

PRETENSADOS COMODORO

Manual de Viguetas Pretensadas



Viguetas "T" en series según IRAM 11633

Acerca de este manual

Pretensados Comodoro es la oferta regional de pretensados de sencilla colocación para construcción de techos y entrepisos unidireccionales.

Nuestras viguetas “T” en series según la IRAM 11633 se fabrican bajo seguimiento de calidad, desde la selección de los materiales componentes, control de calidad de las mezclas y registro de partida.

El presente manual está destinado al usuario profesional de la construcción, para poner a su disposición información técnica con soluciones constructivas y consejos sobre el uso correcto de las viguetas pretensadas.

Para el mejor aprovechamiento del sistema o consultas particulares nos encontramos a su disposición, a través del Departamento de Promoción y Servicios Técnicos de la Gerencia Comercial de PCR.

El diseño y construcción de la losa es responsabilidad exclusiva del profesional idóneo vinculado al proyecto.



2. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

Respetando las pautas de apoyo, encofrado, apuntalamiento y desapuntalamiento, y dado el uso de bovedillas de separación, el proceso es sencillo e intuitivo.

2.1 SISTEMA CONSTRUCTIVO

El principio de los entrepisos contruidos con viguetas y elementos intermedios livianos consiste en sustituir la zona no resistente de la losa por un material de menor peso y más aislante que el hormigón convencional. Los elementos principales que lo componen son: las viguetas pretensadas, los bloques de alivianamiento o bovedillas, la armadura de distribución y la carpeta de compresión (Figuras 1a y 1b). Los forjados unidireccionales son aquellos que presentan rigidez en una sola dirección, por lo tanto necesitan apoyo en elementos lineales como vigas o muros de carga.

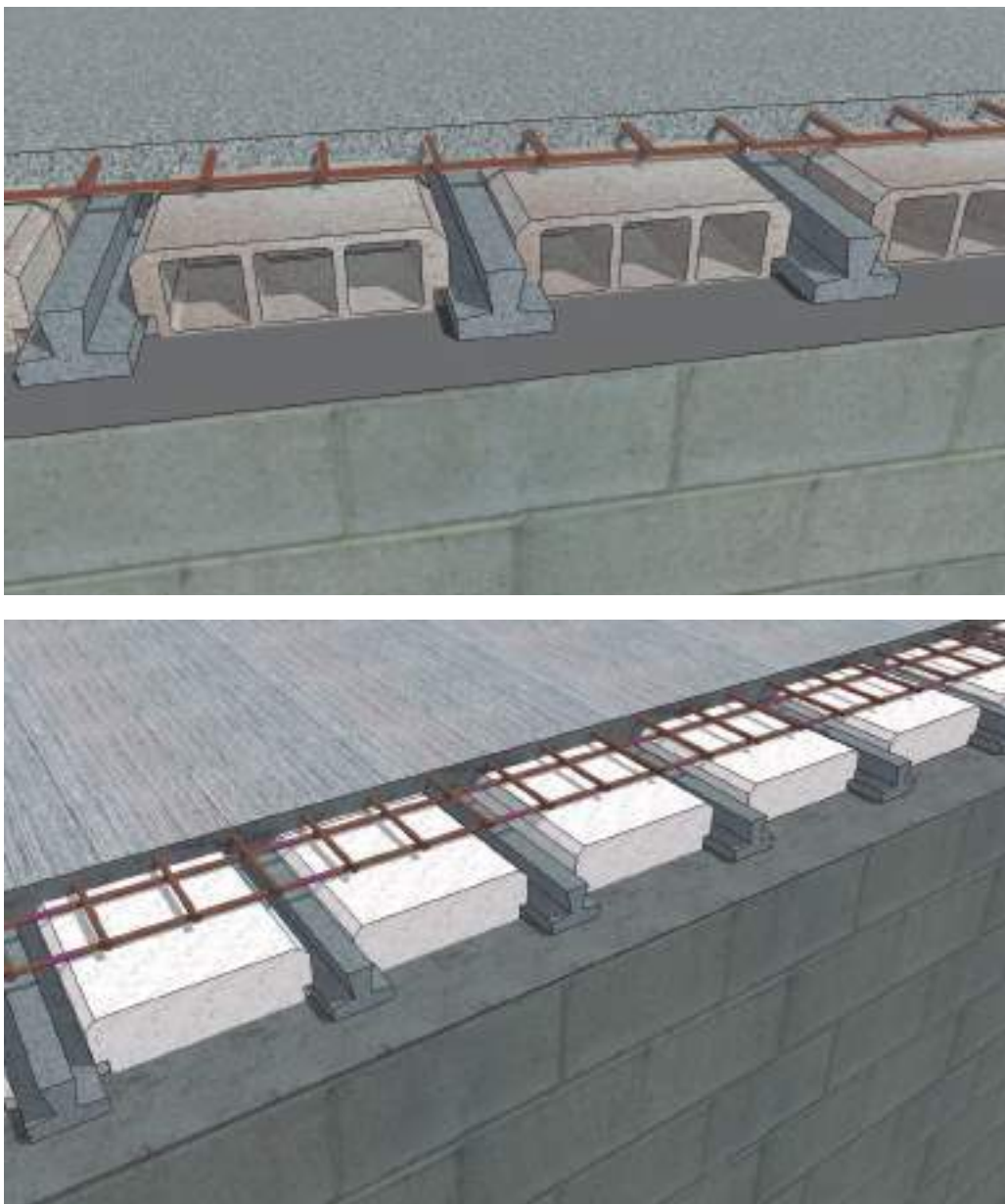


Figura 1 a y Figura 1 b Aspecto del sistema completo con distintos tipos de bovedilla

- **Proceso simple:**

Respetando principalmente las pautas de apoyo, encofrado y apuntalamiento, y dado el uso de bovedillas de separación, el proceso es sencillo e intuitivo.

- **Rapidez constructiva:**

Es una característica típica de los sistemas premoldeados.

- **Menos encofrado:**

Las viguetas son elementos semirresistentes donde apoyan las bovedillas que cierran la superficie, por lo tanto se disminuye la necesidad de encofrado plano de contacto.

- **Menos hormigón:**

La mezcla necesaria para la superficie horizontal es sólo la que corresponde a carpeta de compresión, con espesor configurado en tablas según el espesor de bovedillas.

- **Verificación práctica por tablas:**

Con la entrada de pocos datos que tienen en cuenta la geometría de la obra y del destino del local, es posible verificar el esquema propuesto.

- **Buena aislación térmica y acústica:**

Comparativamente con una losa tradicional, las bovedillas otorgan una característica aislante dada por cámaras de aire o bien, por un material constitutivo liviano.

3. ELEMENTOS DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

Pretensados Comodoro fabrica sus viguetas siguiendo lineamientos de la norma IRAM 11633, que establece requisitos del material y especifica 9 series normalizadas hasta longitud máxima 7,20 m

Cabe recordar que cada elemento cumple su función, y que la vigueta es sólo una parte del sistema del forjado.

3. ELEMENTOS DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

Los componentes principales del forjado de viguetas son:

- Viguetas pretensadas de hormigón, que constituyen la armadura del conjunto.
- Bovedillas o bloques de alivianamiento, que son el elemento de relleno que definirá con su altura el brazo elástico resistente.
- La capa de compresión hormigonada en el lugar.

3.1 VIGUETAS PRETENSADAS DE HORMIGÓN

Se les dice semirresistentes pues necesitan de la carpeta de compresión vertida en obra, de los refuerzos necesarios de acuerdo al proyecto y del apuntalamiento inicial para resistir los esfuerzos a los que estará sometido el forjado.

Las viguetas tienen una sección transversal de T invertida de dimensiones constantes (Figuras 2a y 2 b) y armadura variable según la serie a la que pertenecen. La calidad del hormigón y del acero están previamente probados y cumplen normativas. Como las viguetas y bovedillas se fabrican en proceso industrial, ya se obtienen en obra elementos con calidad uniforme.

