



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

Facultad de Ingeniería

2E  
25

**ESTRUCTURACION DE EDIFICIOS PARA ESCUELAS  
A BASE DE ELEMENTOS PREFABRICADOS**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

**I N G E N I E R O C I V I L**

P r e s e n t a :

**Luis Enrique Barragán Gómez**

México, D. F.

1983



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## INDICE

	Pág.
Introducción . . . . .	1
Estructuración de Edificios para Escuelas en Otros Países . . . . .	10
Estructuración de Escuelas en México . . . . .	104
Conclusiones . . . . .	129

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

## INTRODUCCION

La estructuración de edificios para escuelas a base de elementos prefabricados, depende de varios factores entre ellos encontramos los siguientes:

\* Su solución constructiva depende tanto del diseño arquitectónico - que basta con numerar los diferentes tipos de escuelas actualmente - usados para encontrar la solución más conveniente para cada caso.

\* Al estudiar sus posibilidades arquitectónicas; se puede determinar el fin que se quiere alcanzar y las condiciones que deben cumplirse - en cada caso.

\* Fundamentalmente la elección de la estructuración se determina según:

- 1) Tipo de escuela.- Escuela de 1a. o 2da. enseñanza, escuela técnica o universidad.
- 2) La ubicación.- En una ciudad o en el campo.
- 3) Las necesidades pedagógicas de cada tipo de escuela de acuerdo con estos factores, en lo que se refiere a la prefabricación, se puede distinguir la estructuración de escuelas entre:
  - a) Pabellones escolares
  - b) Clases diáfnas por dos lados en edificios de varios pisos.

- c) Clases diáfanas por un lado con galería de recreo.
- d) Núcleos escolares con planta en cruz, aspas de molino, etc.
- e) Edificios para escuelas superiores o universidades.

### EL PABELLON ESCOLAR

El pabellón escolar es en la mayoría de los casos de una sola planta, raramente de dos, con una zona de recreo. Constituye la forma típica de la escuela pública, donde la mayor parte de la enseñanza se da en un mismo lugar. La solución de estructuración no se diferencia grandemente de la de los edificios de viviendas, aunque deben cubrirse grandes claros.

La forma de la clase propiamente dicha puede ser un rectángulo, un rombo o un hexágono, las diferentes clases se pueden combinar libremente unas con otras.

### CLASES DIAFANAS POR DOS LADOS EN EDIFICIOS DE VARIOS PISOS.

Las clases con doble iluminación natural se han realizado ultimamente con gran profusión y resultan perfectamente adecuadas para escuelas primarias o medias, siendo la cuestión más importante la forma en que estas clases se pueden cambiar cada clase tiene una planta cuadrada o aproximadamente cuadrática, y su superficie es de 60 a 80 M<sup>2</sup>. Las clases suelen comunicarse con un patio de recreo.

El número de plantas raramente es superior a tres y el ancho no suele -

pasar de 9 Mts., de ésta forma las soluciones a la estructuración son análogas a la de los edificios administrativos con una planta libre. La solución más estética es la del muro de fachada continuo, con elementos de forjado de gran tamaño, entre muros portantes.

Las estructuras de pilares continuos se pueden resolver con muros de fachada portantes o no.

Los pilares superpuestos con vigas y forjados apoyados en ellos constituyen soluciones sencillas ( figura 27). Los esfuerzos horizontales se transmiten mediante elementos solidarizados, formando un muro rígido, a los tabiques transversales. Los muros de fachada se proyectan en forma de muros cortina.

El muro de fachada también puede ser portante con paneles de la altura de una planta y soportar los elementos de forjado. Incluso en este caso deben existir muros resistentes que absorban los empujes horizontales, también pueden dar buenas soluciones constructivas los pórticos biarticulares superpuestos. (fig. 28).

#### CLASES DIAFANAS POR UN SOLO LADO EN EDIFICIOS DE VARIOS PISOS.

Estas clases con iluminación natural por un solo lado pueden llevar -- una galería de recreo anexa o a formar dos bloques de clases con una galería central. Esta última solución es menos moderna aunque se suele utilizar corrientemente por motivo de espacio.

Se tratará únicamente la variante con galería lateral.

Son también posibles las soluciones con muros portantes continuos, aunque proporcionan solamente limitadas ventajas. La solución fundamental

es la de pilares contínuos que llevan antepechos portantes que sirven de apoyo a los elementos de forjado, paralelamente a los antepechos portantes deben correr las vigas de correa (Fig.29). Con pilares superpuestos, los forjados pueden cubrir toda la superficie sin necesidad de vigas. Apoyándose en los pilares y volando sobre la galería de recreo por supuesto, los esfuerzos horizontales deben absorberse mediante muros contra-viento. Esta solución tiene el inconveniente ya citado de que los pesos de cada elemento pueden variar grandemente y resultar demasiado grande en cuanto los claros son importantes (fig. 30)

En las construcciones de entramado también constituyen naturalmente una buena solución con pilares superpuestos con vigas y elementos de forjado. Los enlaces son incapaces de absorber momentos flexionantes. Los pórticos superpuestos con dos o tres montantes son análogos a los del tipo con dos fachadas diáfanas.

#### NUCLEOS ESCOLARES.

Los núcleos escolares puntuales no plantean ningún nuevo problema en lo que se refiere a la solución estructural. En ellos hay que tener en cuenta las nuevas modalidades arquitectónicas y pedagógicas de la construcción de escuelas.

La escuela puntual no es otra cosa que la agrupación de las diferentes clases alrededor de un núcleo que encierra la caja de la escalera, los patios de recreo y las instalaciones auxiliares.

#### EDIFICIOS DE UNIVERSIDADES Y ESCUELAS SUPERIORES

Los edificios de universidades y escuelas superiores están sometidos a variaciones, por lo que lo mejor es una planta en cuadrícula por posibi

lidades de transformación.

Las soluciones constructivas son análogas a las de los grandes edificios de oficinas, la solución estructural más general es la estructura de entramado con placas de forjado como ya existen algunas realizaciones.

Ahora se abordará el tema de la prefabricación.

## PREFABRICACION.

Es el procedimiento constructivo mediante el cual los elementos estructurales se fabrican en una posición distinta de la que tendrán en la estructura terminada.

Las estructuras de concreto prefabricadas, se pueden clasificar de la siguiente forma:

- \* Elementos presforzados
- \* Elementos de concreto reforzado

Los elementos presforzados están formados fundamentalmente por elementos pretensados.

Entre los elementos de concreto reforzado tenemos:

- \* Postes
- \* Fachadas
- \* Columnas
- \* Paneles ( losas y muros )
- \* Trabeş ( rigidizantes )
- \* Durmientes RS-SL

Las estructuras prefabricadas presentan las siguientes características básicas:

- Industrialización de los elementos. ( Se requiere una estandarización, normalización y tipificación de los elementos )
- Requieren mecanización y montaje

- Se requiere hacer monolitismo posteriormente.

La prefabricación se enfrenta a problemas que impiden su desarrollo, entre esos problemas encontramos que:

- \* Se necesita hacer una inversión bastante fuerte.
- \* Las conexiones son muy complejas.

Para poder llevar a cabo la prefabricación, presenta las siguientes modalidades:

- Concebir la estructura como monolítica y descomponerla en porciones.
- Formar estructuras a base de elementos estandarizados, prefabricados que se ligan entre sí, mediante juntas que proporcionan un grado variable de continuidad.
- Utilizar elementos estandarizados prefabricados que se combinan con elementos colados en el lugar.

#### VENTAJAS DE LA PREFABRICACION

El trabajo efectuado en una fábrica fija se efectúa en mejores condiciones que el trabajo en obras. Una instalación de fábrica fija puede ser perfeccionada, porque está concebida para durar, mientras que las instalaciones en obra son, con frecuencia provisionales.

En un taller de prefabricación se puede poner todo al abrigo de la intemperie y franquear así las dificultades de las estaciones. Se pueden realizar depósitos de cemento bien impermeabilizados, asegurando a este material un buen estado de conservación durante varios meses. Se

puede, en fin, mantener el material limpio y en buen estado permanente lo que es prácticamente irrealizable en la mayor parte de las obras.

De ello resulta que se pueden obtener en fábrica concretos de buena calidad, y que se puede controlar esta calidad por procedimientos de precisión.

Los puntos esenciales que permiten alcanzar este triple objeto son los siguientes:

1) Perfeccionamiento de la fabricación del concreto partiendo de sus componentes.

2) Perfeccionamiento de los moldes que no son simples, y para un solo uso, si no que pueden ser utilizados un sinúmero de veces y que permiten, en la mayoría de los casos proceder a quitar el molde en forma instantánea después del colado o en todo caso pocas horas -- después del colado

3) Perfeccionamiento en los armados del refuerzo, sustituyendo el trabajo manual, por el trabajo de máquinas, que asegura su rapidez y su colocación mediante calces apropiados.

4) Perfeccionamiento en la colocación del concreto, realizando el vertido con la ayuda de la vibración.

5) Rapidez en la ejecución

6) Se elimina la obra falsa

7) Empleo de secciones transversales más eficientes.

- 8) Cimentaciones más ligeras
- 9) Economía en mano de obra y materiales

**ESTRUCTURACION DE EDIFICIOS PARA  
ESCUELAS EN OTROS PAISES**

## ESTRUCTURACION DE EDIFICIOS PARA ESCUELAS EN OTROS PAISES.

Los sistemas europeos, buscan un mayor aprovechamiento del espacio que se dispone para construir una escuela, las plantas, se pueden proyectar en forma de cruz con diferentes clases dispuestos en forma radial (fig. 31). Análoga es la planta en forma de aspas de molino, en la que las clases se agrupan alrededor de un vestíbulo de distribución - que al mismo tiempo sirve de patio de recreo y sala de exposiciones, (fig. 32)

Una arquitectura interesante es la celda hexagonal que puede servir - tanto para una clase como para albergar las escaleras y los servicios (fig.33).

Se ha compuesto su unidad hexagonal a partir de elementos triangulares, tres de los cuatro hexágonos sirven para clases, el cuarto se emplea como zona de exposición y recreo (fig.34)

La solución estructural de los núcleos escolares es igual, a los tipos aquí mencionados, aunque se asemejan más a la construcción de grandes paneles. Normalmente suelen utilizarse muros portantes superpuestos.

Los pabellones escolares en la mayoría de los casos son de una sola -- planta, raramente de dos, con una zona de recreo. La forma de la clase propiamente dicha puede ser un rectángulo, un rombo o un hexágono. Las diferentes clases se pueden combinar libremente unas con otras. La figura 23 muestra los pabellones de planta rectangular.

Un pabellón de dos plantas es el denominado "Triqón". Cada pabellón - tiene una planta en forma de rombo, constituyendo un hexágono junto con

las paredes de separación de la zona de trabajos prácticos y la escalera, lo que resulta perfectamente adecuado para la enseñanza (fig.24)

En la planta baja, está la zona de recreo y el guardarropa y en la primera planta las clases.

Los pabellones se pueden combinar libremente adaptándolos perfectamente al terreno (fig. 25).

En lo que se refiere a escuelas superiores y universidades se ha diseñado, construido y puesto a la venta, por una compañía italiana, un edificio de tres plantas con estructura portante superficial y solamente dos elementos diferentes. En la planta baja se situó el almacén-garage, y en la primera y segunda planta están los locales, listos para darles la distribución de las aulas deseadas. La construcción consta de muros de fachada portante, continuos a lo largo de las tres plantas, y especialmente diseñados para servir de apoyos a elementos de forjado. Los paneles de fachadas laterales son análogos a las de fachada principal. Estos paneles son placas nervadas de 2.5 Mts. de ancho y unos 12 Mts. de largo, recubierta de 3 cm. de "Styropor" para aislamiento térmico. Están empotrados en la cimentación y los elementos de forjado van simplemente apoyados. Los formados asemejan una estructura plegada en artesa cuyas placas superiores son prefabricadas y se solidarizan mediante concreto con la pieza inferior en "U", fabricada con una máquina de molde continuo. Los elementos de forjado tienen claros de 12 Mts., para una sobrecarga de 40 Kgs./Mt.2 y un canto de aproximadamente .65-cms. Las conducciones se pasan a través de ahujeros en las forjadas. Posteriormente, se colocó también un falso techo colgado. El espacio

libre entre los muros de fachada, se puede distribuir libremente, a pesar de los grandes claros, la construcción resultó, muy económica y el montaje se realizó rápidamente. En primer lugar se colocaron los paneles de fachada ( se emplearon de 15 a 20 minutos por elemento), y una vez colocados estos, se apoyaron los elementos de forjado. De ésta forma se montaron 360 Mts.2 de edificación en una o una y media horas --- (fig. 35).

Las oficinas de la Universidad de California tienen nueve plantas, los pilares son contínuos en toda la altura del edificio y tiene la misma sección desde la cimentación hasta la cubierta. La longitud de los pilares es de unos 28 Mts. y su sección es solamente de 40 X 60 cms. Están pretensados para absorber las sollicitaciones de manejo. La longitud de los pilares es la máxima admisible para el transporte por carretera en California. Los pilares están separados unos 3.15 Mts., lo que corresponde a la cuadrícula de plantas de las oficinas. Sobre pilares se apoyan placas nevadas pretensadas de 3.15 Mts. de ancho cuyos nervios tienen un canto de .45 cms. y cubre claros de 11 Mts. Posteriormente se coló en sitio una capa de 7.5 cms. de espesor para conseguir un arriostramiento horizontal.

En esta capa se dispusieron también las conducciones eléctricas. Los muros de fachada están formados por paneles de dos plantas de altura colocados entre los pilares, los pilares se suspendían de la grúa de tres puntos, y una vez colocados se arriostraban. A continuación se montaban los elementos de forjado y los paneles de fachada, manteniendo los arriostramientos hasta que fraguaba la capa colada en sitio y se podía -

disponer del efecto placa.

En La Gran Bretaña se ha desarrollado un sistema flexible de entramada para edificios administrativos, aunque también resulta adecuado para escuelas, y que en líneas generales consta de los siguientes elementos ( fig. 44 ):

- a) Pilares continuos hasta 6 plantas
- b) Vigas apoyadas sobre ménsulas salientes de los pilares
- c) Elementos de forjado en "TT" que apoyan libremente sobre las vigas pero se solidarizan formando una placa continua.

El canto de los nervios en "T" puede variar dentro de amplios límites. Para el paso de las conducciones hay que dejar por lo menos dos ahujeros. Otra posibilidad para el paso de las conducciones está en el apoyo del forjado sobre las vigas, donde los nervios se recortan. Los elementos "TT" tienen una anchura de 1 Mt., y se construyen con o sin pretensado, según los claros. Las vigas tienen sección en "T" invertida cuya alma es el mismo ancho que los pilares. Las placas del forjado son .5 cms. más bajas que las vigas, con lo que se pueden empalmar allí las armaduras longitudinales superiores de los elementos "TT". - Los muros de fachada pueden adoptar diversas formas. La construcción puede acomodarse a exigencias muy variadas.

A continuación se presentan los distintos tipos de forjados usados en Europa.

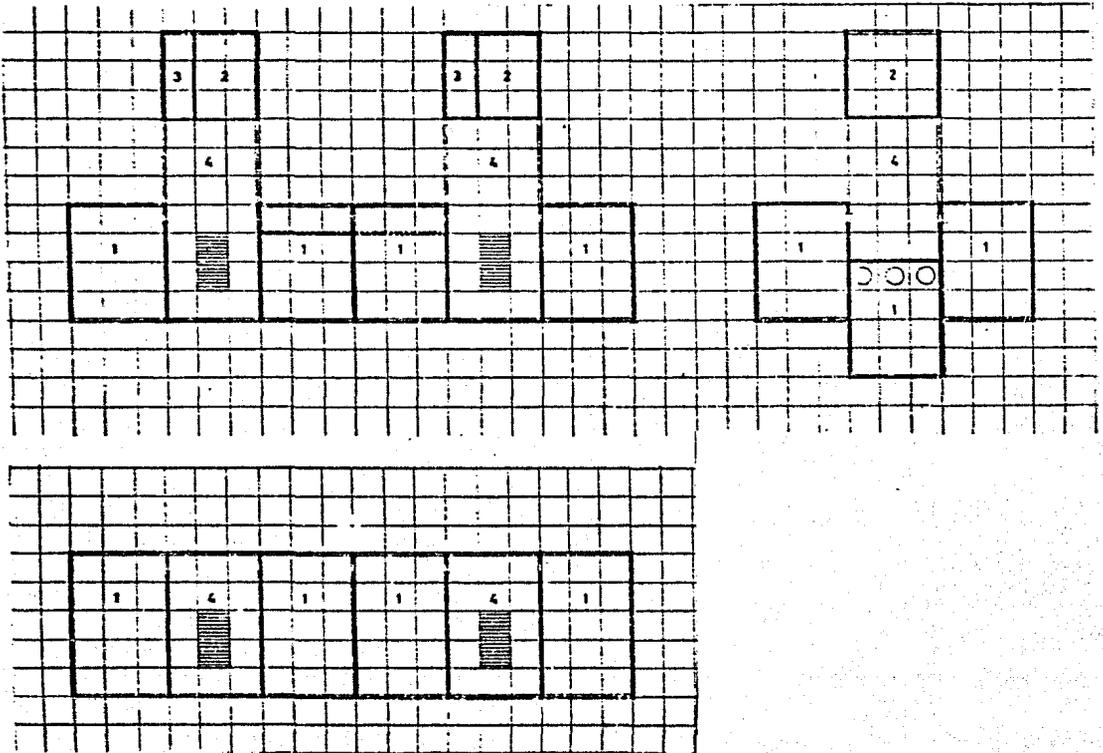


Fig. 23.—Disposición y combinación de pabellones rectangulares: 1. Clases; 2 y 3. Servicios y W.C.; 4. Sala de recreo.

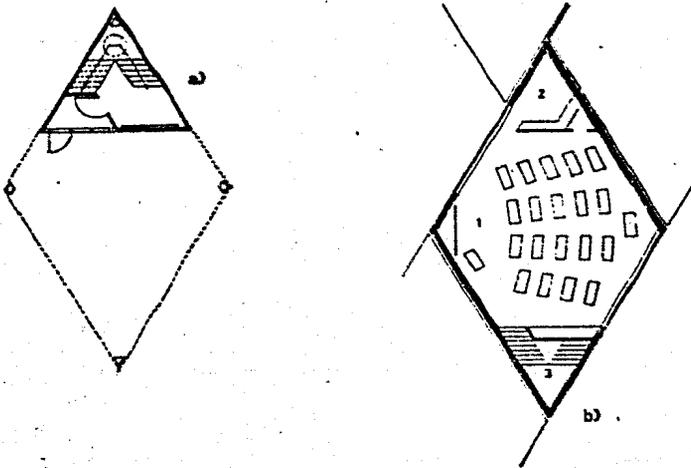


Fig. 24.—Planta del pabellón escolar «Tri-gón»:

- a) Entrada con zona de recreo.  
 b) Primera planta:  
 1. Clase; 2. Sala de trabajos prácticos; 3. Escalera.

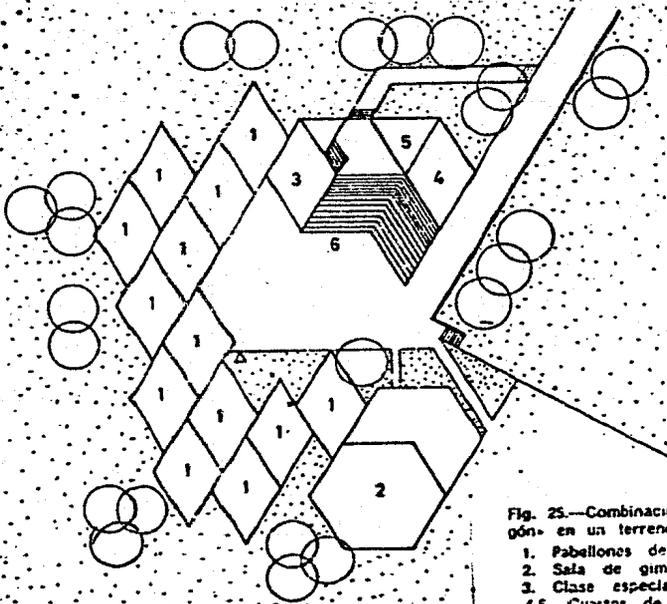


Fig. 25.—Combinación de pabellones «Tri-gón» en un terreno ondulada.

1. Pabellones de clase.  
 2. Sala de gimnasia.  
 3. Clase especial.  
 4-5. Cuartos de máquinas.  
 6. Escaleras.

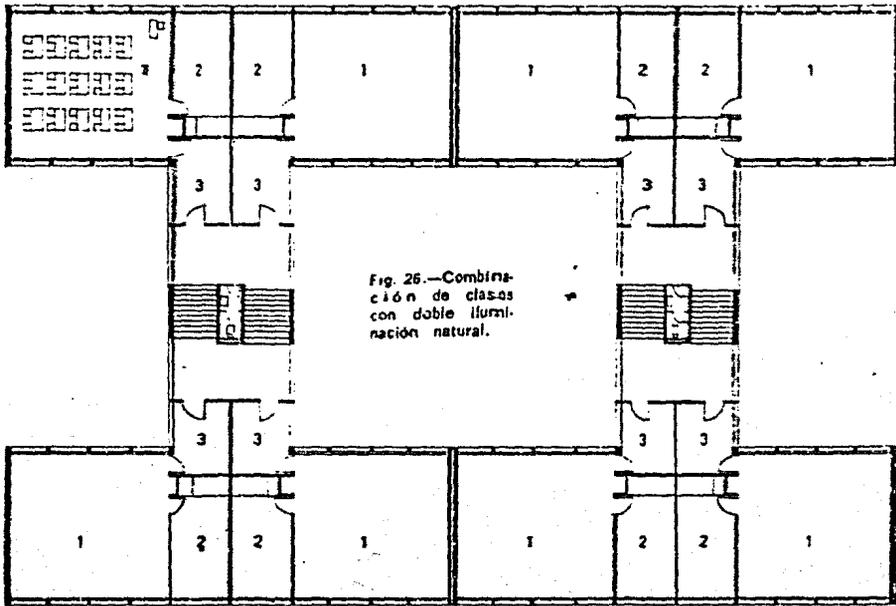
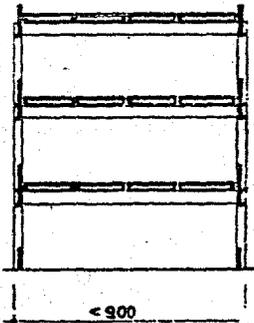


Fig. 26.—Combinación de clases con doble iluminación natural.

A - A



B - B

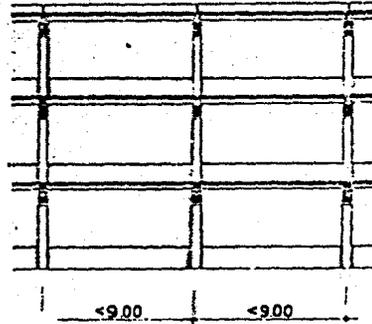
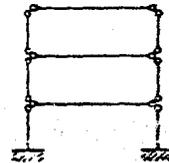
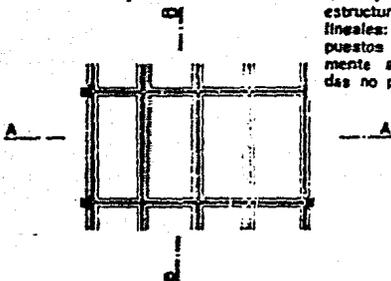


Fig. 27.—Solución constructiva para clases diáfanas por dos lados con estructura de elementos lineales: pilares superpuestos y vigas simplemente apoyadas. Fachadas no portantes.



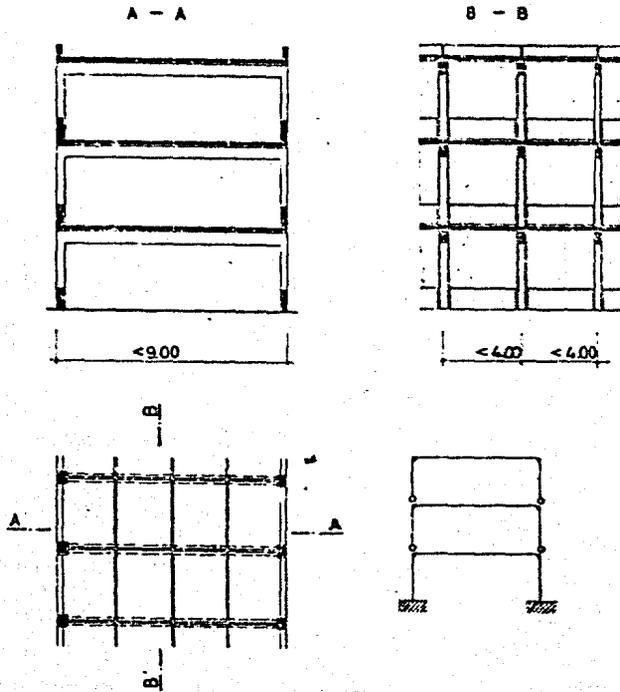


Fig. 28.—Estructura de pórticos biarticulados superpuestos. Con pequeñas distancias entre cruces, los forjados pueden ser simples placas masizas de hormigón armado.

