aumentar a estos conceptos el de transporte de piezas prefabricadas, que dependiendo de el tamaño, volumen, y distancia de transportación será la magnitud de el costo.

b) Materiales.

La adquisición de los materiales es el punto más importante para considerar en función a la distancia de el lugar donde se puedan adquirir los que precisamente estan especificados en función a características y calidad de los mismos.

Independientemente de si el puente es prefabricado o construido con un método tradicional, la adquisición de materiales es un concepto que sin duda alguna siempre está presente y que debe tomarse en cuenta pues la disposición adecuada de los volúmenes de material requerido podrán determinar una buena organización en el avance de la obra ejecutada, y en caso contrario si la disposición, de acuerdo a la localización de el cruce de el puente, de los materiales no es la óptima porque los centros de abasto se encuentran lejanos y esto obliga a la decisión de tratar los materiales de la región para que puedan ser utilizados en la obra significará un desembolso extra de recursos económicos para la amortización de los gastos de tratamientos de los materiales de el lugar como en el caso de los agregados para el concreto.

Específicamente para la construcción de puentes con elementos prefabricados de concreto, existen algunas consideraciones que son convenientes tomar en cuenta en relación con la localización:

- 1.- Distancia, en su caso, desde la planta prefabricadora hasta el cruce del puente a construir.
- 2.- Los problemas o cuidados especiales que se deben tener en el transporte de las piezas considerando que por ningún motivo deben verse afectadas en su calidad.
- 3.- El tiempo que llevarían las acciones de transporte de las piezas que van a ser utilizadas.
- 4.- El tiempo de amortización del costo de la maquinaria relacionando el tiempo de utilización de la misma y el tiempo de transporte.
- 5.- Poder concretar un buen programa de obra que no represente problemas en las acciones de montaje;
- 6.- El costo que representa cada una de las consideraciones anteriores.
- 7.- Comparar con otras opciones.

Otro aspecto importante en cuanto a el cruce de el puente son las características que existan en el lugar; de ellas las mas importantes son las topográficas y las de el subsuelo, así como las climáticas aunque estas en menor medida.

Las características topográficas son determinantes en cuanto a la facilidad que se tenga para el acceso de los materiales y maquinaria, tambien en muchos casos debido a las dificultades topográficas es necesario el uso de maquinaria más sofisticada que la obra no justifica. Generalmente no existe en ningún momento, un obstáculo que sea imposible de salvar o de encontrar una solución adecuada para ello sin embargo, con los procedimientos de la construcción prefabricada, en principio se pretende tanto acortar los tiempos de construcción como tambien en la medida de lo posible, los costos y por ello es necesario revisar cuidadosamente que las características de el cruce no nos provoquen un aumento considerable en el tiempo y costo de construcción.

En general para la construcción de un puente siempre es determinante el subsuelo donde se va a localizar sobre todo en puentes que cruzan el cauce de un río. Las características del subsuelo condicionan la construcción de un puente y el tipo de cimentación necesaria, si el puente es a través de un río, las características topohidráulicas de el río tambien determinan el tipo de cimentación que se utilice. El tipo de puente que se tenga estará determinado entonces desde su cimentación pues para una cimentación dada, la superestructura tambien tendrá que ser de determinada manera.

En otras ocasiones, la localización de el puente es la que determina el tipo de puente que se pueda tener ya que por ejemplo en los puentes urbanos no se pueden tener puentes muy robustos que ocupen el espacio que es necesario para otras obras viales o para obras de otro tipo.

2.b) TIPO DE PUENTE .

Este trabajo esta enfocado principalmente a la construcción de puentes de concreto con el uso de piezas prefabricadas de concreto. Sin embargo, las características o factores que determinan el tipo de puente son aplicables para todos los materiales a utilizar y procesos constructivos que se pretendan emplear.

Existen factores bien definidos, como ya se dijo, que van a determinar las características de el puente:

- El claro que se tiene que salvar.
- el uso para el puente.
- Características de el subsuelo, climáticas y ambientales.
- Recursos económicos disponibles.

CLARO A SALVAR.

Es el factor más importante, pues dependen o de el claro que se tenga que librar serán los materiales que se utilicen y el tipo de puente que se tenga de acuerdo a la clasificación que se presentó en el capítulo 1. Además de acuerdo a la experiencia podemos sugerir y pensar en el tipo de puente que seguramente sería la mejor solución.

Por ejemplo: Para un puente peatonal con un claro de 30m. una solución lógica es la de utilizar traveses de concreto con longitudes similares a el claro o menores apoyadas en sus extremos. Estas traveses pueden ser de sección rectangular, "T", "I", coladas en sitio o prefabricadas. Esta a simple vista parece ser una buena solución, no la única, pero de ningún modo para este claro y cargas podría pensarse en un puente por voladizos y atirantado, no porque no se pudiera hacer de tal forma, si no porque la magnitud del puente no justifica el empleo de métodos tan sofisticados adecuados para otras características y claros.

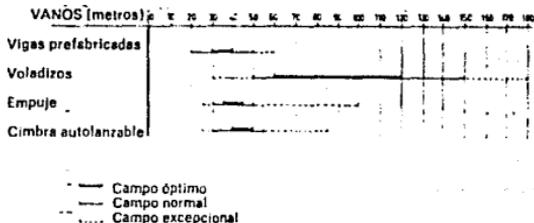


FIG. 27 Campo de aplicación de los procedimientos de construcción de grandes puentes en hormigón pretensado.

Construcción de puentes por voladizos sucesivos.
J. Mathivat.

EL USO DE EL PUENTE.

El uso de el puente lleva consigo muchas otras cosas que son necesarias considerar para el tipo de puente que se vaya construir.

Dependiendo de el uso de el puente podremos saber tambien las cargas a las que va ha estar expuesto y considerando esto y el claro vamos a poder determinar los materiales con los que es más conveniente construirlo. Así por ejemplo, para un puente ferroviario con cargas considerables no podría pensarse en construirlo con vigas prefabricadas de claros pequeños pues sería necesario colocar apoyos intermedios que en una zona de montañas tal vez no fueran realizables, aunque en resistencia, con unas trabes presforzadas si se podría llegar a cubrir el requerimiento. Por experiencia se sabe que para puentes ferroviarios de grandes claros se prefieren estructuras de acero pues con ellas se alcanzan las resistencias necesarias para los claros que se manejan.

Así entonces podemos tener los siguientes usos:

- A) peatonales
- B) carreteros
- C) viales
- D) ferroviarios
- E) conducción de materiales
- F) mixtos

Y para cada uno de ellos se tendrá un tipo de puente que sea el que mejor funcione para el uso que tiene. En el caso de este trabajo los alcances no son de determinar cual es el tipo de puente más recomendable para cada caso, se menciona pues es necesario señalar la importancia de el uso de el puente y en su caso señalar cuales son los tipos de elementos prefabricados que se pueden usar en la construcción y no el caso contrario.

CARACTERISTICAS DE EL SUBSUELO, CLIMATICAS Y AMBIENTALES.

En este concepto se encierran más que cualquier tipo de factores, las condiciones ambientales que se pudieran tener en el lugar es decir, como se mencionó antes, las características físicas que se encuentren en el lugar, podran determinar en un momento dado el tipo de puente que se tenga.

El tipo de subsuelo influir en el tipo de cimentación que se tenga y esto a su vez en la superestructura que se pueda lograr en dicha cimentación.

Si el puente se localizará cerca de el mar pueden llegar a tenerse vientos muy fuertes en cuanto a velocidades y existe la posibilidad de que la estructura de el puente este expuesta a la acción de cargas muy grandes por este concepto (ciclón) por lo que para que el tipo de puente que se tenga que utilizar para contrarrestar la acción de dichas cargas sea la combinación de 2 o más materiales para asegurar el correcto funcionamiento.

RECURSOS ECONOMICOS.

En la actualidad la disposición de recursos económicos es un problema muy grande en nuestro país y que determina en gran medida la posible construcción de un puente y los procedimientos, técnicas y equipos que pudieran usarse para llevar a cabo dicho objetivo.

La disposición de recursos es entonces una gran limitante en cuanto al tipo de puente que podamos construir y la sofisticación que se pudiera llegar a tener en el procedimiento constructivo que se utilice.

Sin embargo es un principio primordial de la ingeniería el lograr una obra funcional, segura y a la vez económica por lo que es necesario un estudio completo de las posibilidades que se tengan para poder elegir la mejor opción y cumplir con el principio fundamental de la ingeniería.

La asignación de recursos para poder construir un puente con la calidad requerida y en un lapso de tiempo no muy prolongado es un problema que no es fácil solucionar y que involucra a otras áreas de el conocimiento para poder resolverlo de la manera más ventajosa. Las disciplinas económico-administrativas son necesarias para poder tener una administración y programación adecuada de nuestra obra que permita encontrar formulas mejores en cuanto a los procesos de ejecución y control de la obra que se piensa construir utilizando los recursos económicos con los que se cuenta y poder sacarles el mejor beneficio posible.

Si recordamos la clasificación presentada en el capítulo anterior:

De acuerdo a la forma de su estructura longitudinal

- a.1) Puentes de vigas.
- a.2) Puentes de arcos.
- a.3) Puentes de cables.

Para cada una de los tipos presentados podemos enumerar los tipos de elementos prefabricados que se pueden usar en su construcción, por ejemplo:

- i) En un puente de vigas, podemos usar traveses prefabricados en la sección que más se acople a las necesidades que se tengan en cada caso. Podemos tener puentes con traveses rectangulares, sección "I", "T", "IT", cajón, etc. y con diferentes peraltes, longitudes y características de resistencia.
- ii) En un puente de arcos, podemos utilizar también secciones prefabricadas de el arco a manera de "dovelas" y las características de ellas en cuanto a dimensiones, secciones y resistencias estarán en función a los requerimientos de el puente.
- iii) En un puente de cables (atirantado) podemos utilizar ya sea dovelas prefabricadas o traveses para conformar la sección de el puente.

Otra clasificación de puentes es el que se refiere a la forma de la sección transversal y así podemos tener:

- b.1) losa.
- b.2) viga.
- b.3) cajón.

Una de las ventajas de la construcción prefabricada es precisamente que con la ayuda de moldes se pueden lograr las secciones geométricas que se deseen sin mucho problema, por lo que dentro de los elementos prefabricados podemos encontrar, secciones de losas, traveses y cajón que lo constituyen las dovelas. Y además de estas muchas otras más secciones sofisticadas que permitan tener una mejor función desde el punto de vista de diseño y estructuración con la ventaja de que es mucho más fácil armar un molde a nivel de terreno o en un taller especialmente acondicionado para ello que a las alturas a las que son posibles alcanzar en la construcción de un puente.

2.c) PROCESO CONSTRUCTIVO A UTILIZAR.

Si el tipo de puente es determinante para el posible uso de elementos prefabricados, los métodos de construcción que se utilicen para llevar a cabo dichos puentes también serán factores que determinen el uso de elementos prefabricados.

El uso de elementos prefabricados ya implica por sí mismo un proceso constructivo y una técnica de construcción diferenciada de otras, pero es posible combinarlo con otros procesos constructivos y es precisamente lo que se pretende mostrar en esta parte.

Basandonos en la clasificación de grandes puentes de concreto mostrada en el capítulo 1 las cuales representa cada una a un proceso constructivo diferente tenemos:

- 1.- Puentes de vigas prefabricadas
- 2.- Puentes empujados.
- 3.- Puentes construidos con cimbras autoportantes.
- 4.- Puentes construidos por voladizos.

Hay varias formas de construcción de puentes con vigas prefabricadas, las diferencias que existen entre ellos son la maquinaria que se utilice la cual estará en función a las condiciones específicas que se tengan en el lugar de la construcción, y al tipo de viga que se trate, ya que la sección longitudinal y transversal puede cambiar.

La idea general de un PUENTE EMPUJADO se refiere a un par de rieles montados sobre una obra falsa los cuales corren en toda la longitud de el cruce. En uno de los extremos se localiza una célula de prefabricación de dimensiones establecidas, en donde es colada una parte longitudinal de la sección transversal de el puente, la cual ya que ha alcanzado cierta resistencia es empujada para que corra hacia los rieles y así sucesivamente se van colando secciones a manera de dovelas las cuales se van empujando hasta el apoyo o hasta el otro extremo y de esta forma cubrir todo el claro.

Podríamos entonces utilizar elementos prefabricados pues no tendríamos entonces que colar el elemento en un extremo de el puente y esperar a que fragüe el concreto, pues las piezas prefabricadas serían colocadas en el extremo y luego empujadas hacia los apoyos aunque muy posiblemente de esta manera se caería en un proceso de construcción muy similar al de lanzamiento.

Un puente construido con CIMBRA AUTOPORTANTE es aquel en el cual se utiliza una cimbra llamada "autoportante" la cual se apoya única y exclusivamente en la sección de puente que va colando. La cimbra no es más que un molde de la sección a realizar en donde se van colando secciones de el puente y en el momento en el que se llega a un porcentaje determinado de resistencia, la cimbra tiene dispositivos que le permiten avanzar hacia el centro de el claro, se "autolanza" para seguir nuevamente con el mismo ciclo de colado y avance hasta lograr la longitud deseada.

Existe un procedimiento constructivo llamado exclusivamente de lanzamiento o también de autolanzamiento, en donde sería más factible el uso de elementos prefabricados y también como en el caso anterior, la estructura metálica que permite el

lanzamiento de las vigas prefabricadas se apoya única y exclusivamente en la sección de el puente, aunque pudiera no ser de esta forma. Los elementos prefabricados no son compatibles con la cimbra autoportante pues la cimbra pues la cimbra implica un colado en sitio de la sección la cual difiere de el concepto de prefabricación.