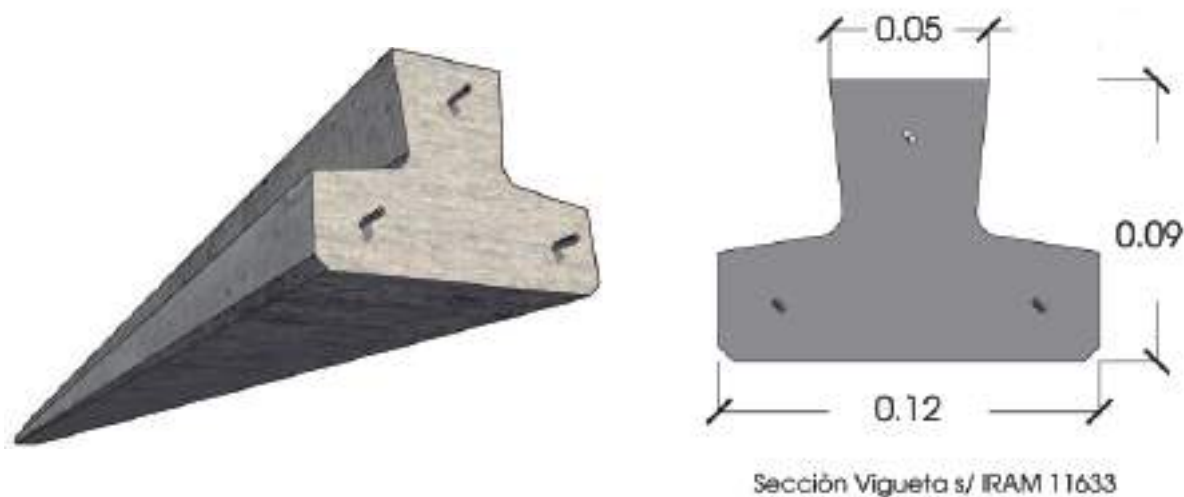


Figura 2 a y 2 b Perfil y medidas transversales

3.1 VIGUETAS PRETENSADAS DE HORMIGÓN

Las viguetas se fabrican moldeando hormigón de calidad H30 alrededor de armadura de acero para pretensado, sobre ésta se realiza el tesado antes de hormigonar la vigueta. (Figura 3). El acero es fijado a las placas de anclaje mediante cuñas especiales, procediéndose al hormigonado con una máquina moldeadora que se desliza sobre una pista de gran longitud en cuyos extremos están los cabezales de tesado. Posteriormente al hormigonado se procede al curado. Finalmente y una vez alcanzada la resistencia necesaria se transfieren los esfuerzos al hormigón, liberando los anclajes y luego cortando las trenzas de acero. Al soltar los anclajes la armadura tiende a recuperar su longitud original, y por adherencia comprime al hormigón de la vigueta.

Las viguetas están clasificadas en función de la distribución, cantidad y sección de las armaduras para pretensado. Pretensados Comodoro fabrica sus viguetas siguiendo las pautas de la norma IRAM 11633 que establece requisitos del material (Figura 4) y especifica 9 series normalizadas. (Figura 5)

Figura 3: fotos de la nave y de los trenes de producción de Pretensados Comodoro



Figura 4



Figura 5

3.1 VIGUETAS PRETENSADAS DE HORMIGÓN

Características de las Viguetas PCR

HORMIGÓN	TIPO	H30
	Resistencia a la compresión del hormigón de la viga	$\sigma'_{bk}=30 \text{ MPa}$
ARMADURA	TIPO	Cordones de acero trenzado
	Resistencia a la tracción	$\sigma'_{ek}=19800 \text{ kg/cm}^2$

Figura 4 Requisitos normalizados de los componentes de viguetas (hormigón y acero)

3.1.1 Normativa vigente para viguetas pretensadas de hormigón

La resistencia de las viguetas depende de la cuantía de acero y su distribución, y de la excentricidad de las cargas de pretensado, generándose de esta forma las series de producción estandar que cumplen con los requerimientos de cálculo. (Figura 5 viguetas de Comodoro Pretensados).

En nuestro país está vigente la norma IRAM 11633 "Viguetas de hormigón pretensado de sección T invertida. Requisitos, tipificación y condiciones de uso".

En esta norma se establece que el acero para pretensado de las viguetas debe cumplir, a su vez, con las siguientes normas:

IRAM-IAS U 500-07: "Cordones de dos o tres alambres de acero para estructuras de hormigón pretensado."

IRAM IAS U 500- 517: Alambres de acero liso para estructuras de hormigón pretensado.

La misma norma IRAM 11633 establece un mínimo de tres cordones para armar cualquier serie de viguetas. La norma de ensayo IRAM 11600 "Viguetas prefabricadas de hormigón pretensado" menciona el método de ensayo de la viga aislada.

Los cordones ("trenzas") son de alambre trefilado, constituidas por dos o tres alambres del mismo diámetro arrollados helicoidalmente y con paso uniforme, alrededor de su eje longitudinal. (Figura 6)

3.1 VIGUETAS PRETENSADAS DE HORMIGÓN

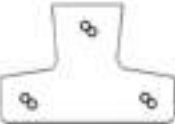
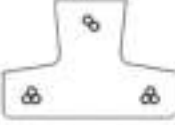
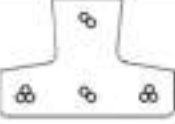
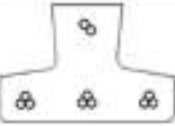
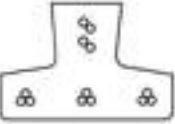
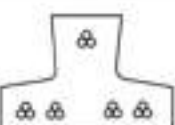
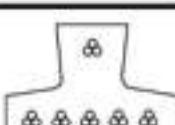
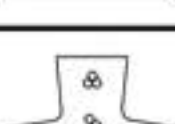
Serie S/IRAM 11.633		Largos	Esquemas	Distribución armadura	Sección	Largos disponibles (M)
Paquetes de 24 viguetas	1	1.00 a 3.80m		1 trenza 2x2.25 2 trenzas 2x2.25	0.239 cm ²	1.00-1.20-1.40-1.60-1.80- 2.00-2.20-2.40-2.60-2.80- 3.00-3.20-3.40-3.60-3.80
	2	3.90 a 4.20m		1 trenza 2x2.25 2 trenzas 3x2.25	0.318 cm ²	4.00-4.20
	3	4.30 a 4.50m		1 trenza 2x2.25 2 trenzas 2x2.25 1 trenza 3x2.25	0.358 cm ²	4.40
	4	4.60 a 4.80m		1 trenza 2x2.25 2 trenzas 3x2.25 1 trenza 2x2.25	0.398 cm ²	4.60-4.80
	5	4.90 a 5.10m		1 trenza 2x2.25 3 trenzas 3x2.25	0.437 cm ²	5.00
Paquetes de 12 viguetas	6	5.20 a 5.30m		1 trenza 2x2.25 1 trenza 2x2.25 3 trenzas 3x2.25	0.517 cm ²	5.20
	7	5.40 a 5.90m		1 trenza 3x2.25 4 trenzas 3x2.25	0.596 cm ²	5.40-5.60-5.80
	8	6.00 a 6.50m		1 trenza 3x2.25 5 trenzas 3x2.25	0.716 cm ²	6.00-6.20-6.40
	9	6.60 a 7.20m		1 trenza 3x2.25 1 trenza 2x2.25 5 trenzas 3x2.25	0.795 cm ²	6.60-6.80-7.00-7.20

Figura 5: Series normalizadas según IRAM 11633 de Viguetas fabricadas por Comodoro Pretensados

3.1 VIGUETAS PRETENSADAS DE HORMIGÓN

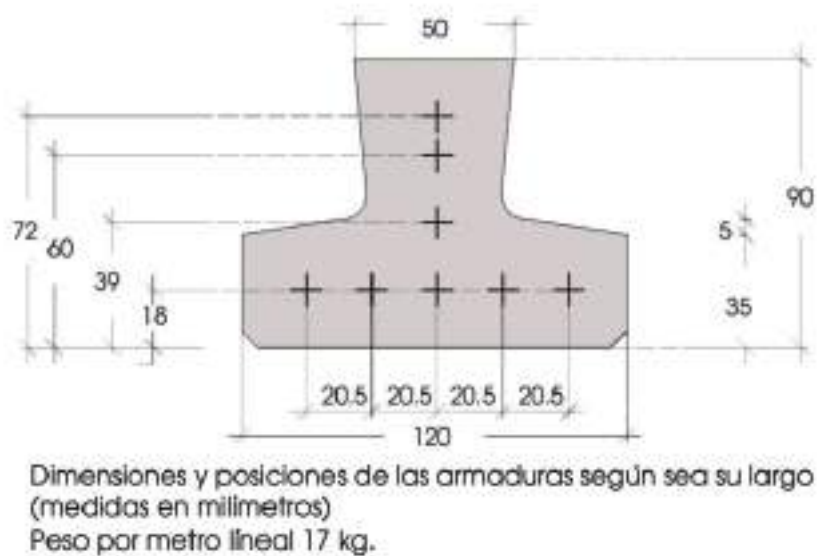


Figura 6 sección típica de viguetas de Comodoro Pretensados

3.2 BOVEDILLAS O BLOQUES DE ALIVIANAMIENTO

Son bloques que en nuestro mercado pueden ser de hormigón, de cerámica o de poliestireno expandido (EPS). Al colocarlos se produce una separación aproximada entre ejes de viguetas de 50 cm lo que transforma al forjado en un sistema de techo modular. Los bloques poseen pestañas laterales que permiten el apoyo entre dos viguetas adyacentes y tienen diferentes alturas para lograr diferentes espesores de las losas en función de su luz y su carga de servicio (Figura 7).