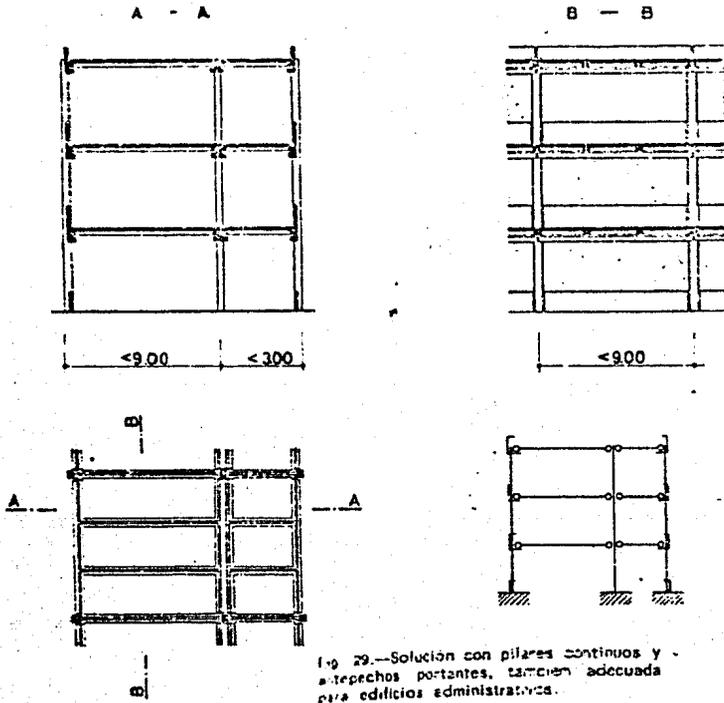


Fig. 29.—Solución con pilares continuos y entrecapchos portantes, también adecuada para edificios administrativos.

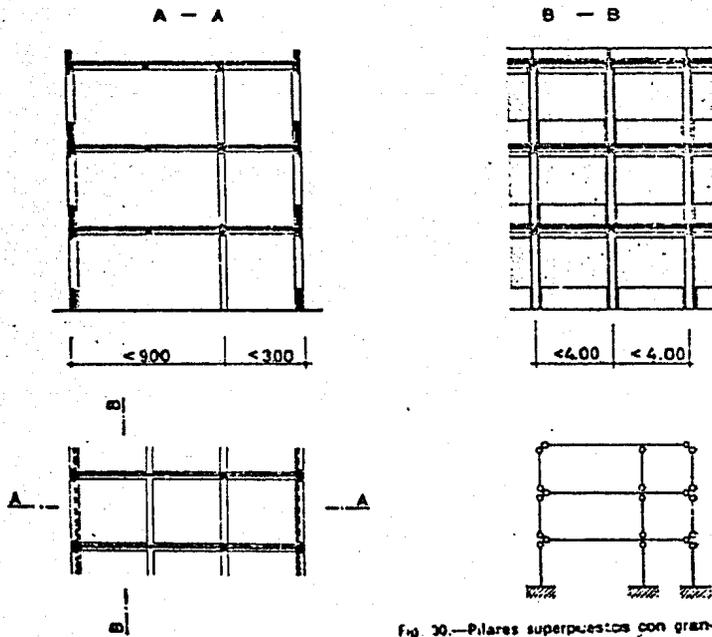


Fig. 30.—Pilares superpuestos con grandes placas de forjado que van sobre el pasillo lateral.

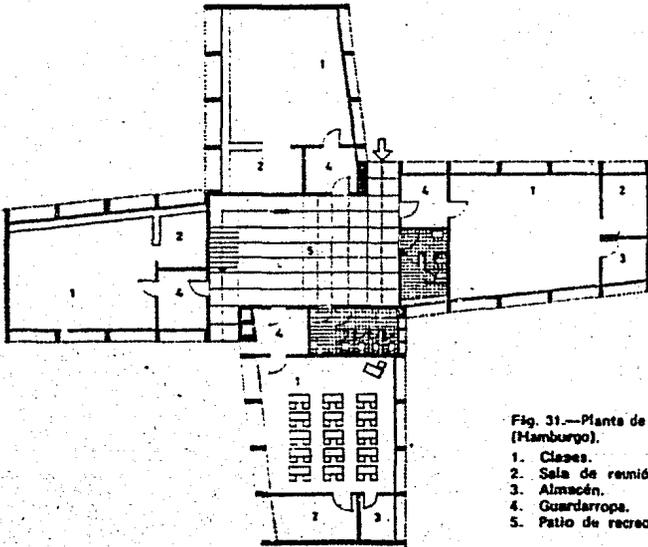


Fig. 31.—Planta de una escuela en cruz (Hamburgo).  
 1. Clases.  
 2. Sala de reunión.  
 3. Almacén.  
 4. Guardarropa.  
 5. Patio de recreo.

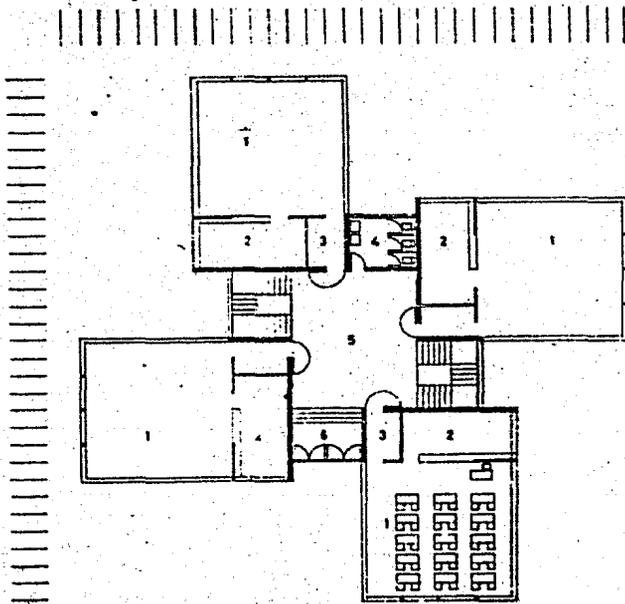


Fig. 32.—Planta en acros de molino con las clases agrupadas en torno al patio de recreo.  
 1. Clase.  
 2. Guardarropa.—Trabajos prácticos.  
 3. Vestíbulo.  
 4. Servicios en W.C.  
 5. Patio de recreo.  
 6. Entrada.

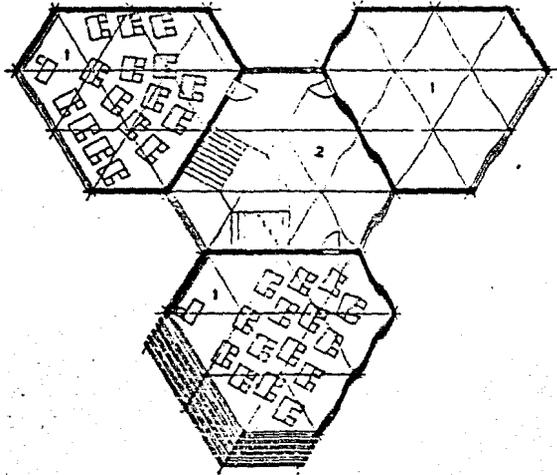


Fig. 34.—Combinación de triángulos para formar una unidad exagonal.

1. Clases.
2. Sala de recreo con servicios, escalera, etcétera.

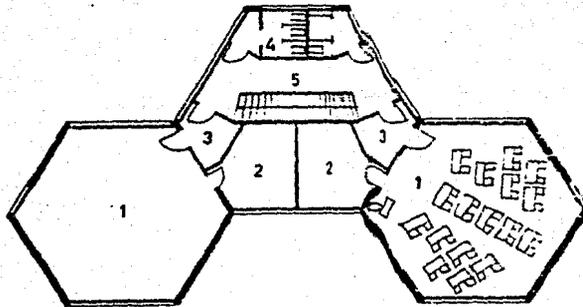


Fig. 33.—Escuela exagonal de Hamburgo.

1. Clases.
2. Trabajos prácticos.
3. Cuarto de espera.
4. Servicios y W.C.
5. Vestíbulo general.

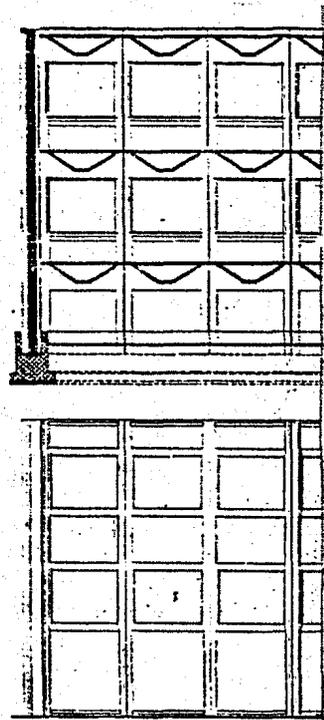
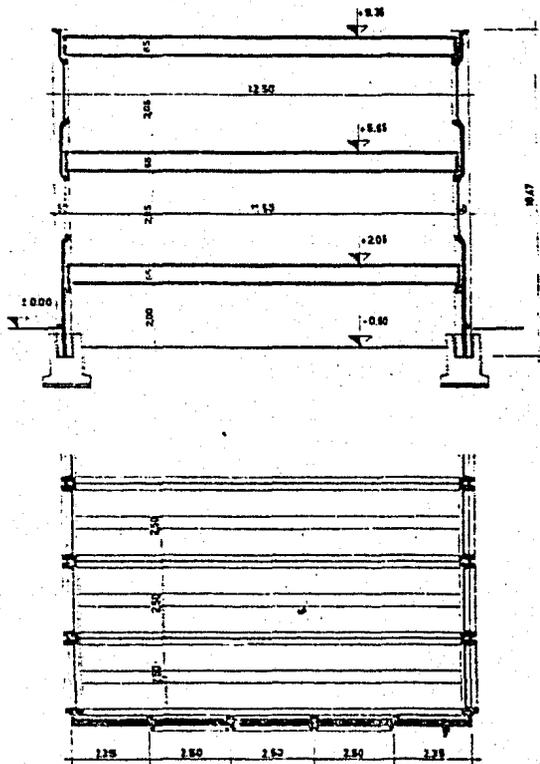


Fig. 35.—Edificio de oficinas con muros de fachada portantes y libre disposición en planta, Cesena (Italia).

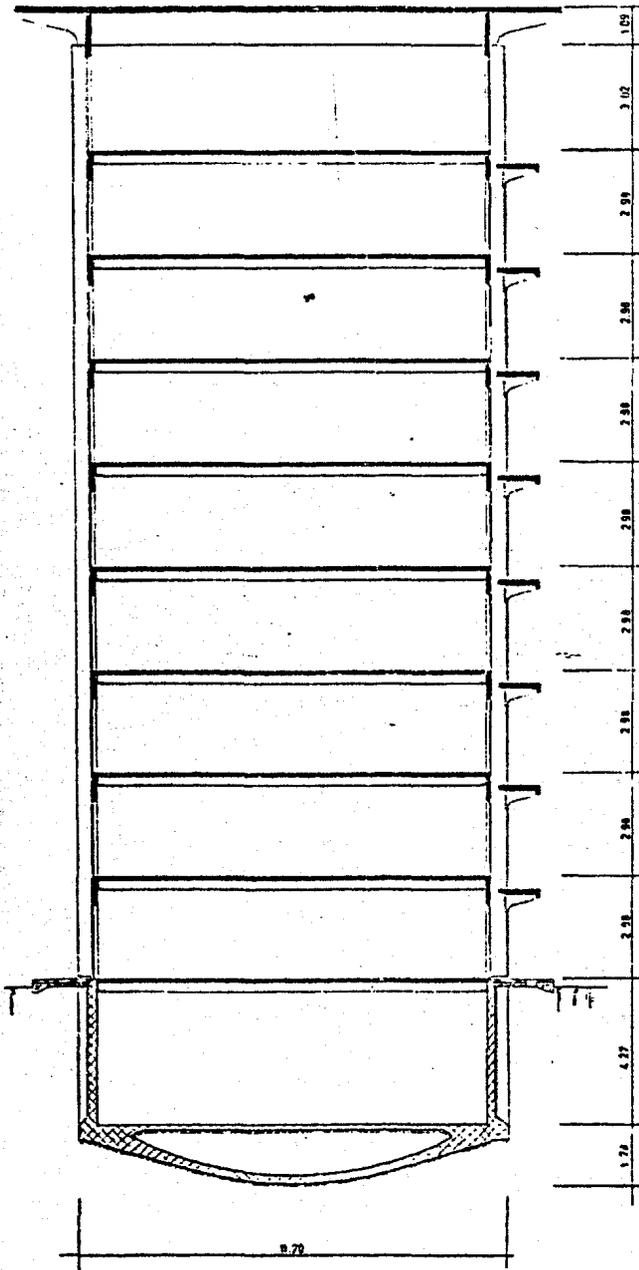


Fig. 39 a.—Edificio de oficinas de la Universidad de California con pilares continuos y grandes piscas de forjado.

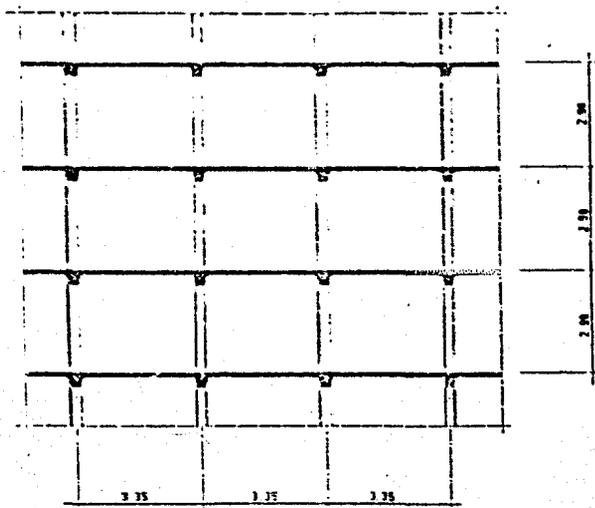


Fig. 39 b.—Sección longitudinal con las placas de forjado en -U-.

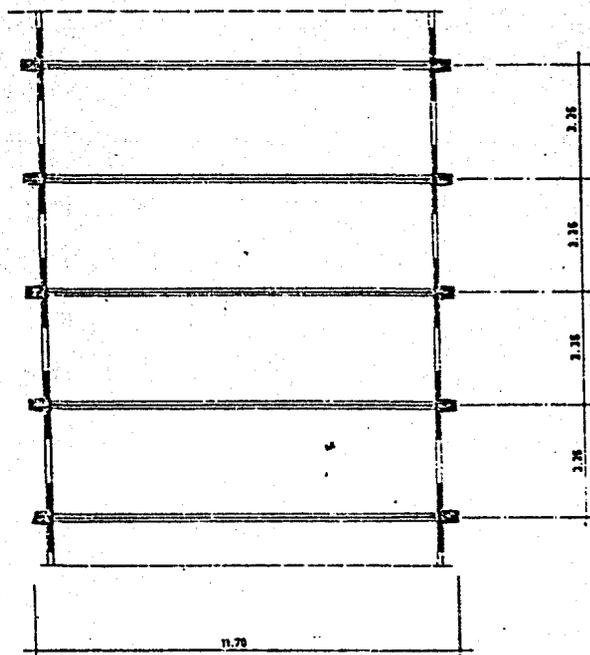


Fig. 39 c.—Vista inferior del forjado.

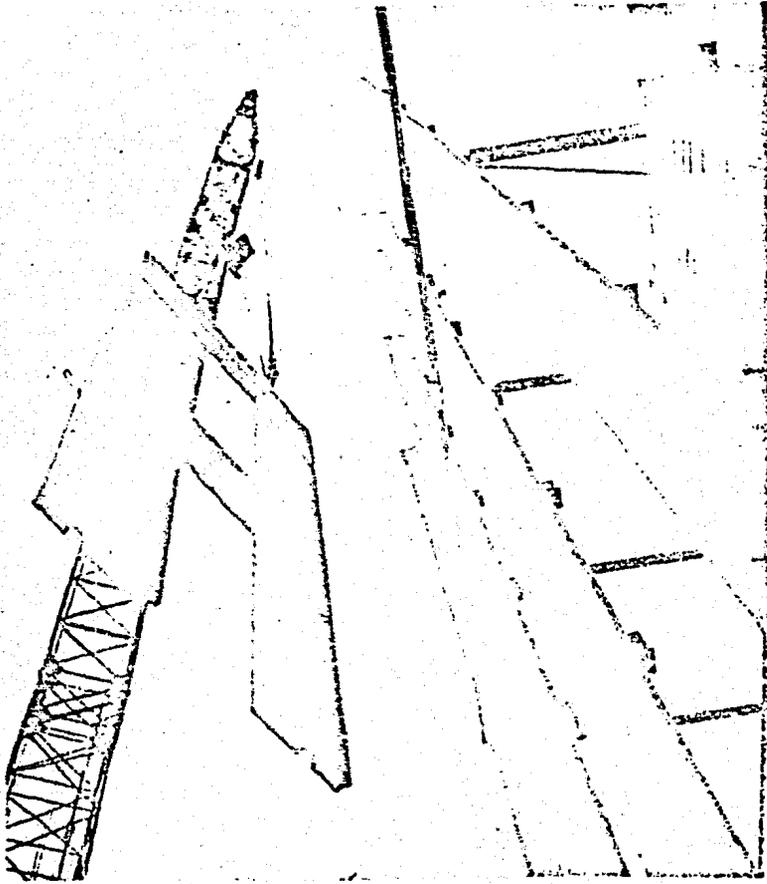


Fig. 40.—Montaje de un panel de fachada de dos plantas de altura.

## PISOS PREFABRICADOS

Los pisos prefabricados se generalizan en la construcción de edificios. Su interés primordial es el evitar el apuntalado tradicional que constituye una pérdida de tiempo y una elevación del precio.

En el procedimiento tradicional el encofrado de vigas, viguetas y bovedillas, necesita hileras de puntales bajo el fondo de los moldes, las cuales se repiten a cada nivel de construcción. Después del colado del forjado, es necesario un plazo de dos o tres semanas para desencofrar la cara inferior y desmontar los puntales.

La prefabricación de viguetas permite entregarlas listas ya para su empleo. Se ponen entre los muros de carga sin puntales, excepto en el caso de las vigas prefabricadas que no tienen más que una zapata de concreto, para las que pueden ser necesarios algunos puntales, en general uno o dos por luz de 4 a 6 Mts. Una vez colocadas, están listas para recibir elementos prefabricados de bovedilla de concreto o de tierra cocida, y el firme de concreto puede ser colado inmediatamente sin encofrados, por lo tanto, sin plazo para desencofrar.

Tales son las características esenciales de los forjados prefabricados. La aplicación de éstos principios da lugar a variantes de concepción, siendo éstas las siguientes:

- Viguetas prefabricadas de armadura metálica y zapata de concreto vibrado; bovedillas prefabricadas de concreto o cerámica;
- Viguetas prefabricadas de armadura metálica y zapata de

concreto pretensado; bovedillas prefabricadas de cerámica

- Viguetas prefabricadas completas de concreto vibrado; bovedillas prefabricadas de concreto o cerámica.
- Viguetas prefabricadas completas de concreto pretensado; bovedillas prefabricadas de concreto o cerámica.
- Viguetas prefabricadas de cerámica y concreto armado vibrado; bovedillas prefabricadas de cerámica.
- Losa prefabricada llena o aligerada de concreto armado y vibrado.

La fabricación de viguetas de éstos diferentes tipos es realizable, en taller fijo o en taller provisional, por la aplicación de métodos que serán tratados posteriormente.

Las zapatas de concreto vibrado pueden ser realizadas de diferentes maneras, bien sobre mesas vibrantes de gran longitud, bien en el suelo sobre la superficie de colado, o bien, en fin, en los moldes depositados sobre la superficie del colado.

Las viguetas completas pueden ser fabricadas con gran ventaja por una máquina vibramoldeadora sobre la superficie de moldeo.

Las losas son fabricadas en el suelo, sobre la superficie del colado o sobre mesa vibrante, o por procedimientos especiales para el caso de losas aligeradas.

Los elementos de forjados pueden ser moldeados verticalmente en molde,

como los tubos, pero pueden igualmente ser obtenidos en una hilera. Estas indicaciones muestran que toda empresa puede instalar para sus necesidades un taller fijo o provisional de prefabricación de viguetas y forjados. Sin embargo, la importancia del mercado de la construcción ha permitido a numerosas fábricas equiparse para producir - estos elementos a escala industrial. Así, existe un centenar de fábricas en Francia equipadas para estas fabricaciones que suministran productos de alta calidad. En la mayoría de los casos, es indicado comprar estos productos en las fábricas especializadas, mejor que crear un taller provisional para un objetivo limitado que no asegure más que una corta duración.

Vamos a revisar las principales fábricas francesas que han recibido el beneplácito del C.S.T.B.

#### 1. Tipo de viguetas prefabricadas con armadura metálica y zapata de concreto vibrado.

##### a) Forjado Kaiser ( tomado del catálogo del C.S.T.R.)

La vigueta se presenta bajo la forma de un sistema de enrejado, compuesto de una armadura superior de chapa delgada, de un enrejado mediano de llanta -- estirada y perfilado en frío, de barras transversales espaciadas .20 cms. y de los dos redondos de acero estirados en frío, que constituyen la armadura inferior ( fig. 90 ).

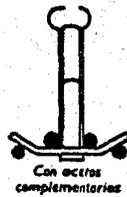
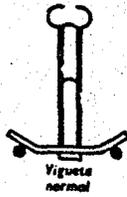
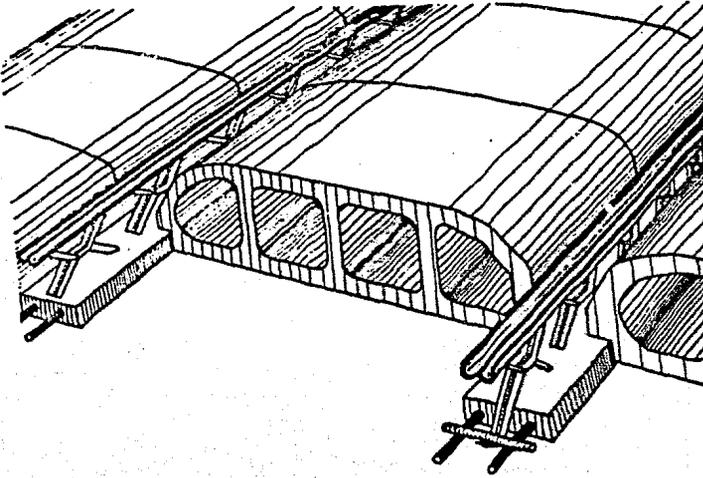


Figura 90  
Sección transversal de la vigüeta de forjados Kaiser (parte metálica).

Las uniones son efectuadas por soldadura por puntos. La fabricación de estas viquetas es industrial; los pliegues y las uniones son hechos por la fábrica de acero de Neunkirchen en máquina continua de - puestos múltiples, y el control de los puntos de soldadura es efectuado electrónicamente durante el curso de la fabricación.

La armadura inferior, compuesta de dos redondos de acero, es envuelta previamente en una zapata de concreto vibrado, cuyos bordes están destinados a servir de apoyo a los elementos de bovedilla prefabricados de concreto. En el caso de empleo de forjados de cerámica, se coloca en esta zapata una placa de tierra cocida como fondo del molde.

Las características normales de los forjados Kaiser están resumidas en los dos cuadros siguientes:

Caso de forjados de tierra cocida, losa de	.4 cms
Altura de las bovedillas . . . . .	13.20 cms
Altura total del forjado . . . . .	17.24 cms
Distancia entre ejes de las viquetas . . . . .	.60 cms
Peso por metro cuadrado . . . . .	220,290 Kgs
Caso de bovedillas de concreto:	
Espesor de la losa . . . . .	3.4 cms
Distancia entre ejes de las viquetas	60 o 62.5 cms
Altura de las bovedillas . . . . .	12.19 cms
Altura total del forjado . . . . .	16.23 cms
Peso por metro cuadrado . . . . .	250,310 Kgs

Los aceros de base se determinan en función de las cargas que el forjado

debe soportar, y de la luz de las viguetas entre los apoyos. Según los casos, estos aceros son:

2 Ø 6 mm

2 Ø 8 mm

2 Ø 10 mm

2 Ø 12 mm

Peró en el caso de fuertes cargas o de grandes luces se pueden agregar aceros suplementarios encima de las barras ( fig. 90 ).

Los aceros tienen las características siguientes:

Aceros de base . . . . .	4	250 Kg/cm <sup>2</sup>	2 830 Kg/cm <sup>2</sup>
Aceros suplementarios . . . . .	4	200 Kg/cm <sup>2</sup>	2 800 Kg/cm <sup>2</sup>
Armadura superior y rejilla . . . . .	2	400 Kg/cm <sup>2</sup>	1 600 Kg/cm <sup>2</sup>

La zapata de preenvoltura tiene una sección de 12 X 4 cms. para utilización con bovedillas de concreto, y de 12 X 5 cms. para el caso de forjados de concreto con placa de cerámica ( fig. 91 ).

Terminada la colocación de las viguetas y bovedillas, se procede al colocado de la losa que recubre al mismo tiempo la parte alta de las vinuetas por encima de la zapata preenvuelta. Esta chapa puede ser armada por un enrejado soldado.

A falta de aceros suplementarios, conviene disponer un puntal aislado -- aproximadamente cada 2 mts. lo que no tiene nada en común con las dos -- hileras de puntales indispensables para el colado de una losa de piso -- tradicional.

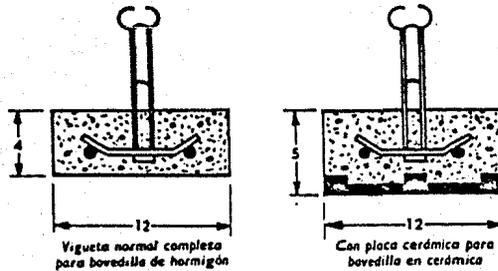


Figura 91  
Sección transversal de la vigueta completa de forjados Kaiser.

El concreto utilizado para el colado de la losa y de sus nervios debe tener una granulometría fina, siendo la gravilla de 15 mm. como máximo. Este concreto debe presentar una resistencia a la compresión por lo menos igual a  $270 \text{ Kg./cm}^2$  a los 28 días de edad.