Un último procedimiento constructivo llamado por voladizos tiene una variante llamada VOLADIZOS SUCESIVOS y en ambos casos el principio es construir pequeñas secciones de la estructura, ya sea colada en sitio o montar la pieza prefabricada, llamadas dovelas de tal forma que las secciones construidas en cantilever sean capaces de soportar el peso de las secciones que se construirán delante y que al igual que las primeras solo estarán sujetas a la estructura de el puente sin ninguna otra sustentación. Esto se logra generalmente mediante el equilibrio de fuerzas al ir construyendo alternadamente una sección a cada uno de los lados de los apoyos (doble voladizo) y con el empleo de sistema de cables de presfuerzo.

Es posible combinar este procedimiento constructivo con el de la prefabricación, pues las dovelas pueden ser prefabricadas y ser montadas con el mismo principio de voladizo.

2.d) TIPOS DE ELEMENTOS PREFABRICADOS FACTIBLES DE SER UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION DE PUENTES .

La cantidad de elementos prefabricados que se construyen en series grandes es considerable y dentro de este grupo podemos señalar un gran número de piezas que nos pueden servir para construir la sección de un puente. La sección que más nos convenga estará determinada por el claro que se tiene que librar y el tipo de acciones a las que va a estar sometido el puente, así como también la localización y accesos a el cruce y de otros aspectos de menor importancia.

ELEMENTOS LONGITUDINALES.

LOSAS MACIZAS

Se utilizan generalmente para salvar claros muy pequeños ya que presentan un peso excesivo por metro cuadrado. Gracias a su facilidad de fabricación y a una poca necesidad de mano de obra son muy baratas y de fácil montaje y manejo. Estas pueden ser reforzadas y presforzadas.

La forma adecuada de trabajar con ellas en la construcción de secciones de puentes es trabajandolas en secciones compuestas con traveses y un firme colado "in situ" logrando así la continuidad de la parte superior de la sección.

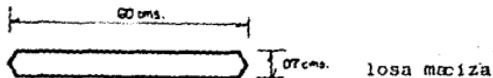
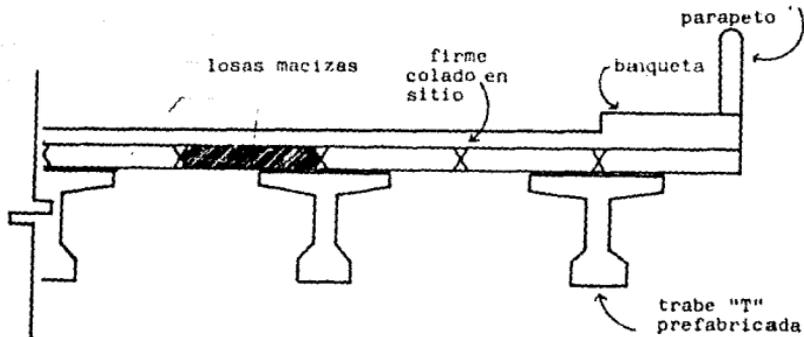


FIG.28 LOSAS MACIZAS

LOSAS ALIGERADAS

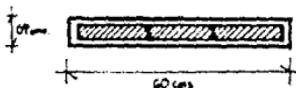
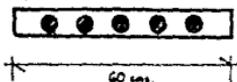
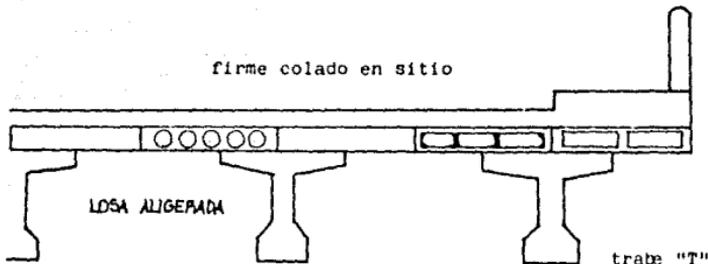
Con la finalidad de reducir el peso excesivo de las losas de concreto, se introducen ductos de sección circular o rectangular que pueden ser de plástico o de cartón comprimido. La colocación de estos ductos debe estar hecha de la mejor manera posible para permitir también la colocación de el armado de la losa.

En comparación con las losas macizas las losas aligeradas permiten un ahorro en cuanto al volumen de concreto y acero de refuerzo por lo que para una misma dimensión se pueden utilizar equipos de montaje de menor capacidad y menos sofisticados aunque en el costo total de fabricación se tenga un aumento real.

Al igual que las losas macizas, las losas aligeradas se colocan en combinación de otros elementos prefabricados creando secciones compuestas a las cuales se les coloca un firme de concreto para proporcionar una superficie continua.

Son recomendables para puentes de claros entre 7 y 15m.

FIG.29 LOSAS ALIGERADAS



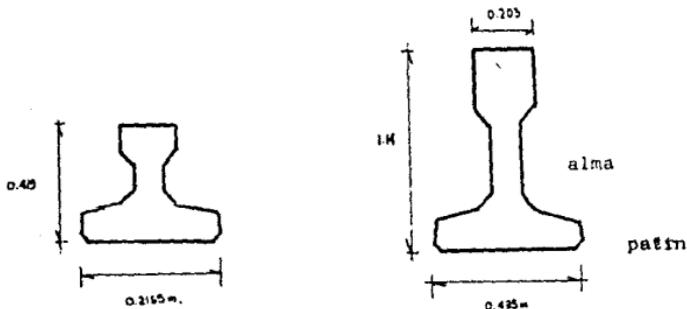
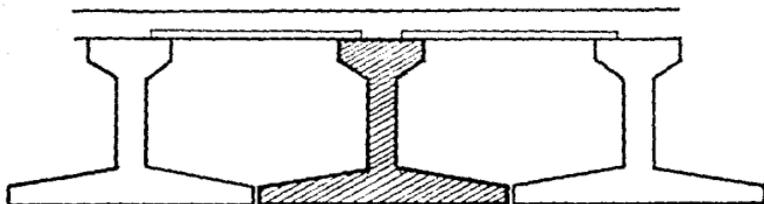
TRABES "T" INVERTIDAS

Este tipo de trabe es de gran uso, de acuerdo a sus características geométricas puede o no tener patín superior. EN comparación con las losas aligeradas, estas secciones representan un ahorro en cuanto a concreto y acero, sin embargo, los moldes o cimbras necesarios para su colado son mucho más complicados para fabricarse que para las losas y también la mano de obra para su fabricación es mayor.

Este tipo de secciones son utilizadas generalmente para salvar claros de entre 6 y 8 m, pero han llegado a utilizarse hasta para claros de más de 30m.

Para el montaje de estas trabes, el equipo utilizado es de menor capacidad que para las losas, pero sin embargo el transporte a grandes distancias puede llegar a constituirse en un problema.

FIG.30 TRABES "T" INVERTIDAS



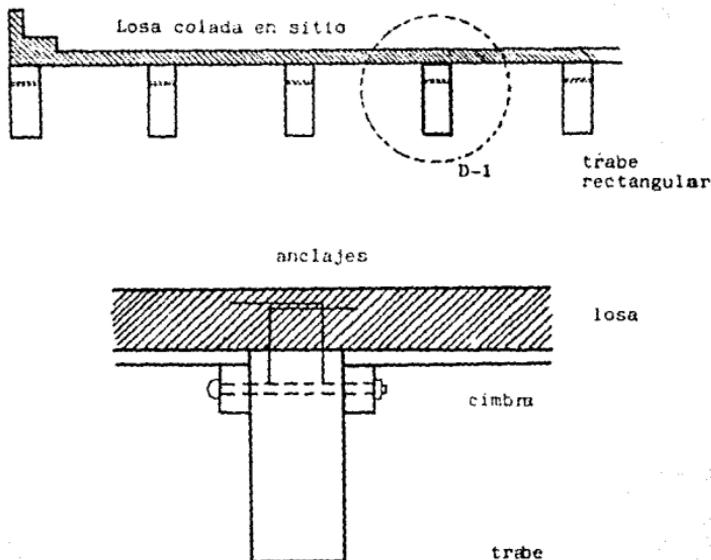
TRABES RECTANGULARES

Las secciones rectangulares se emplean para claros comprendidos entre los 8 y los 15m. por lo general se utilizan en grupos de traveses. La distancia de separación entre traveses y traveses es de aproximadamente 1 y 2 m. Los peraltes más conocidos son los de 30 hasta 60 cm.

Trabaja en sección compuesta con una losa colada en el lugar formando secciones "T" que resisten adecuadamente las acciones producidas por las cargas Aplicadas.

Entre las ventajas que presentan estas secciones son la de su sencillez de fabricación, la dificultad de transporte no es mucha y su fácil montaje permite que sean utilizadas en secciones de puentes de diversos anchos. El mayor problema es que no permite una superficie superior e inferior plana y se necesita de cimbra y obra falsa para el colado de la losa y los diafragmas.

FIG.31 TRABES RECTANGULARES



DETALLE 1

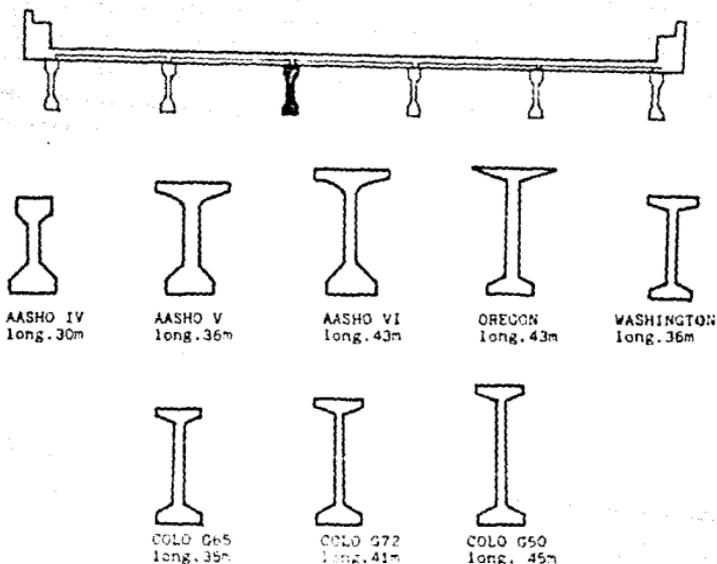
TRABES DE SECCION "I".

Estos elementos son los que más se utilizan para cubrir claros de entre los 13 y los 30m. Tienen la ventaja de presentar una gran ligereza y eficiencia estructural importante, trabajan en sección compuesta con la losa colada posteriormente formando secciones "T".

Entre las ventajas que pueden mencionarse es la estabilidad de las secciones que se logra con el presfuerzo y con concretos de alta resistencias. Algunas desventajas ostensibles son la dificultad para la fabricación de los soldes, además de que tienen muy poca resistencia a la torsión, poca estabilidad lateral.

La geometría puede variar dándole los anchos que se quiere a los patines y al peralte de el alma adaptandola a los requerimientos que se tengan. Por su poca estabilidad lateral es necesario el uso de diafragmas para darle una estabilidad a el conjunto de trabes.

FIG. 32 TRABES DE SECCION "I".

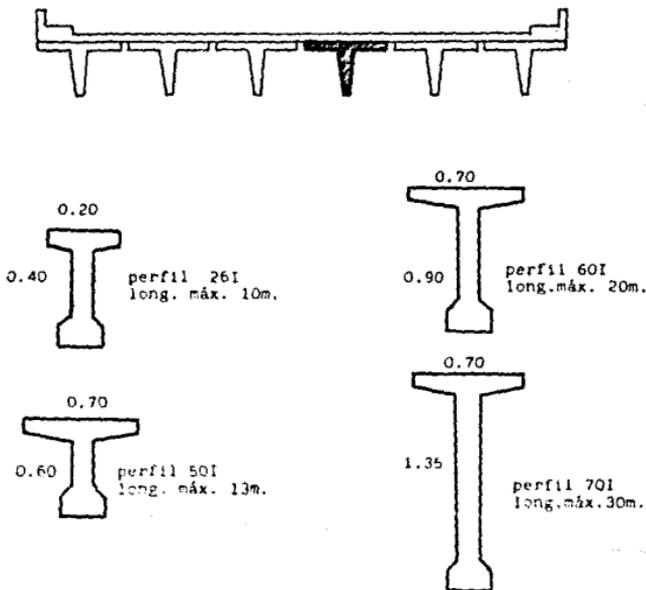


TRABES DE SECCION "T".

Este tipo de traves es el indicado para cubrir claros comprendidos entre los 20 y los 50m, una ventaja muy notable es el hecho de que no se necesita cimbra para colar la losa superior, ademas de que se requiere un porcentaje de acero menor para lograr el prefuerzo. La casi nula estabilidad es una de las desventajas que tienen estas traves y que dificulta las maniobras de transporte y montaje.

Debido a la geometria de la seccion, el costo y la dificultad de la fabricacion de la cimbra son elevados y tambien dificulta el colado de los diafragmas. Es muy comun que por dicha complicacion los elementos de esta seccion que se utilizan sean secciones generalmente fabricadas a pie de obra, porque siempre las secciones tienen caracteristicas requeridas especificamente por el estructurista.

FIG.33 TRABES SECCION " T " .



TRABES DE SECCION "TT".

Son una variación de la sección "I" con la ventaja de presentar una buena estabilidad lateral y con ello se reduce el número de piezas que se utilizan, pero el costo de la cimbra se incrementa por la dificultad geométrica de las piezas.



FIG.34 TRABES SECCION "TT".

TRABES DE SECCION CANAL

Estas son una variación de la sección "I" pero representa un mayor peso por metro cuadrado. Le elimina la poca estabilidad lateral y también el uso de cimbra para colar la losa superior.