Satisfacen dos funciones especiales:

- Sirven de encofrado perdido para el hormigón complementario de compresión.
- Actúan como relleno liviano, elevando el brazo elástico interno (distancia que hay entre la resultante de compresión y la de tracción por flexión) aumentando la resistencia a la flexión de acuerdo a las necesidades de cálculo, con mínimo incremento del peso.

En comparación con las losas macizas, el menor peso del techo disminuye las cargas que se transmiten a la fundación de la vivienda o del edificio.

3.2 BOVEDILLAS O BLOQUES DE ALIVIANAMIENTO

Los bloques de EPS poliestireno expandido deben tener una densidad igual o mayor a 12 kg/m^3 y ser tipo F (difícilmente inflamable y autoextinguible). Si el forjado es un entrepiso donde se revocará el cielorraso, los bloques deben tener en su parte inferior al menos 5 ranuras que ayudan al revoque del cielorraso.

Si el forjado es un techo en vez de un entrepiso, al usar bovedillas de EPS se obtiene una mayor resistencia térmica al paso del calor, la que podrá ser incrementada con una capa de bovedillas para aumentar dicha resistencia, disminuir la transmitancia y eliminar el riesgo de condensación.

Es la bovedilla más liviana, dos unidades cubren 1 m^2 de losa y su peso es de $1,1 \text{ kg/m}^2$ aproximadamente.

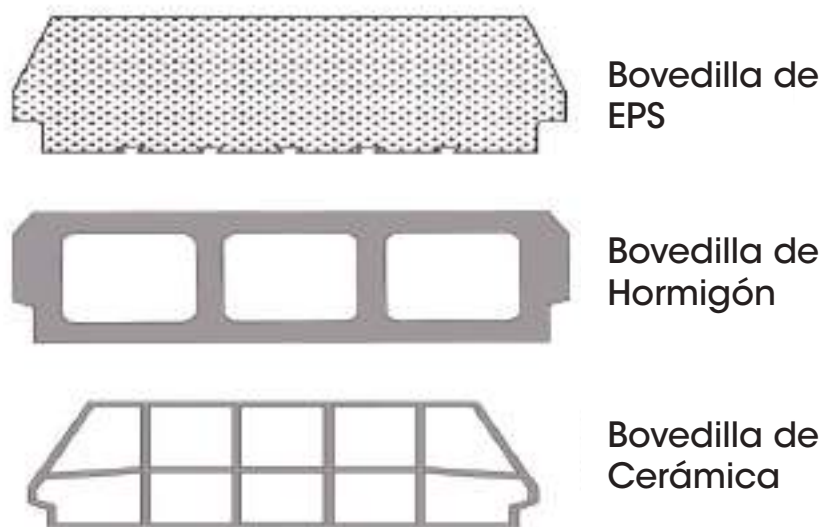


Figura 7 -Tipo de bovedillas

A efectos de cómputo, ver Figura 8 con estimación de elementos por m^2 de acuerdo a las distintas posibilidades.

3.2 BOVEDILLAS O BLOQUES DE ALIVIANAMIENTO

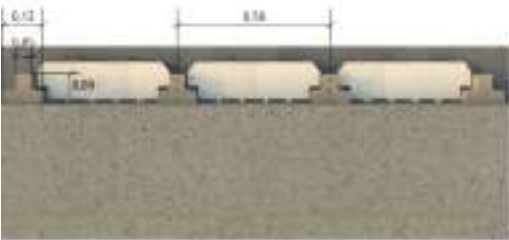
	Tipo de bovedilla	Viguetas por m ²	Bovedillas por m ²
	Hormigón 38 cm x 19 cm	2	10
	Cerámica 38 cm x 25 cm	2	8
	EPS 42 cm x 100 cm	2	2

Figura 8 Cómputo de elementos principales por m² de entrepiso

3.3 CAPA DE COMPRESIÓN

Debe tener una resistencia mínima a la compresión de 15 MPa para las series S1 a S6 y de 20 MPa para las series S7 a S9. (Figura 9) El colado del hormigón se realiza in situ en forma continua en toda la superficie de la losa, con un espesor medido desde la cara superior de la bovedilla de 5 cm, lo que le da al forjado su carácter de monolítico. En zona sísmica es importante verificar este espesor mínimo de 5 cm. Su función es de tomar los esfuerzos de compresión debido a la flexión a la que se somete a la losa. Ya sea hormigón elaborado en planta o preparado en obra, el tamaño máximo del agregado grueso debe ser menor a 25 mm.

HORMIGÓN	TIPO	Serie 1 a 6	Serie 7 a 9
	Resistencia a la compresión	H15	H20

Figura 9 Calidad del hormigón de la capa de compresión

3.4 MALLA DE ACERO DE DISTRIBUCIÓN

Su función es distribuir las cargas en el forjado y controlar la fisuración por retracción de la capa de compresión. Ésta puede originarse por contracción lineal por secado durante el proceso de fraguado del hormigón. El recubrimiento de la malla debe ser como mínimo de 2 cm para lo cual se deben utilizar separadores apoyados sobre la bovedilla. Se recomienda emplear la malla de 15 cm x 15 cm de diámetro 6 mm tipo Q188. La superposición de las mallas será de dos cuadros, fijadas con atadura de alambre.

3.5 COMBINACIÓN FINAL

El conjunto de los elementos que componen la losa y su combinación responden a considerar el destino del edificio, sus dimensiones, el espesor de la capa de compresión y el espesor de la bovedilla. Existen varias combinaciones posibles como, por ejemplo, el uso de una vigueta simple, que aparece en tablas de verificación como esquema A con distintas alturas de bovedilla (Fig 10 a) o el uso de dos viguetas contiguas, esquema de vigueta doble tipo B (Fig 10 b) para comprobar que los esfuerzos admisibles superen a los esfuerzos reales de solicitación.

Cabe recordar que cada elemento cumple su función, y que la vigueta es sólo una parte del sistema del forjado.

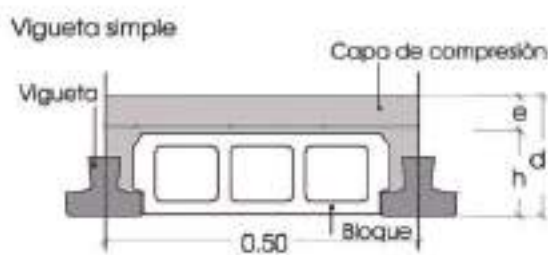


Fig 10 a

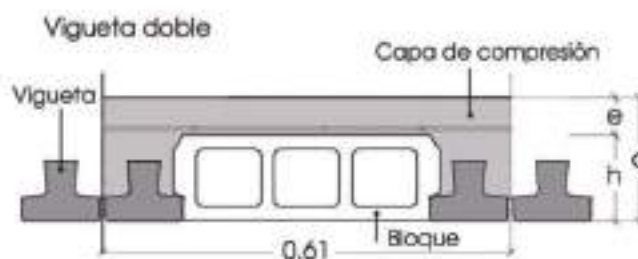


Fig 10 b

Figura 10 a y 10 b Esquema simple y doble de vigueta

4. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE VIGUETAS

El transporte, acopio y manipuleo de las viguetas son operaciones que deben hacerse respetando pautas para conservar la calidad con la que el producto se despacha de fábrica

4.1 PAQUETES DE COMODORO PRETENSADOS

Las viguetas se agrupan en paquetes convenientes para el manejo apropiado. Las viguetas de series normalizadas S1 a S5 se arman en paquetes de 24 unidades (Fig 11 a). Las series S6 a S9 se arman en paquetes de 12 viguetas (Fig 11 b).



Figura 11 a Paquete de 24 viguetas



Fig 11 b Paquetes de 12 viguetas

4.2 COLOCACIÓN DE TACOS DE SOPORTE Y SEPARACIÓN

Los tacos extremos se colocan a 30 cm ó menos de la punta de la vigueta (Fig 12 a) para no provocar voladizos perjudiciales que causen roturas o fisuras (Fig 12b). Una vigueta aislada de un paquete desarmado requerirá acentuar precauciones y colocar tacos muy cercanos a sus extremos.



Fig 12 a Correcto

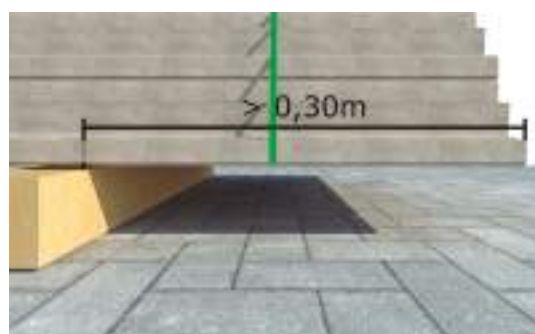


Fig 12 b Incorrecto

Figura 12 a y 12 b: Colocación de tacos cercanos a extremos

4.2 COLOCACIÓN DE TACOS DE SOPORTE Y SEPARACIÓN

Los tacos intermedios se colocan en coincidencia con flejes y a distancias razonables y regulares (Fig 13 a) que no exijan flexiones al paquete (Fig 13 b).