La losa debe tener un espesor de .4 cms. por encima del punto más alto de los forjados de tierra cocida o de concreto. En el caso de bovedilla de concreto, se puede eventualmente descender a .3 cms., teniendo en cuenta el cuidado de emplear una gravilla pequeña que tenga como máximo 10 mm.

- b) Forjado D.F.C. de Davum (extraído del catálogo del --- C.S.T.B.)

Este forjado se compone de viguetas de rejillas de hierro redondas, cuyas armaduras inferiores de acero Tor o trefinado con muescas, son cubiertas con concreto en el taller

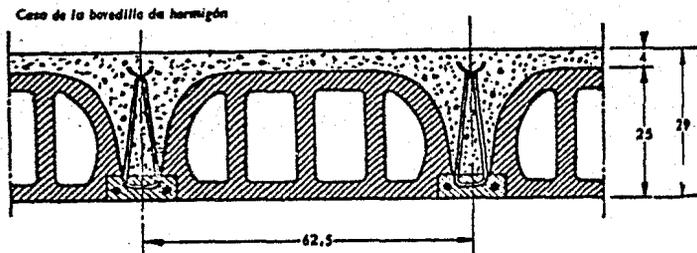
para formar la zapata de apoyo en los cuerpos huecos de concreto o cerámica.

La armadura superior es un hierro plano de acero dulce ordinario, - curvado transversalmente. Los estribos están contruídos por un enre- jado contínuo de alambres de  $\emptyset$  .6 mm. soldados a las dos armaduras superior e inferior.

El monolitismo del forjado se obtiene por el colado con un concreto a 350 Kgs. de cemento por metro cúbico en los nervios entre cuérpos huecos, así como en la losa de compresión de .4 cms. de espesor, ar- mada de una rejilla soldada.

Las bovedillas de cuerpos huecos de concreto o cerámica reposan so- bre los bordes de la zapata que recubre la armadura inferior.

Las características usuales de los forjados D.F.C. están resumidas en los dos cuadros siguientes:



Los aceros que constituyen la armadura inferior son determinados en función de las cargas que el forjado debe soportar y de la luz entre apoyos de las viguetas. En la práctica corriente, estos aceros varían de 2 Ø 8 a 2 Ø 14. Un tercer hierro de refuerzo puede disponerse entre los otros dos.

La zapata de protección de concreto tiene por dimensiones 120 X 40, en el caso de forjados de concreto y de 130 X 46 en el caso de forjados de cerámica. En éste último caso la cara inferior de la zapata está provista de un patín de cerámica, que lleva encima unas muescas de enganche al concreto, teniendo estas muescas un saliente. El espesor del patín de cerámica es de 14 mm.

Durante el colado de los nervios y de la losa, conviene disponer un puntal aislado cada 1.50 mts.

La figura 92 muestra el corte de una losa D.F.C. en los dos casos previstos: forjados de concreto y forjados de cerámica.

- c) Forjado BH de la Société d'Entreprise et de Préfabrication (tomado del catálogo del C.S.T.B.)  
Este forjado se compone de viguetas de rejilla de redondo de hierro con zapata preenvuelta de concreto, y de bovedillas huecas de concreto o de tierra cocida.

La viga está compuesta en su armadura superior, de un

acero soldado sobre varillas transversales, la sección de los aceros inferiores varía de 12 a 16 mm.

Los estribos son aceros de  $\varnothing 6$  o  $\varnothing 8$ , con inclinación de  $45^\circ$  y soldados sobre armadura superior e inferior.

La armadura inferior es preenvuelta en una zapata de concreto de  $9.5 \times 4$  cms. La altura de la vigueta es de 18 cm.

Las bovedillas en forma octogonal, de concreto o tierra cocida, son de simple o doble fila de alvéolos. Las características usuales de los forjados BH son las siguientes:

Entre los ejes de viguetas . . . . .	60 y 75 cms.
Altura de la bovedilla . . . . .	16 cms.
Altura total del forjado . . . . .	20 cms.
Peso por metro cuadrado . . . . .	240 Kgs.
Luz máxima para una sobrecarga de $175 \text{ Kgs./cm.}^2$	5.50 Mts.

d) Forjado Pnat ( tomado del catálogo de C.S.T.B. )

Este tipo de forjado se compone de viguetas y bovedillas con una losa de compresión.

Las viguetas están constituidas por una armadura superior que es un acero redondo de 8 a 12 mm, de diámetro, sucesivamente vertical e inclinada  $45^\circ$ , soldada a los aceros superiores e inferiores.

La armadura inferior va recubierta de una zapata de concreto

concreto de 11 o 12 cms. de anchura y 4,5 cms. de espesor. Es fácil aumentar los estribos en las proximidades de los apoyos, para asegurar la resistencia al esfuerzo cortante, reduciendo el paso de pliegue de la barra o agregando una barra plegada suplementaria. Las bovedillas son cuerpos huecos de concreto que presentan en la parte baja unas ranuras destinadas a asegurar su apoyo sobre las alas de las viguetas.

La chapa colada al mismo tiempo que los nervios debe ser armada de una reja soldada.

Las características usuales de las losas Prat son las siguientes:

Distancia entre ejes de viguetas . . . . .	60 o 75 cm.
Altura de la bovedilla . . . . .	12 a 27 cm.
Altura total del forjado . . . . .	16 a 31 cm.
Peso por metro cuadrado . . . . .	225 a 340 Kg.
Luces máximas para las sobrecargas	
de 185 Kg./cm <sup>2</sup> . . . . .	4,25 a 7 Mt.
200 Kg./cm <sup>2</sup> . . . . .	4 a 6,50 Mt.
400 Kg./cm <sup>2</sup> . . . . .	3,50 a 5,75 Mt.

El mismo fabricante suministra elementos de forjados para resistencia más fuerte, llamados P-400. Están basados en los mismos principios indicados antes, pero llevan un refuerzo que permite alcanzar luces de 9 mts. para una sobrecarga de 250 kg./Mt.<sup>2</sup>

La armadura superior está constituida por dos barras de acero dulce de  $\varnothing$  10.

La armadura inferior está formada por barras de acero - Tor de  $\varnothing$  16. La rejilla está constituida por cercos - verticales y cercos inclinados  $45^\circ$  de acero dulce de --  $\varnothing$  6 u 8.

Las bovedillas son cuerpos huecos de concreto y existen dos formas, según que la distancia entre ejes de las vi- guetas sea igual a 60 o a 75 cms. la chapa y los ner- vios sean colados juntos con interposición de una reja soldada para armar la chapa.

Las características de los pavimentos reforzados Prat - P-400 son las siguientes:

Distancia entre ejes de viguetas . . .	60 y 75 cms.
Altura de la bovedilla . . . . .	35 cms.
Altura total del forjado . . . . .	40 cms.
Peso por metro cuadrado . . . . .	450 a 480 Kg.
Luz máxima para una sobrecarga de 250 Kg./Mt. <sup>2</sup> . . . . .	9 Mt.

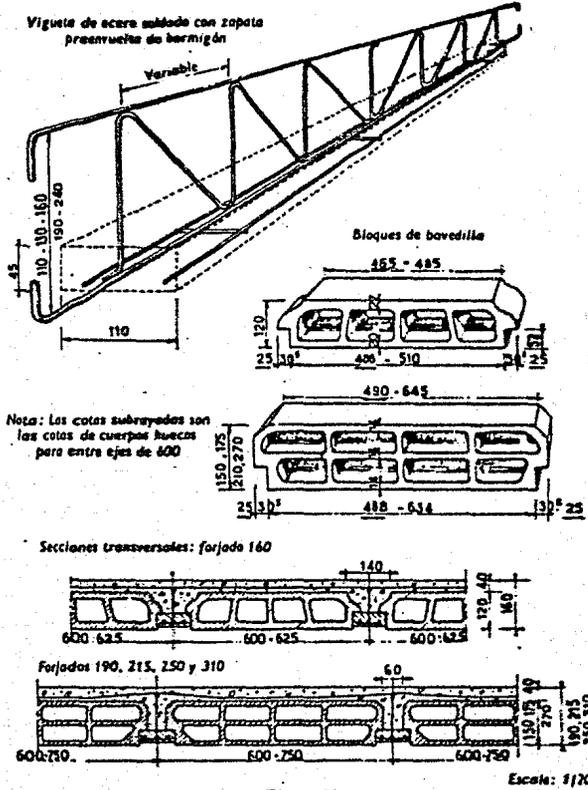


Figura 93  
Forjado Prat.

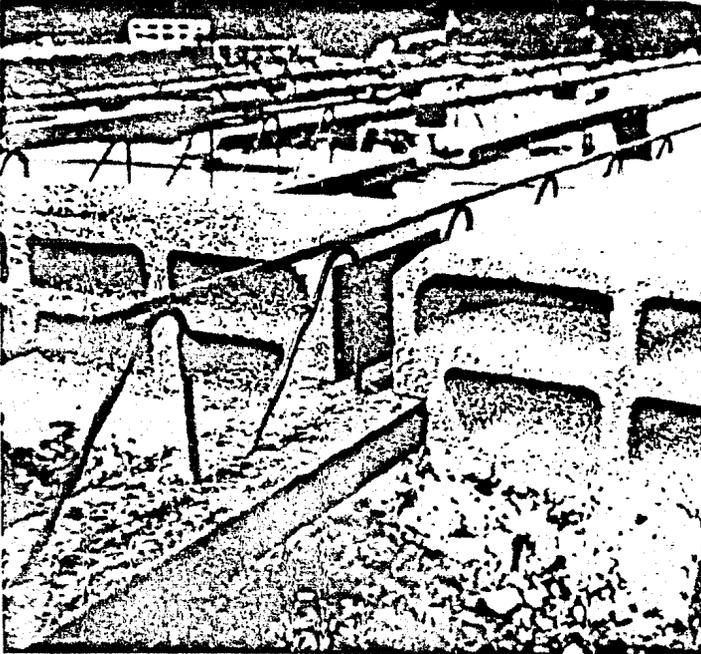


Figura 94  
Fonado Prat en curso de realización.

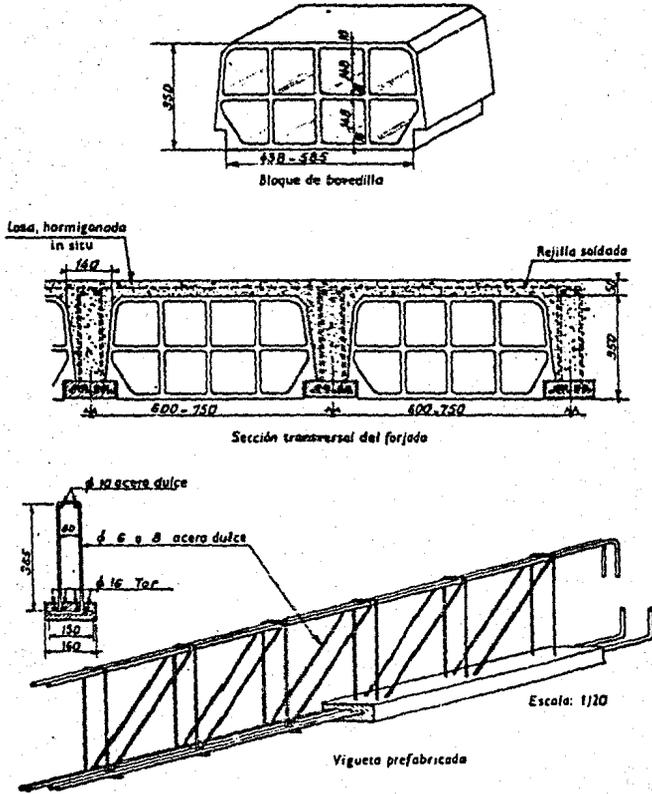


Figura 95  
Forjado Pratt reforzado, tipo P-400.

- e) Forjado "Filigrane" de los "Etablissements Ernest Pantz"  
(tomado del catálogo del C.S.T.B.)

Las viguetas de este forjado comprenden:

- Una armadura superior formada por una llanta perfilada en  $\emptyset$  de 40 X 1.5 mm. o 40 X 2 mm.
- Una armadura inferior constituida por dos barras de acero forjado  $\emptyset$  8, 10, 12 o 14 redondo
- Una reja obtenida a partir de un hierro continuo  $\emptyset$  8 o  $\emptyset$  7 soldado a las dos armaduras
- Una zapata de recubrimiento de concreto vibrado, de 100 por 38 mm. eventualmente forrada con una plaqueta de cerámica.

Las bovedillas de cuerpo hueco son de concreto, de tierra cocida o de poliestireno expandido.

Las viguetas son fabricadas en una máquina continua enteramente automática.

Este procedimiento permite ejecutar las variantes siguientes:

- En bovedillas de concreto con losa de compresión
- En bovedillas de concreto de carga
- En bovedillas de cerámica con losa de compresión
- En bovedillas de cerámica de carga
- En bovedillas de poliestireno expandido

La figura 96 representa las muestras de los diferentes tipos

de estos forjados.

El colado de la chapa y de los nervios es ejecutado como en los forjados análogos ya citados, y la chapa está armada con una rejilla soldada.

Las características de los forjados "Filiigrane" son las siguientes:

Con cuerpo hueco en concreto:

Distancia entre ejes de viguetas . . . . .	60 cms.
Dimensiones de la bovedilla . . . . .	20 X 50 y 25 X 50 cms.
Altura de la bovedilla . . . . .	12 a 25 cms.
Altura total del forjado . . . . .	16 a 30 cms.
Peso por metro cuadrado . . . . .	210 a 415 Kgs.
Luz máxima para una sobrecarga de 175 Kgs./Mt. <sup>2</sup> :	
Sobre apoyos libres . . . . .	4.10 a 7.25 Mts.
En continuidad . . . . .	4.90 a 8.70 Mts.

Con cuerpo hueco en cerámica:

Distancia entre ejes de las viguetas . . . . .	60 cms.
Dimensiones de la bovedilla . . . . .	20 X 46 y 25 X 46 cms.
Altura de la bovedilla . . . . .	12 a 25 cms.
Altura total del forjado . . . . .	16 a 30 cms.
Peso por metro cuadrado . . . . .	210 a 350 Kgs.
Luz admisible sobre apoyos libres . . . . .	3.90 a 7.10 Mts.
Luz admisible en continuidad para sobrecargas de 175 Kgs./Mts. <sup>2</sup> . . . . .	4.70 a 8.50 Mts.

Con cuerpo hueco de polistireno expandido:

Distancia entre ejes de viquetas . . . . .	50 cms.
Dimensiones de la bovedilla . . . . .	20 X 40 cms.
Altura de la bovedilla . . . . .	16 a 30 cms.
Altura total del forjado . . . . .	21 a 35 cms.
Peso por metro cuadrado . . . . .	215 a 295 Kgs.
Luz admisible sobre apoyos libres . . . . .	4.70 a 7.80 Mts.
Luz admisible en continuidad para sobre carga de 175 Kgs./Mt. <sup>2</sup> . . . . .	5.65 a 9.35 Mts.

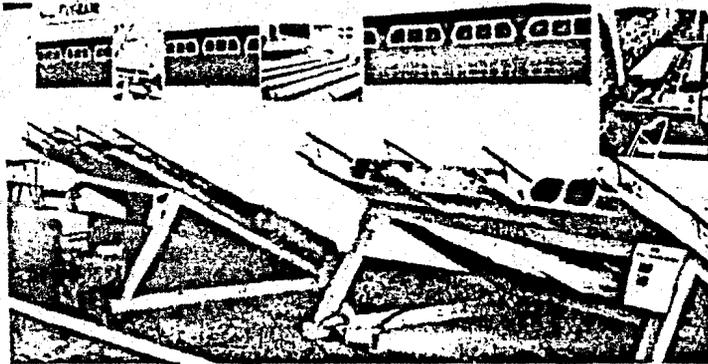


Figura 96  
Forjado «Filigrane».

f) Forjado Titán ( tomado del catálogo del C.S.T.B.)

Este forjado, análogo a los precedentes, comprende las viguetas semicubiertas, los cuerpos huecos y una losa de compresión.

Las viguetas de este forjado comprenden:

- Una armadura superior formada por una o dos barras de acero redondo en los diámetros 8, 10 y 12 mm.
- Una armadura inferior formada por un acero central con dos barras de refuerzo situadas a una y otra parte, -- el conjunto es soldado sobre varillas transversales de acero  $\emptyset$  5 espaciadas 40 cms, los diámetros de las barras varían de 5 a 20 mm.
- Una rejilla formada de barras de acero redondo de  $\emptyset$  5 a 10 verticales o inclinadas  $45^\circ$  soldadas a las armaduras superior e inferior.
- Una zapata de recubrimiento de concreto vibrado, de sección rectangular variable de 100 X 40 a 130 X 50.

Las bovedillas son cuerpos huecos prefabricados de concreto.

Las características de los forjados Titán son las siguientes:

Distancia entre ejes de viguetas . . . . .	60 a 75 cms.
Altura de la bovedilla . . . . .	12 a 36 cms.
Altura total del forjado . . . . .	16 a 40 cms.
Peso por metro cuadrado . . . . .	220 a 500 Kqs.

g) Forjado "Fabre" ( tomado del catálogo del C.S.T.B.)

Este forjado está constituido por viguetas prefabricadas de cerámica y concreto vibrado, y de bovedillas de cuerpos huecos de cerámica. Las viguetas tienen una pared cerámica en forma de U que contiene el concreto armado. La armadura está formada por tres barras longitudinales y estribos.

La zapata rebasa longitudinalmente los dos costados para dar apoyo a los elementos de bovedilla por sus ranuras.

El concreto de relleno es vertido entre las viguetas y bovedillas y al mismo tiempo la losa de compresión armada de una rejilla soldada.

El peso de este forjado por metro cuadrado sin losa de compresión es de:

110 Kgs. para el tipo F 10

125 Kgs. para el tipo F 12

133 y 153 para el tipo F 15

Con la losa de compresión la luz máxima es de:

3.25 Mts. para el tipo F 10

4.50 Mts. para el tipo F 12

5.50 Mts. para el tipo F 15

Con las viguetas de altura 0.15 mm., el tipo F 20 tiene un peso por metro cuadrado de 185 Kgs. sin losa,; con una lo-

sa, su luz puede llegar a 7 mm.

Los tipos F 15 y F 20 pueden recibir bovedillas con losa de compresión cerámica, lo que limita el concreto - de relleno a los intervalos entre bovedillas. En este caso los pesos por metro cuadrado son respectivamente- 158 y 220 Kgs. y las luces máximas de 4.25 y 5.50.

2. Tipo de viguetas prefabricadas enteramente recubiertas de concreto vibrado.

a) Forjado E.R.B. (tomado del catálogo del C.S.T.B.)

Este tipo de forjado está constituido por viguetas de - concreto armado vibrado en forma de T invertida.

La armadura de esta viga comprende:

- Barras de acero dulce longitudinales en la zapata
- Estribos de acero dulce transversales cuya abrazadera superior sobrepasa el alma de la T en espera.

Estas viguetas van unidas a forjados de cuerpo hueco de concreto de 4 alveolos y presentan una ranura longitudinal.

Estos cuerpos huecos tienen las características siguientes: en su parte superior se encuentra una cara maciza de 380 mm. de anchura y en cada lado, un estribo hueco de 100 mm. de ancho. En cada extremidad hay una ranura para poner las armaduras transversales.

Después de colocados los elementos constitutivos, la cara superior de la vigueta y los estribos de las bovedillas-adyacentes forman una cavidad que se llena de concreto, -vertido en la obra y enrasado justo al nivel de la cara superior de las bovedillas.

Las abrazaderas de los estribos, que salen de la vigueta, sirven de aceros de costura para asegurar el enlace de la vigueta con el concreto de relleno.

Las características del forjado E.R.B. son las siguientes:

Distancia ente ejes de las viguetas . . . . .	66.5 cms.
Altura de las viguetas . . . . .	14 cms.
Altura total del forjado . . . . .	18 cms.
Peso por metro cuadrado . . . . .	185 Kgs.

Luz máxima entre apoyos libres para sobrecarga de:

175 Kgs./Mt. <sup>2</sup> . . . . .	Igual a 7 Mt.
250 Kgs./Mt. <sup>2</sup> . . . . .	Igual a 6.50 Mt.
400 Kgs./Mt. <sup>2</sup> . . . . .	Igual a 6 Mt.

b) Forjado Nova (tomado del catálogo del C.S.T.B.)

Este forjado esfa constituido por:

- Viguetas prefabricadas a partir de un perfil metálico en forma de X reforzado por un acero soldado a la salida del ala del perfil, el perfil se cuela a continuación con concreto vibrado.
- Forjados de cuerpo hueco de concreto

- Una losa de compresión, armada de una rejilla soldada que envuelve al mismo tiempo a la cabeza de las viguetas.
- Las bovedillas tienen una hendidura longitudinal para hacerlos apoyarse sobre las alas de las viguetas.

Las características de los pavimentos Nova son las siguientes:

Distancia entre ejes de vi <u>g</u> ue <u>t</u> as . . . . .	62.5	cms
Altura de la bovedilla . . . . .	12 a 20	cms
Altura total del forjado . . . . .	16 a 24	cms
Peso por metro cuadrado . . . . .	220 a 250	Kgs

Luz máxima sobre apoyos libres para sobrecargas de:

175 Kgs./Mt. <sup>2</sup> . . . . .	4.50 a 6.50	Mts
250 Kgs./Mt. <sup>2</sup> . . . . .	4.20 a 6	Mt's
400 Kgs./Mt. <sup>2</sup> . . . . .	3.70 a 5.30	Mts

c) Forjado Predal ( tomado del catálogo del C.S.T.B.)

Esta losa está constituida por una o varias viguetas prefabricadas unidas, de concreto vibrado, de 8 cms. de altura, formando un encofrado perdido resistente, en el cual es colocada una losa maciza de un espesor mínimo de 11 cms.

Las viguetas de longitud variable, en forma de T invertida son fabricadas al revés en una máquina especial provista - de moldes metálicos. Los nervios están perforados de 20 - en 20 cms. para dar paso a las barras de acero transversales, que serán colocadas antes del colado de la losa. Las

perforaciones se obtienen por pistones escamotables montados sobre la máquina. El interés de este tipo de forjado es que se comporta como una losa maciza y que se calcula de la misma manera.

Las características del forjado Predal son las siguientes

Distancia ente ejes de viguetas . . . . . N X 12.5 cms.  
 Altura de los nervios . . . . . 8 cms.  
 Espesors del forjado terminado . . a partir de 11 cms.  
 y más  
 Luz máxima para sobrecargas con apoyos libres: 6 cms.  
 Peso por metro cuadrado . . . . 275 Kgs. para 11 cms.

d) Forjado R.P.F. de la Rennaise de Préfabrication ( tomado - del catálogo del C.S.T.B. )

Este forjado está constituido por:

- Viguetas de concreto armado vibrado, de sección en forma de T invertida, cuya armadura comprende aceros longitudinales inferiores, y un acero superior de manipulación, unidos por estribos verticales cuya abrazadera sobresale en espera.
- Boyedillas cuerpo hueco de concreto de tres alvéolos o cuatro, teniendo lateralmente ranuras en su parte inferior.
- Una losa de compresión armada de una rejilla soldada, que cubre al mismo tiempo los cuerpos de las viguetas.

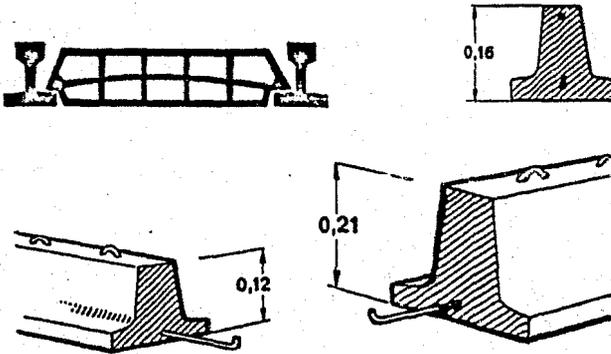
Las viguetas son fabricadas de concreto dosificado a 400 Kgs. de cemento CPA por metro cúbico, y las bovedillas - de concreto dosificado a 250 Kgs. de cemento CPA.

El fabricante construye igualmente forjados del tipo -- P.I.P. de características parecidas, pero con losa de -- compresión ( fig. 98 ).

Las características del forjado R.P.F. son las siguientes:

Distancia ente ejes de viguetas . . . . .	40 a 60 cms.
Altura de la bovedilla . . . . .	12 a 21 cms.
Altura total del forjado . . . . .	16 a 25 cms.
Peso por metro cuadrado . . . . .	235 a 345 Kgs.
Luces máximas para sobrecargas de:	
175 Kgs./Mt. <sup>2</sup> . . . . .	5.0 a 7.0 Mts.
250 Kgs./Mt. <sup>2</sup> . . . . .	4.3 a 6.6 Mts.
400 Kgs./Mt. <sup>2</sup> . . . . .	3.9 a 5.8 Mts.

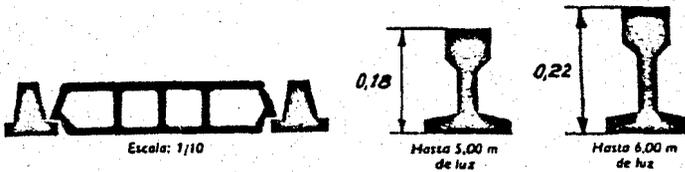
TIPO R.P.F. (Aceptado C.S.T.B. n.° 1184)



Escala: 1/10

Figura 97  
Forjado R.P.F.

TIPO P.I.P. (Aceptado C.S.T.B. n.° 1124)



Escala: 1/10

Figura 98  
Forjado P.I.P.

3. Tipo de viguetas prefabricadas con armadura metálica y zapata pretensada.

a) Forjado Stahlton ( tomado del catálogo del C.S.T.B.)