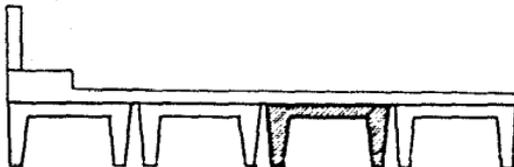


FIG.35 TRABES SECCION CANAL

ELEMENTOS TRANSVERSALES.
LOSAS PLANAS

Este tipo de losas es factible de ser utilizado en combinación con traveses de sección longitudinal como lo son las traveses "I" o "T". Se pueden aplicar placas que apoyadas en dichas traveses funcionan como cimbra al colado de la losa para posteriormente forman parte integral de la misma.

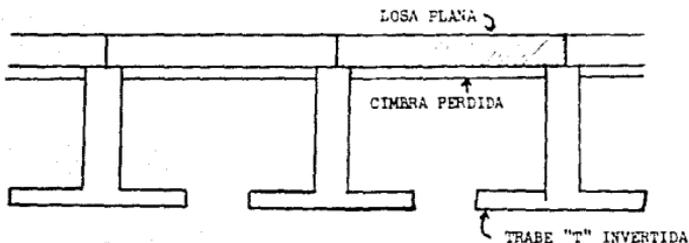


FIG.36 LOSAS PLANAS

LOSAS CANAL

Una forma de poder incrementar el peralte que poseen las traveses "T" es usando secciones prefabricadas y losas colocando una losa canal sobre las traveses "T" de apoyo que si bien aumentan el costo y una dificultad de fabricación en general ayudan a mejorar la eficiencia estructural de el puente.

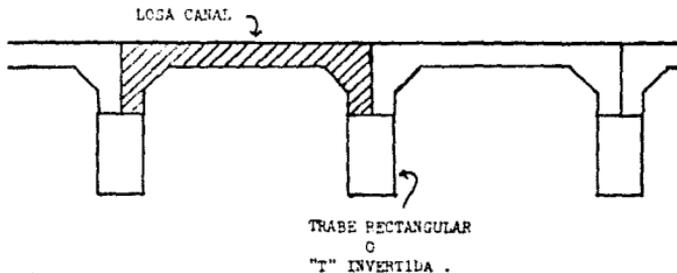


FIG.37 LOSA CANAL

DOVELAS

El uso de dovelas prefabricadas esta ampliamente difundido en Europa. Se trabaja con ellas para alcanzar claros en puentes que no se podrian alcanzar con elementos prefabricados longitudinales prefabricados como las vigas ya que es muy difícil o imposible el transportar elementos de las dimensiones que se necesitarian para salvar grandes claros.

Las dovelas se unen en obra mediante el uso de sistemas DE presfuerzo que en este caso funcionan mediante cables que corren por ductos embebidos en las dovelas desde el momento de la prefabricación. La trayectoria que siguen los cables de presfuerzo depende del sistema constructivo que se emplee y de el calculo estructural en función a las cargas que soportará el puente.

Las dovelas que se prefabrican en planta pueden tener anchos de hasta 3m ya que es el maximo ancho transportable.

Con el método de construcción en doble voladizo se emplean dovelas de las mismas dimensiones generalmente, aunque pueden llegar a usarse diferentes peraltes y dimensiones obteniendose soluciones mejores con secciones más eficientes.

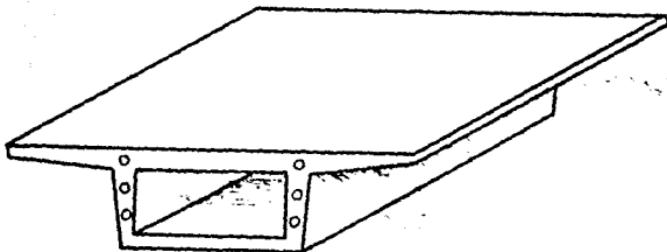


FIG. 38 DOVELA PREFABRICADA

CAPITULO ----- 3.

**CONSTRUCCION DE PUENTES CON ELEMENTOS
PREFABRICADOS .**

- a)TRANSPORTE DE ELEMENTOS PREFABRICADOS.
- b)MAQUINARIA Y EQUIPO PARA MONTAJE.
- c)PROCESO DE ELEVACION Y MONTAJE.
- d)ANCLAJES Y JUNTAS ENTRE ELEMENTOS.

3. a) TRANSPORTE DE ELEMENTOS PREFABRICADOS.

Podemos encontrar una verdadera ventaja de la construcción prefabricada sobre la construcción tradicional en la medida en que la piezas que prefabriquemos en una planta puedan ser fácilmente transportables a el lugar de la obra.

Existen 2 tipos de transporte de piezas:

1.- Transporte POR CARRETERA.

Sin duda alguna es el transporte más utilizado pues la mayoría de las obras solo tienen acceso por carretera.

Dependiendo de el lugar donde se encuentre la obra y el tipo de piezas que se vayan a transportar serán los cuidados que se deban de tener para evitar que la pieza sufra algún daño por someterla a esfuerzo en muchos casos mayores para los que fue diseñada.

Las dimensiones máximas transportables están generalmente condicionadas por las dimensiones de la maquinaria que se utilizará para transportarlas así como de las dimensiones de las vías por las cuales se transitará, la capacidad de el equipo con el que se cuenta.

En México podemos hablar de que las dimensiones que podemos transportar sin ninguna dificultad están comprendidas entre los 2.5 y hasta 3.0m de ancho pues un ancho mayor por transportarse necesitaría de permisos especiales y de lo que se llama escolta de tránsito para evitar algún percance con otros vehículos que circulen por la misma carretera. Dentro de las ciudades este rango pudiera verse disminuido pues el mayor tránsito y la dificultad de fácil maniobras es mayor.

En cuanto a la altura la máxima permisible es de 4.5m. descontando la altura mínima que debe tener la plataforma en la que se transporte que por lo menos debe tener 50 ó 60cm. desde el pavimento a su parte más baja, y como en el caso de el ancho, en ciudades existen zonas donde las alturas están muy restringidas para el transporte de piezas, ya sea por la existencia de pasos a desnivel con menor altura o por la presencia de líneas de electrificación aéreas.

La longitud máxima que puede transportarse esta alrededor de los 20 m, aunque pudiera transportarse piezas de mayor longitud si se cuenta con el equipo y las condiciones necesarias para ello.

Los remolques que se utilizan para el transporte de piezas por carretera cuentan con dispositivos para la correcta fijación de las piezas y con ello evitar que pudieran sufrir algún daño durante el trayecto.

Para el caso de los elementos prefabricados que son más comunes en la construcción de puentes como las llamadas "ovelas" o las trabes o vigas en diversas secciones, la transportación por carretera no presenta ningún problema si el peso o dimensiones no es excesivo.

Con el auxilio de remolques o de las llamadas "camas bajas" y aun en las plataformas normales de cualquier camion transportista de materiales podremos transportar hasta 4 ovelas de tamaño pequeño o vigas en secciones "I" o "T". Lo que si es importante señalar es que dichos medios de transporte deben poseer medios de fijación para las piezas lo más y mejor posible seguros para evitar que las piezas sufran algún daño durante el trayecto de la planta a la obra.

2.- Transporte por ferrocarril.

En nuestro país no es muy factible realizar transporte de piezas o elementos prefabricados por ferrocarril pues aunque el tamaño de las plataformas ferroviarias permite un mayor rango en cuanto a dimensiones, la red ferroviaria no cubre la totalidad del territorio nacional por lo que en todo caso pudiera utilizarse como la combinación de dos sistemas de transporte, es decir utilizar el ferrocarril para transportar las piezas hasta el punto más cercano posible de el lugar de la obra y de ahí hacer el cambio de transporte hacia los remolques, pero sin lugar a duda esto representaría doble trabajo, elevación considerable de los costos y tiempos de transportación.

3.- Transporte fluvial o marítimo.

El transporte fluvial representa un transporte auxiliar de piezas prefabricadas ya que en México no todos los ríos existentes son navegables para poder considerar una verdadera red de transporte. En muchos casos en donde el río es atravesado por el puente en construcción puede aprovecharse su cauce para llevar las piezas prefabricadas hasta su colocación mediante lanchas o chalanes con grúa y elevarlos mediante la ayuda de algún polipasto.

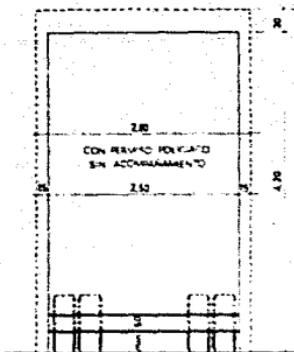


FIG. 39
TRAILER DE
TRANSPORTE DE
PIEZAS PREFABRICADAS

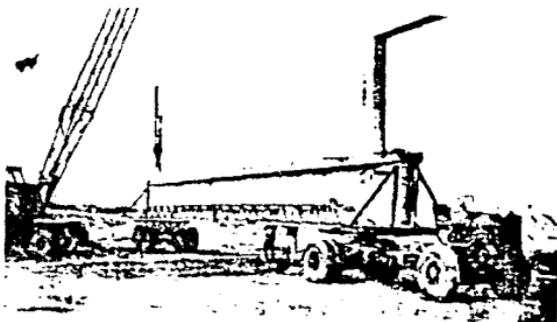


FIG. 40 TRANSPORTE DE TRABES



MANUAL DE LA CONST. PREFAB.
TIBANER KONCZ
PAG. 64

FIG. 41 TRANSPORTE DE PIEZAS
PLEGABLES PARA CUBIERTA

FIG.43 sujeción de piezas

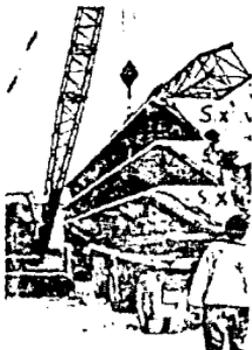


FIG.42



FIG.44 trailer de transporte por bulldozer

MANUAL DE LA CONSTRUCCIÓN DE
EDIFICIOS Y OBRAS
PÁG. 74.

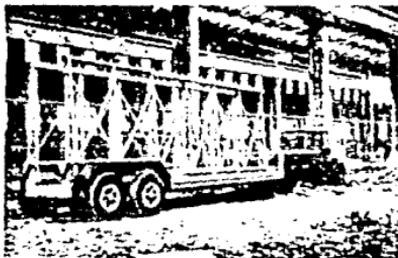


FIG.45 camión para transporte de
trusses prefabricadas.



3.b) MAQUINARIA Y EQUIPOS PARA MONTAJE.

De acuerdo al sistema constructivo que se siga para la construcción de un puente tendremos la maquinaria y el equipo que se utilice para el montaje de las piezas; estos pueden cambiar total o parcialmente.

Por ejemplo, para el caso de la construcción de algún puente peatonal sobre una vía rápida en donde se pretende utilizar una grúa para elevar la trabe o traves que libran el claro, la grúa que se utilice dependerá de:

- a) la naturaleza de los elementos, si son lineales, de cubierta.
- b) la altura hasta la cual será elevada y colocada la pieza.
- c) circunstancias locales de accesibilidad, topografía.
- d) peso y volumen de la pieza prefabricada.
- e) número de piezas a colocar.

Para poder obtener los mejores resultados en el uso de la maquinaria es conveniente que tengamos en cuenta todos los posibles factores que puedan afectar los rendimientos de la misma ya que con la construcción prefabricada lo que se busca es la optimización en cuanto a tiempos de construcción.

Para el montaje de piezas prefabricadas la maquinaria más utilizada y por lo tanto más recomendada es la siguiente:

- a) autogrúas sobre neumáticos o sobre brugas.
- b) las grúas de mástil o antena y los derricks.
- c) grúas giratorias o de torre.
- d) grúas de pórtico o caballete.

En el caso de la construcción de puentes, la maquinaria que se utiliza es similar pero dependiendo de el proceso constructivo que se utilice o las características de el proyecto y diseño de el puente podemos clasificarlas como.

- a) grúas autónomas.
- b) Equipo de elevación apoyado en el puente.
- c) Viga o pórtico de lanzamiento.

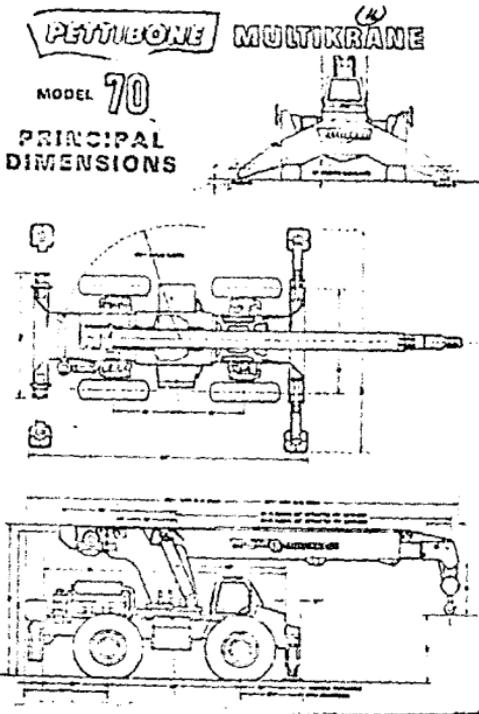
AUTOGRUAS:

La autogrúa es un equipo o maquinaria de elevación que consta de un chasis o soporte automovil y de la pluma o antena con la cual se lleva a cabo el proceso de elevación.

El chasis puede ser apuntalado o lastrado cuando se elvan cargas muy pesadas; la pluma debe ser inclinable y giratoria para permitir una diversidad de movimientos que faciliten las maniobras de montaje y colocación de elementos prefabricados, pues de no tener ambos movimientos simultaneos la cantidad de desplazamientos de el chasis o base de la pluma tenderian a ser demasiados y muy lentos.