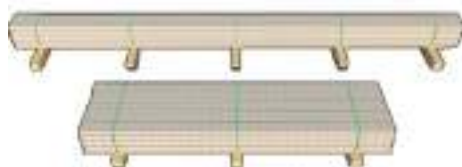


Fig 13 a Correcto



Fig 13 b Incorrecto

Figura 13 a y 13 b Separación de tacos

4.3 ACOPIO DE PAQUETES

Si es necesario superponer paquetes en la playa de estiba, dicha superposición se hace sobre tacos alineados. Para los paquetes de 24 viguetas se recomienda no superponer más de 4 paquetes en patio de acopio (Fig 14 a y 14 b); los paquetes de 12 viguetas (longitudes mayores) requieren no superponer más de 3 paquetes en altura.



Fig 14 a Correcto



Fig 14 b Incorrecto

Figura 14 a y 14 b Acopio de paquetes

4.4 PATIO DE ACOPIO

Debe ser una superficie plana, firme, estable y nivelada para evitar someter a la vigueta a esfuerzos no previstos. La superficie donde se acopiarán los paquetes debe ser de hormigón, adoquines ó similar (Fig 15 a); en caso de contar con terreno natural se recomienda compactar el mismo para evitar futuros desniveles. Un patio de acopio irregular puede afectar la calidad de las viguetas (Fig 15 b).

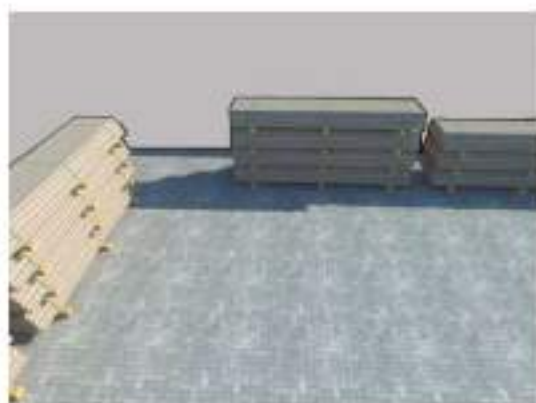


Fig 15 a Correcto

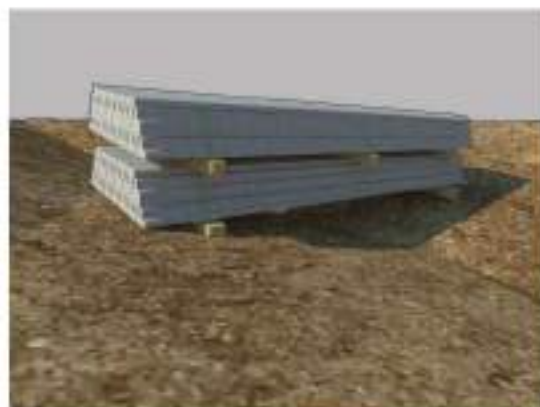


Fig 15 b Incorrecto

Figuras 15 a y 15 b Acondicionamiento de patios de acopio

4.5 REGISTRO DE PARTIDAS

PCR implementa el registro de sus partidas para seguimiento de fábrica (Fig 16 a).



Figura 16 a - Trazabilidad con rótulo de partida

4.6 FLETADO SOBRE CAMIÓN

Los paquetes de viguetas deben colocarse de acuerdo al largo del playo (Fig 17 a) de manera de que no sobresalgan del camión (Fig 17 b).



Fig 17 a Correcto



Fig 17 b Incorrecto

Figura 17 a y 17 b Fletado sobre camión

4.7 MANEJO Y TRASLADO DE VIGUETAS

Siempre debe hacerse bajo supervisión, vigilando la seguridad de las personas y cuidando el trato de las viguetas. La carga manual requiere tomar las viguetas en forma de T invertida de igual manera en la que trabajan en el techo (Fig 18 a) y para lo cual fueron diseñadas las armaduras. No se debe manejar la viga al revés. (Fig 18 b).



Fig 18 a Correcto



Fig 18 b Incorrecto

Figura 18 a y 18 b Manipulación de viguetas

4.7 MANEJO Y TRASLADO DE VIGUETAS

La operación manual se hace con dos operarios como mínimo y se suma personal para manipular viguetas largas (Fig 19 a y 19 b). Para el traslado mecanizado, se debe asegurar que los paquetes sean cargados por el autoelevador en forma equilibrada (Fig 20 a y Fig 20 b) y si se requiere cargar viguetas sueltas de paquetes desarmados se propone volcarlas para que apoyen sobre sus cantos y así soporten mejor las vibraciones del trayecto (Fig 20 c).



Fig 19 a Correcto



Fig 19 b Incorrecto

Figura 19 a y 19 b Traslado manual de viguetas



Fig 20 a Carga Correcta equilibrada



Fig 20 b Incorrecto



Fig 20 c Recomendado

Figura 20 a, 20 b y 20 c Traslado mecanizado de viguetas

5. APUNTALAMIENTO

Es primordial revisar el apuntalamiento antes de comenzar con la colocación de bovedillas, con el tránsito de operarios y la operación de hormigonado, pues es un tema clave para una construcción correcta y segura.

5.1 ELEMENTOS DE UNA ESTRUCTURA DE APUNTALAMIENTO

Es necesario implementar un cuidadoso apuntalamiento provisorio que sostenga las viguetas. El apuntalamiento de las viguetas debe hacerse cuanto antes; luego será seguro iniciar las tareas de colocación del resto de los elementos.

5.2 SEGURIDAD DE LOS PUNTALES

Si los puntales se apoyan directamente en el terreno es conveniente colocar debajo de ellos, además de las cuñas, tablas para evitar el hundimiento de los puntales en el terreno. Los otros elementos importantes de amarre son las bridas y crucetas (Figura 21).

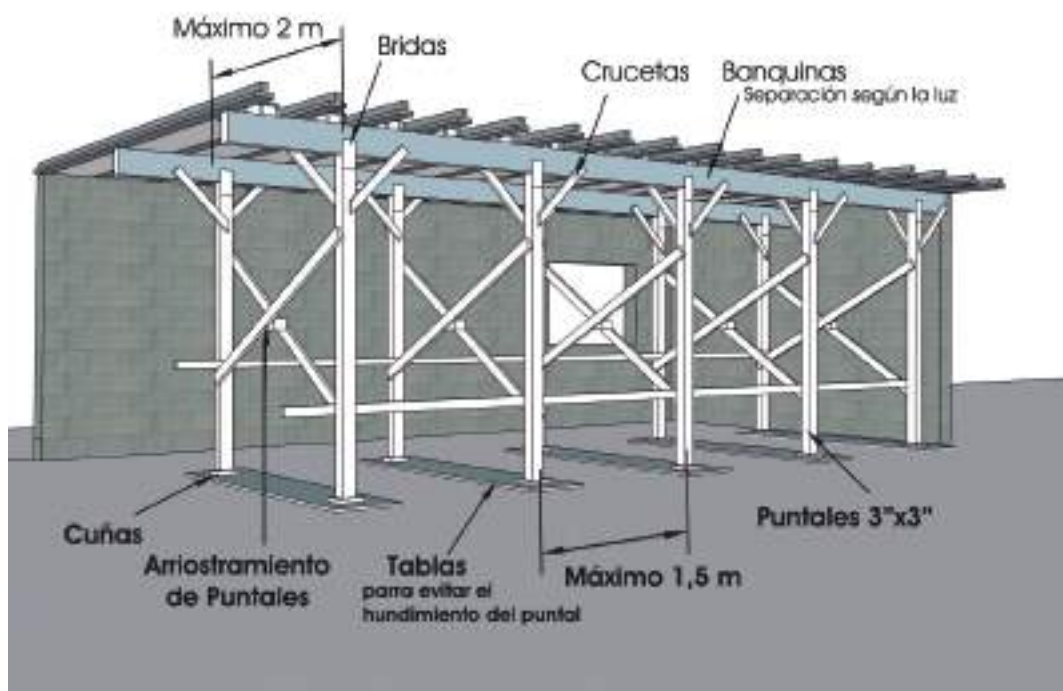


Figura 21 Elementos del apuntalamiento

5.2 SEGURIDAD DE LOS PUNTALES

Se deben asegurar los puntales en dos direcciones, con cruz de San Andrés en dirección de las viguetas (Figura 22) y riostra horizontal para rigidizar el conjunto en ambos sentidos.