Este forjado está constituido por viguetas pretensadas, que están formadas por ladrillos de tierra cocida en forma de peine, unidos extremo con extremo sobre juntas de mortero, y cuyas ranuras entre los dientes del peine se rellenan de concreto, en el que están metidos los hierros de pretensado. En los extremos de las viguetas, los alambres se introducen en un bloque de concreto. Los estribos se colocan en las juntas entre los elementos cerámicos.

El forjado se completa por el colado de los nervios y generalmente por una losa de comprensión de 4 a 6 cms. de espesor,

Los alambres de acero con muescas tienen un diámetro de 3,2 y 4 mm.

Las características del forjado Stahlton son las siguientes:

Distancia entre ejes de viguetas . . . . .	35.5, 50, 62,5 cms
Altura de la bovedilla . . . . .	10 a 24 cms
Altura total del forjado . . . . .	14 a 28 cms
Peso por metro cuadrado . . . . .	230 a 420 Kgs

Luces máximas para sobrecargas de:

175 Kgs./Mt. <sup>2</sup> . . . . .	4.20 a 8.00 Mts.
250 Kgs./Mt. <sup>2</sup> . . . . .	4.20 a 7.50 Mts.f
400 Kgs./Mt. <sup>2</sup> . . . . .	3.80 a 6.80 Mts.

b) Forjado Précérba.

Este forjado está constituido por viguetas prefabricadas de cerámica pretensada, formada por elementos multialveolares, colocados a tope, sobre los que reposan los forjados intermedios igualmente de cerámica.

El forjado se termina por el colado de las juntas verticales entre viguetas y cuerpos huecos. Al mismo tiempo, puede ser colada una losa de compresión con concreto vibrado, armada por una rejilla soldada.

En el caso de grandes luces o fuertes sobrecargas, las viguetas pueden ser colocadas juntas sin interposición de bovedillas intermedias. El concreto de relleno se vierte entonces en las juntas verticales entre las viguetas juntas.

Los tableros de forjado se construyen en fábrica de un ancho de 1.60 Mts. comprendiendo tres viguetas y las bovedillas correspondientes ( fig. 101 ).

La unión cerámica-concreto, favorecida por la excelente adherencia entre estos dos materiales, aprovecha al máximo las cualidades mecánicas de la cerámica: alta re-

sistencia, ligereza, ausencia de fluencia y de contrac  
ción.

Sometida al pretensado, la cerámica no es solamente un simple material de relleno, sino un elemento resistente de la construcción.

Las principales ventajas de este tipo de forjado se re  
sume a continuación:

- En el curso de su fabricación, los elementos de cerá  
mica pretensada son sometidos a esfuerzos superiores a los que sufrirán en el curso de la utilización en los forjados, siendo una severa prueba de recepción la que da una total garantía de su resistencia.
- Los forjados de cerámica pretensada aseguran un buen aislamiento térmico y sonoro.
- Resisten eficazmente el fuego.
- Son ligeros y permiten así una economía apreciable sobre la estructura de concreto armado y sobre las cimentaciones.
- Presentan una superficie de techo homogénea, no ne  
cesitando más que un simple enlucido de escayola - que se adhiere perfectamente, los regueros, debidos a las condensaciones, se evitan completamente.
- Son rígidos y, por efecto del pretensado, los riesgos de agrietamiento de los techos son prácticamente nulos.

Las características de forjado Précerba varían según - las fábricas autorizadas para poner en práctica este - procedimiento, sobre todo en lo que concierne a la forma y dimensiones de bovedillas de cuerpos huecos. A - título de ejemplo se da el cuadro de características - de los forjados Précerba fabricados por la S.E.I.B.P. en su fábrica de Toulouse ( fig. 102 )

La fabricación de las viguetas está realizada sobre su superficies de colado ( fig. 103 ). Cada superficie -- constituye un banco de pretensado, siendo efectuada -- esta operación sobre toda la longitud de la superficie.

La figura 104 muestra el extremo del banco donde se encuentra el dispositivo para poner en tensión los cables por los gatos. El otro extremo del banco contiene los amarres de los cables.

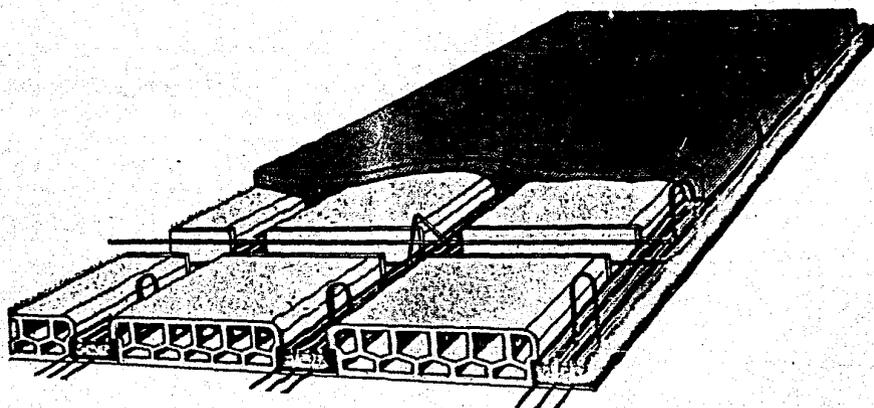


Figura 99  
Composición del forjado Stahlon.



Figura 100  
Viguetas prefabricadas de cerámica pretensada. Procedimiento Prércerba.

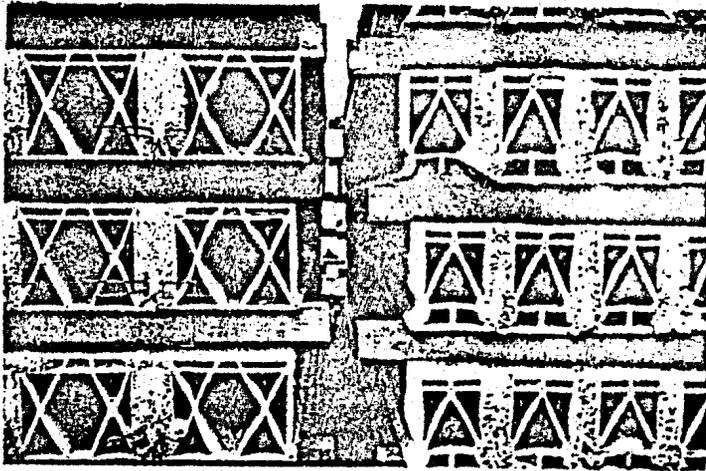


Figura 101  
Tableros de forjado Prércerba.

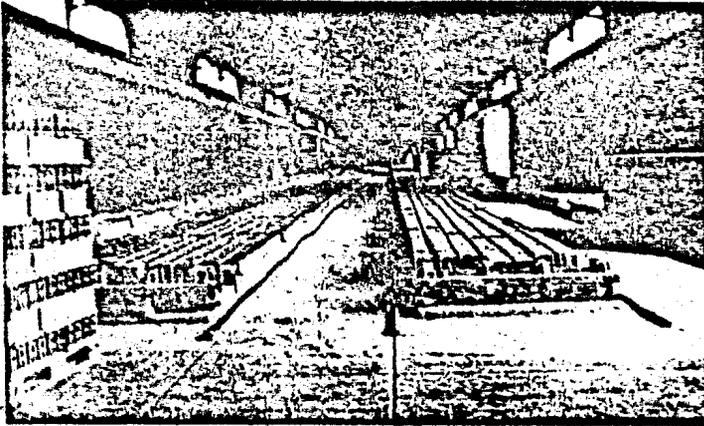


Figura 101 a

Vista del conjunto de un taller de fabricación de viguetas de cerámica y hormigón pretensado.  
Procedimiento Précerba.

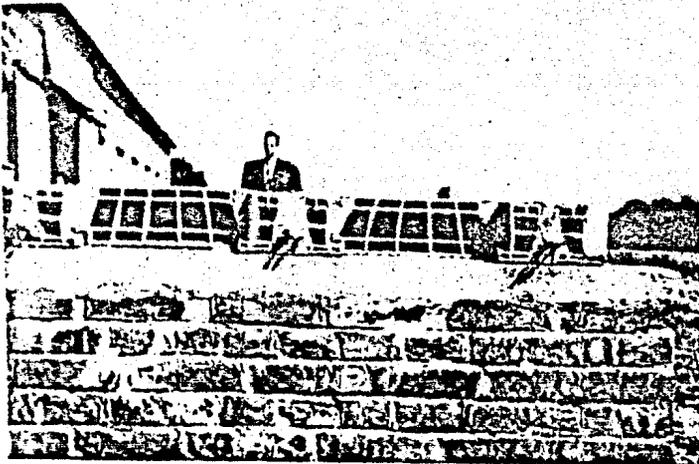


Figura 101 b

Vista en corte de un forjado Précerba.

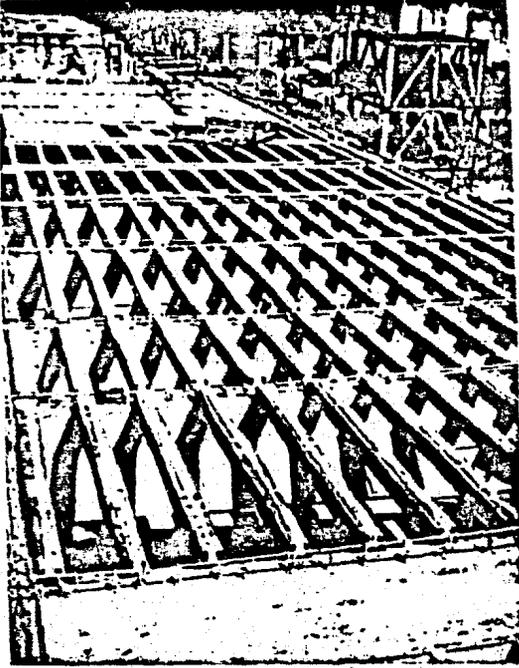


Figura 101 c  
Forjado Prácerba en curso de colocación.

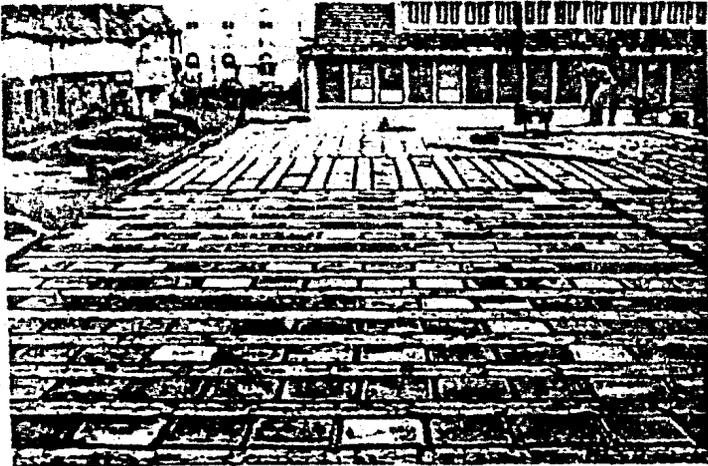


Figura 101 d  
Forjado colocado antes de verter el hormigón de relleno de justas. Sistema Prácerba.

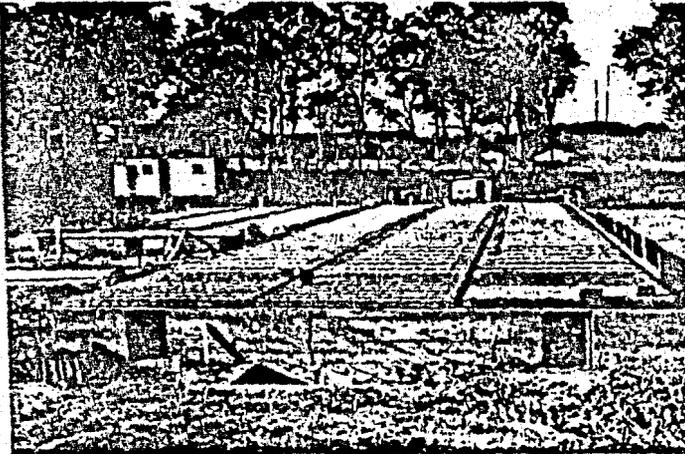
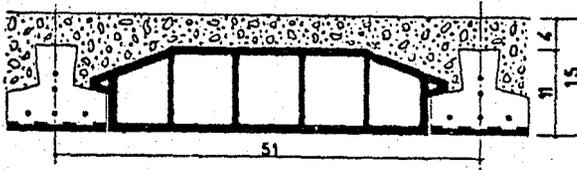


Figura 101 e  
Vista de conjunto de un forjado Précerba en curso de colocación.

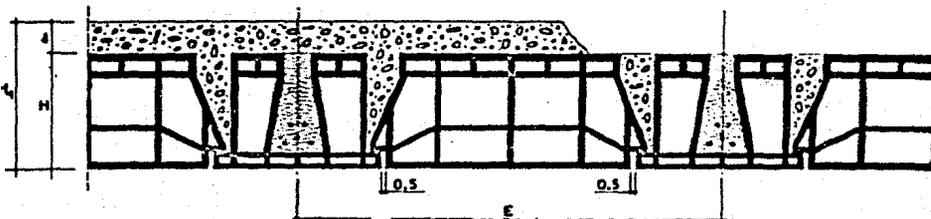
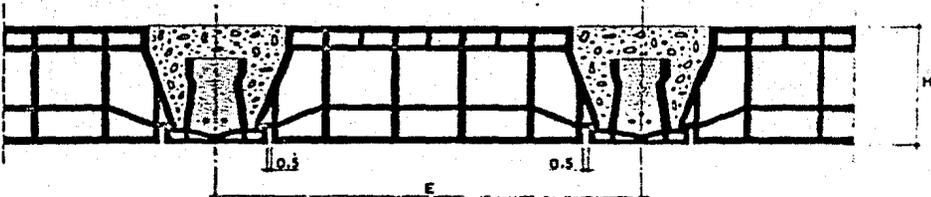
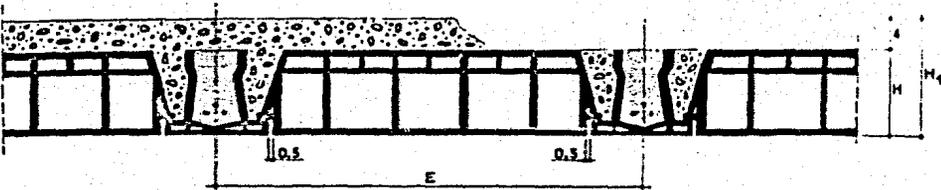
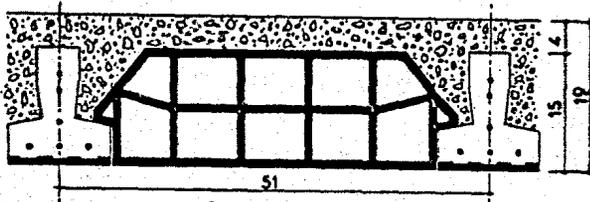
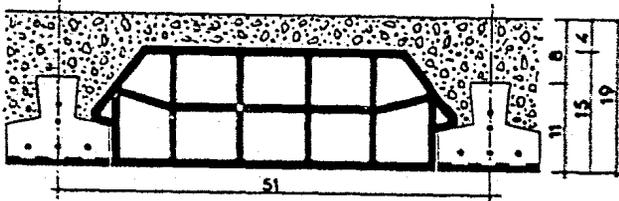


Figura 102  
Características de los forjados Précerba.

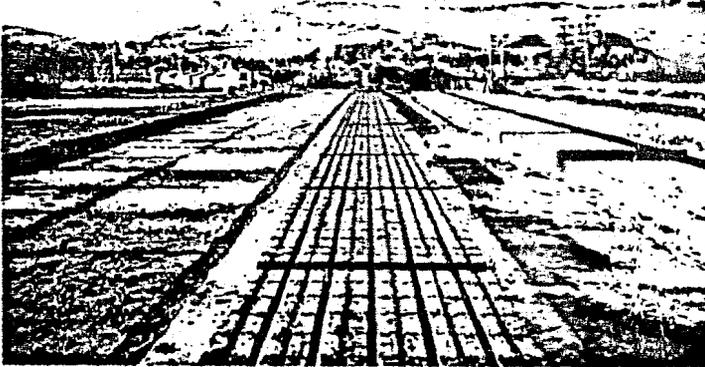


Figura 103

Superficie de fabricación de viguetas pretensadas Précerba en la fábrica Limoux.

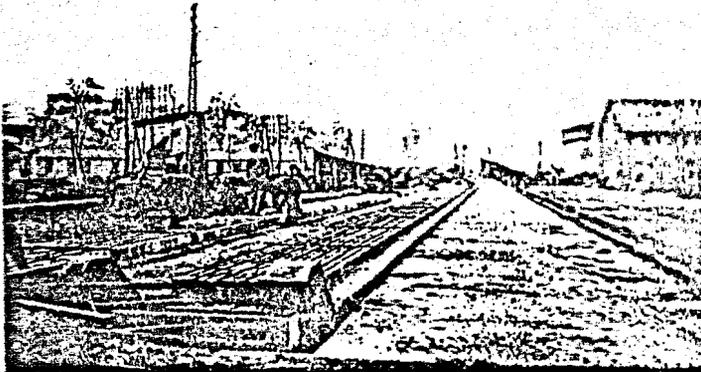


Figura 104

Dispositivo para poner en tensión los cables en la fabricación de viguetas pretensadas. Précerba en la fábrica de Limoux.

4.- Tipo de viguetas prefabricadas enteramente recubiertas con concreto pretensado.

a) Forjado Billiard ( tomado del catálogo de. C.S.T.B.)

Este forjado está constituido por viguetas de concreto pretensado en forma de T invertida. Estas viguetas están unidas a bovedillas de cuerpo hueco de concreto, que descansan por sus ranuras longitudinales sobre los bordes de la cabeza de las viguetas.

El forjado se termina con el vertido del concreto en las juntas verticales entre viguetas y forjados. Al mismo tiempo, puede ser colada una losa de compresión de concreto vibrado armado con una rejilla soldada. Las características de las viguetas están esencialmente basadas sobre su sección y el número de alambres de pretensado.

Una variante de este procedimiento consiste en no utilizar forjados prefabricados y en extender sobre las viguetas una rejilla de metal deployé, haciendo oficio de encofrado perdido, sobre el que es colada una losa de compresión.

Las figuras 106 y 107 muestran la colocación de viguetas prefabricadas.

La figura 108 señala la colocación de bovedillas cuerpo hueco de concreto prefabricado.

La figura 109 muestra un conjunto después de la colocación de las bovedillas y de la rejilla soldada.

El cuadro siguiente da las características usuales de los pavimentos Billiard, que son fabricados por los Etablissements Fimaco-Vosges en su fábrica de Saint Dié:

Distancias entre ejes de viquetas . . .	60, 70 y 75 cms.
Altura de la bovedilla . . .	10 a 40 cms.
Altura total del forjado . . . .	14 a 44 cms.
Peso por metro cuadrado. . . . .	127 a 430 Kgs.

Luces máximas para sobrecargas de:

175 Kgs./Mt. <sup>2</sup> . . . . .	4.00 a 12.00	Mts.
250 Kgs./Mt. <sup>2</sup> . . . . .	3.30 a 11.90	Mts.
400 Kgs./Mt. <sup>2</sup> . . . . .	3.00 a 11.10	Mts.
500 Kgs./Mt. <sup>2</sup> . . . . .	4.90 a 10.80	Mts.

b) Forjado Ficheux ( tomado del catálogo del C.S.T.B. )

Este forjado está constituido por viquetas de concreto pretensado, presentando la forma de una doble T, con la losa de compresión incorporada. Estas viquetas son autoportantes y pueden ser, pues, colocadas sin puntales intermedios entre los apoyos. También pueden emplearse -- con losas prefabricadas de concreto y particularmente de concreto celular.

Las características de los forjados Ficheux son las siguientes:

La distancia ente ejes de las viguetas es variable a voluntad.

Altura de la vigueta . . . . .	18 a 100 cms
Espesor del alma . . . . .	4 a 12 cms
Anchura del talón . . . . .	15 a 75/42 cms
Altura total del forjado . . . . .	32 a 110 cms
Peso por metro cuadrado . . . . .	185 a 970 Kgs.

Luz máxima para una sobrecarga de:

500 Kgs./Mt. <sup>2</sup> . . . . .	4.20 a 25 Mts.
1000 Kgs./Mt. <sup>2</sup> . . . . .	3.80 a 19 Mts.

(en luz libre, ente ejes; 100 cms.)

Independientemente de las viquetas en doble T, el mismo fabricante tiene una producción de nervios de concreto pretensado en forma de T invertida, que son utilizados con una losa de compresión, y pueden ser unidos a bovedillas de cuerpo hueco de concreto. Como en los sistemas precedentes, el concreto de relleno en vertido en los intervalos entre los nervios y las bovedillas, al mismo tiempo que la losa de compresión que puede ser armada por una rejilla soldada.

Las características de los nervios Ficheux son las siguientes:

La distancia ente ejes de las viguetas es variable a voluntad.

Altura de la vigueta . . . . .	12 a 80 cms.
Espesor del alma . . . . .	3.5 a 14 cms.
Anchura del talón . . . . .	11,5 a 44 cms.
Altura total del forjado . . . . .	25 a 90 cms.
Peso por metro cuadrado . . . . .	165 a 620 Kgs.

Luz máxima para una sobrecarga de:

500 Kgs./mts. <sup>2</sup> . . . . .	5,20 a 22 Mts.
100 Kgs./Mts. <sup>2</sup> . . . . .	6,60 a 18,20 Mts

(en luz libre entre ejes 100 cms.)

El mismo fabricante tiene igualmente una producción de nervios en forma de U para realizar las viguetas de sección gruesa, destinadas a quedar aparentes. Estos nervios de concreto pretensado son huecos: las dos ramas de la U tienen aceros en espera para asegurar el enlace con una losa de compresión. Este sistema presenta el inconveniente de que es necesario encofrar la cara inferior de la losa con tirantes en los intervalos entre los nervios, ya que no ofrece ningún relieve que permita enganchar los tableros del encofrado.

Las características de los nervios en U son las siguientes:

La distancia entre ejes de las viguetas es variable a voluntad.

Altura de la vigueta . . . . .	30 a 40 cms.
Anchura de la vigueta . . . . .	25 a 29 cms.
Altura total del forjado . . . . .	35 a 53 cms.
Peso por metro cuadrado . . . . .	230 a 440 Kgs.

Luz máxima para una sobrecarga de:

300 Kgs./Mt.<sup>2</sup> . . . . . 10.50 a 13.50 Mts.

(En luz libre entre ejes 100 cms.)

Estas realizaciones de los Etablissements Ficheux son interesantes porque el concreto pretensado permite realizar pavimentos de gran luz o pueden resistir fuertes sobrecargas. Así, pues, las viguetas de tipo L 100/42/75 pueden servir hasta para luces de 20 Mts. con una sobrecarga de 1000 Kgs./Mt.<sup>2</sup>, lo que permite utilizarlos para la construcción de pavimentos en los edificios comerciales y ciertos edificios industriales.

Así mismo, los nervios de tipo L 80/44, unidos a una losa de compresión, permiten las mismas ventajas. Los nervios en U satisfacen también las condiciones de gran luz, y pueden servir para la construcción de losas en los edificios públicos y en particular locales escolares.

En fin, estas tres categorías de elementos de concreto pretensado pueden ser reforzados; se les puede separar o acercar para adaptar la losa a las sobrecargas que -

debe soportar.

c) Forjado Fabre (tomado del catálogo del C.S.T.B.)

Este es un forjado de concreto pretensado, constituido por viguetas prefabricadas enteramente recubiertas fabricadas en la vibromoldeadora sobre superficie de colado con alambres previamente tensados, y de forjados de cuerpo hueco de tierra cocida.

El concreto de las viguetas alcanza, después de un secado al vapor, una resistencia del orden de  $600 \text{ Kgs./cm}^2$ . Los esfuerzos de pretensado son obtenidos, según el caso, por la utilización de 2, 3, 4 o 5 alambres de 5 mm. adherentes y de una resistencia a la rotura de  $200 \text{ Kg./mm}^2$ . Estas viguetas tienen la forma de T invertida con la cara inferior de cerámica.

Después de colocadas las viguetas y bovedillas, se vierte el concreto de relleno en los espacios entre los nervios y aquellas, al mismo tiempo la losa de compresión - de 4 a 6 cm. de espesor ligeramente armada.

La fabricación de viguetas pretensadas se efectúa sobre bancos de 80 Mts. de largo fig. 110.

Estos bancos son de concreto liso y llevan ocho salidas de vapor, o sea una salida cada 10 Mts. aproximadamente, la preparación del concreto se efectuó en una central - Lambert de tipo clásico que alimenta un mezclador Cou-

vrot-Lainé de 500 l.

Las viguetas se fabrican con una máquina Roth que enfilea seis viguetas a la vez ( fig. 111 ). Después de cada operación, la máquina Roth, se desplaza por el puente - móvil de 3 ton., que sirve también para la cimentación - de la máquina de concreto. ( fig. 112 )

El concreto utilizado tiene la composición siguiente:  
1/3 de arena, 0/3,2/3 de gravilla, 3/8 para 380 Kgs. - de cemento H.R.I.

El concreto se controla todos los días en el laboratorio de la fábrica.