Este tipo de grúas puede estar montada sobre orugas o sobre neumáticos y la preferición a uno u otro tipo dependera de el terreno en el cual se vaya a desplazar la grúa.

FIG.46 AUTOGRUAS

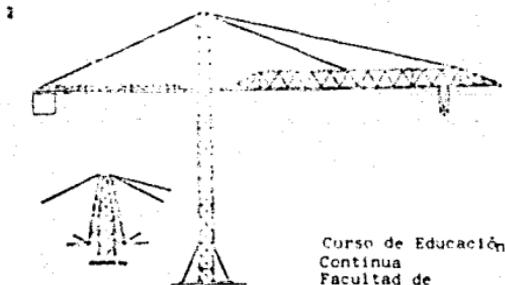


Curso de Educación
Continua
Facultad de
Ingeniería.
"Montaje"
ING. FRANCISCO
DELGADO

GRUAS DE TORRE:

Esta es una de las máquinas más utilizadas en la industria de la construcción y su función primaria es la de trasportar verticalmente las piezas prefabricadas (elevación), aunque dependerá de las características de las piezas y elementos prefabricados para decidir el uso de este tipo de grúa. Su uso es económico solo si el número de piezas que se van a colocar es elevado. En cuanto a la capacidad de carga de estas grúas no es muy grande ya que generalmente es de el orden de toneladas por lo que se recomienda su uso para la elevación y colocación de elementos prefabricados pequeños.

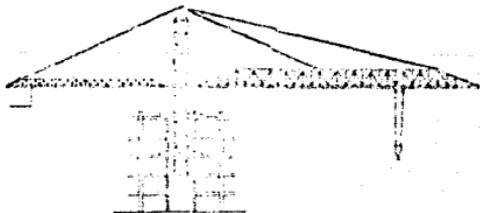
Son capaces de realizar tres tipos de movimientos simultáneos: elevar la carga (vertical), desplazarla (horizontal) y girar en el momento que eleva y desplaza la carga. Son fáciles de trasladar y montar pero su mayor limitante es el poco peso que levantan.



Curso de Educación
Continua
Facultad de
Ingeniería
"Montaje"

FIG. 47 GRUAS DE TORRE.

Ing. Francisco
Deigado.



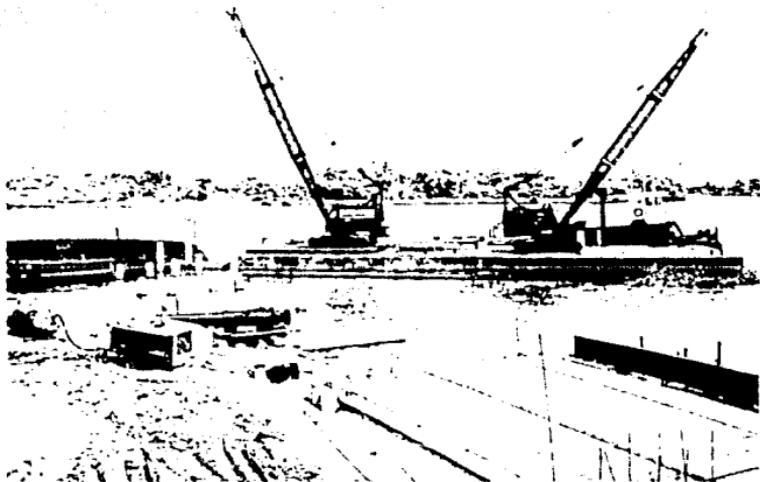
GRUAS MONTADAS SOBRE ORUGAS:

Otro tipo de grúas muy utilizado en la elevación y colocación de elementos prefabricados son las montadas sobre orugas debido a la gran movilidad independiente que poseen ya que además de elevar las piezas pueden realizar transportes y traslados a distancias cortas y medianas. Entre las desventajas se encuentran la limitación en cuanto a la altura que pueden elevar los elementos con respecto al peso de los mismos y que al estar en tránsito con la pluma cargada tienen muy poca estabilidad.

Principalmente están constituidas de 3 partes: la plataforma sobre orugas y la pluma con la cabina de mando que tiene la posibilidad de girar 360°, el dispositivo de control es mecánico o hidráulico, haciendo preciso el movimiento y ajuste de la grúa. Estas máquinas son capaces de elevar girar y desplazarse y la pluma puede tener movimiento giratorio hacia arriba o hacia abajo.

El traslado de la grúa hasta el lugar de la obra puede resultar muy complicado pues se necesita un remolque especial o una plataforma de ferrocarril.

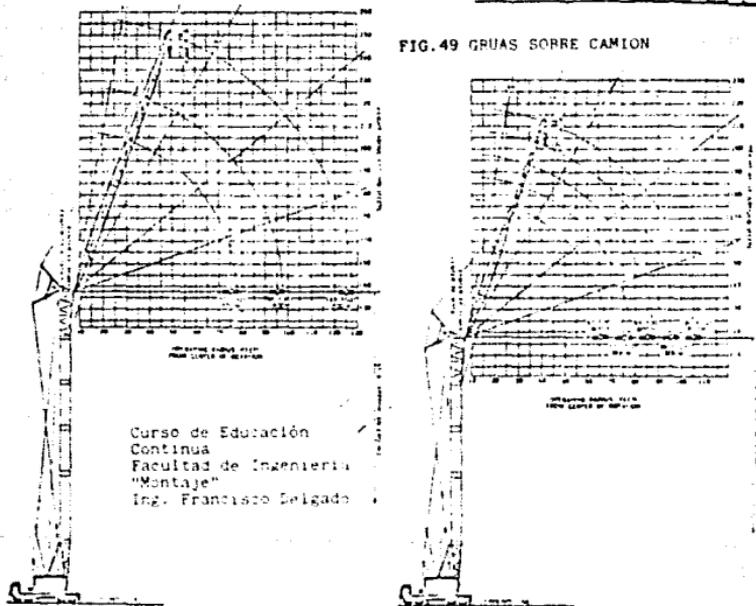
FIG.48 GRUA SOBRE ORUGAS



GRUAS MONTADAS SOBRE CAMION:

Las grúas montadas sobre camión constan de 2 partes fundamentales: la primera es el chasis en donde se tienen incluido el motor y la cabina de mando y la segunda es la que está formada por la parte giratoria de la grúa, donde se encuentra también el contrapeso. Estas máquinas tienen una gran movilidad y a la vez versatilidad de capacidades en las cuales son fabricadas y son de los equipos más eficientes para el montaje de las piezas prefabricadas.

Este tipo de grúas tienen a girar horizontalmente 360° y verticalmente tienen movimiento en la pluma de los 0° hasta los 80° además de que gracias a los dos tipos de controles que poseen (hidráulicos y mecánicos) se llega a obtener una gran precisión en los movimientos que realiza en la colocación de elementos prefabricados y por lo tanto produce un ahorro de tiempo.



GRUAS DE PORTICOS O MARCOS DE ELEVACION:

Este tipo de grúas son muy utilizadas en las plantas de prefabricación de piezas sobre todo para transportar los elementos prefabricados a los lugares de almacenaje aunque tambien llegan a utilizarse para la elevación de dichos elementos en obras de construcción de puentes en las cuales los pórticos o marcos estan apoyados sobre la sección de la estructura que se va colando. Este tipo de grúas se desplaza por medios mecánicos accionados manualmente o por medio de polipasto electrico en el caberal del pórtico el cual además de levantar la carga se puede desplazar a lo largo de el caberal de el marco. La capacidad de estas grúas varia aunque las más comunes son de alrededor de 50 toneladas. Un uso muy práctico que tienen estas grúas es en la construcción de puentes mediante el sistema de lanzamiento por dovelas prefabricadas.

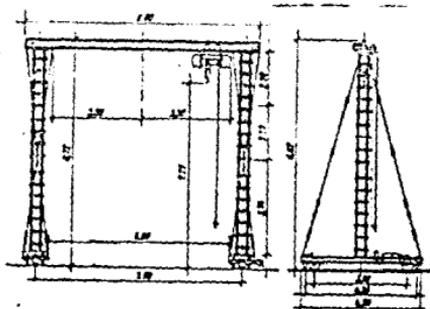


FIG. 50 GRUAS DE PORTICO

"Montaje"
Ing. Francisco
Belgado

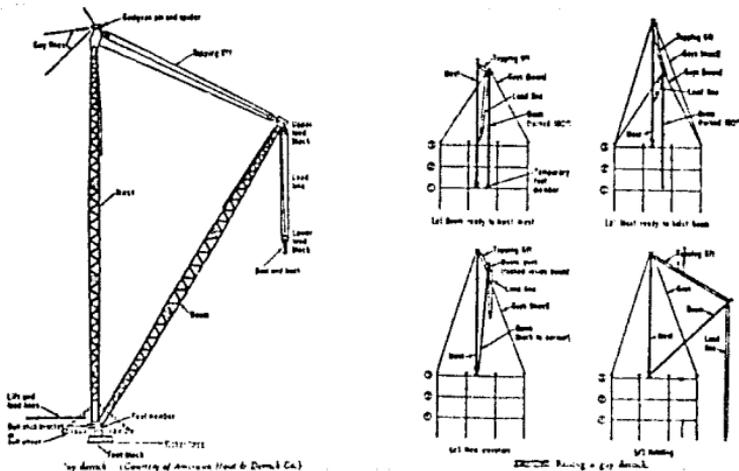
Curso de Educación
Continua
Fac. de Ingeniería

PLUMAS SENCILLAS Y PLUMAS GIRATORIAS:

Para trabajos en donde se requiere de una capacidad de carga muy elevada o donde ya no es posible o conveniente usar una grúa de los tipos antes mencionados, las plumas son muy prácticas y sencillas para utilizar pues se fabrican de acero estructural y trabajan como columnas y la forma como se mantienen verticales es con la ayuda de contraventeos de cable de acero y para levantar la carga se usan malacates.

Existen variantes de las plumas y son las llamadas plumas giratorias (guy derrick) y su formación más general es aquella que consta de un mástil que puede girar alrededor de un eje vertical y un brazo que tiene movimiento vertical desde los 90° hasta los 0° aproximadamente.

FIG.51 PLUMAS



EQUIPO AUXILIAR DE MANIOBRAS
DE ELEVACION Y MONTAJE.

RODILLOS.- Para mover piezas o elementos de gran peso a nivel de piso son utilizados rodillos de madera y metal.

Los rodillos de metal nunca deben ser utilizados si son cilindros de algún gas como oxígeno.

GANCHOS.- Son utilizados para una rápida colocación, nunca deben sobrepasar las capacidades estipuladas pues si llegan a abrirse la carga se deslizaría y se caería de el estrobo.

GRILLETES.- Este es un elemento auxiliar mucho más seguro que los ganchos para hacer una buena colocación de la pieza prefabricada.

Consiste en una pieza de acero en forma de "U", con una pieza móvil que cierra la "U", la cual tiene un ojo en un extremo y rosta en el otro, funcionando como pasador que puede abrirse fácilmente y cerrarse apretando el ojal del extremo.



(1) Cable clip and method of lashing

(2) Shackle



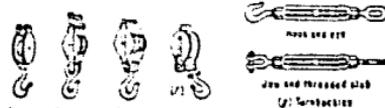
Hook hook

Safety hook hook

Screw in

Carriage

(3)



Single

Double

D-pin

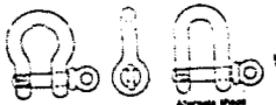
Section

Hook and eye

Jaw and threaded shank

(4) Shackles

(5) Hooks



Adjusting shank

FIG. 52 ACCESORIOS AUXILIARES

POLEAS.- Las poleas de metal son las mejores para estos tipos de trabajos en los cuales hay que elevar cargas considerables ya que son muy resistentes y durables. Las poleas se diseñan para el tipo y tamaño de cable que será usado. Las poleas para cable de acero requieren diámetros mayores al de el cable utilizado, estas se pueden combinar para obtener un mejor resultado, utilizando una, dos o tres en diferentes tipos de arreglos.

Polea fija: Es una polea cuya cubierta lleva un gancho que puede ser fijo o giratorio, se utiliza para elevar la carga cambiando la dirección de el esfuerzo.

Polea móvil: Es una polea que eleva la carga y que se eleva al mismo tiempo, simultáneamente.

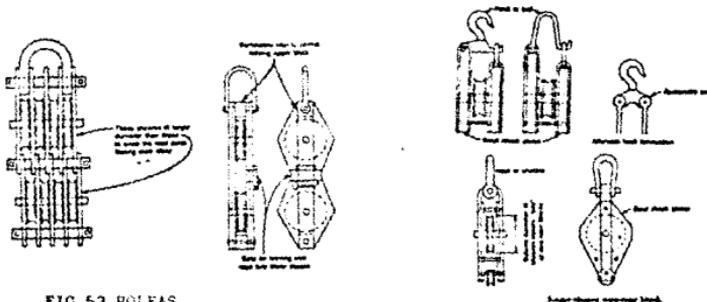


FIG.53 POLEAS

TENSORES: Son cuerpos en forma de collares alargados y cerrados, incluyen un tornillo con rosca izquierda y otro con rosca derecha.

Las partes exteriores de los tornillos o sepas tienen forma de ganchos o grilletes u ojos para poder ser utilizados en cualquier otra conexión. Al darle vueltas al collar hacia adentro o hacia afuera, se ajustará se apretarán los cables o por el contrario la carga se liberará.

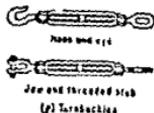


FIG.54 TENSORES

CURSO DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA
"MONTAJE", ING. FRANCISCO DELGADO.