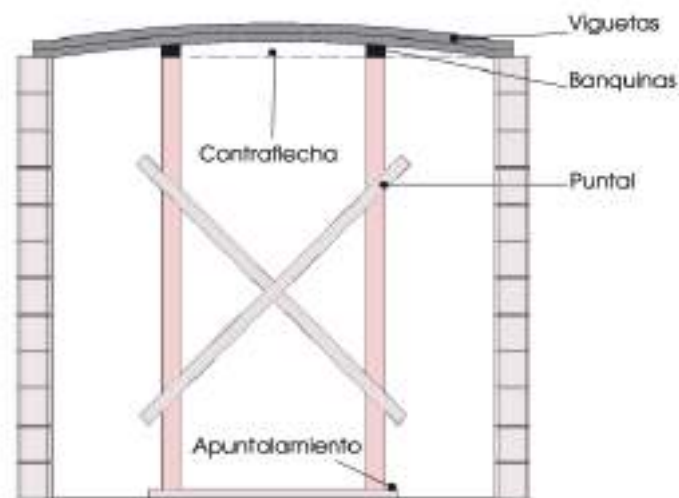


Figura 22 Cruz de San Andrés y contraflecha

Los puntales deben estar separados como máximo 1,50 m en ambos sentidos. Si el forjado corresponde a un local angosto, como pasillos o galerías, comprendido entre 1,50 y 3,00 m de ancho debe colocarse un apuntalamiento intermedio como mínimo. Las banquinas (listones donde apoyan las viguetas) deben estar separadas 2,00 m entre sí. (Figura 23).

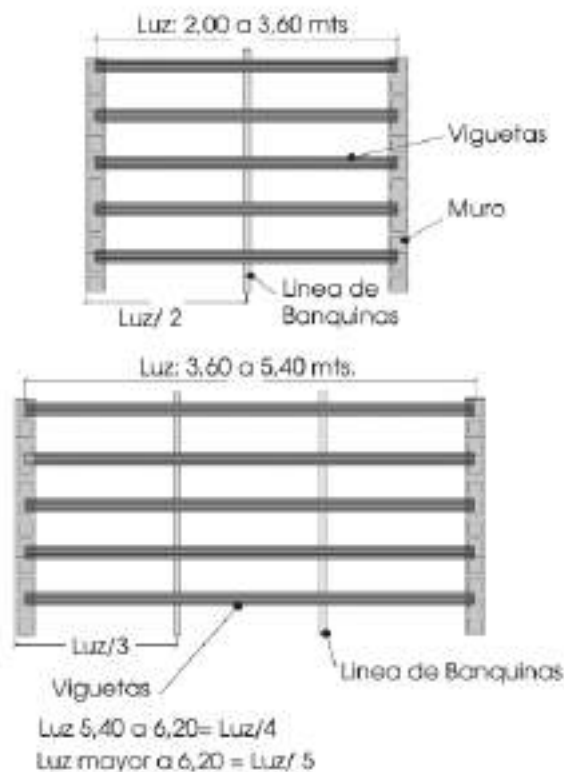


Figura 23 Separación de banquinas

5.2 SEGURIDAD DE LOS PUNTALES

Si la obra es de varias plantas, no se deben mantener más de tres plantas apuntaladas ni tabicar cuando aún no se han desapuntalado las plantas inferiores, ya que atenta contra la seguridad de la estructura.

Es primordial revisar el apuntalamiento antes de comenzar con la colocación de bovedillas, con el tránsito de operarios y las operaciones de hormigonado, pues es un tema clave para una construcción correcta y segura.

5.3 CONTRAFLECHAS

En función a la serie de las viguetas se adopta una contraflecha, dando una altura superior a los puntales del centro de la losa, para compensar el descenso por desapuntalamiento. (Figura 22 y Figura 24).

Serie	Contraflecha (mm/m)
S1 a S4	2
S5 a S6	2,5
S7 a S9	3

Figura 24 tabla de contraflechas según la serie normalizada de viguetas

Los detalles constructivos que aquí se ejemplifican son orientativos, debiendo el profesional de obra calcular las armaduras de refuerzo que sean necesarias para cada caso.

6.1 DISTANCIA ENTRE VIGUETAS

La distancia entre viguetas queda establecida automáticamente por el ancho de la bovedilla, quedando una distancia teórica entre ejes de viguetas de 50 cm. (Figura 25).

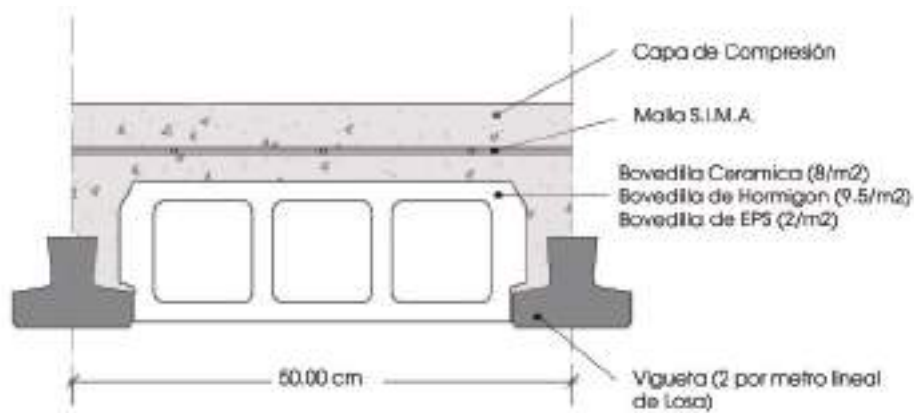


Figura 25 Bovedillas como separador de viguetas

6.2 NERVIOS TRANSVERSALES

En casos de sobrecargas mayores a 300 kg/m^2 o luces mayores a 4 m es importante ejecutar cada 2 metros nervios de 20 cm en dirección transversal a la dirección de las viguetas y en coincidencia con los tirantes de apuntalamiento, utilizando bloques de menor altura, o desplazando los bloques para dar lugar a un espacio donde colocar barras de acero. Este refuerzo ayuda a repartir cargas transversales y evitar que posteriormente se marquen las viguetas en el cielorraso. (Figura 26 a y 26 b).



Figura 26 a

6.2 NERVIOS TRANSVERSALES

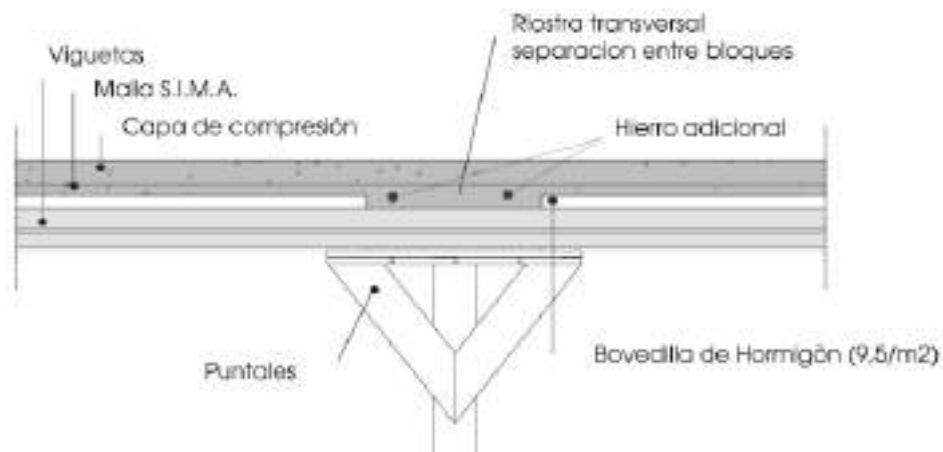


Figura 26 b Nervio transversal

6.3 APOYOS Y DETALLES CONSTRUCTIVOS

6.3.1 Viguetas que apoyan en una viga o muro existente

Las viguetas se colocan simplemente apoyadas y dichos apoyos deberán ser como mínimo de 10 cm a cada lado. De esta forma se garantiza el esquema de una viga simplemente apoyada y cuyo momento flector máximo se produce en el centro de la misma. (Figura 27 a, 27 b y 27 c).