Los resultados indicados son los siguientes:

a 6 horas de vapor . . . . .	380 a 400 Kgs./cm <sup>2</sup>
a 28 días . . . . .	580 a 600 Kgs./cm <sup>2</sup>
Resistencia a la tracción . . . . .	45 Kgs./cm <sup>2</sup>

Los alambres de pretensado están constituidos por tres torones de 2.4 mm. de una superficie total de 13,56--mm<sup>2</sup> y de una resistencia a la rotura de 200 a 220 - kgs./mm<sup>2</sup> por torón, es decir un alambre tiene:

Resistencia a la rotura	2 700 a 2 800 Kgs.
Límite elástico	2 500 Kgs. aprox.
Tensión en las viguetas	2 000 a 2 100 Kgs. aprox.
Origen	cablerías especiales

Los estribos son de acero dulce

Los alambres se tensan hacia el banco de enganche de cuatro en cuatro a la vez, con la ayuda de un pequeño aparato Roth. De una parte son enganchados a este banco y, de la otra, al banco de tracción (fig. - 113, 114 y 115 ).

La operación de poner en tensión los cables se efectúa con la ayuda de un gato Roth de 25 ton., ( fig.- 116 ) que se instala sobre el banco de tracción.

Después del colado, se procede al corte de viguetas. Dos chapas cortadas en forma de viguetas, permiten dimensionar el corte. Se colocan sobre una pequeña pasarela metálica de ruedas, que se desplaza sobre raíles, inmediatamente detrás de la máquina.

El corte real se efectúa por aire comprimido.

En el extremo de las chapas, un cajón recoge el concreto así sobrante.

Los cables son limpiados perfectamente ( fig. 117 )

El concreto es evacuado.

Las viguetas para forjados de cerámica necesitan de una plaquita en la cara inferior.

En el sitio del corte, éstas son reemplazadas por cal  
ces de goma.

Después de pasada la máquina, el concreto de la parte superior de la vigueta es recuperado con la ayuda de una pinza especialmente concebida.

Poco después del colado, el banco de pretensado se re  
cubre de "casquetes" de chapa galvanizada.

El vapor se introduce 3 horas aproximadamente después del colado, y banco por banco, para una duración apro  
ximada de 7 horas ( fig. 118 ).

Cuando la parte de los cuatro bancos es colada y después recubierta por los casquetes, se impregna de polilano, con el fin de dar al conjunto la mayor impermea  
bilidad posible.

Al cabo de 7 horas aproximadamente, los cables se reti  
ran de los enganches y la vigueta se pone en tensión. Cuando las viguetas pueden ser almacenadas, o sea, al  
rededor de 12 horas después del colado, se procede por una parte al corte de los cables y por otra a la reco  
gida de las viguetas.

Para el corte, la grúa puente lleva las viguetas al lu  
gar donde los cables son liberados, un cabrestante se coloca bajo cada fila de viguetas, y un obrero corta  
los cables con una pinza especial.

El levantamiento se hace entonces por la grúa puente con la ayuda de un balancín.

El almacenaje se efectúa por una carretilla elevadora sobre la superficie colada.

Las viguetas son clasificadas por longitudes de 5 en 5 cms.

La capacidad de almacenamiento es de 1 000 viguetas - para longitudes de 5 en 5 cms. de 1 a 5,50 mts. - - ( fig. 119 ).

La carga sobre camión se efectúa con la ayuda de dos grúas Potain tipo 404.

El rendimiento de ésta fabricación es el siguiente:

- Viguetas de 11; 10 y 80 ml, al minuto ( la máquina enfile seis viguetas a la vez )
- Viguetas de 15; 9 00 ml, por minuto
- Viguetas de 18; 7,80 ml, por minuto

Prácticamente, la fábrica hace una media de 3 600 ml, de viguetas por día, descomponiéndose:

- En 7 bancos de viguetas de 11 y 1 banco de 15 o - 18
- O bien, 6 bancos de viguetas de 11 y 2 bancos de viguetas de 11 y 2 bancos de viguetas de 15,

El ciclo normal del grupo de cuatro bancos, es de 24 h.

Hay que observar que estos rendimientos son posibles gracias a la repartición de los equipos.

Una variante del procedimiento Fabre consiste en utilizar una losa de compresión de cerámica junto con el forjado. El objeto de esta disposición es sustituir la bovedilla hueca por una losa maciza, lo que es algunas veces exigido por el maestro de obras -- ( fig. 120 ). Los nervios verticales de la losa le aseguran una buena rigidez cuando se vierte el concreto de relleno.

Los cortes y alveolos laterales permiten la difusión integral del concreto de relleno y contribuyen así a la homogeneidad del conjunto.

Este procedimiento variante presenta un interés para la construcción de forjados de losa maciza y balcones.

Presenta la ventaja de una inercia superior a la proporcionada por los cuerpos huecos, lo que puede ser útil para la construcción de forjados industriales.

- d) Forjado P.P.B. de la Rennaise de Préfabrication (tomado del catálogo del C.S.T.B.)

Este forjado está constituido por viguetas de concreto pretensado y bovedillas de concreto o cerámica. El colado de relleno permite asegurar el espacio entre viguetas y bovedillas, efectuando al mismo tiempo el

colado de la losa de compresión que va armada con una rejilla soldada ( fig. 121 )

Las viguetas son prefabricadas sobre el banco de 60 Mts. de largo y de 2 Mts. de ancho.

Este banco enteramente metálico, comprende la parte resistente y el cuerpo tubular que permite el secado con agua caliente en atmósfera saturada. En tensado de los cables es automático.

Los cables de pretensado pueden ser reforzados por estribos si el cálculo lo exige.

Las viguetas tienen una sección en forma de T invertida con el alma trapezoidal ( fig. 122 )

Las características de los forjados P,P,B. son las siguientes:

Distancia entre ejes de viguetas . . . . . 40 a 60 cms.

Altura de la bovedilla . . . . . 12 a 25 cms.

Altura total del forjado . . . . . 16 a 30 cms.

Peso por metro cuadrado . . . . . 210 a 435 Kg.

Luz máxima para una sobrecarga de:

250 Kg/Mt.<sup>2</sup> (sobre luz libre, . . . . . 3,35 a 8,80 Mt.

e) Forjado Superceram.

Este forjado está constituido por viguetas de concreto pretensado y de bovedillas de tierra cocida con doble fila de alveólos. El colado de relleno permite asegu-

rar el intervalo entre viguetas y bovedillas efectuando al mismo tiempo el colado de la losa de compresión que está ligeramente armada.

Las viguetas se fabrican con la ayuda de una máquina móvil de encofrado deslizante, asegurando el recubrimiento de concreto de los cables de acero puestos en tensión, de forma independiente, con la ayuda de un gato hidráulico. Una pieza de tierra cocida se coloca en la cara de abajo y constituye el fondo del molde.

La máquina está concebida de manera que asegura el colado simultáneo de siete viguetas.

- f) Forjado Rector de la Société Veran-Costamagna et Cler (tomado del catálogo del C.S.T.B.).

Este forjado comprende:

- Viguetas de concreto pretensado con la cara inferior de tierra cocida prefabricadas en fábricas.
- Bovedillas de tierra cocida
- Una losa de compresión de concreto vibrado, colada sobre la obra después de colocadas las viguetas y los forjados.

Las viguetas son fabricadas en tres designados por: R 70, R 110, R 140, representando estos símbolos la altura de las viguetas. Estas pueden ir provistas de

aceros de unión para asegurar su enlace con el concreto de relleno, y de estribos para asegurar su resistencia al esfuerzo cortante.

Sobre apoyos libres, para un recubrimiento que pese -  $100 \text{ Kgs./Mt.}^2$  y una sobrecarga de utilización de --  $250 \text{ Kgs./Mt.}^2$  las luces máximas admitidas no deben ser superiores a treinta veces el espesor del forjado.

Las características del Forjado Rector son las siguientes:

Distancia entre ejes de viguetas . . . 50, 60, 52, 62  
cms.

Altura de la bovedilla . . . . . 10 a 20 cms.

Altura total del forjado . . . . . 14 a 24 cms.

Peso por metro cuadrado . . . . . 185 a 290 Kgs.

Luz máxima para una sobrecarga de

$250 \text{ Kg./Mt.}^2$  (sobre luz libre) . 3,40 a 6,50 Mts.

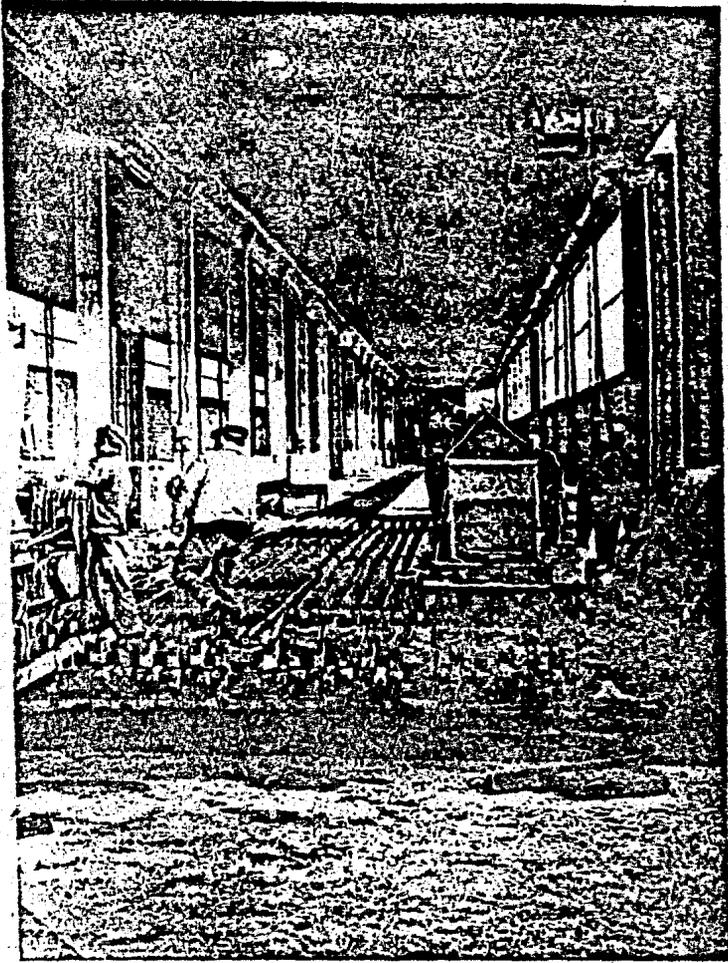
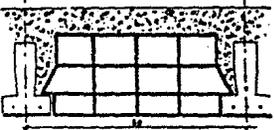
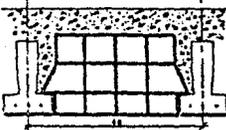
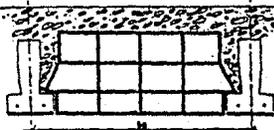
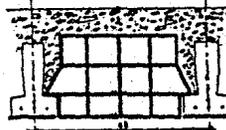


Figura 110

Banco de fabricación de viguetas prensadas de los forjados Fabre.

	518/20+6/50	150	325	5	72	6,25	7,60	6,60	7,80
	518/20+6/40	155	355	5	75	6,50	7,75	6,05	8,10
	618/20+6/50	150	325	6	72	6,75	8,00	7,15	8,50
	618/20+6/40	155	355	6	75	7,00	8,40	7,70	9,00

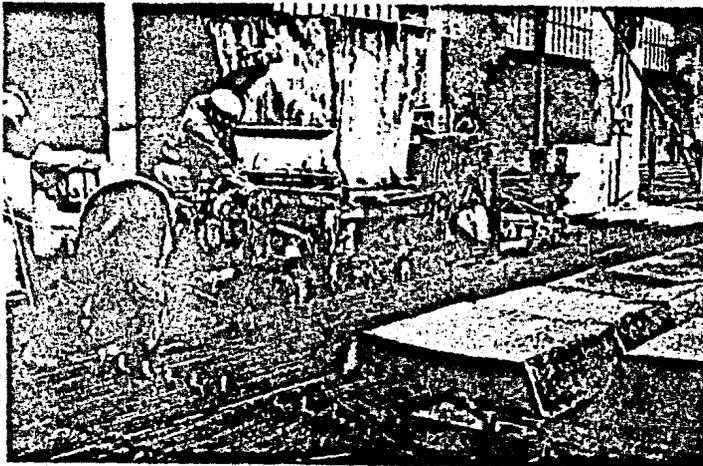
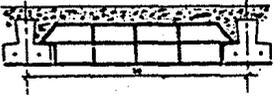
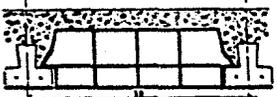
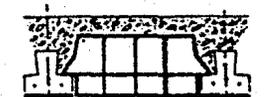
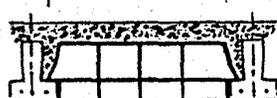
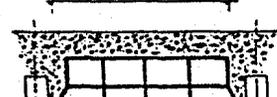
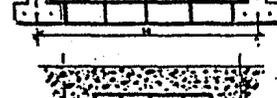


Figura 111

Máquina Roth que sirve para la fabricación de viguetas para forjados Fabre.

Las características de los forjados Fabre son las siguientes

Montaje	Tipo	Peso (kg/m <sup>3</sup> )		Alambres de pretensado	Volumen de hormigón a vertier sobre la obra (l/m <sup>3</sup> )	Luzes admisibles (m)			
		A transportar	Colocado			Entre 2 apoyos simples		Entre 2 apoyos semienterrados	
						Bajo sobrecarga kg/m <sup>2</sup>		Bajo sobrecarga kg/m <sup>2</sup>	
						350	100	350	100
	211/10 + 4/50 311/10 + 4/50	90	200 200	2 3	45	3,50 3,80	4,50 4,90	3,75 4,10	4,75 5,30
	211/15 + 4/50 311/15 + 4/50		100			220 220	2 3	52	3,90 4,80
	311/15 + 4/40	110		230	3	55			5,00
	415/15 + 4/50	120	220	4	50	5,05	6,40	5,30	6,75
	415/15 + 4/40	130	230	4	52	5,35	6,60	5,80	7,10
	415/20 + 6/50	130	300	4	90	5,80	7,00	6,20	7,30
	415/20 + 6/40	135	355	4	93	6,00	7,20	6,50	7,50

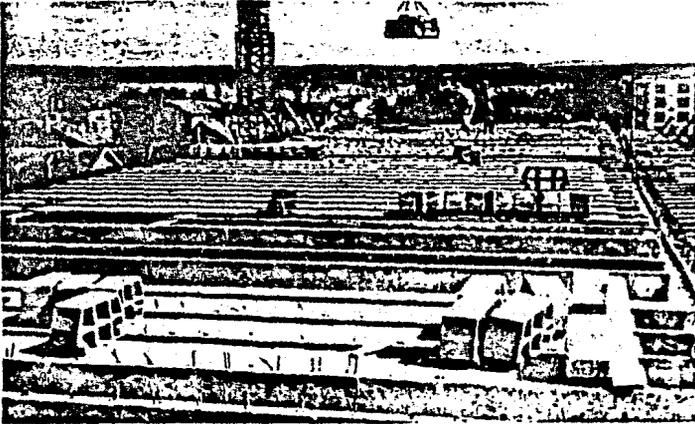


Figura 108

Colocación de bovedillas cuerpo hueco de hormigón prefabricado. Procedimiento Billiard.

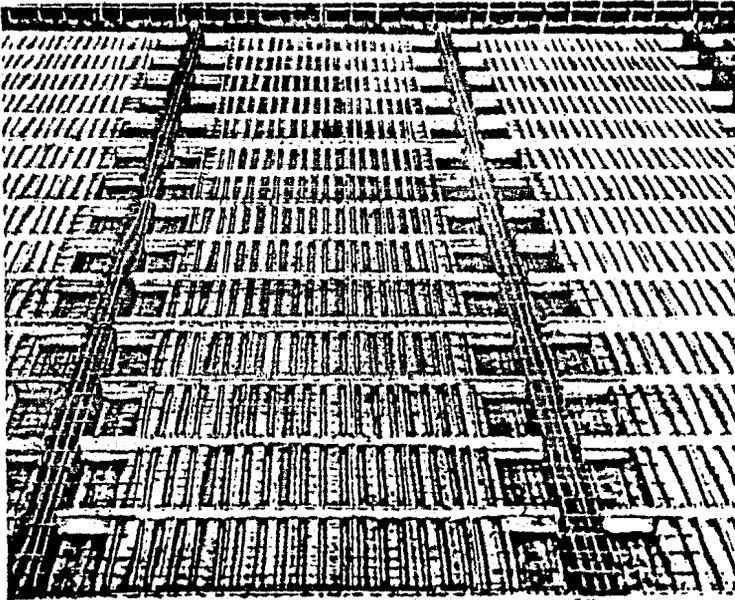


Figura 109

Vista del conjunto de un forjado Billiard después de la colocación de bovedillas y de la rejilla soldada.

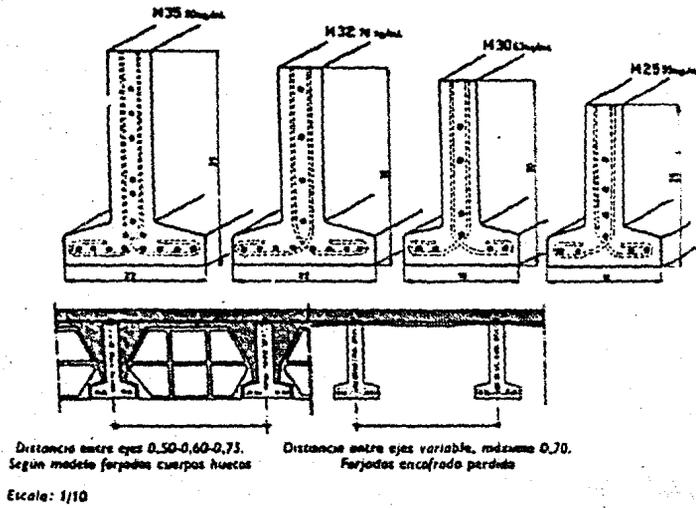


Figura 105  
 Forjados Billiard.

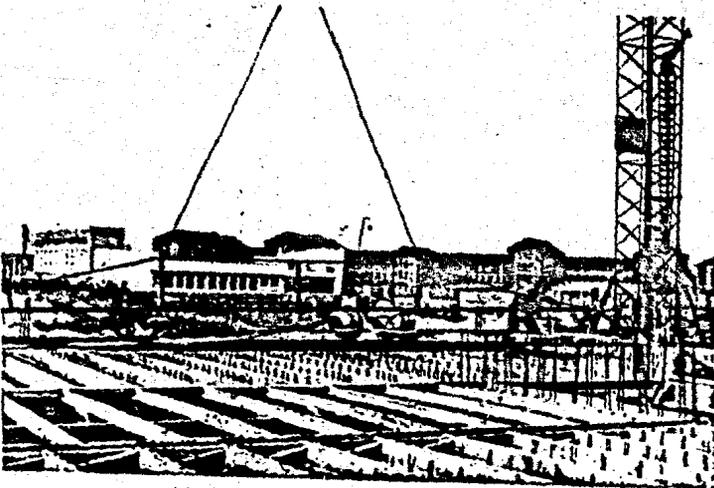


Figura 107  
 Construcción de un forjado por el procedimiento Billiard.

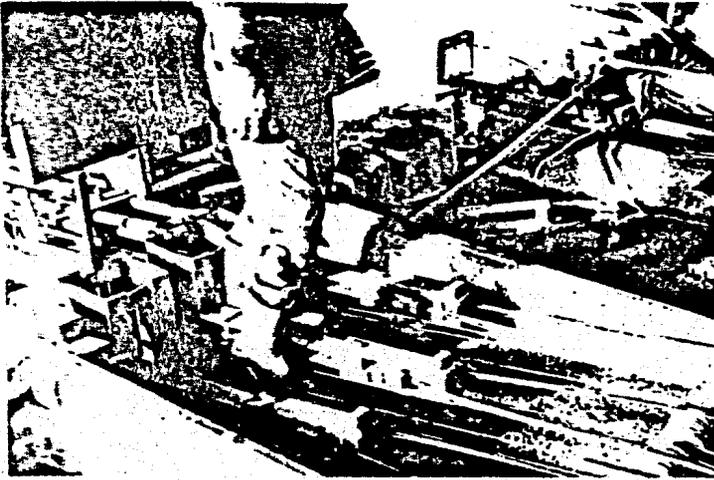


Figura 115  
Operación de tensar los cables de pretensado. Procedimiento Fabre.

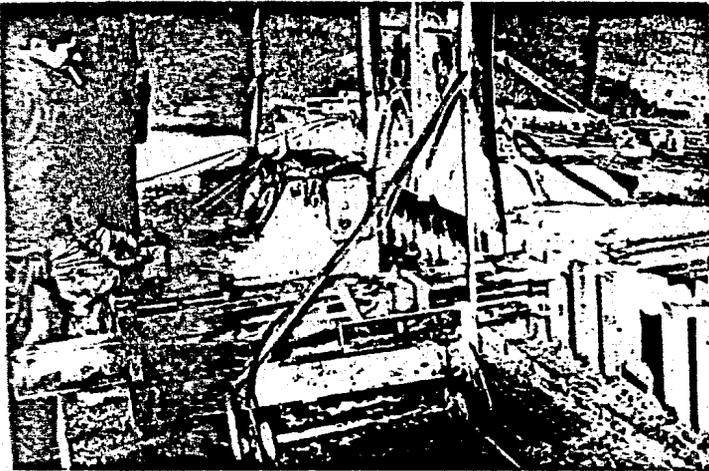


Figura 116  
Gato de 25 t efectuando el tensado de los cables de pretensado. Procedimiento Fabre.

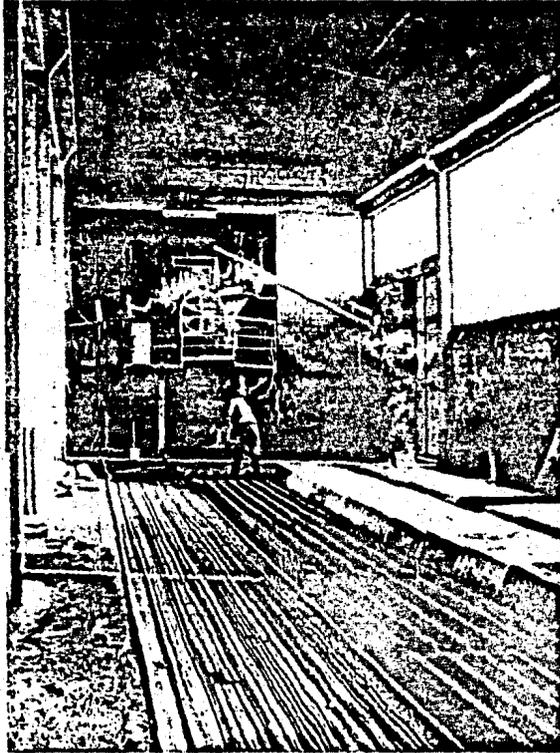


Figura 117

Vista que muestra la liberación de las extremidades de los cables y las cubiertas para la calefacción. Procedimiento Fabre.

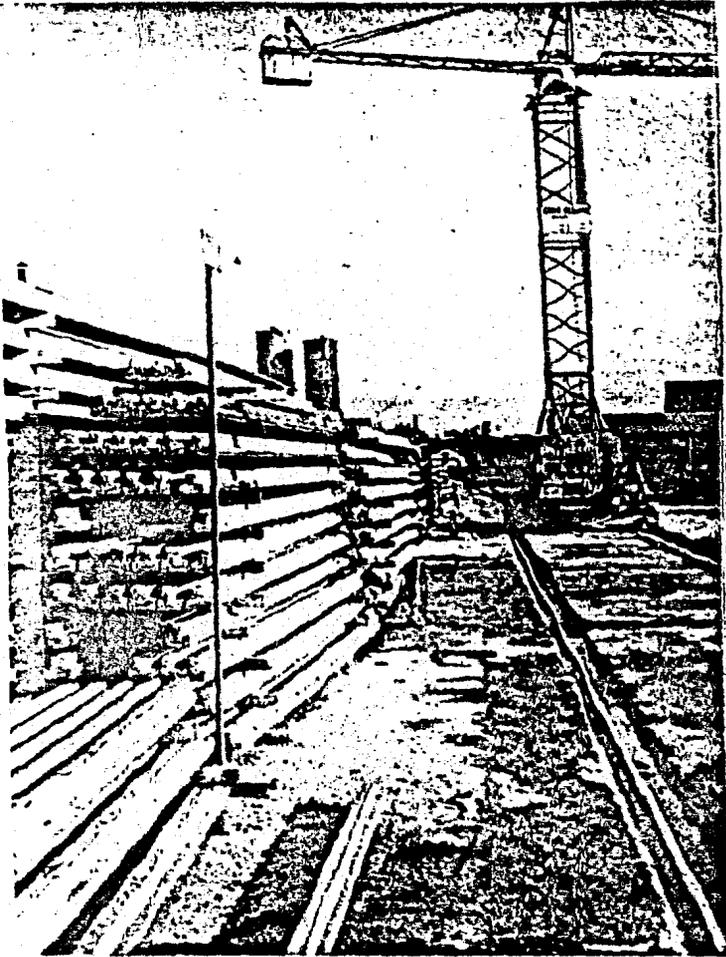


Figura 119  
Parque de almacenaje de viguetas de forjados Fabre.

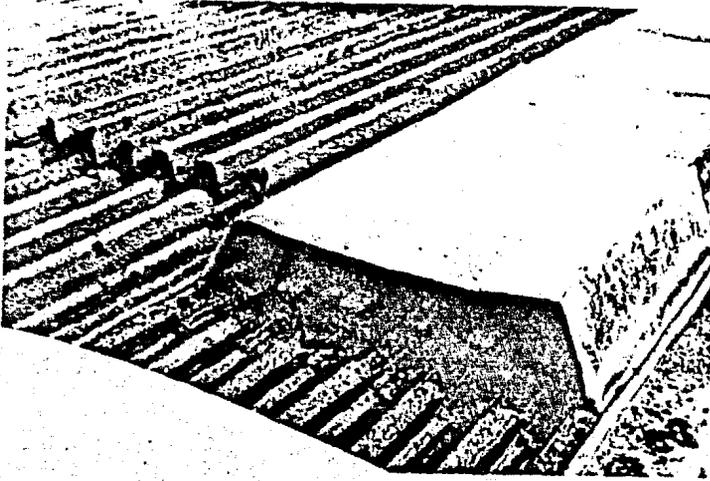


Figura 118  
Calefacción al vapor bajo cubiertas de chapa galvanizada. Procedimiento Fabre.