PERROS.- Estos son usados como sujetadores, grapas o abrazaderas que unen una sección de cable con otra dejando una sección del cable muerta y la otra será la que jale.

Estos sujetadores están hechos para cada diámetro de cable; la forma correcta de ajuste será la de pasar la parte muerta de el cable hacia la "U" de el perro y la parte que trabaja del cable hacia la base sujetadora ya que esta tomará los esfuerzos de el cable sin que se dañe.

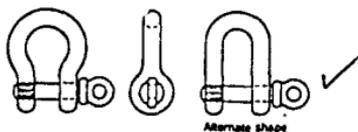


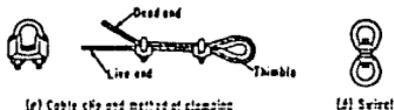
FIG.55 PERROS

ESTROBOS: Es el dispositivo de unión entre la línea de carga y la carga misma pues generalmente nunca están unidas directamente. El estrobo es pues, un cable que varía en diámetros y longitudes de acuerdo a lo que se requiera.

Clases de estrobos:

- a) estrobo con un ojo en cada extremo.
- b) estrobo estrangulador.
- c) estrobo sinfín.
- d) estrobo con juntas empalmadas juntas.
- e) estrobo brida.
- f) estrobo canasta.

FIG.56 ESTROBOS



DIFERENCIALES DE CADENA: Son usados para elevar carga con la ayuda de los engranajes diferenciales que los componen, accionados estos por una cadena la cual corre a lo largo de 2 engranajes.

su uso es recomendable para cargas ligeras.

Podemos tener diferentes tipos de engranes:

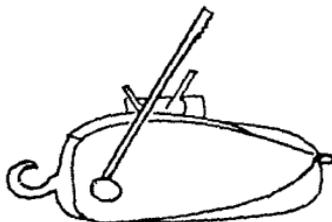
a) Recto cilíndrico.- accionado por una pequeña cadena y un gancho manejado a través de un engranaje por una pequeña cadena separadora todo soportado por un marco que protege los engranes.

Requiere de un freno automático el cual detiene la carga transitoriamente cuando el engrane guía esta detenido, muy económico en operación.

Tornillo sinfín.- Es mucho más ligero y sencillo de operara, no ne cesita de freno automático ya que el eje motriz esta cerrado por el tornillo sinfín cuando no está rotando. Es caro en su cosntruc - ción y provoca fricción bajo carga pesada.

La longitud de la cadena de mando es una limitante ya que de acuerdo a la longitud que se tenga, se podrá manejar la carga desde cierto nivel. Aunque con estos diferenciales se puedan manejar pesos de hasta 25 toneladas existe la tendencia de la cadena a enredarse, sobretodo si es de gran longitud por lo que las acciones de izado se complican.

Una forma de evitar el manejo manual de la cadena es el uso de una matraca que puede ser adaptada a los diferenciales(TIRFOR).



GARRUCHA
MALACATE DE [1 1/2]

FIG.57 TIRFOR

3.01 PROCESO DE ELEVACION Y MONTAJE.

El proceso de colocación, montaje y anclaje de piezas prefabricadas puede constituirse en toda una tecnología la cual requiere de cuidadosos aspectos especiales como tamaño, forma y peso de la pieza, la manera de unirse de las piezas, el tipo de maquinaria empleada para la elevación, la sujeción provisional y todos los trabajos y equipos auxiliares necesarios para llevar a cabo los trabajos de construcción.

ELEVACION Y SUCESION DE VIGAS

Los factores principalmente son tomados en cuenta para la elevación de las vigas o traveses por su peso y dimensiones. Si es empleada una maquina los puntos de anclaje deben unirse por alguna clase de balancín, siendo el mas sencillo el de cables.

El punto de suspensión del balancín y el centro de gravedad de la viga deben estar situados en el mismo plano vertical, pues de otra manera la viga se movería de su posición horizontal inclinándose hasta que su centro de gravedad caiga en la vertical que pasa por el punto de suspensión de el balancín.

Las vigas deben prefabricarse en una posición tal, que sea posible elevarlas y colocarlas girando la viga sin tener que mover toda la maquina. Es posible engranar una viga con la ayuda de un cable sin fin que la rodea en su sentido con garchobos que sobresalen.

Una vez que las vigas han sido llevadas hasta la altura necesaria, debe fijarse antes de ser colada de la maquinaria de elevación de la manera adecuada de haberlo es mediante la fijación de barras solidas las cuales estan embudadas o sobresalen tanto en la viga como en el apoyo de la viga para formar la unión. En otras ocasiones la viga es colocada sobre sus apoyos y es posteriormente colada la unión previo armado, traslapado y anclaje de acero de refuerzo sobresaliente tanto en la viga como en el apoyo estructural.

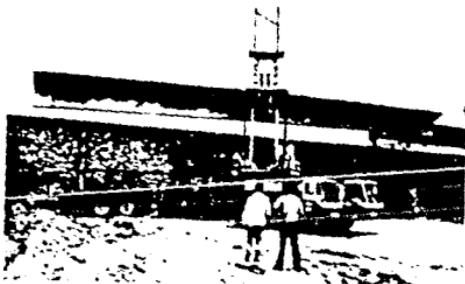


FIG. 58

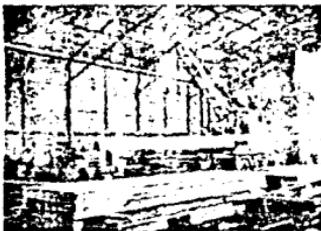
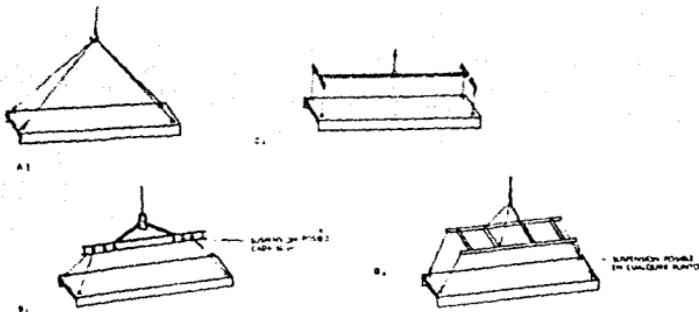
SYSTEMS ENGINEERING, S. A.
DISTRIBUIDOR EN GUAYAMA, P. R.

MONTAJE DE ELEMENTOS DE CUBIERTA(LOSAS).

Generalmente los dispositivos elevadores para el montaje consisten en aparejos de suspensión de cables. Así pues los cables son enganchados en las preparaciones que para ello poseen la losas y dichos cables deben quedar libres para que en ningún momento las losas pueden suspenderse de un solo punto.

Es conveniente en muchos casos, dependiendo de las dimensiones de las losas combinar los aparejos con vigas metálicas de distribución de esfuerzos.

La maquinaria más comúnmente utilizada para la elevación de losas es la grúa giratoria sobre neumáticos o sobre orugas si la altura de colocación no excede de 20 mts. pero si la altura es mayor lo indicado es una grúa de torre aunque se justificaría aún más su uso si el número de piezas a colocar sea considerable.



MANUAL DE LA CONST.
PREFABRICADA
TORRES MONTE
PAG. 143.

FIG. 59 MONTAJE DE LOSAS

COLOCACION DE DOVELAS MEDIANTE UN DISPOSITIVO
INDEPENDIENTE A EL TABLERO.

Es el método más simple y económico para la construcción de puentes con dovelas prefabricadas.

En este método el transporte hasta el tablero puede realizarse por tierra o por agua. Si es por agua podemos auxiliarnos por un pontón o chalán en donde se encuentre una grúa de los tipos antes vistos y que situada en un punto adecuado pueda realizar a la perfección las actividades de elevación y montaje. Así el transporte es por tierra igualmente puede realizarse con la ayuda de una grúa que dependiendo de la capacidad y necesidades que tengamos podrá ser una grúa sobre neumáticos o otra de mayor capacidad.

Las acciones de colocación de dovelas con una grúa móvil se enumeran a continuación:

- Puesta en obra de apoyos provisionales regulables situados a $1/4$ y $3/4$ de el claro central.
- Apoyos provisionales con gatos que permiten la construcción en voladizo.
- Utilización de un pretensado provisional que asegura la unión sucesiva de los elementos antes de el pretensado definitivo.
- Supresión de la junta de tierra por la unión directa de las ménsulas enfrentadas.
- Pretensado definitivo realizado con un cableado continuo en lugar de el cableado típico de voladizos.

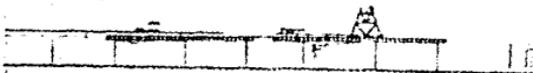
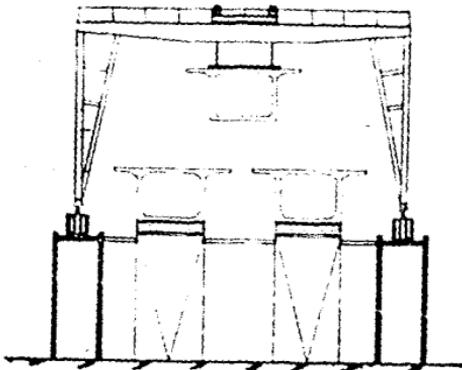


FIG.60 MONTAJE CON GRUA VIAJERA
SECCION TRANSVERSAL



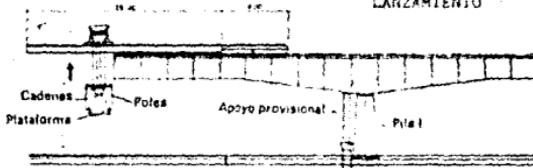
Construcción de
Puentes por
Voladizos
Sucesivos
J.Mathivat
pág.78

COLOCACION POR MEDIO DE EQUIPO MOVIL DE LEVANTAMIENTO APOYADO EN EL TABLERO.

Este método utiliza un equipo bastante sencillo, apoyado en las partes de las ménsulas ya construidas y que las actividades que realiza son las de elevación, desplazamiento y colocación de las dovelas.



FIG. 61 MONTAJE CON VIGA DE LANZAMIENTO



idem.
al anterior

El dispositivo está formado por el equipo de izado (B), transportado por el carrito (C) que rueda sobre el tablero intermedio de una vía (D). La dovela (A) es llevada por tierra o por agua al lado de la pila que se considera a construir, donde es recogida por el equipo de izado. Este la transporta hasta 2 vigas de lanzamiento (E) montadas en voladizo sobre las que continúa avanzando hasta la longitud ideal y se desciende hasta su nivel definitivo donde es anclada y fijada.

Este dispositivo no es totalmente autónomo ya que obliga a que la dovela situada exactamente sobre la pila o apoyo sea construida de otra forma que generalmente es por medio de un colado in situ.

COLOCACION DE DOVELAS MEDIANTE UNA VIGA DE LANZAMIENTO .

De todos los métodos de colocación de dovelas este es el más vistoso y elegante; fundamentalmente consiste en colocar las dovelas mediante una viga o armadura metálica lanzada (apoyada solo en uno de sus extremos, cantilever). Podemos mencionar 2 variantes de este procedimiento constructivo.

A) Vigas ligeramente mayores a los claros:

La viga de lanzamiento es en longitud un poco mayor al claro que hay que salvar y en el cual pueden distinguirse 3 fases:

1.- Colocación de las dovelas normales.

La viga reposa sobre los apoyos, el apoyo central situado encima de la dovela de pila y el apoyo trasero anclado en el extremo de la última ménsula construida.

2.- Colocación de la dovela de pila.

La viga reposa sobre 3 apoyos, el apoyo trasero, el apoyo central situado cerca de el extremo de la última ménsula construida y el puntal apoyado sobre la ménsula, fijada en la parte delantera de la pila.

3.- Avance de la viga.

La viga rueda sobre su apoyo trasero y sobre el carretón de traslación, que se encontraba fijo a una estructura metálica auxiliar deslizante situada sobre la dovela de pila.

B) Vigas de una longitud ligeramente superior al doble del claro a salvar.

Se definen 2 fases importantes en este caso.

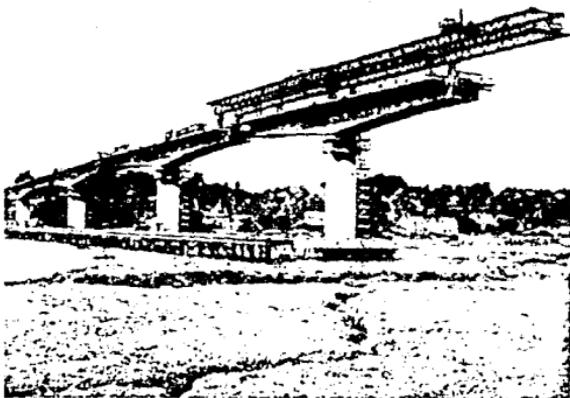
1.- La viga descansa sobre tres apoyos dispuestos cada uno por encima de una pila. Con ello se efectúa la colocación simultánea de dos dovelas de el voladizo en construcción así como la dovela de pila de el voladizo siguiente.

2.- La viga rueda sobre 2 estructuras metálicas auxiliares, colocadas una encima de la pila del voladizo terminado y la otra encima de la de el voladizo siguiente. Estas estructuras se fijan con los dos carretones y por medio de estos son capaces de levantar la viga para liberar los apoyos.