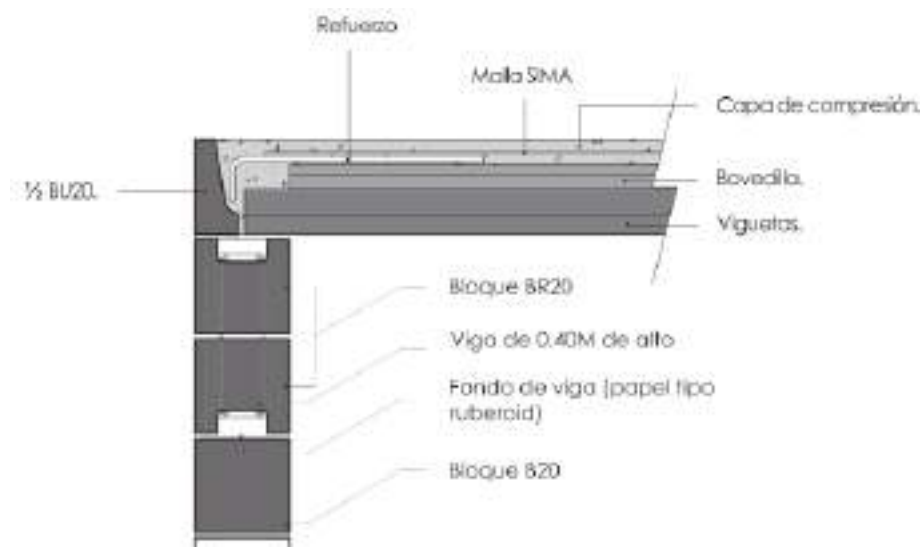


Figura 27 a

6.3 APOYOS Y DETALLES CONSTRUCTIVOS

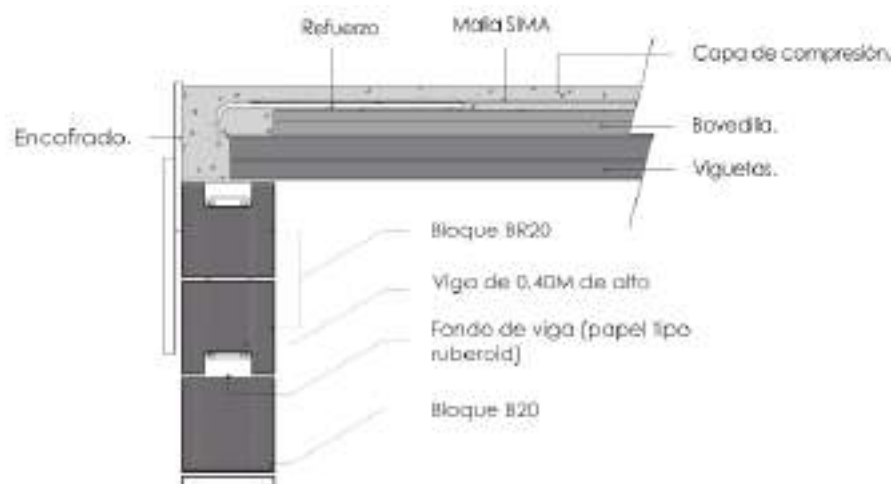


Figura 27 b

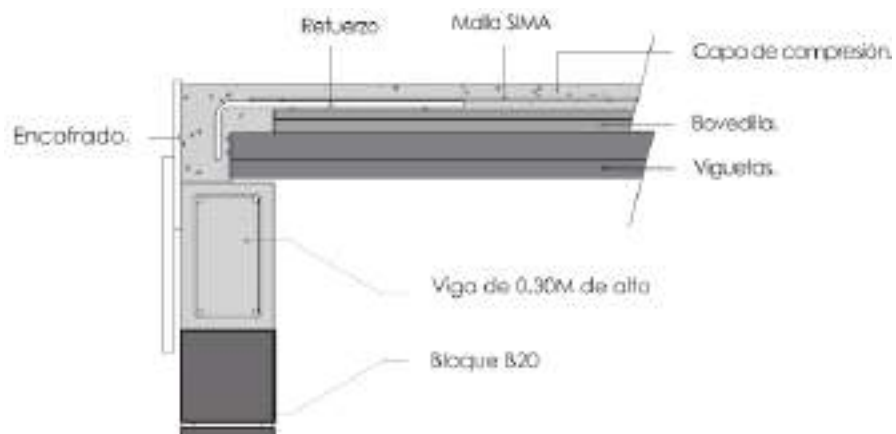


Figura 27 c

En caso de terrazas o de apoyo de viguetas sobre viga de encadenado, y a efectos de evitar el arrastre del muro por el techo debido a las variaciones térmicas, se intercalarán dos capas de fieltro asfáltico o película plástica, entre las viguetas y la viga de encadenado, que facilitará la libre dilatación de la losa.

6.3.2 Otros detalles de apoyo en viga incorporada a bloques de hormigón

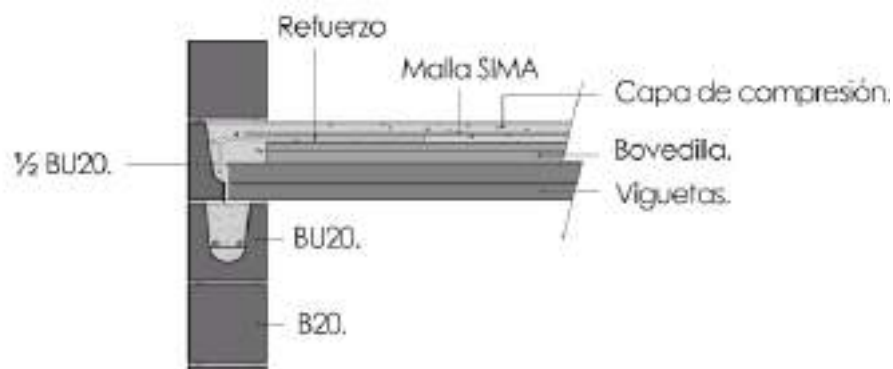


Figura 28

6.3.3 Colado conjunto de encadenado de apoyo de viguetas y capa de compresión

Las viguetas deberán empotrarse 10 cm dentro de la viga principal y se elevarán 3 cm sobre apoyos para permitir el paso de armaduras del encadenado; previo al llenado deberá colocarse papel asfáltico para impedir que el material se introduzca en los huecos y liberar a la losa de los posibles movimientos por contracción y/o dilatación. En caso de apoyo en viga a colar ó en el caso de que la luz supere los 4 metros, conviene sumar armadura en caballete sobre cada vigueta a efectos de evitar las fisuras en apoyo de las mismas (Figura 29).

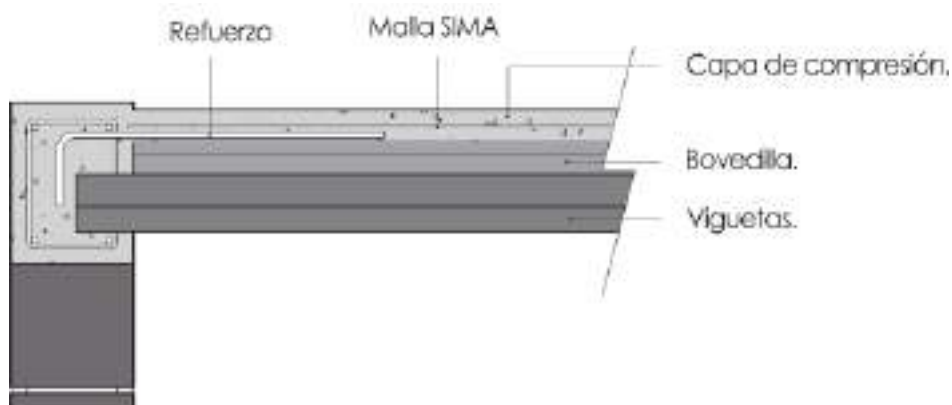


Figura 29

6.3.4 Apoyo de tabique sobre losa paralelo a las viguetas

El eje del tabique debe coincidir con una vigueta (tabiques livianos con peso menor a 150 kg/m^2) o grupo de viguetas, asignando un ancho de colaboración de la capa de compresión, la que se reforzará con armadura adicional (Figuras 30 y 31).