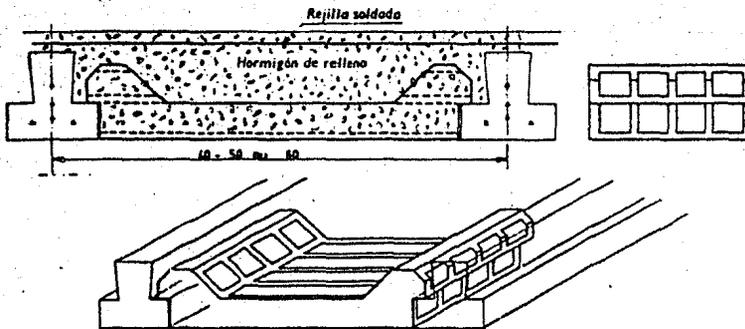


Figura 120  
Sustitución de la bovedilla hueca por una losa maciza. Procedimiento variante Fabre.

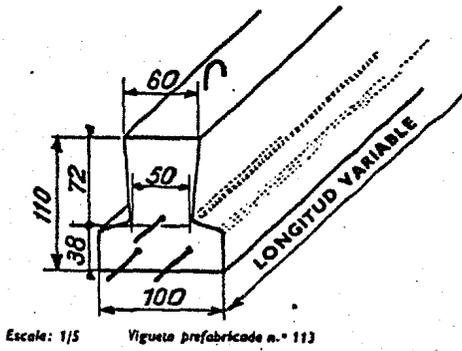
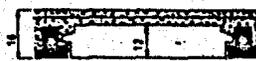


Figura 122

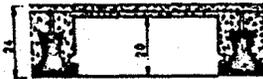
Vigeta prefabricada de hormigón pretensado de los forjados P.P.B.



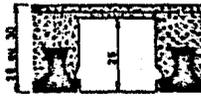
Vigeta de 11 (2, 3, 4 4 hilos)  
Bovedilla de 60-Espesor total 16



Vigeta de 11 (2, 3 6 4 hilos)  
Bovedilla de 60-Espesor total 20



Vigetas de 15 (5, 6 6 7 hilos)  
Bovedilla de 60-Espesor total 24



Vigetas de 15 (5, 6 6 7 hilos)  
Bovedilla de 40-Espesor total 30

Figura 121

Sección de un forjado P.P.B.

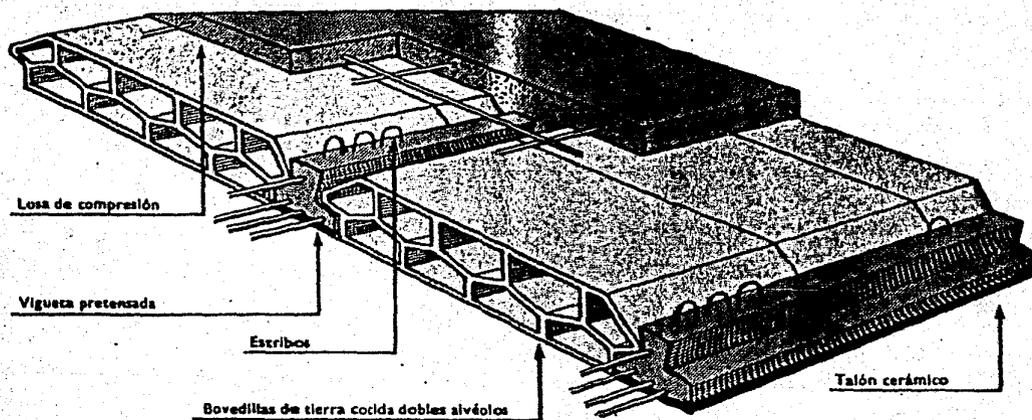
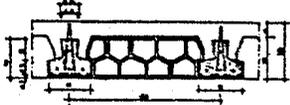
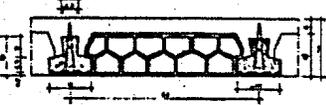
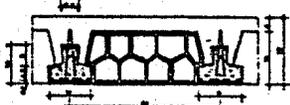
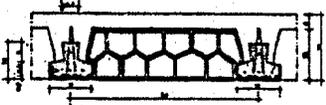
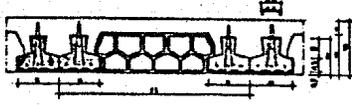
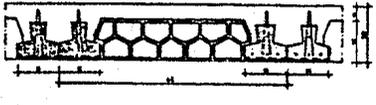
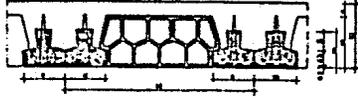
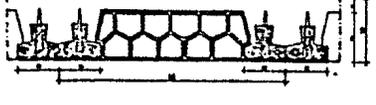


Figura 123  
Constitución del forjado Superceram.

Las características de los forjados Superceram son las siguientes

SECCION DEL FORJADO	Espesor (cm)	E.A. cm	Peso propio (kg/m <sup>2</sup> )		Materiales por m <sup>2</sup>		
			Sin hormigón	Con hormigón	Viguetas (ml)	Bovavilla	Hormigón (l)
	H 12+4=16	40	110	245	2,5	10	53
	H 12+5=17			270			63
	H 12+4=16	50	100	225	2,0	8	50
	H 12+5=17			250			60
	H 15+4=19	40	120	270	2,5	10	60
	H 15+5=20			295			70
	H 15+4=19	50	110	250	2,0	8	56
	H 15+5=20			275			66
	H 12+4=16	52	120	310	3,22	6,4	76
	H 12+5=17			335			86
	H 12+4=16	62	110	285	3,22	6,4	70
	H 12+5=17			310			80
	H 15+4=19	52	130	355	3,84	7,7	89
	H 15+5=20			380			99
	H 15+4=19	62	120	325	3,84	7,7	81
	H 15+5=20			350			91

## TIPOS DE LOSAS DE HORMIGÓN ARMADO VIBRADO.

- a) Forjado B.T.V. de la Société Centrale d'Exploitation de Procédés de Préfabrication ( tomado del catálogo del - C.S.T.B. )

Este forjado está constituido por losas de hormigón armado previbrado, autoportadoras, con alvéolos cilíndricos longitudinales, dejando en la parte superior una losa de compresión y una cara en la parte inferior.

Las losas catalogadas se hacen en tres espesores. Sus características son las siguientes:

Espesor total de la losa . . . . .	14, 50, 16 y 18 cms.
Diámetro de los alvéolos . . . . .	9,5 cms.
Espesor de la losa de compresión . . . . .	3 a 6,5 cms.
Espesor de la cara inferior . . . . .	2 cms.
Longitud máxima . . . . .	6 cms.
Longitudes catalogadas . . . . .	0,06 y 1,20 mts.
Peso por metro cuadrado . . . . .	220 a 285 kgs.

Las losas están unidas entre sí por una junta formando cuña hormigonada en obra. El encofrado de la junta se forma por el borde longitudinal de las losas que tienen forma escotada. Losas especiales, proyistas de agujeros y embudos pueden ser suministradas bajo pedido.

Los redondos de acero longitudinales constituyen la armadura principal y son introducidos en la parte inferior a

la derecha de las armaduras, entre los alveólos, y unidos por aceros transversales de enlace. Estos aceros - longitudinales pueden ser dispuestos de la misma manera en la parte alta para servir de sombreretes en caso de continuidad sobre apoyo o para voladizos ( balcones, sobradillos, etc. ).

La fabricación de losas se efectúa sobre máquinas y troqueles moldeadas fijas provistas de mandriles tubulares animados de vibración de alta frecuencia. El equipo mecánico de estas máquinas permite extraer fácilmente e instantáneamente los mandriles vibrantes de la masa puesta en obra. La previbración en la masa permite obtener un producto de muy buena calidad, con resistencias mecánicas elevadas y de una completa homogeneidad. En comparación con los otros tipos de forjados vistos en las páginas anteriores, éste presenta la ventaja de que la totalidad del forjado es prefabricado en una sola operación, mientras que en los otros tipos una parte solamente es prefabricada, y el resto se hace sobre la obra según el método tradicional.

La cara superior de la losa puede quedar bruta o ser alisada, según la naturaleza del recubrimiento que deba recibir. Cuando es alisada, puede admitir pegados todos los recubrimientos. La cara inferior puede ser tratada para quedar aparente y, en este caso, puede recibir directamente la pintura apropiada. La colocación de las losas

se hace sin puntales de ninguna clase. Las losas se apoyan sobre los muros de carga por sus extremidades. En las naves de grandes dimensiones, las losas pueden reposar sobre vigas de arranque metálicas o de hormigón armado. Estas posibilidades permiten la realización de suelos industriales, quedando brutas las caras superior e inferior. Las losas se colocan sobre vigas espaciadas de 6 en 6 mts., las cuales pueden cubrir luces que alcanzan hasta 20 mts. En el caso de forjados que deban soportar fuertes sobrecargas, es posible realizar losas reforzadas, fuera de lo normal, de mayor espesor ( fig. 125 ).

b) Forjados Perba ( tomado del catálogo del C.S.T.B. )

Este forjado está constituido por placas prefabricadas y viguetas de hormigón armado o metálicas. Estas mismas placas pueden ser utilizadas con cajones.

En el caso de empleo sin cajones, las placas son elementos de hormigón armado de 96 cms. de largo y de 30 o 40 cms. de ancho. Estas placas presentan nervios de 4 cms. de anchura, espaciados 10 cms. de eje a eje, que están provistos de salientes rectangulares de 1 cms. de espesor, dispuestos sobre sus dos costados alternativamente.

Las vigas de hormigón armado tienen una altura útil -

variando de 15 a 20 cms. Los estribos en espera en la parte superior son plegados horizontalmente para asegurar la costura entre vigas y losa. En el caso de empleo con cajón, las placas son las mismas, pero un poco más cortas, siendo su longitud de 87 cms. El cajón está constituido por un conjunto de dos vigas de hormigón armado de 33 cms, de altura, unidas lateralmente por dos tirantes en sus extremos y uno a la mitad de la luz. Sobre esta estructura son colocadas las placas prefabricadas cuyas armaduras se introducen en las vigas del cajón. Las partes exteriores del elemento son verticales; En las cuatro esquinas van colocados ganchos de elevación.

La figura 127 muestra la vista de conjunto de un forjado Perba en curso de colocación. Se distingue claramente la colocación de las placas prefabricadas sobre las vigas de hormigón armado. La figura 128 nos muestra una obra análoga; las losas prefabricadas están colocadas sobre vigas metálicas. Se distinguen los angulares soldados sobre estas vigas, con el fin de realizar el enlace viga-loso.

La figura 129 muestra la colocación de placas Perba para un forjado sobre hueco sanitario. Se observan los pequeños muros que es necesario construir con anterioridad para el apoyo de las losas.

Las características de los pavimentos Perba son las siguientes:

Distancia entre ejes de los apoyos . . .	100 cms.
Espesor de la losa prefabricada . . .	1.5 cms.
Altura de los nervios de la losa . . .	3.5 cms.
Espesor de la losa terminada . . .	5 a 7 cms.
Peso por metro cuadrado . . .	125 a 175 Kgs.
Altura total del forjado . . .	20 a 55 cms.

Luces máximas de las vigas ( sobre apoyos libres ) -  
 para una sobrecarga de 250 Kgs./Mt. <sup>2</sup> 6 a 12,60 Mts.  
 Para una sobrecarga de 400 Kgs./Mt. <sup>2</sup> 5 a 11,00 Mts.

c) Forjado P.O. ( tomada del catálogo del C.S.T.B. )

Este forjado está constituido por losas huecas cuyo fondo tiene 2 cms. de espesor y se encuentra ligado por estribos a nervios dispuestos en su parte superior.

Los nervios son pretensados y limitan los alveólos que serán rellenos de gravilla o de cualquier otro material. Después de colocada la losa con nervios, basta disponer la celosía soldada y, si conviene, sombreretes para armar la losa de compresión que, acto seguido es hormigonada con hormigón de gravilla. El enlace entre las losas está asegurado por un relleno de hormigón de los alveólos de las <

costados.

Estas losas huecas pueden cubrir toda la superficie de una pieza, y sus dimensiones son establecidas al hacer el pedido según una lista de suministros confeccionada por el fabricante, fijando las juntas por encima de los tabiques y respetando las tolvas,

sin embargo, estas losas tienen dimensiones limitadas y no pueden pasar de 5,50 Mts. en el sentido de la longitud y de 3,80 Mts. en el de la anchura.

La colocación de losas entre muros de carga se hace con la grúa a continuación se apuntalan aquéllas en su centro para el hormigonado de la losa de compresión.

La " losa hueca " ha sido creada para resolver los problemas de " losa maciza", evitando el desembolso inicial y las sorpresas del desencofrado. Estas son las ventajas de la prefabricación.

Esta concepción permite obtener:

- Una cara inferior lisa para ser pintada.
- Una economía gracias al pretensado
- Una pieza prefabricada ligera ( $90 \text{ Kgs./Mt}^2$ ) de la superficie total de una pieza.

Las características de los forjados P,0, son los siguientes:

Dimensiones de la losa . . . superficie de una pieza

Peso por metro cuadrado . . 90 Kgs.

Número de nervios por metro 3

Altura del forjado . . . . 10 4 cms.

Luz máxima para sobrecargas libres de:

175 Kgs./Mt.<sup>2</sup> . . . . . 5,50 cms,

250 Kgs./Mt.<sup>2</sup> . . . . . 5,20 Mts ,

400 Kgs./Mt.<sup>2</sup> . . . . . 4,80 Mts,

d) Forjado Siporex (tomado del catálogo del C.S.T.B.)

Este forjado está constituido por losas de hormigón ligero prefabricadas. Su interés reside en la naturaleza de este hormigón celular tratado en autoclave, que, presentando una resistencia mecánica suficiente, tiene propiedades importantes.

- Su ligereza: densidad = 0,6;
- Su aislamiento térmico; = 0,12 (material seco)
- Su aislamiento acústico: una losa de 15 cms, de espesor con chapa de 3 cms, es superior 45 dB a los sonidos aéreos, y 50 dB a los sonidos de percusión.

El Siporex es un material sílico-calcáreo celular a base de cemento y arena sílicea,

La arena es finamente triturada por vía húmeda, después bajo forma de barro, mezclada en un mezclador de cemento con polvo de aluminio y con los productos de adición. -

La pasta, casi líquida, es vertida en moldes de gran des dimensiones.

La reacción del polvo de aluminio con el cemento produce un desprendimiento de hidrógeno que hace que la pasta se esponje, y provoca la formación de células esféricas cerradas que determinan las características técnicas del material. Las diferentes densidades son obtenidas haciendo variar las proporciones relativas de las materias primas de base. Una vez que la masa se haya esponjado y adquirido una cierta consistencia se corta al filo por medio de máquinas especiales. Los elementos se endurecen por tratamiento en el autoclave bajo alta presión de vapor de agua. Esta operación es de suma importancia, pues crea las características intrínsecas del material. Los componentes básicos del cemento y el dióxido ( $SiO_2$ ) de silicio de la arena triturada, reaccionan y forman un silicato monocálcico. Siendo esta sustancia cristalina, hace el material muy estable. Gracias a esta reacción química, la unión de la harina de arena y del cemento es muy íntima y da al material una excelente resistencia. Después del autoclave, las losas armadas pasan al banco de rectificación.

Conviene señalar la diferencia fundamental entre el Siporex y el hormigón ordinario, pese a que son productos que salen de las mismas materias primas. Mientras que

en el Síporex el cemento y la arena se benefician de las ventajas que da una asociación química obtenida por tratamiento al vapor bajo presión, el cemento y los áridos del hormigón no son asociados más que físicamente en una masa perfectamente cristalizada.

Las losas son fabricadas en una longitud uniformada de 0,60 Mts. Su longitud es variable a petición y puede llegar a 6,12 Mts.

Son autorresistentes y su utilización no necesita ningún puntal. Su empleo cubre una amplia gama, desde las casas individuales en las que se colocan entre muros de carga, hasta los forjados industriales y comerciales donde se colocan sobre un armazón metálico o de hormigón armado. Se prestan fácilmente a trabajos especiales, tales como elevación de edificios, falta de espacio plazo reducido, condiciones climatológicas severas.

Los elementos se entregan en fábrica con dos ranuras longitudinales en la parte superior, de 18 mm. de anchura y de 35 mm. de profundidad cada una, destinadas a formar la junta de enlace. En la obra, se hundan a 45° de inclinación cada metro, plaquetas metálicas de 110 X 55 mm. En los apoyos se colocan sombreretes de continuidad de acero de 8 Ø Tor. El relleno de la junta se realiza con mortero de cemento.

Todo esto asegura una sujeción mecánica del conjunto.

Las losas Siporex admiten todos los recubrimientos de terminación. En el caso de empleo de losas delgadas - termoplásticas, se recomienda emplear un enlucido alisado.

El tratamiento de la cara inferior se hace por enlucido pelicular, con exclusión de yeso, dejando las juntas aparentes entre las losas; éstas son, por la fábrica en general con aristas achaflanadas en la cara inferior.

Las características de los forjados Siporex son las siguientes:

Espesor de las losas . . . . .	7,5 a 25 cms.
Peso por metro cuadrado . . . . .	53 a 175 Kgs.

e) Forjado A,B,C. (tomado del catálogo del C.S.T.B.)

Este forjado se presenta bajo la forma de tablero prefabricado de 0.60 Mts. entre ejes y de longitud variable. El elemento constitutivo es un forjado en forma de "sombbrero de guardia" que lleva tres nervios, un mediano para el pliegue superior, y dos laterales sobre las alas como prolongación de la pared inferior.

La fabricación de las boyedillas se hace sobre una superficie de hormigonado donde se ponen juntas. Los nervios reciben los aceros de la armadura antes de ser

provistos de hormigón.

Estos tableros se ponen entre muros de carga o vigas de estructura. Después, se procede al hormigonado de una losa de compresión armada por una rejilla soldada.

Este hormigonado completa al mismo tiempo el relleno de los nervios.

Para las luces superiores a 4 mts. está previsto un nervio transversal suplementario.

Las características del forjado A,B,C., son las siguientes:

Distancia entre ejes de los nervios . . .	60 cms.
Altura de la bovedilla . . .	15 a 22 cms.
Altura de forjado . . . . .	19 a 26 cms.
Reso por metro cuadrado . . . . .	285 a 340 Kgs.

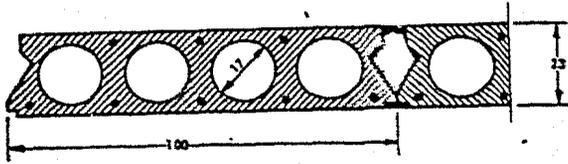


Figura 125  
Forjado especial B.T.V. reforzado.

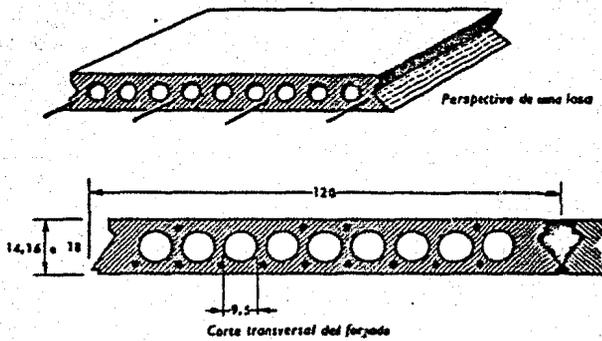


Figura 124  
Forjado standard B.T.V.

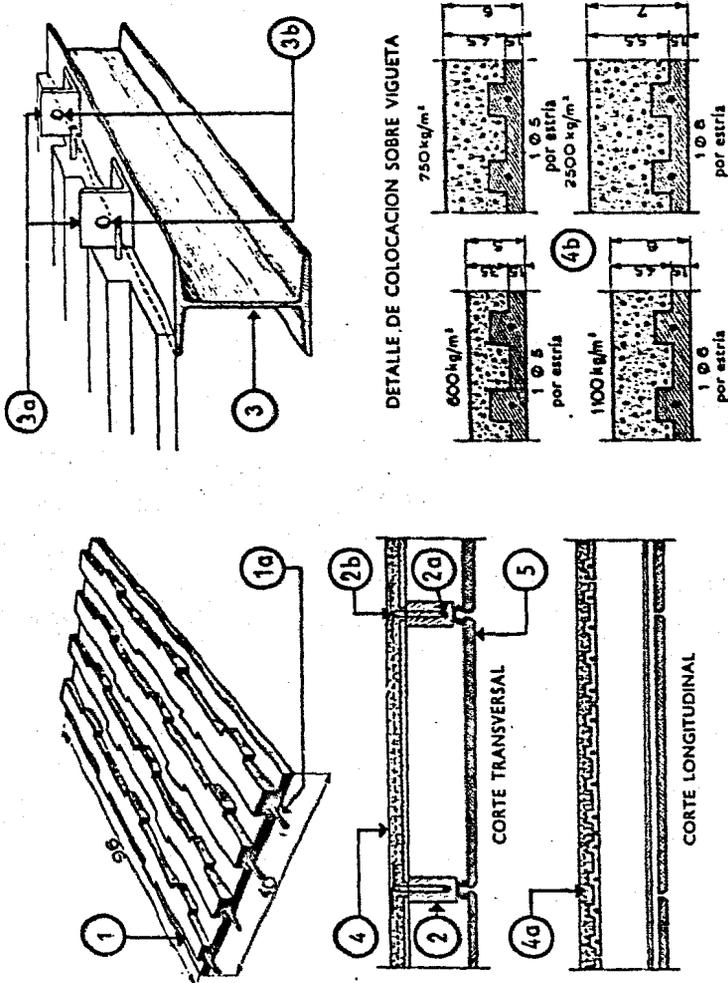


Figura 126

Elementos constitutivos de los forjados Perba: 1, placa Perba; 1a, armadura variable en función de la sobrecarga; 2, nervios; 2a, armadura principal del nervio variable con la luz y la sobrecarga; 2b, armadura transversal del nervio, asegurando el enlace losa-placa; 3, placa Perba sobre viga metálica; 3a, angulares de enlace que impiden el desplazamiento longitudinal; 3b, agujeros para el paso de hilos de acero; 4, losa terminada; 4a, armadura de chapa, sección y malla según sobrecargas; 4b, cortes-tipo de la losa, según sobrecarga; 5, techo suspendido, tradicional o de otra clase.



Figura 127<sup>A</sup>  
Forjado Perba durante su colocación sobre vigas metálicas.

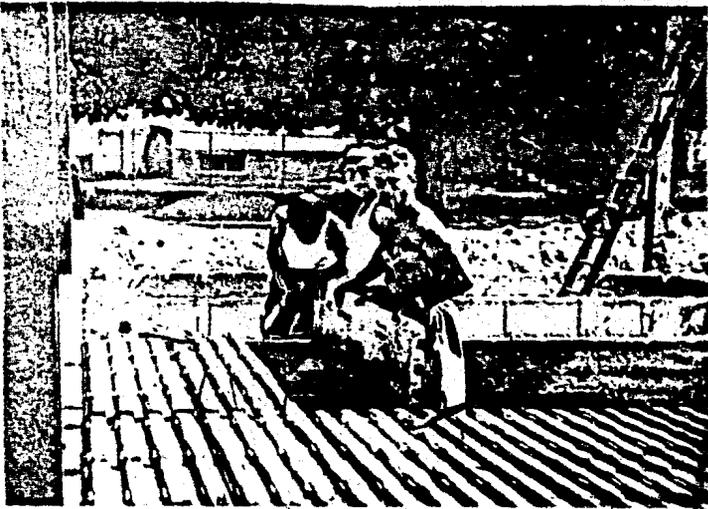


Figura 129  
Forjado Perba durante su colocación sobre vacío sanitario.

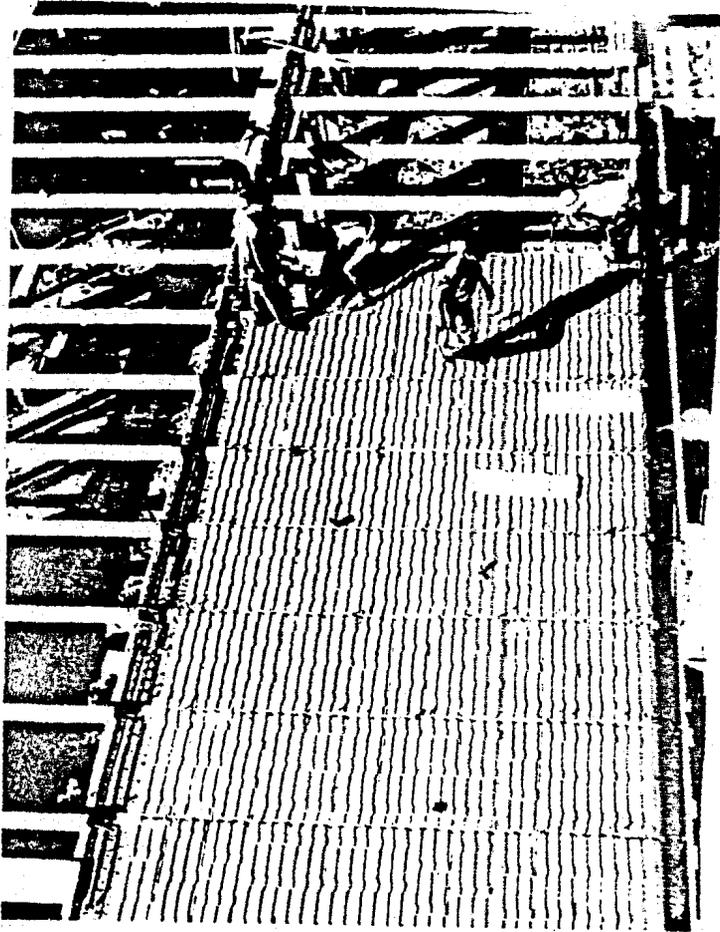


Figura 128  
Forjado Perba durante su colocación sobre vigas de hormigón armado.