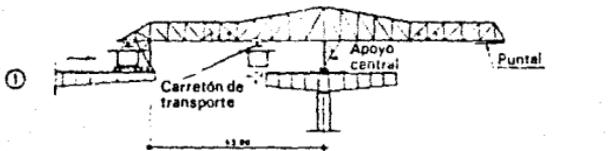
La viga tiene tres tirantes activos: laterales, centrales y de lanzamiento. Los tirantes laterales sirven para cuando el peso se mantiene sobre las zonas centrales de los claros. Los tirantes centrales refuerzan la viga en el apoyo central. Los tirantes de lanzamiento solo son puestos en funcionamiento en acciones de avance de la viga y transfieren las reacciones a los apoyos delantero y trasero.

ESTE TEXTO NO DEBE

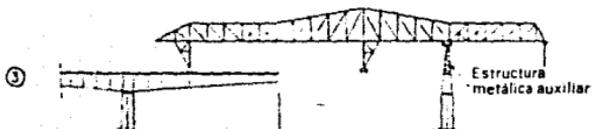
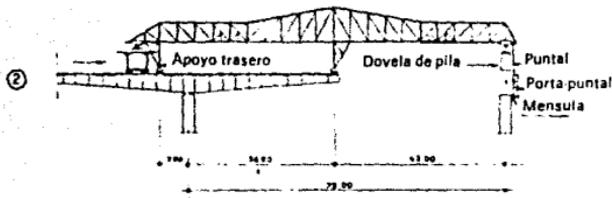
FIG.62 MONTAJE CON VIGA DE LANZAMIENTO



The bridge deck was constructed in the yard and transported to the river by means of a barge.



Revista
Concrete Forum
Julio 1988
no.2, pág 4



Idem fig.60

3.4) JUNTAS ENTRE ELEMENTOS.

Podemos encontrar diferentes tipos de juntas y anclajes entre los elementos prefabricados que se utilizan en la construcción de puentes con elementos prefabricados estructurales.

Es importante tener en cuenta que para un buen funcionamiento estructural, las juntas o uniones que realicemos entre los elementos prefabricados deben reunir ciertas características de calidad y será precisamente las juntas las que proporcionen en los elementos estructurales y en sí a la estructura funcionar como un solo cuerpo, similar al funcionamiento que tiene una estructura colada en sitio, monolítica.

Dependiendo de el diseño estructural, el puente tendrá una estructura la cual podrá adaptarse a elementos prefabricados y dependiendo de el tipo de elemento estructural que tengamos, tendremos también el tipo de junta y anclaje adecuado para cada caso, es decir, la unión de una trabe prefabricada con su apoyo o con otra trabe prefabricada tendrá una o varias soluciones posible pero será diferente a la solución que se tenga para la unión de 2 dovelas prefabricadas y así para los diferentes elementos a unir que se tengan.

Existen 2 métodos de unión bien diferenciados y se refieren precisamente a las dimensiones y anchos de las juntas, así como al grado de exactitud que se desea obtener en la unión de los elementos.

1) Ajuste Preciso:

Se caracteriza por que los componentes a unir han sido diseñados con un alto grado de calidad y esto permite que las dimensiones logradas produzcan un ajuste y ensamblaje perfecto o dentro de rangos de error muy pequeños, como en el caso de las dovelas donde el proceso de erección como cualquier ensamblaje es básicamente secuencial en el sentido de que cada nuevo componente de la estructura se sujeta a otro por el método de pretensado (voladizos sucesivos) lo que al final da como resultado que el total de la estructura adopta un comportamiento en conjunto.

2) Ajuste Holgado:

Se caracteriza porque la ubicación de los componentes constructivos es totalmente independiente al de los demás elementos.

Los márgenes de tolerancia existentes en cuanto a las dimensiones de las juntas es relativamente mayor y los errores que pudieran cometerse son fácilmente absorbidos. Dichos errores casi siempre se deben a las dimensiones de los elementos que forman la estructura (prefabricados) y los o las partes que forman la subestructura de los puentes (pilas, apoyos, estribos, etc) los cuales generalmente son partes de la estructura total de el puente que se vuelan en sitio con los métodos de construcción comunes y por lo tanto se llega a tener una diferencia en cuanto a las dimensiones que se proyectan y las que se obtienen en obra.

La JUNTA FT, de Freyssinet tambien utilizada para sellar la junta que se forma entre la estructura prefabricada de un puente y la estructura que se encuentre en los extremos y accesos a un puente, con las características que se señalan a continuación:

- No es un elemento estructural.
- No se fisura.
- Es flexible.
- Es de tamaño compacto.
- Autolimpiable.
- DE fácil ajuste a el nivel de rodamiento
- Absorbe movimientos de más de 500mm en 10 modelos estandarizados.
- Tambien existen modelos para absorber giros de más de 45°.

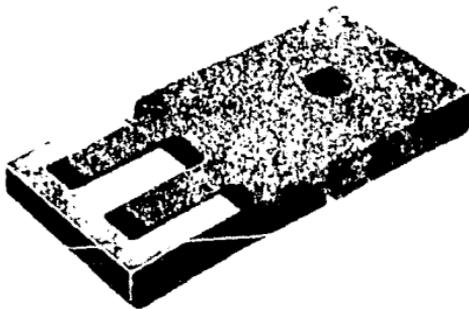
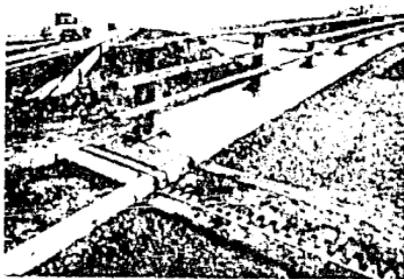


FIG.64 JUNTAS DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO

Se presentan a continuación tacones de materiales elásticos que son utilizados en las uniones de piezas prefabricadas con sus respectivos apoyos, para absorber los movimientos existentes entre la estructura conformante de un puente. En el caso de una estructura prefabricada formada por una estructura no monolítica sino formada a manera de rompecabezas, es necesario prever que los movimientos que se tengan no provoquen choques entre pieza y pieza que pudiera dañarlas y crear por ende un daño a la estructura misma.

- Absorben la vibración.
- Son de mantenimiento barato.
- Son de tamaño vertical pequeño para los requerimientos que se tengan.
- Son de fácil instalación.
- Son muy compactas.
- Para un libre movimiento multidireccional.

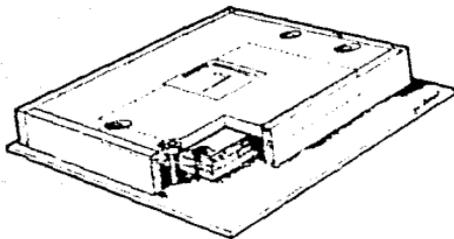
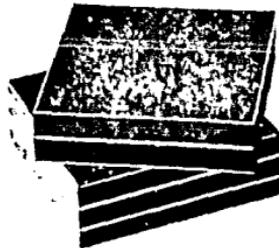
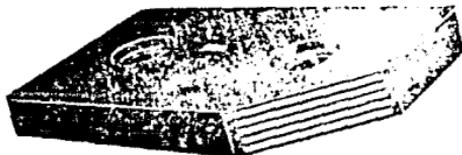


FIG.65 APOYOS ELASTICOS
DE NEOPRENO.

SUSPENSION DIRECTA DE TRABES EN APOYOS.

Estas uniones estan dispuestas de tal forma que el enlace de el elemento prefabricado y su apoyo es mediante conectores de materiales diferentes a el concreto.

Se pueden tener diferentes variantes para este tipo de uniones como las siguientes:

1) La viga prefabricada desde el momento que es colada se le deja una preparaci3n para la uni3n la cual no es m3s que pernos de acero o placas tambien de acero(3ngulos) que no tienen otra funci3n que servir de conectores entre la trabe y el apoyo el cual tambien posee alg3n tipo de preparaci3n similar para lograr el anclaje de ambos elementos uno en soporte y el otro estructural.

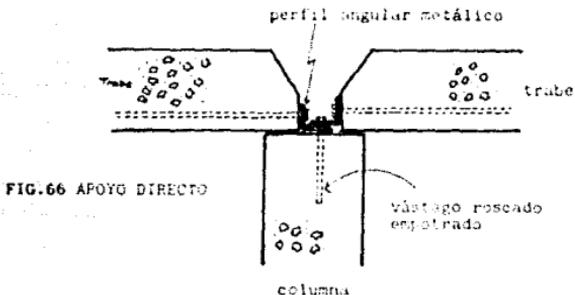


FIG.66 APOYO DIRECTO

2) El apoyo esta colado de tal forma que presenta una base o soporte perfecto para la viga o trabe prefabricada la cual es colocada sobre una junta de neopreno la cual sirve como amortiguamiento entre el apoyo y la trabe, para despues inyectar mortero en los huecos que hayan podido quedar o para crear una junta de dilataci3n, asegurando la estabilidad mediante la colocaci3n de acero en la capa terminal o de nivelaci3n por encima de las trabes colocadas.

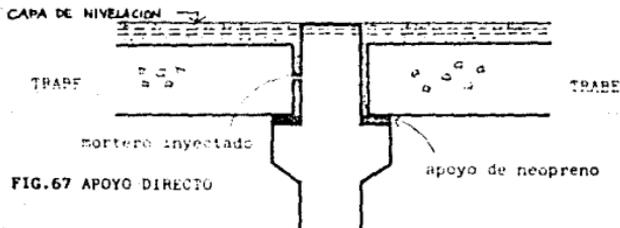


FIG.67 APOYO DIRECTO

3) Una combinación de los dos casos anteriores es en donde el soporte representa una base perfecta para el apoyo y además el anclaje es asegurado mediante pernos embebidos en el apoyo que pasan a través de ductos que poseen las traveses, sellando después la unión mediante una inyección de mortero.

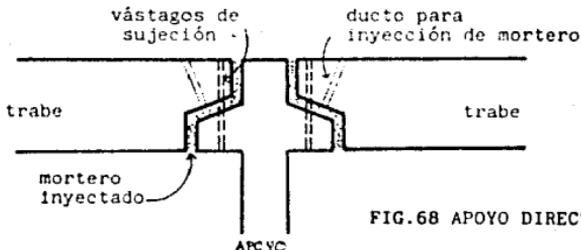


FIG.68 APOYO DIRECTO

DISPOSITIVOS METÁLICOS EN TRABES Y APOYOS

Al igual que en los tipos de juntas anteriores, existen variantes en la forma en que están dispuestos los dispositivos metálicos.

1) En el momento que es colada el elemento y el apoyo se dejan embudidos en ellos unas ménsulas metálicas (perfiles), una de mayor sección que la otra de tal forma que puedan ensamblarse para crear la unión de la trabe y su apoyo, las ménsulas son fijadas mediante pernos de acero de alta resistencia y se sella la unión mediante la inyección de mortero.

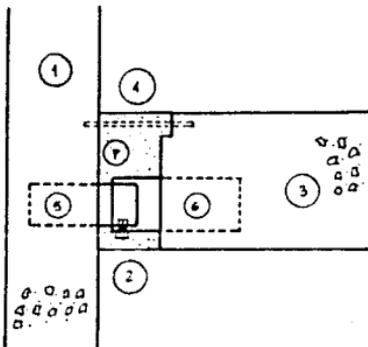
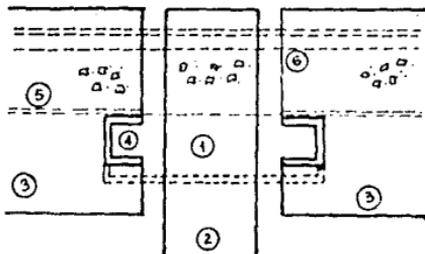


FIG.69 DISPOSITIVO METÁLICO

- 1 apoyo de concreto
- 2 tornillo de alta resist.
- 3 trabe prefabricada
- 4 perno de seguridad
- 5 ménsula metálica "U"
- 6 concreto vertido in situ

2) Otro tipo de unión es aquel en donde se deja embebida una caja metálica en la trabe al momento de colado en donde se apoyarán perfiles de acero que son la preparación dejada en el apoyo y para lograr la perfecta unión se sueldan la caja con los perfiles y en la capa superior de las trabes se coloca acero de refuerzo para lograr la continuidad de la estructura.



- 1 caja de acero empotrada
- 2 apoyo
- 3 viga prefabricada
- 4 caja en viga para soldadura
- 5 continuidad de armado
- 6 perfil "T" de acero

FIG.70 DISPOSITIVO METALICO

UNION DE LOSAS PREFABRICADAS.

Existe una similitud en cuanto a la manera de unir las trabes prefabricadas y las losas ya que al ser elementos longitudinales, en el caso de las losas, la unión es también en todo su ancho y no solo en los extremos como en las trabes.

La unión de losas que no se encuentran sobre un apoyo se realiza y se logra con la introducción de acero de refuerzo a través de su sección transversal y para después ser rellenadas con concreto de tal forma que se logre una losa armada monolíticamente.

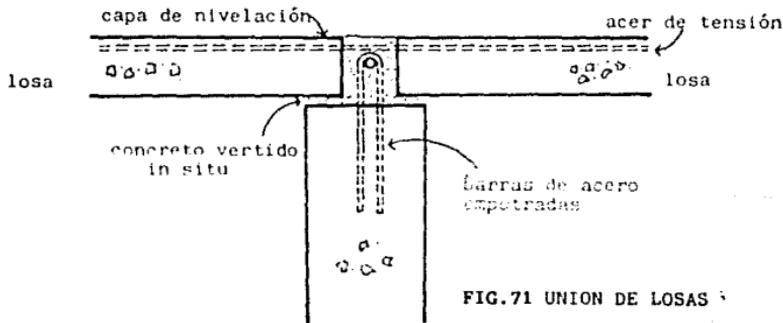


FIG.71 UNION DE LOSAS

apoyo

C A P I T U L O 4.

ASPECTOS DETERMINANTES EN EL TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCION.