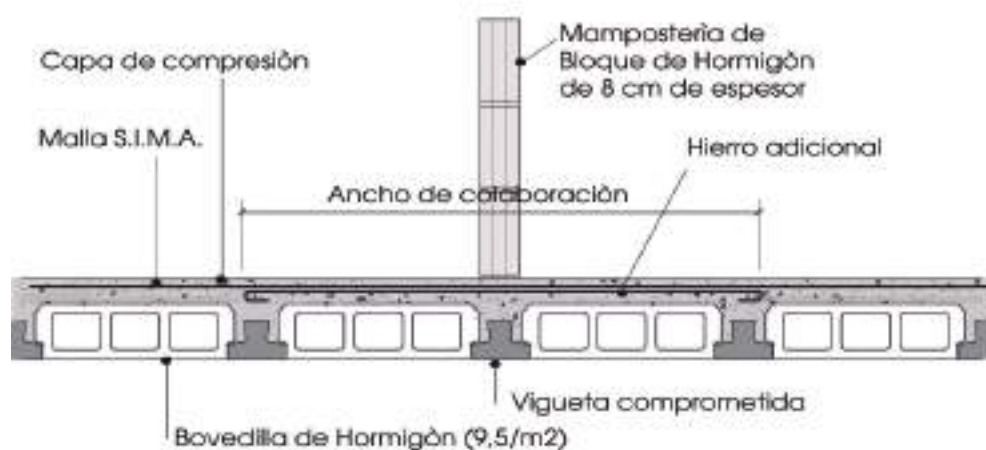


Figura 30 Refuerzos bajo tabique angosto paralelo a viguetas

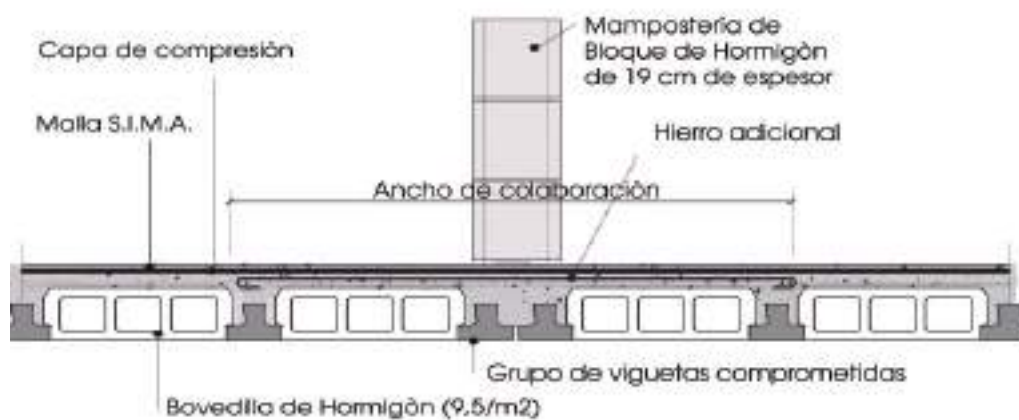


Figura 31 Refuerzos bajo tabique ancho paralelo a viguetas

6.3.5 Apoyo de tabique sobre losa transversal a las viguetas

Se considera al tabique como una carga concentrada sobre la losa y por lo tanto debe verificarse ésta a dicha solicitación. Figuras 33 y 34 caso de tabiques angosto y ancho.

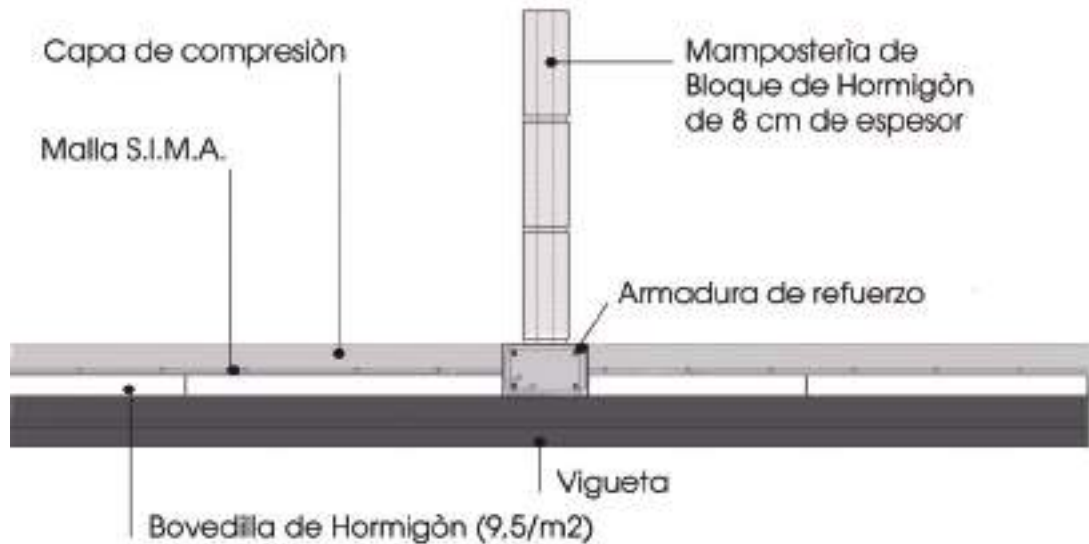


Figura 32 Refuerzos bajo tabique angosto perpendicular a viguetas

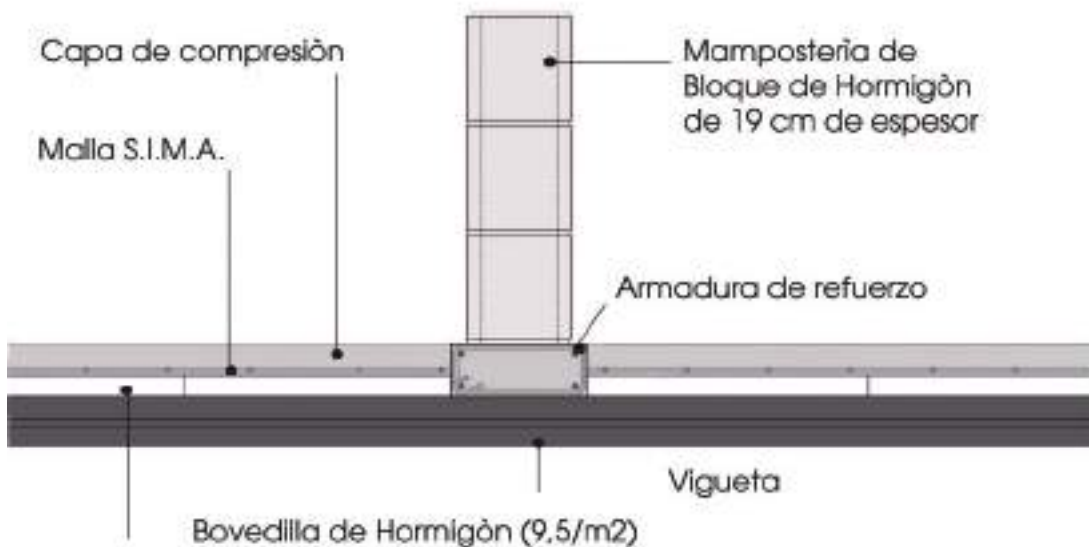


Figura 33 Refuerzos bajo tabique ancho perpendicular a viguetas

6.3.6 Balcones y voladizos

Los esfuerzos de tracción en la parte superior del balcón (momento flector negativo) serán resistidos con barras de acero ancladas con un largo igual a 1,5 veces la longitud del voladizo.

Es conveniente colocar la armadura de distribución por sobre la armadura de refuerzo para garantizar su anclaje y recubrimiento. Si el voladizo no es accesible, se pueden colocar dos caballetes de refuerzo sobre cada bloque y si fuera accesible, conviene macizar con hormigón el espacio entre cada vigueta (Figura 34).

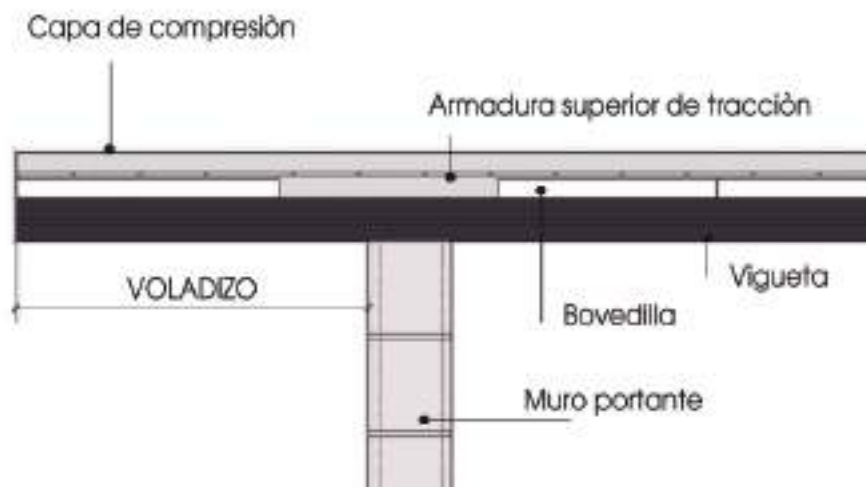


Figura 34 Refuerzos para voladizo

6.3.7 Viga de hormigón armado colgante colada in situ paralela a la vigueta

Las alas de las vigas placa se construyen dentro de la losa colocando bovedillas de menor altura. (Figura 35).

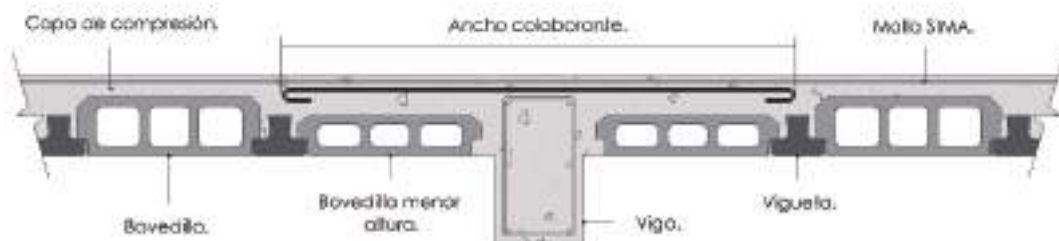


Figura 35 Refuerzos para viga colgante paralela a viguetas

6.3.8 Viga de hormigón armado colgante perpendicular a la vigueta

En este caso deberá cuidarse que los estribos de la viga no interfieran con las viguetas (Figura 36).