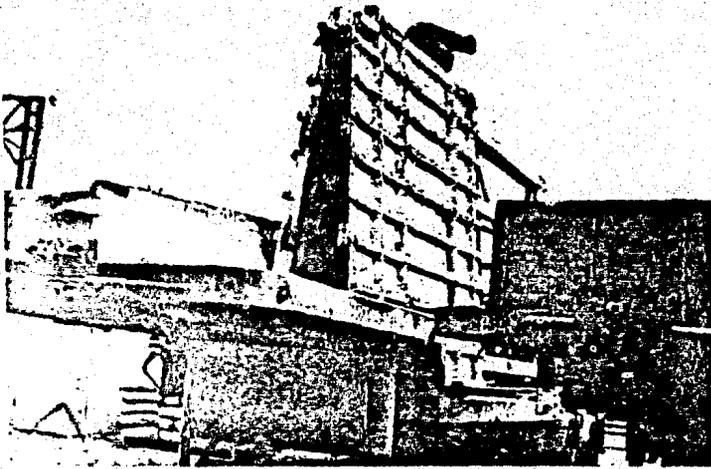


Figura 130  
Loss hutca P.O.

## ESTRUCTURACION DE ESCUELAS EN MEXICO

## LA ESTRUCTURACION DE ESCUELAS EN MEXICO.

En México, el organismo del Estado que se ocupa de la construcción de escuelas, es C.A.P.P.C.E. ( Comité Administrador del Programa Federal de Construcción de Escuelas ), creado por decreto presidencial en -- 1944, con el propósito de construir y equipar los edificios educati-- vos que el sistema nacional de educación requiere para todos sus nive-- les des enseñanza. Su desarrollo como institución de servicio social, siempre ha sido congruente con los políticos educativos dictados por el Gobierno Federal.

Su obra realizada es resultado de la dotación económica del gobierno-- federal, incrementada con aportaciones de los gobiernos estatales y -- municipales, y de la comunidad e iniciativa privada a través entre -- otros, de sindicatos y asociaciones de servicio social.

La política de construcción de escuelas, es poderlos construir, tanto en lugares muy apartados, donde no hay caminos, como en la ciudad ha-- ciendo una estandarización de las aulas, talleres, edificios adminstra-- tivos, empleando mano de obra calificada, la que existe en la región, se busca reducción de peso de la estructura, para su fácil manejo, -- transportación y montaje.

Por lo general, la estructuración es a base de estructura metálica pre-- fabricada, o vigas de concreto colada en sitio, y el techo a base de - vigueta y bovedilla, o de lámina zintro acanalada con un firme de con-- creto.

La cimentación es a base de zapatas aisladas o corridas según sea el caso.

Los muros divisorios son de mampostería, empleando los materiales de construcción de la región.

Las ventanas son a base de cancelería de aluminio y cristales.

La dirección de proyectos está integrada con las coordinaciones de apoyo a jefaturas de Apoyo Técnico y el Departamento de Ingeniería.

En esta dirección se realizan los proyectos tipo que incluyen estructuras e instalaciones, así como guías de amueblado y guías mecánicas se proyectan los conjuntos tipo y se diseña el mobiliario, se hacen los proyectos de las obras especiales.

Se elaboran normas y lineamientos de proyectos arquitectónicos y técnicos.

Con el fin de resolver la gran variedad y cantidad de requerimientos educativos, se ha establecido una tipificación y normalización de espacios educativos básicos, apoyados en una infraestructura modular, cuenta con un acervo de 45 espacios tipo, cada uno está estudiado y resuelto en su totalidad, formando paquetes técnicos, que contienen planos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones, así como guías de mobiliario, equipamiento y de cuantificación por elementos.

Cada paquete tiene su codificación nivel educativo así como el tipo o tipos de estructura, que se puede utilizar, mediante la composición de estos bloques o células en el plano de conjunto de acuerdo con los requerimientos cuantificativos particulares de cada escuela y a las -

condiciones del terreno. La aplicación de este sistema ha dado buenos resultados, ya que es factible anticipar el monto de las inversiones necesarias para fincar los programas anuales a nivel nacional y estatal.

Así mismo o reduce el trabajo de planificación y desarrollo de los proyectos arquitectónicos, permite prever la adquisición de los terrenos y facilita el presupuesto de obras. Por medio de este sistema se pueden efectuar compras anticipadas de materiales de construcción elementos prefabricados, mobiliario y equipo, se reducen los costos, se agilizan los procedimientos administrativos y se facilita la supervisión y control de calidad de las obras.

#### TIPOS DE PLANTELES EDUCATIVOS.

##### Educación Preescolar:

Centro de Desarrollo Infantil

Jardín de Niños

Laboratorio de Psicología y Psicopedagogía

##### Escuela Primaria:

Primaria

##### Educación Secundaria General.

Secundaria General Federal

Secundaria General Estatal

Secundaria Para Trabajadores

Telesecundaria

##### Educación Secundaria Técnica

Secundaria Técnica

Secundaria Técnica Agropecuaria

Secundaria Técnica Industrial

Secundaria Técnica Pesquera

#### Educación Media Superior

Preparatoria Federal por Cooperación

Preparatoria Estatal

Preparatoria de Universidad

Colegio de Bachilleres

#### Educación Media Superior Técnica

Centro de Estudios Tecnológicos Agropecuarios

Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos

Centro de Estudios en Ciencias y Tecnología del Mar

Colegio Nacional de Educación Profesional Técnico

#### Educación Superior

Universidad

Escuela Superior de Agricultura

Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Universidad Autónoma Metropolitana

Instituto de Investigación y Postgrado

**Educación Técnica Superior**

Instituto Tecnológico Regional

Instituto Tecnológico Agropecuario

Instituto de Estudios Superiores en Ciencia y Tecnología del Mar

**Educación para la Formación del Magisterio**

Normal Preescolar

Normal Primaria Federal

Normal Primaria Estatal

Normal Experimental

Normal Superior

Universidad Pedagógica Nacional

**Educación Extraescolar**

Escuela de Educación Especial

Albergue

Casa Escuela

Centro Coordinador Indigenista

**Capacitación**

<sup>c</sup> Centro de Capacitación para el Trabajo

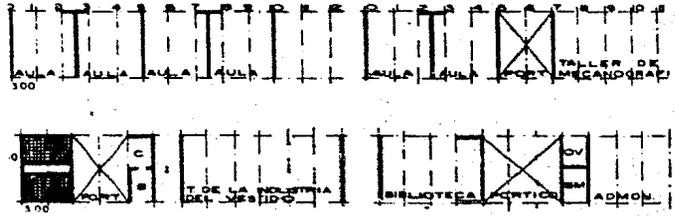
**Obras Especiales**

Reparaciones

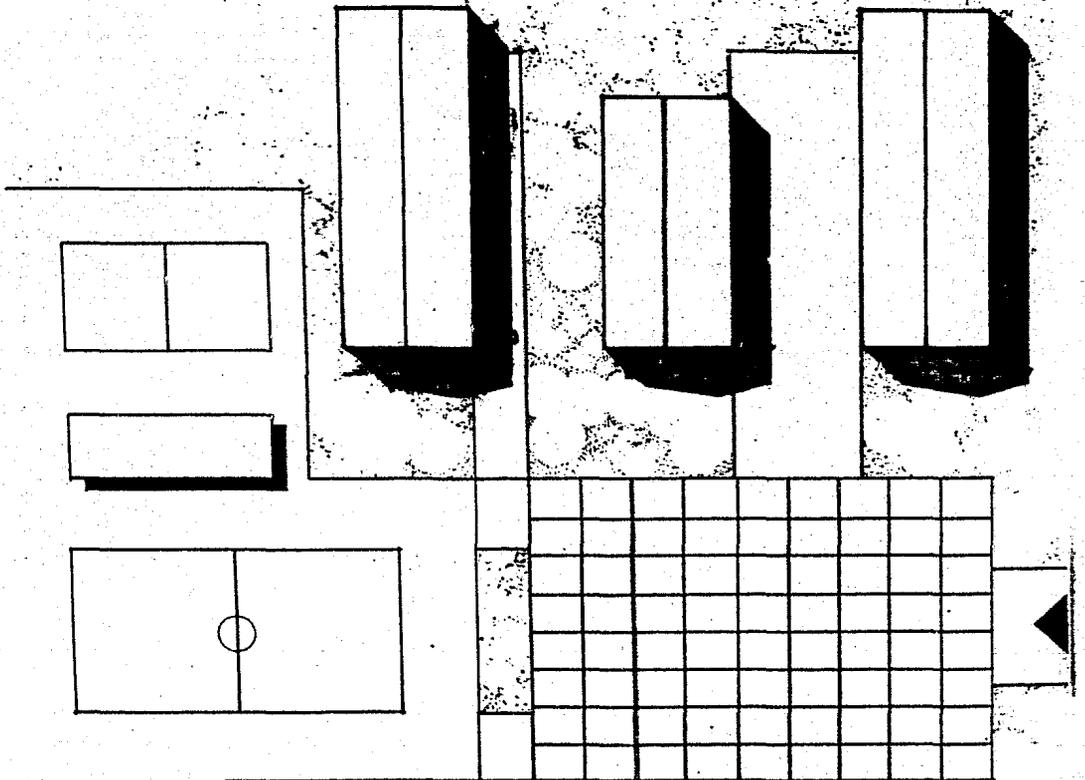
Centro S.E.P.

Biblioteca

PARA ESCUELAS  
SECUNDARIAS

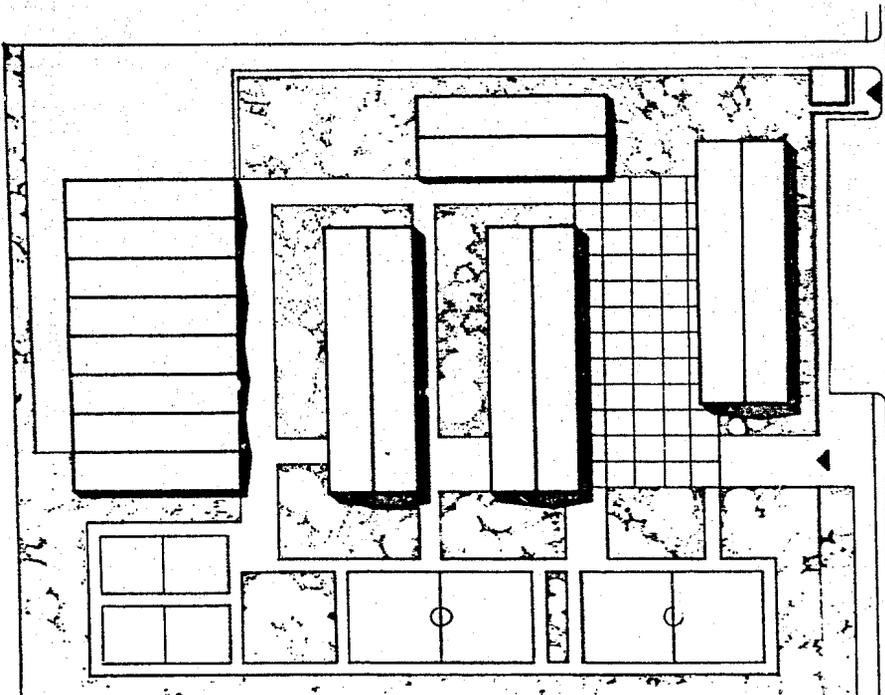


PLANTA DE CONJUNTO DE ESCUELA PRIMARIA

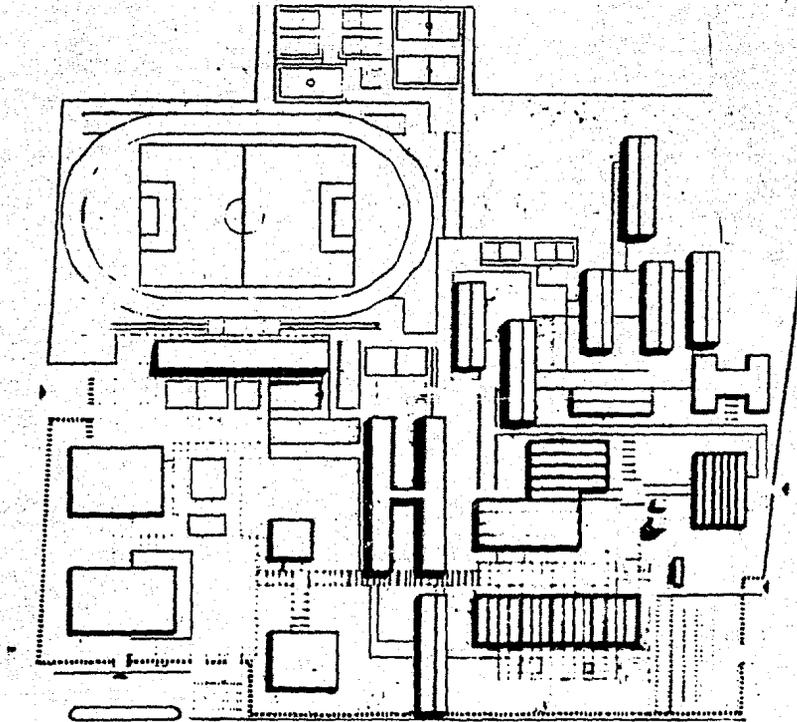


ESCUELA SECUNDARIA GENERAL PROGRAMA ARQUITECTONICO				ESTRUCTURA EDUCATIVA				SUMA
ESPACIOS ARQUITECTONICOS				GRADOS	1º	2º	3º	3
				GRUPOS	6	6	6	18
				ALUMNOS	300	300	300	900
ESPACIOS FIJOS	ESPACIOS VARIABLES	No.	UTILIZACION %	AREA		CAPACIDAD		
				m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	(No. alum.)		
AREA ACADÉMICA								
Aules		15	80	62	668	50		
Laboratorio Triple		2		98	196	50		
Auditorio		1	compart.	98	98	73		
AREA TECNOLÓGICA								
	Talleres Diferenciados	(5)						
	Ind. del vestido	1		167	167	50		
	Mecanografía	1		123	123	50		
	Dibujo Técnico	1		123	123	50		
	Electricidad	1		230	230	50		
	Computación	1		230	230	50		
	Electrónica	1		230	230	50		
	Mecánica Autom.	1		230	230	50		
				111	111			
Almuerzo General								
AREA ADMINISTRATIVA								
Dirección		1		123	123			
Orientador Voc.		1		13	13			
Servicio Médico		1		13	13			
Biblioteca		1		123	123			
Pérgola				74	74			
AREA DE SERVICIOS								
Instalación		1		25	25			
Sanitarias		2		49	98			
Pórticos		2		49	98			
Cooperativo		1		25	25			
	Escalera			32	32			
	Pérgola			64	64			
AREA DEPORTIVA								
Canchas de Basquetbol		2						
Canchas de Vóleybol		2						

PLANTA DE CONJUNTO  
DE ESCUELA SECUNDARIA

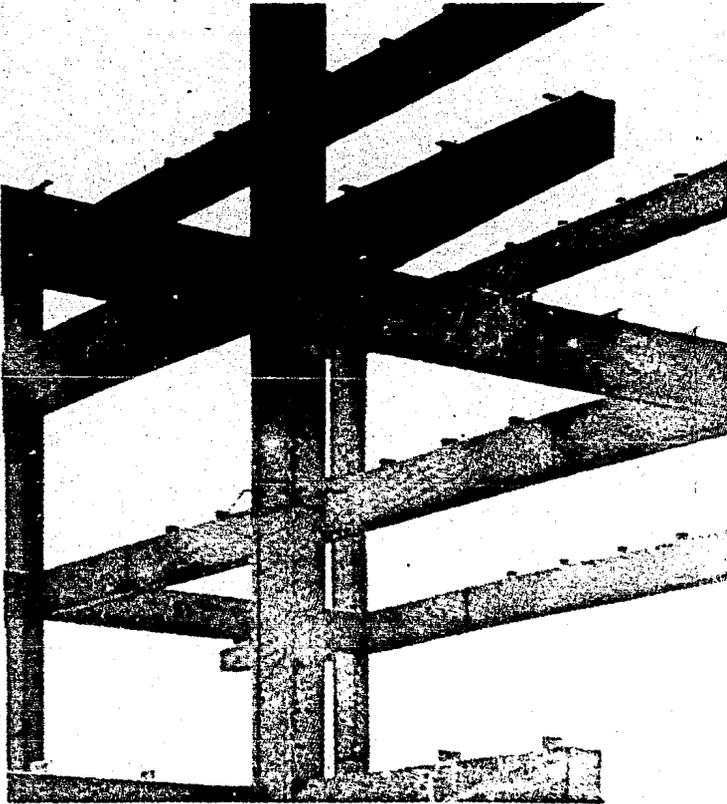


PLANTA DE CONJUNTO  
INSTITUTO TECNOLOGICO  
REGIONAL



### NORMAS DE ESPACIOS PARA ESCUELAS PRIMARIAS

MODELO ARQUITECTONICO	NUMERO DE ALUMNOS				PROMEDIO
	100	350	600	900	
<b>NATURALEZA DE LOS ESPACIOS</b>	Metros cuadrados por alumno				
<b>ESPACIOS ESCOLARES ACADEMICOS:</b>					
Aulas	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<b>NO ACADEMICOS:</b>					
Canchas		1.20	1.20	1.600	1.400
Plaza Civica	1.50	1.00	1.00	0.900	1.100
<b>ESPACIOS COMPLEMENTARIOS ADMINISTRATIVOS:</b>					
Dircción		0.03	0.04	0.030	0.030
<b>SERVICIOS:</b>					
Bodega		0.02	0.02	0.013	0.017
Cooperativa		0.02	0.02	0.013	0.017
Servicios Sanitarios	(letrinas)	0.07	0.08	0.110	0.090
<b>TERRENO</b>	7.25 a 10.00	7.25 a 10.00	7.25 a 10.00	7.25 a 10.00	7.25 a 10.00

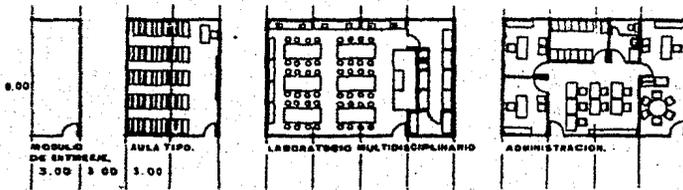


ESCUELA PRIMARIA 18 AULAS / TURNO  
PROGRAMA ARQUITECTONICO

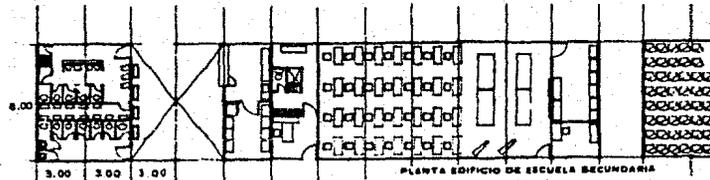
ESTRUCTURA EDUCATIVA						SUMA	
GRADOS	1º	2º	3º	4º	5º	6º	6
AULAS	3	3	3	3	3	3	18
ALUMNOS	150	150	150	150	150	150	900

ESPACIOS ARQUITECTONICOS						OBSERVACIONES
MODULO BASICO	ESPACIOS VARIABLES	No.	UTILIZ. %	AREA EN M <sup>2</sup> . UNIT. TOTAL	CAP. (No. Alum.)	
AREA EDUCATIVA						
Aulas		18	80	48	864	900
	Piazza Cívica	1	(35 Ha.)		8100	900
	Canchas Deportivas	4		359	1436	200
AREA ADMINISTRATIVA						
Dirección		1		24	24	3
	Bodega	1		12	12	
AREA DE SERVICIOS						
	Cooperativa	1		12	12	
Sanitarias		2		48	96	900

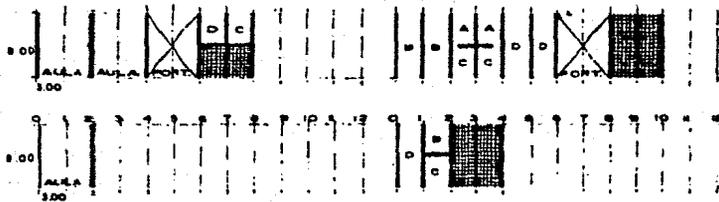
ESPACIOS TIPO

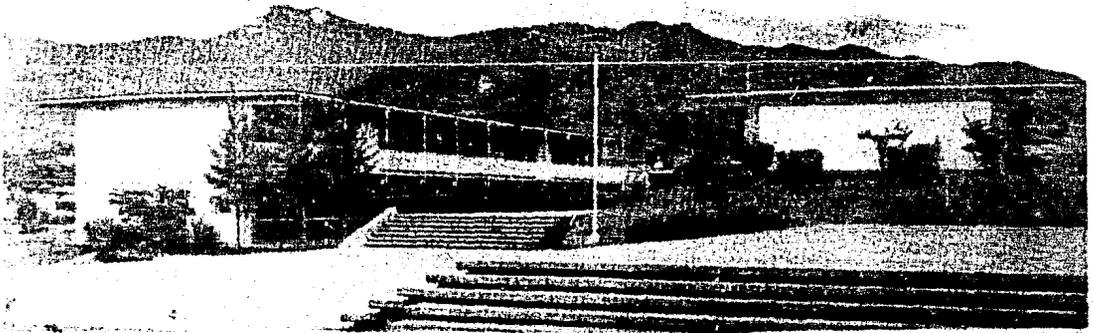


ESPACIOS TIPO INTEGRADOS



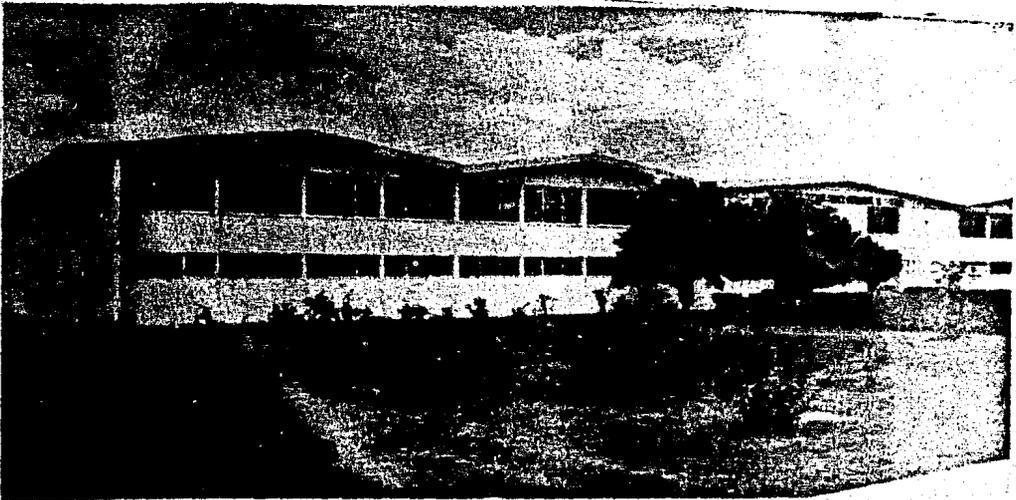
PARA ESCUELAS PRIMARIAS



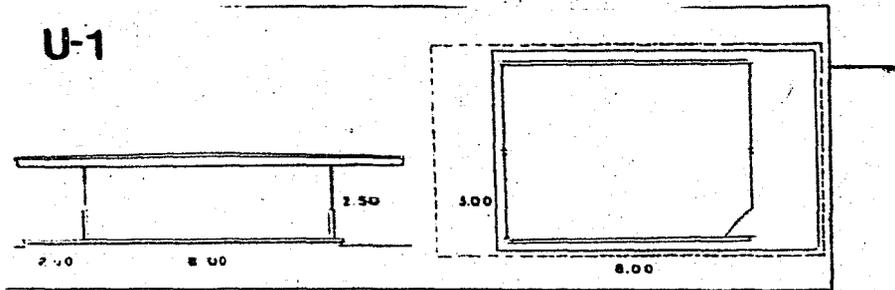


ESCUELA SECUNDARIA NUMERO DE ESPACIOS EDUCATIVOS

NATURALEZA DE LOS ESPACIOS			A U L A S				LABORATORIO TRIPLE				TALLERES				
			INDICE DE UTILIZACION %												
GRUPOS POR GRADO				80	85	90	100	70	80	90	100	80	85	90	100
	1°	2°	3°	NUMERO DE ESPACIOS											
1	1	1	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	4	4	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	1	4	4	4	4	1	1	1	1	2	2	2	2	1
2	2	2	5	5	5	4	1	1	1	1	2	2	2	2	2
3	2	2	6	6	5	5	1	1	1	1	2	2	2	2	2
3	3	2	7	7	6	6	1	1	1	1	2	2	2	2	2
3	3	3	8	7	7	6	1	1	1	1	3	2	2	2	2
4	3	3	9	8	8	7	1	1	1	1	3	3	3	3	2
4	4	3	9	9	8	8	1	1	1	1	3	3	3	3	2
4	4	4	10	10	9	8	1	1	1	1	3	3	3	3	3
5	4	4	11	10	10	9	1	1	1	1	5	3	3	3	3
5	5	4	12	11	11	10	1	1	1	1	4	3	3	3	3
5	5	5	13	12	11	10	1	1	1	1	4	4	4	4	3
6	5	5	13	13	12	11	1	1	1	1	4	4	4	4	3
6	6	5	14	13	12	11	1	1	1	1	4	4	4	4	4
6	6	6	15	14	13	12	1	1	1	1	5	4	4	4	4



INSTITUTO TECNOLÓGICO REGIONAL				ESTRUCTURA EDUCATIVA					SUMA
PROGRAMA ARQUITECTÓNICO				GRADOS	1º	2º	3º	4º	4
				GRUPOS	24	18	12	6	60
ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS				ALUMNOS	1200	900	600		3000
ESPACIOS FIJOS	ESPACIOS VARIABLES	UTILIZ.	AREA EN M <sup>2</sup>	CAR.	OBSERVACIONES				
			UNIT. TOTAL	(M <sup>2</sup> /Alum.)					
AREA ACADÉMICA									
ApMj		30	62	1960	50				
ApMj		30	34	720	30				
Auditorio		2	98	196	73				
Lab. Química		2	98	196	52				
LAB. Física		1	98	98	30				
AREA TECNOLÓGICA									
Yalm. Diseño		2	130	260					
	T. Diferenciales	1	288	288	Existen 9 espacios de talleres y 25 de laboratorios				
	Electrónica	1	288	288					
	Clasificación	1	288	288					
	Mecánica	1	288	288					
	Materia	1	288	288					
	LAB. Diferenciales								
	Ing. Diseño	1	484	484					
	Ing. Mecánica	1	720	720					
	Ing. Electrónica	1	320	320					
AREA ADMINISTRATIVA									
Directorio			2760	2760					
Oficinas			1200						
Servicio Alumnos			28	28	267				
AREA DE SERVICIOS									
Servicio Semestres		5	48	240					
Cafetería		1	400	400					
Recreación		1	30	30					
AREA DEPORTIVA									
Gimnasio		1	1000	1000					
Albergo		1			Existe un espacio de talleres para el programa y talleres de taller de carpintería y vidrio				
Estadio		1							
Cancha		4							

**Cimentación**

Zapatas y contra-trabes de liga de concreto armado.