- a) Comentarios de los factores que influyen en el costo.
- b) Comentarios de los factores que influyen en el tiempo.
- c) Perspectivas de utilización a futuro.

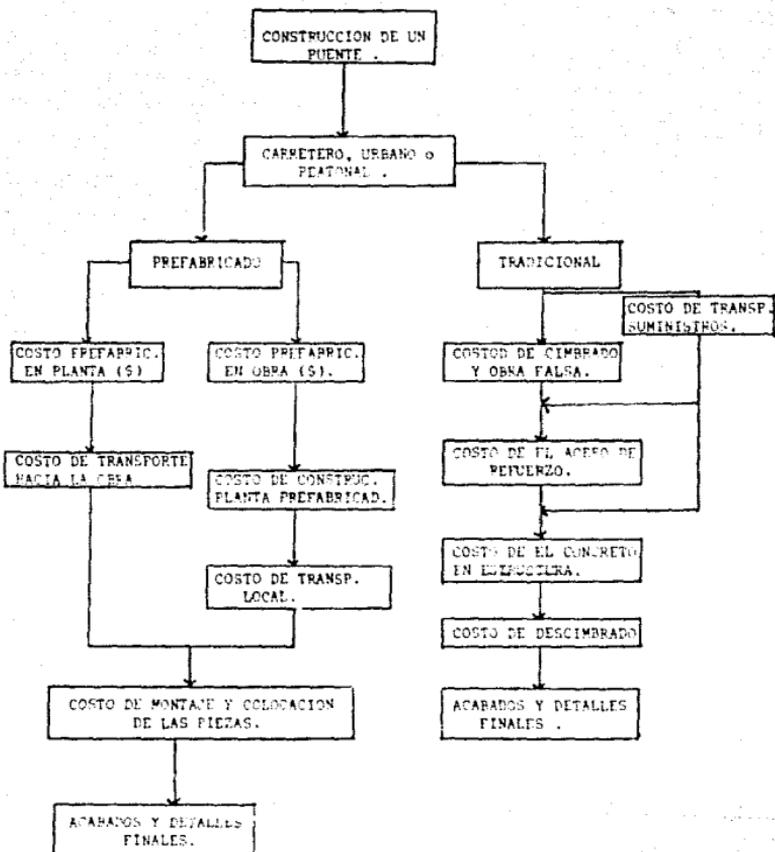
C A P I T U L O 4.

ASPECTOS DETERMINANTES EN EL TIEMPO Y COSTO DE CONSTRUCCION.

La construcción prefabricada ofrece ventajas sobre la construcción tradicional, ventajas que se asientan más si se tienen las condiciones favorables para el máximo y mejor desarrollo de la prefabricación. Podemos mencionar entre algunas de estas condiciones la necesidad de una serie de piezas numerosas, lo que permita la aplicación de un proceso de prefabricación de piezas más formal, una prefabricación industrial y en cadena lo que permitirá obtener más beneficios como el de un tiempo de construcción menor.

La interrelación que entre el tiempo y costo de construcción es una relación que debe tenerse muy en cuenta pues un tiempo de construcción mayor definitivamente influirá en un mayor costo de construcción utilizando métodos constructivos mecanizados y sistematizados que para ser implementados requieren de una inversión inicial considerable que no siempre es justificada por el tipo de importancia de de la obra.

4.2) COMENTARIOS SOBRE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN EL COSTO.



En el esquema anterior se marca de manera muy general los costos más relevantes en los procesos de fabricación de un puente tanto de manera tradicional como de construcción prefabricada.

Podemos también hacer una comparación entre ambas posibilidades de construcción basándonos en los elementos más esenciales para dicha construcción como lo son Materiales, Mano de Obra y los Equipos.

MATERIALES

Los materiales con los que se fabrican las piezas prefabricadas son similares a los que se utilizan para colar una estructura en el lugar, el control de calidad para las piezas prefabricadas es de alguna manera más rígido pues en las piezas prefabricadas en ocasiones se requieren resistencias extraordinarias y que se logran con un análisis de materiales y proporciones que deben ser chequeados a la perfección por la supervisión de el control de calidad.

El hecho de utilizar materiales más seleccionados para fabricar piezas representa un costo mayor que el método tradicional pues en muchas ocasiones se utilizan para este los materiales existentes en la zona y que no cumplen a la perfección con las características adecuadas o requeridas para las resistencias que se pretende en los concretos colados en sitio. De hecho, los estudios de materiales, así como la supervisión de el proceso de prefabricación representan ya un costo que debe de agregarse al costo unitario de cada pieza como porcentaje de un total de indirectos.

Los materiales para las piezas prefabricadas son más caros pues se les realizan tratamientos para obtener granulometrías óptimas de los agregados y también tratamientos de lavado para eliminar sustancias ajenas que pudieran afectar la resistencia de el concreto, en cuanto a el acero de refuerzo es similar al que se utiliza en el método tradicional aunque como la mayoría de las piezas prefabricadas tienen algún tipo de presfuerzo para este se necesitan piezas especiales como lo son cables de acero de alta resistencia, conos de anclaje, ductos para colocarlos y todo esto por supuesto que aumenta el costo unitario de cada pieza prefabricada.

Para el colado de piezas prefabricadas generalmente se utilizan cimbras o moldes que son de materiales muy resistentes e indeformables para ser susceptibles de utilizarse por muchas ocasiones sin que cambien las dimensiones de las piezas fabricadas con ellos, generalmente son metálicos y aunque inicialmente la inversión para un molde metálico sea mayor que para un comúnmente usado de madera, el número de usos que se le puede dar reduce el costo total y el porcentaje de dicho costo que se agrega en porcentaje al costo unitario de cada pieza prefabricada, no así con las cimbras de madera ya que a una sola pieza o estructura colada en sitio se la agrega un porcentaje más alto pues las cimbras de madera dándole el uso más óptimo podría utilizarse completa media docena de veces.

Es importante remarcar que la prefabricación de piezas y su utilización para construir puentes elimina el uso de obra falsa ya que no es necesario cimbrar en la mayoría de los casos, para poder montar las piezas, a diferencia de el método tradicional el cual si utiliza tanto cimbra como obra falsa para construir el puente y es representativo en cuanto a el costo total.

MANO DE OBRA.

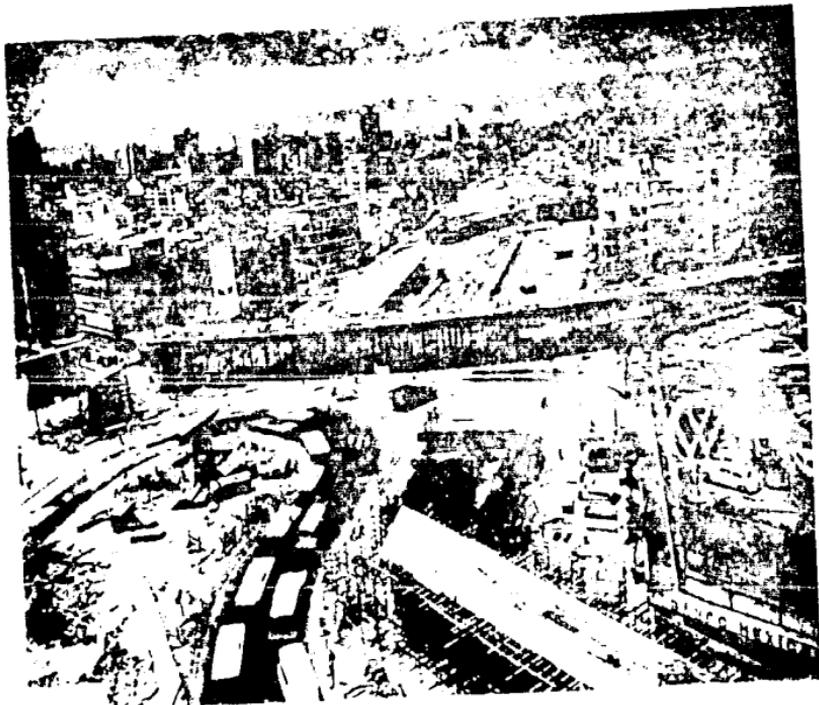
La construcción prefabricada pretende utilizar la menor cantidad de mano de obra posible, aunque esta sea más calificada que la necesaria para la construcción tradicional ya que por la misma calidad que se requiere es necesario utilizar personal que maneje a la perfección actividades de cimbrado y descimbrado con moldes y cimbras reutilizables, colados de piezas prefabricadas con ductos interiores para cables de presfuerzo, su colado correto, vibrado, curado con métodos térmicos y sobretodo para reali-
zar las acciones de presfuerzo.

El volumen de mano de obra en la construcción tradicional es mayor que en la prefabricada y también es mayor el tiempo de utilización de la misma en la primera con respecto a la segunda. Además existe un ahorro en la prefabricación en los conceptos de cimbrado y obra falsa así como un porcentaje en los colados "in situ", pero se introducen conceptos nuevos en los que se necesitan personal más especializado como lo son los operadores de las grúas, los montadores, soldadores, transportistas especializados, técnicos de presfuerzo y todos ellos representaran un costo que será mayor o menor en la medida en que se optimizan todas las acciones de prefabricación y montaje así como de la importancia de la obra que se vaya a construir.



FIG. 72 PUENTE PREFABRICADO.

FIG. 73 PROCESO CONSTRUCTIVO TRADICIONAL



Anterior: Las Lajas de
México, S. A.

EQUIPOS

La construcción prefabricada si bien utiliza menor volumen de mano de obra, necesita de equipos y herramientas que son indispensables para poder llevar a cabo la construcción; grúas, trailers especiales de transporte, equipo auxiliar de elevación, vigas de lanzamiento, gatos hidráulicos para el tensado de los cables de preesfuerzo, equipos térmicos para el curado, grúas de transporte.

Algunos de estos equipos son comunes con el método tradicional pero otros son indispensables como las grúas y los medios de transporte y estos representan un costo elevado por lo que es muy importante el conocer las necesidades que se tienen para el tipo de piezas que se van a utilizar y el tipo de puente a construir para que los equipos que elijamos sean siempre los más adecuados para esas necesidades en función a capacidades de carga, mantenimiento y no tener subutilizados los equipos pues esto también representará un costo extra que puede repercutir en el costo final de la obra.

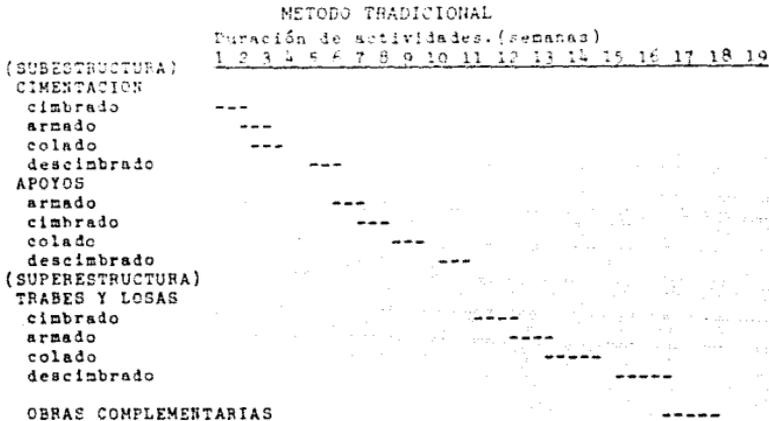
También es importante mencionar que el uso adecuado de los equipos también dependerá de una buena programación de las actividades para que todo se realice de una forma consecutiva y se eliminen los tiempos muertos ya que el costo horario de cada uno de ellos tal vez no represente mucho pero si sumamos todos los costos horarios de todos ellos es un porcentaje significativo más aún en el método prefabricado.

La construcción prefabricada se optimiza cuando las piezas se fabrican en una planta especial ya que en esta se utilizan métodos de producción en serie lo que abate considerablemente los costos, por ejemplo, las cimbras o moldes son utilizados en repetidas ocasiones por lo que el costo que se transmite a cada pieza prefabricada es menor.

El hecho de fabricar las piezas a pie de obra representa un costo elevado ya que generalmente las series de piezas que se realizan son pequeñas comparadas con una planta industrial, piezas que por sus dimensiones son difíciles de transportar y tienen características especiales marcadas por el proyecto de un puente específico que debe ser de una magnitud importante para justificar la prefabricación a pie de obra.

4.b) COMENTARIOS SOBRE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN EL TIEMPO .

En función al tiempo el método de construcción con piezas prefabricadas lleva una ventaja respecto al método tradicional ya que permite la simultaneidad de actividades que no puede obtenerse en el primero ya que este último método nos obliga a llevar un orden cronológico en las actividades necesarias para construir un puente. Por ejemplo:



Podemos observar que las actividades correspondientes a la superestructura tienen que aplazarse o comenzar en el momento en el que toda la sub-estructura este terminada y si existiera algún retraso en esta parte de la obra, este repercutiría en la duración total de toda la obra.

Aunque no es posible tener actividades completamente simultáneas con un método de construcción tradicional si se pueden obtener una traslapación de las mismas pues en actividades como el cimbrado y el armado por ejemplo, no es estrictamente necesario que todo el cimbrado este totalmente terminado para que las actividades de armado comiencen, con una buena programación de tiempos se puede lograr una mayor optimización.

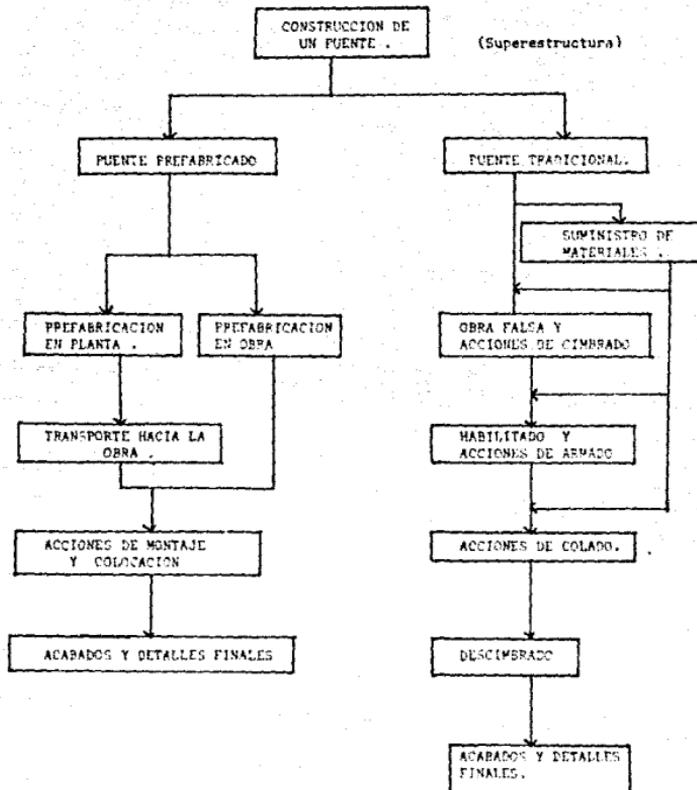
METODO PREFABRICADO

	Duración de actividades(semanas).																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
SUB-ESTRUCTURA																			
CIMENTACION																			
cimbrado				---															
armado			---																
colado				---															
descimbrado					---														
AFOYOS																			
armado								---											
cimbrado								---											
colado									---										
descimbrado										---									
ACCIONES DE																			
PREFABRICACION																			
(armado,cimbrado, colado de																			
trabes y losas prefabricadas.																			
acciones de presfuerzo.)																			
SUPERESTRUCTURA																			
ACCIONES DE																			
MONTAJE																			
(y colado de firmes y diafragmas.)																			
OBRAS COMPLEMENTARIAS																			

En este proceso constructivo las actividades de prefabricación pueden desarrollarse simultaneamente con las actividades de construcción de la subestructura lo que permite un ahorro de tiempo en el total que se consumiría en la construcción y aún más si en la cimentación y apoyo tambien se utilizan piezas prefabricadas el ahorro en tiempo es mayor y el proceso constructivo se más que nada en acciones de montaje de las piezas.

Cuando se utilizan piezas prefabricadas para la superestructura de un puente, podemos decir que es aproximadamente un 50% de el total de un puente lo que podemos prefabricar y por lo tanto tambien repercute en poder terminar en un tiempo mucho menor la construcción de dicho puente.

COMENTARIOS SOBRE LOS FACTORES QUE INFLUYEN
EN EL TIEMPO.



EN el anterior esquema se resume de una manera muy generalizada los pasos o etapas en las cuales se divide la construcción de un puente (superestructura), a simple vista se observa que son mas las acciones que se tienen que llevar a cabo para la construcción de un puente con métodos tradicionales, aunque esto no signifique necesariamente que cada una de estas acciones aquí desglosadas tengan una duración que acumulada nos arroje un tiempo de construcción mayor que al tiempo de construcción de un puente utilizando métodos de construcción y piezas prefabricadas.

Refiriendonos específicamente a la construcción prefabricada de un puente comenzaremos por enumerar cada uno de los pasos o etapas para llegar a la realización total de el proyecto de dicho puente y comentando en cada caso cuales son los factores que determinan o pueden llegar a determinar el tiempo de construcción

INICIALMENTE, al conocer el proyecto y tipo de puente a construir se llega a tener una idea de el tiempo de construcción en base a la experiencia, importancia de el proyecto y recursos disponibles. Es fácil pensar que un puente urbano (peatonal o vial) es y debe ser construido en un tiempo considerablemente corto pues las necesidades de vialidad de una ciudad o poblado así lo requieren y por dimensiones y magnitudes un puente urbano nunca llega a tener las dimensiones que alcanzan los puentes carreteros aunque esto no sea una regla típica o general.

Al construir un puente carretero es lógico pensar que todos los implementos, maquinaria y materiales tendrán que ser llevados hasta el lugar de la obra, a una distancia determinada ya sea considerable o no, pero que definitivamente no sucederá en un puente urbano donde es más factible que se tengan más a la mano todos los implementos ya mencionados y si es necesario transportarlos será más bien un transporte local y no un transporte más largo.

Al conocer el proyecto de un puente se adaptará a un método o proceso constructivo determinado, si la opción que se escogiera fuera la de utilizar métodos de prefabricación, aún tendríamos otras las posibilidades dentro de la misma prefabricación, la prefabricación en obra o la prefabricación en planta.

Una serie de aspectos se conjugaran para poder definir cual es la opción mejor para cada caso como por ejemplo las necesidades de el proyecto, los recursos, etc. pero es muy claro que si existe una diferencia en el tiempo de construcción para uno u otro caso ya que estan directamente relacionados los procesos de construcción que se utilicen con el tiempo de construcción que se consuma, por ejemplo:

SI se prefiere la prefabricación en planta y las necesidades de el proyecto se pudieran adaptar a un tipo de piezas estandarizadas las cuales se pudieran adquirir en una planta cualquiera sin ninguna dificultad, el problema con respecto al tiempo lo representaría el transporte de la piezas y este a su vez dependería de la distancia existente entre el lugar de la obra y la planta de prefabricación.

Por otro lado, si se optara por la prefabricación en obra, el problema respecto al tiempo lo representaría la implantación en el mismo lugar de la obra de las instalaciones necesarias para la fabricación de las piezas simultáneamente a la construcción de el puente lo que representa una mayor inversión de recursos de todo tipo y es necesario que se tenga un mayor control sobre los avances de obra y la ejecución de todas las acciones necesarias para llevar a cabo en un tiempo adecuado el proyecto de el puente y antes de ello el proyecto de la planta prefabricadora que por la función que se desempeña en ella necesita de instalaciones muy especiales de complicada construcción que por ende consumen un tiempo que no depende directamente de la construcción de el puente, pero si repercuten en la duración total de la construcción.

4.3) PERSPECTIVAS DE UTILIZACION A FUTURO DE LAS PIEZAS PREFABRICADAS.

Existe un optimismo respecto a lo que se espera para el concreto prefabricado y presforzado para el futuro.

Es muy claro que existe una demanda potencial de estructuras de todo tipo (entre ellas los puentes) que pueden construirse con concreto prefabricado.

La aceptación de las nuevas técnicas de construcción dependera de la manera en que económicamente puedan justificar su existencia, como por ejemplo en los E.U. donde la viga doble TEE, la losa con centro hueco, los elementos de ensamble viga-columna y los tableros para muros de carga han tenido una muy buena aceptación.

En nuestro país es el tiempo de avanzar en la estandarización de secciones, los detalles de conexión e inclusive en las técnicas de montaje. En la construcción de puentes se sabe ahora que las vigas I, las vigas cajón, las losas huecas y solidas, las vigas con nervaduras y las cubiertas acanaladas funcionan de una manera adecuada estructuralmente con la experiencia ya acumulada en nuestro país y en otros donde los avances en este campo ya son considerables.

No todas las construcciones que se realizan son estandar ni se pretende que lo sean pues se caería en un gran error pero si los elementos estructurales y los sistemas y técnicas de montaje pueden llegar a estandarizarse.

La diversificación de productos es y será el punto más importante ya que por ejemplo en un periodo dado las ventas de un producto dado, la losa de centro hueco, la venta y uso de este mismo dependerá de la construcción de los multifamiliares y algún otro tipo de viviendas para los cuales este tipo de losa se adapta de maravilla; las vigas doble T son muy utilizadas en la construcción de estacionamientos y otro tipo de construcciones que no están destinadas a la vivienda. Los prefabricados arquitectónicos cada vez se diversifican como componentes accesorios de una construcción pero serán aún mejores cuando puedan combinarse estructuralmente dentro de un paquete de construcción. Por ello es necesario que exista una mayor variedad de productos y aplicaciones de los productos prefabricados ya que así se tendrán mejores resultados en cuestión de beneficios que el concreto prefabricado pueda brindar.

Existen muchos campos de aplicación de el concreto prefabricado pero que no se ha explotado de la mejor manera en nuestro país ya que aún existe un desconocimiento de las ventajas que se pueden obtener con el uso de estos productos. Si bien es cierto que en la construcción de puentes los avances en la utilización de piezas prefabricadas, en nuestro país es notable, ya que en la última década más de el 60% de los puentes construidos en México han tenido que ver algo que ver con los productos prefabricados de concreto.

CONCLUSIONES.

- 1.- Se obtiene un mayor beneficio de la construcción prefabricada cuando es posible utilizar sistemas de producción automatizada (en cadena) para la prefabricación de las piezas.
- 2.- Se obtiene mayor calidad y resistencia en las piezas prefabricadas sobretodo con los sistemas de prefuerzo..
- 3.- Las características de el proyecto de el puente, el tipo de puente, el uso que vaya a tener, son determinantes para una posible utilización de piezas prefabricadas en su construcción y a su vez esto determinará el tipo de proceso constructivo a utilizar.
- 4.- Existe una gran variedad de elementos prefabricados, estructurales y de acabado que pueden ser utilizados en la construcción de puentes.
- 5.- Una limitante en la construcción prefabricada es el tamaño de las piezas ya que deben ser de dimensiones posibles de transportar.
- 6.- La construcción prefabricada se divide en dos etapas: la 1.ª es la prefabricación de las piezas ya sea en planta o en obra y la 2.ª es el proceso de elevación, fijación y montaje. La 1.ª etapa puede hacerse con algún o bastante tiempo de anticipación a la 2.ª. lo que implica un ahorro en el tiempo de construcción y utilizando los equipos y maquinaria adecuada la 2.ª etapa puede ser realizada con bastante rapidez en función al tamaño e importancia de la obra.
- 7.- Un aspecto que se debe cuidar en la construcción prefabricada es la unión y anclaje entre las piezas prefabricadas para lograr una estructura resistente y que funcione similarmente a una estructura monolítica colada en sitio.
- 8.- El aspecto costo de construcción es algo complejo y que tiene que analizarse específicamente para cada obra, aunque la prefabricación es una opción más, no necesariamente tiene que ser la mejor desde este punto de vista.
- 9.- La construcción prefabricada tiene como uno de sus principios abatir los tiempos de construcción y deberá tenerse un especial cuidado en la programación de la actividades y el uso de las piezas y equipo adecuado para poder obtener este beneficio indicado.
- 10.- La construcción prefabricada, sobretodo en nuestro país, es una opción más para la realización de diversas obras civiles, entre ellas los puentes, y como tal es necesario realizar estudios, análisis y comparaciones entre otras opciones más para que se obtenga la mejor solución a las necesidades que tengamos.

BIBLIOGRAFIA . . -

- 1.- Procedimientos de construcción de estructuras de concreto.
 - a) "Concreto Prefabricado"
Ing. Ruben Obregon
Centro de Educación Continua, Facultad de Ingeniería, UNAM.
 - b) "Montaje".
Ing. Francisco Delgado.
Centro de Educación Continua, Facultad de Ingeniería, UNAM.
- 2.- Curso de Construcción de Puentes de Concreto.
" Puentes Prefabricados (1a. Parte)"
Ing. Jose Maria Rioboo Martin.
Centro de Educación Continua, Facultad de Ingeniería, UNAM,
- 3.- Curso de Diseño y Construcción de Puentes.
" Puentes Prefabricados"
Ing. Constancio Rodriguez Cabello
Centro de Educación Continua, Facultad de Ingeniería, UNAM.
- 4.- Revista "INGENIERIA CIVIL".
Abril de 1988.
Artículo: Programa para la formación de precios de elementos prefabricados de hormigón.
Por el Ing. Jose Badillo Long y el Ing. Armando Bello.
- 5.- La Construcción de puentes en México.
Dirección General de Carreteras Federales.
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- 6.- Manual de La Construcción Prefabricada.
Dr. Ing. Tihaner Konez.
Herman Blume Ediciones.
- 7.- La Prefabricación en la Construcción.
Maurice Revel
Editorial Urmo.
- 8.- Construcción de puentes de Hormigón Pretensado Por Voladizos Sucesivos.
J. Mathivat.
Editores Técnicos Asociados.
- 9.- Alambre y Cable para Concreto Presforzado.
Cables Mexicanos S.A. (CAMESA).
- 10.-Pretested Concrete Institute
Committee on Connection Details
IMCYC.
- 11.-Revista Freyssinet
Mes de Febrero de 1989.

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

- 12.- SISTEMAS PRESFORZADOS, S.A.
BOLETIN DE OBRAS No. 5
- 13.- ANDAMIOS PATENTADOS S.A. de C.V.
Folleto: "EXTEN-CIMBRA"
- 14.- REVISTA: "INTERNATIONAL CONSTRUCTION"
VOL.27, No.7 DE JULIO DE 1988.
- 15.- REVISTA: "IMCYC"
VOL.25, No.194 DE JULIO DE 1987.
ARTICULO: "PRODUCTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO".
- 16.- REVISTA: "INGENIERIA CIVIL"
JULIO DE 1988.
ARTICULO: "RESEÑA HISTORICA ACERCA DE LOS PUENTES"
DIR.GRAL. CARRETERAS FEDERALES, S.C.T.
ARTICULO: "PROYECTO Y CONSTRUCCION DE PUENTES EN MEXICO"
POR EL ING. ADOLFO SANCHEZ SANCHEZ
- 17.- REVISTA: "CONCRETE FORUM",
THE CONCRETE SOCIETY JOURNAL.
No.2 Julio de 1988.