**Marco prefabricado**

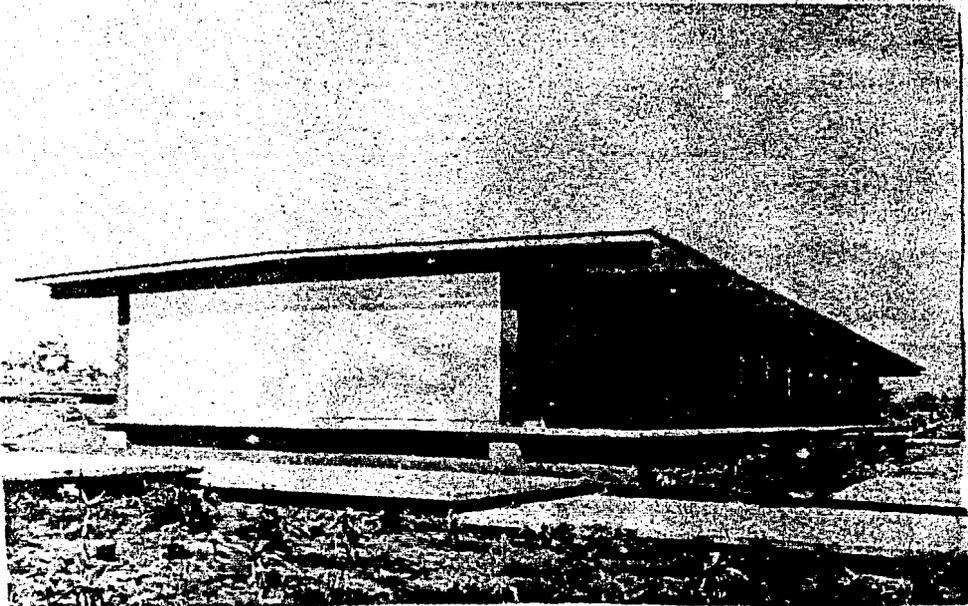
Columnas y trabes metálicas, armados en obra, a base de tornillos y soldadura.

**Cubierta**

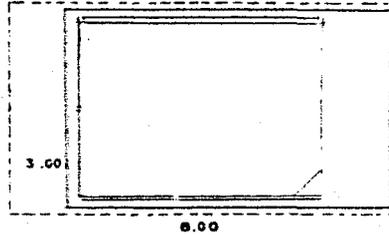
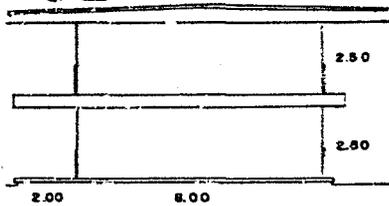
Placa de concreto, de multipanel y losa acero.

**Aplicación**

En todos los niveles educativos de zonas urbanas, semi-urbanas y rural.



U-2

**Cimentación**

Zapatas y contra-trabes de  
liga concreto armado.

**Marcos**

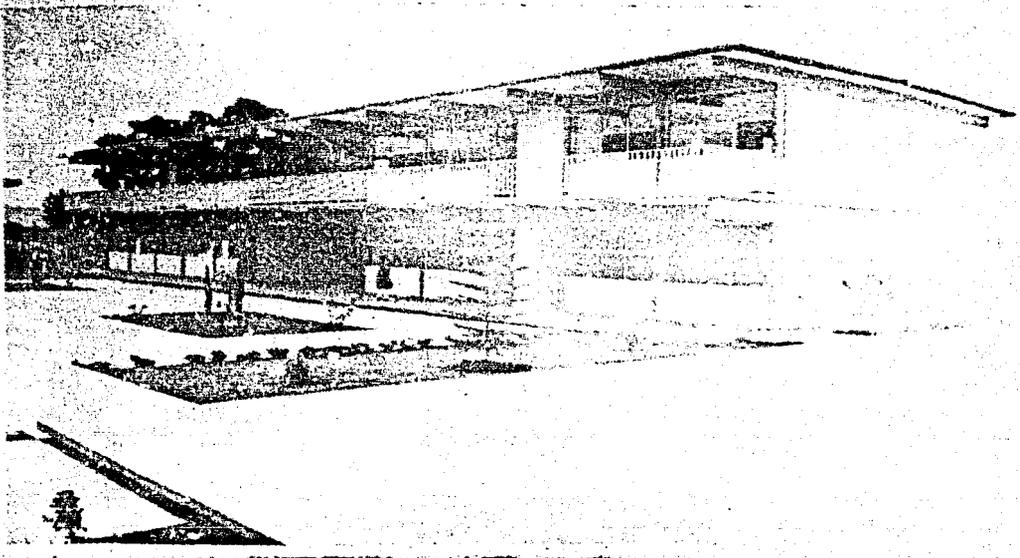
Postes y traves metálicos,  
soldados en los nodos.

**Cubierta**

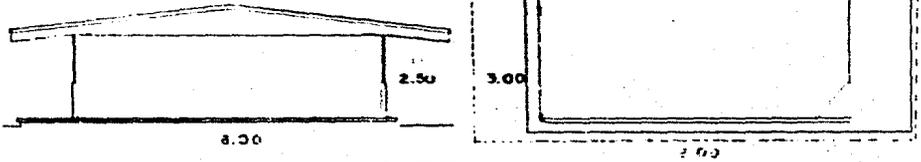
Placa de concreto, y  
losa-acero.

**Aplicación**

En niveles medio, medio  
superior y superior de zonas  
urbanas.



A-70

**Cimentación**

Zapatas y contra-trabes de liga de concreto armado.

**Marco prefabricado**

Columnas y traves metálicas, armados en obra, a base de tornillos.

**Cubierta**

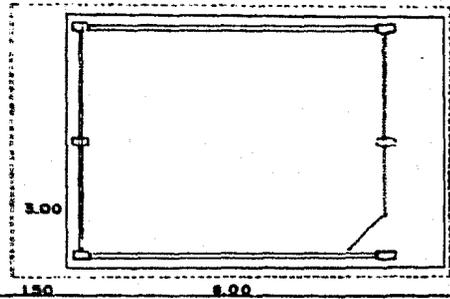
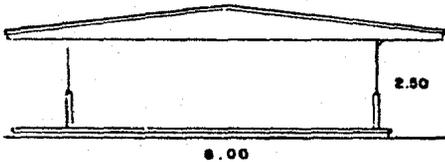
Placa de concreto, de multipanel y losa acero.

**Aplicación**

En todos los niveles educativos de zonas urbanas, semi-urbanas y rural.



## A-70C



### Cimentación

Zapatas y contra-trabes de concreto armado.

### Marcos

Columnas, traveses y cerramientos de concreto armado, levantados en el sitio.

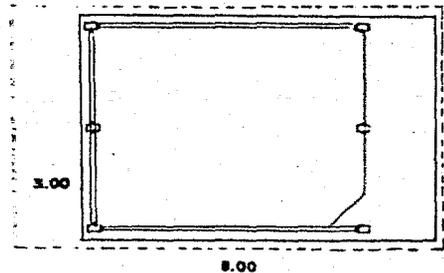
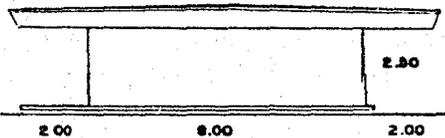
### Cubierta

Placa de concreto.

### Aplicación

En todos los niveles educativos de zonas urbanas y semi-urbanas, donde la corrosión sea alta.

## U-1C



### Cimentación

Zapatas y contra-trabes de liga de concreto armado.

### Marcos

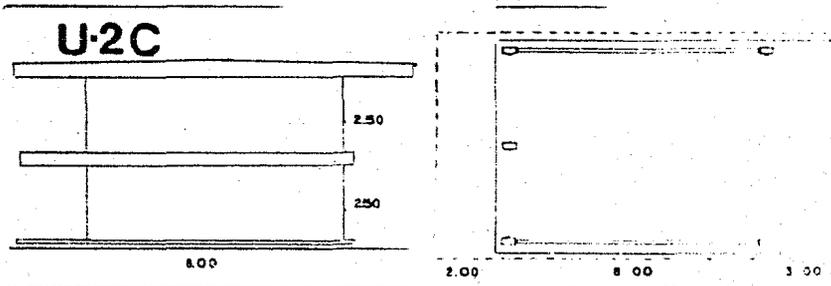
Columnas, traveses y cerramientos de concreto armado, levantados en el sitio.

### Cubierta

Placa de Concreto.

### Aplicación

En todos los niveles educativos (menos en jardines de niños), de zonas urbanas y semi-urbanas, donde la corrosión sea alta.



### Cimentación

Zapatas y contra-trabes de liga de concreto armado.

### Marcos

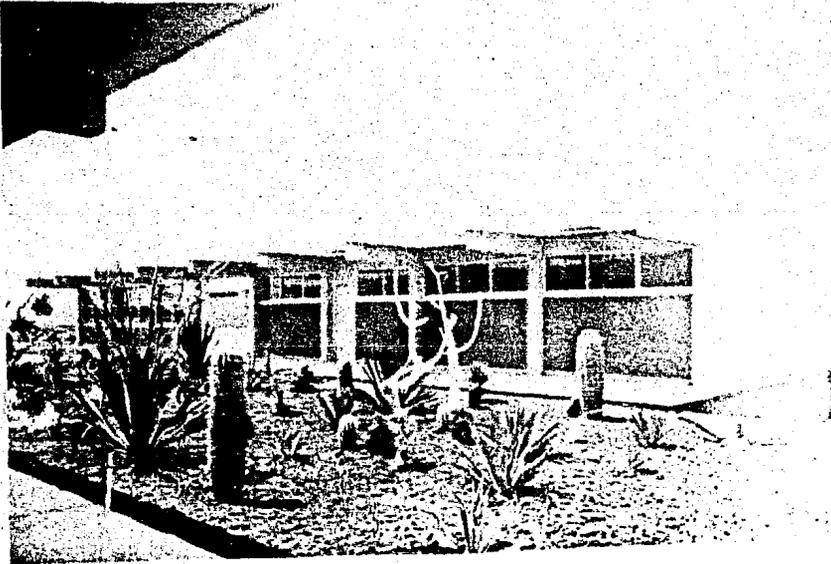
Columnas, trabes y cerramientos de concreto armado, levantados en el sitio.

### Cubierta

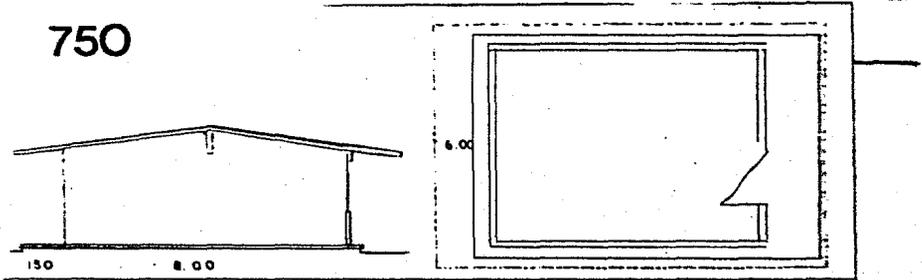
Placa de concreto.

### Aplicación

En todos los niveles educativos (menos en Jardines de niños), de zonas urbanas y semi-urbanas en donde la corrosión sea alta.



750

**Cimentación**

De piedra brasa o zapatas y contralabes de liga de concreto armado.

**Apoyos**

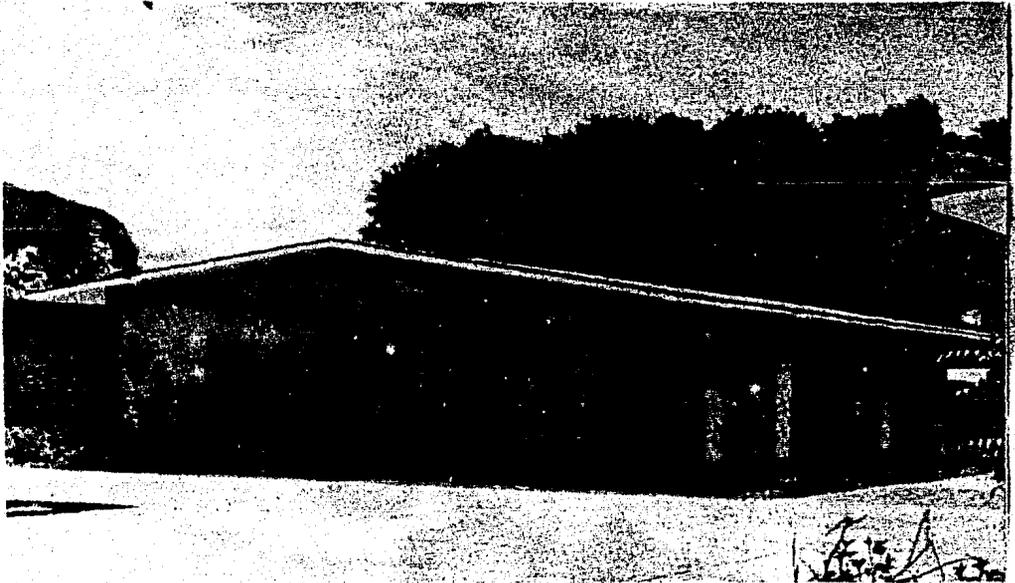
Muros de carga contruidos de mampostería o de tabique reforzados con castillos y cadenas de concreto, postes y traves metálicas apoyadas en muros cabeceros.

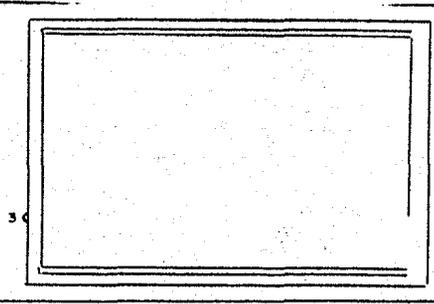
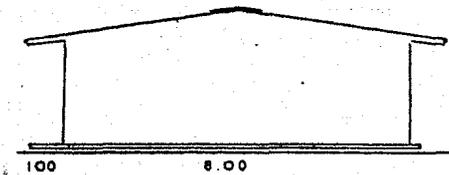
**Cubierta**

Placa de lámina metálica o de asbesto.

**Aplicaciones**

En los niveles elemental y medio de las zonas rurales.



**H-M****Cimentación**

De piedra brasa.

**Apoyos**

Muros de carga: piedra, ladrillo, block de concreto.

**Cubierta**

Placa de concreto, vigueta y bovedilla, teja, losa-acero.

**Aplicaciones**

En el nivel elemental, en zonas urbanas, semi-urbanas y rural.

## EJEMPLOS DE ESTRUCTURACION

La estructuración de edificios para escuelas es muy sencilla, en general el espacio tipo no cambia, son secciones rectangulares, en su ancho no hay mucha variación, en lo que existe variación es en el largo de los salones.

Para una mejor exposición se distinguirán dos tipos de plantas: Plantas Intermedias, Plantas Terminales.

Las Plantas Intermedias, serán aquellas cuya techumbre es otro piso.

Las Plantas Terminales, serán aquellas cuya techumbre es la losa de techo.

Como se expuso anteriormente, por lo general los edificios para escuelas son de 2 o 3 niveles.

Se deberá buscar formar marcos en las dos direcciones cuando sea posible

A continuación se presentan 3 ejemplos de estructuración:

### Figura A:

Se muestran 3 aulas en las cuales es posible colocar muros de rigidez

La estructuración se plantea de la siguiente forma:

Dirección Y

Se tienen muros de rigidez para resistir las fuerzas sísmicas

Dirección X

Se forman marcos, con las traves y columnas, las traves - a/  
serán portantes-rigidizantes

El techo estará formado por vigas: canal, doble T, etc.

#### Figura B.

Se muestra una planta en la que no es posible colocar -  
muros de rigidez, debido a que la longitud de los salones  
está sujeta a cambios.

Dirección Y:

Se forman marcos con columnas y traves rigidizantes.

Dirección X:

Se forman marcos con columnas y traves portantes-rigidi-  
zantes.

El techo estará formado por vigas; canal, doble T, etc.

#### Figura C.

Se muestra una planta de un edificio para escuela, se -  
plantarán dos casos: iluminación por un solo lado; e  
iluminación por ambos lados.

#### Caso 1:

Se propondrá que los marcos A y 5 sean de borde, por lo  
que se colocarán muros de rigidez.

Marcos: B, D, E, son marcos formados a base de traves -  
portantes-rigidizantes y columnas.

Marcos: 1, 2 y 4; En los tramos AB, DE, trabes rigidizantes y columnas, en los tramos BC, CD, trabes rigidizantes-portantes y columnas.

Marco 3: Marcos formados por trabes rigidizantes y columnas.

Caso 2:

La estructuración es igual exceptuando los marcos A y 5

Marco A; estructuración idéntica a los marcos; B.D.E.

Marco 5; estructuración idéntica a los marcos: 1,2, y 4

Las vigas de techo para ambos casos pueden ser canal, -  
doble T, etc.

Si la estructuración corresponde a una planta terminal, -  
las vigas de techo, pueden tener peralte variable, adecuado a las condiciones de drenaje del techo,

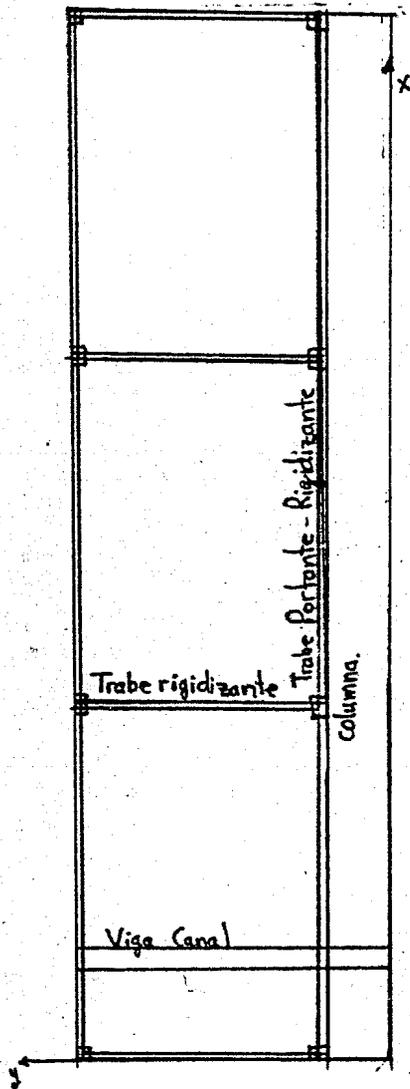


Fig. A

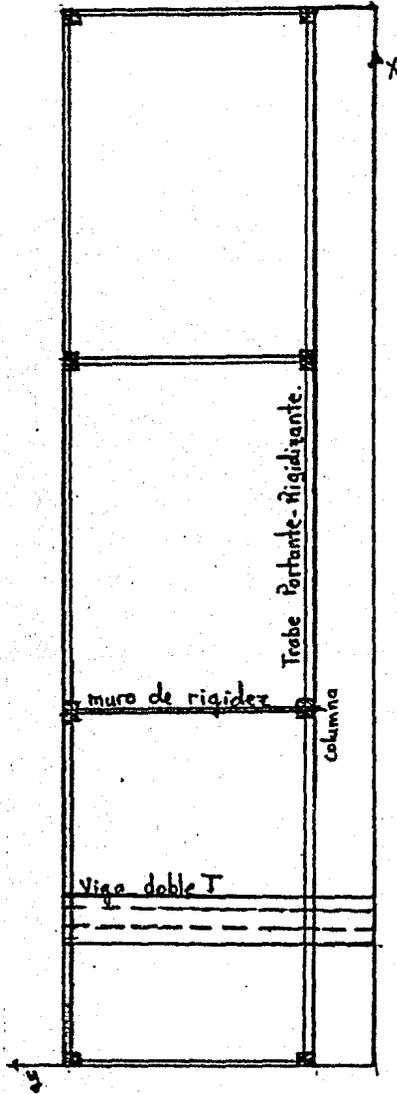


Fig B.

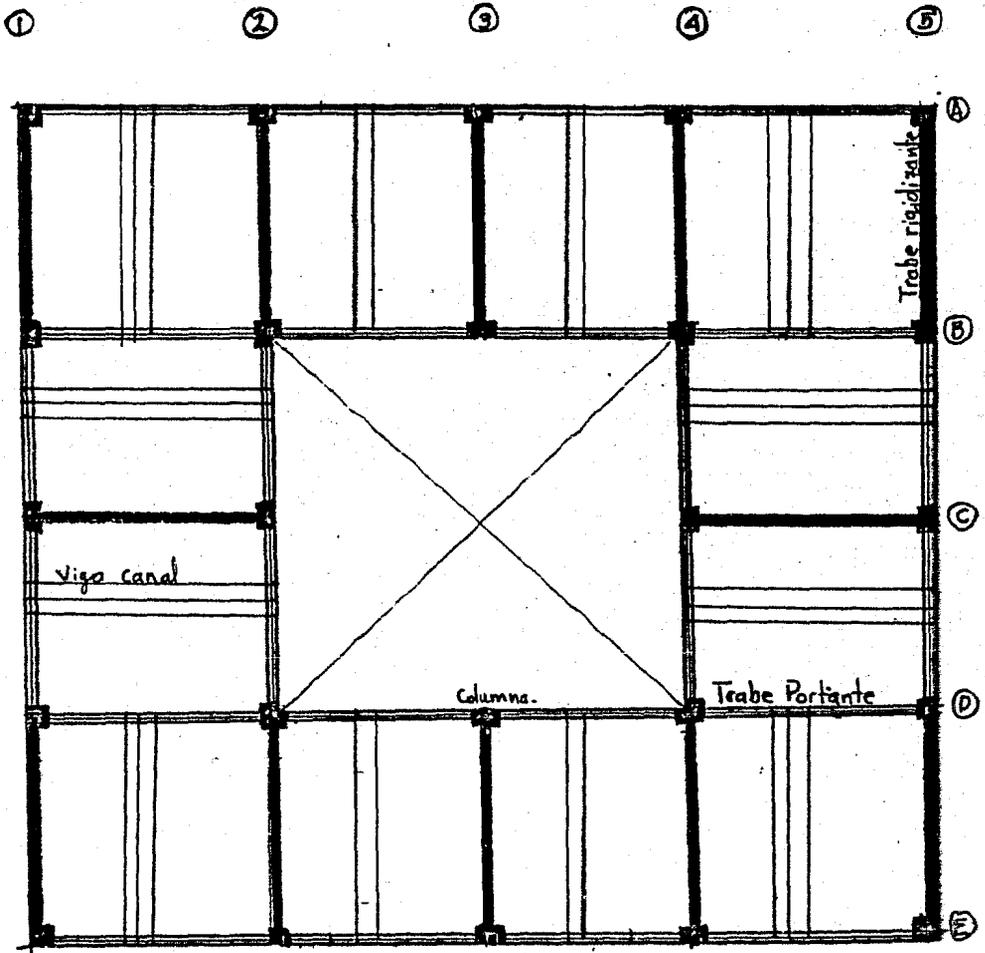


Fig. C

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

En la estructuración de edificios para escuelas, se deberá tomar en cuenta entre otros factores los siguientes:

- 1) Económico
- 2) Funcionalidad
- 3) La estética

Se deben proponer conexiones sencillas, pero que cumplan con los requisitos de seguridad, lo cual nos permite emplear mano de obra menos especializada, ahorro en tiempo de ejecución, los cuales contribuyen a que la estructura sea más económica. Para nuestro país que tiene déficit de escuelas, aún es eficiente el tipo de estructuración que se está usando. Propongo que se estandarice las escuelas, para que con los recursos que se cuenta, se puedan construir más escuelas que tanta falta hacen al país.