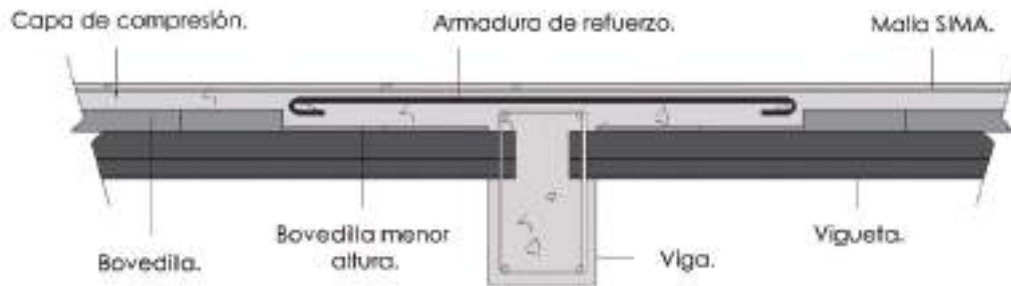


Figura 36 Refuerzos para viga colgante perpendicular a viguetas

6.3.9 Losas continuas

Las losas continuas de viguetas permiten obtener ventajas respecto a las losas simples de viguetas, debido a la transferencia de momentos flectores positivos del tramo hacia los apoyos, lo que se traduce en mayor capacidad de carga del forjado. Esto se desprende del diagrama de momentos flectores en donde se dibujan los momentos flectores negativos de cada tramo, desde donde cuelgan los momentos flectores en la zona traccionada de la losa, reduciéndose el momento flector máximo de cálculo. El esquema de trabajo o modelización de la losa se obtiene reemplazando las bovedillas por hormigón colado in situ, con lo que se maciza la losa en la zona de momentos negativos flectores. (Figura 37).



Figura 37 Refuerzo de losa continua de viguetas

6.3.10 Cumbresas

Lo importante en este caso es diseñar correctamente la zona de unión de las viguetas de ambos lados del techo de forma tal que se comporte como un empotramiento elástico. Así se eliminan los empujes horizontales (existen en un arco triarticulado) que actúan sobre los muros y generan la fisuración vertical en las esquinas de estos muros (Figura 38).

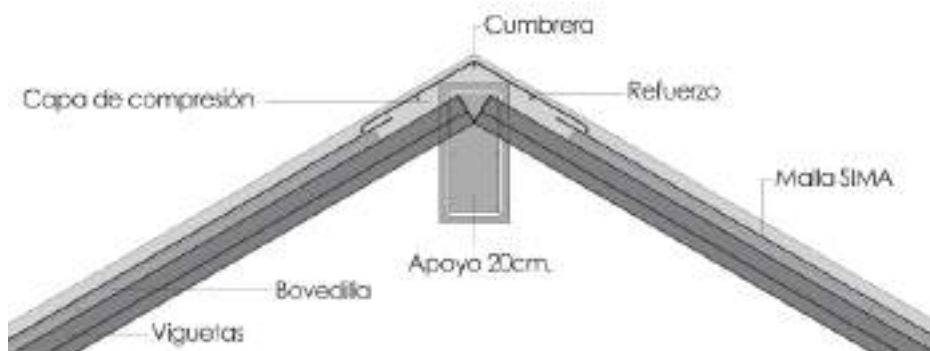


Figura 38

6.3.11 Apoyo en viga invertida

El apoyo de la vigueta se hace por sobre los cordones inferiores de la armadura longitudinal de la viga; cuando sea necesario se debe proveer de armadura adicional y se tienen que colocar estribos resistentes (Figura 39).

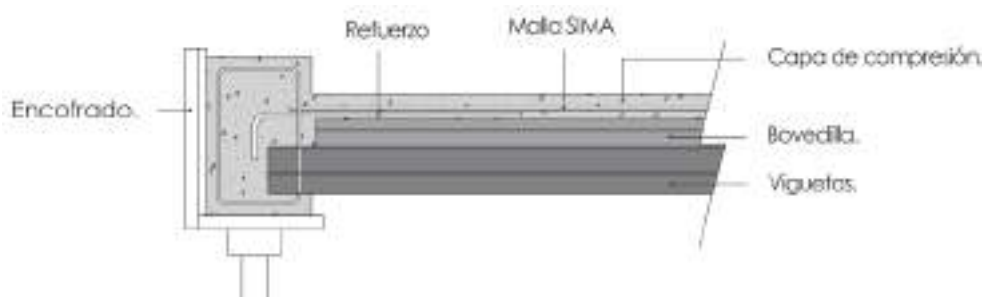


Figura 39

6.3.12 Apoyo de viguetas sobre muro interior

Cuando sobre una viga o muro de ancho mínimo deban apoyarse las viguetas para 2 losas contiguas, conviene desplazar lateralmente las viguetas de una losa con respecto a la otra, permitiendo así que cada elemento pueda apoyar una longitud mayor (Figura 40).

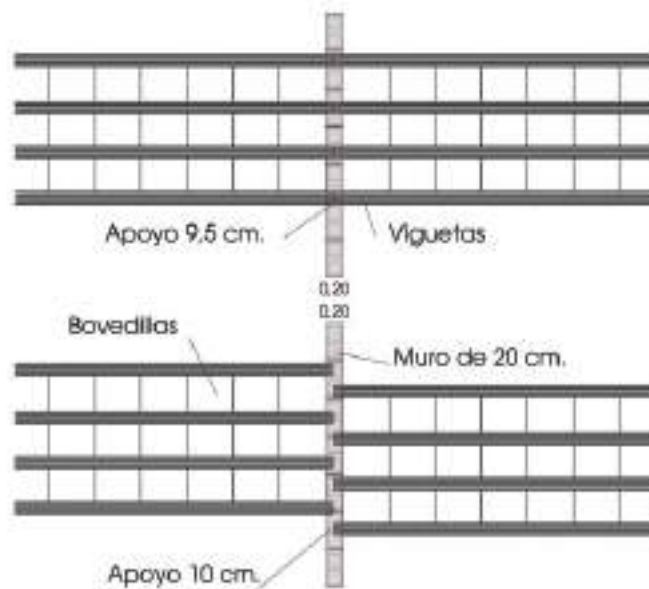


Figura 40 Apoyo mínimo de viguetas sobre muro interior

6.4 CAÑERÍAS Y BOCAS PARA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Existen varias maneras de fijar las cajas de luz a las bovedillas. Una de ellas consiste en efectuar un agujero en la parte superior del bloque y colocar la caja desde arriba. Luego de instalados los caños de electricidad y alrededor del agujero, colocar un papel para que al llenar la losa no se introduzca el hormigón dentro de los huecos de la bovedilla. Previamente se puede inmovilizar la caja con un poco de mortero (Figura 41). El bloque donde se ubicará la caja se marca en la parte de abajo (cielorraso) y luego de endurecido el hormigón se realiza el calado desde abajo. La armadura de distribución no debe ser recortada en ningún caso, por lo tanto las cañerías deben ubicarse siempre por debajo de la misma. Otra opción es conducir los caños de instalaciones por dentro de las bovedillas de hormigón.

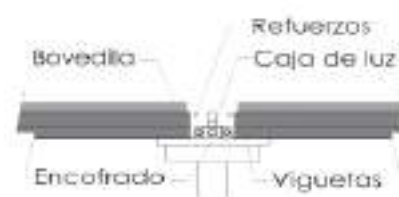


Figura 41 Instalación de cañerías y bocas de luz

7. EJECUCIÓN DE LA CARPETA DE COMPRESIÓN

La resistencia del hormigón será de H15 para series entre 1 y 6 y H20 para series 7 y superior. Previo al colado se verifica el apuntalamiento.

El curado del hormigón es fundamental para una obra exitosa.

7.1 LIMPIEZA PREVIA AL COLADO

Luego de verificar una vez más el apuntalamiento del forjado, se debe barrer la superficie con una escoba para eliminar restos de obra, cal, etc que puedan interferir con la adherencia entre la capa de compresión, las viguetas y bovedillas.

A continuación, se hace un mojado de la superficie y verificación de que la malla de distribución tendrá los 2 cm de recubrimiento especificados, por lo que se colocarán separadores si fuera necesario (Figura 42).



Figura 42 Verificación de armaduras y mojado previo al colado

7.2 COLADO DEL HORMIGÓN

El hormigonado se realizará en una sola operación, alcanzando el espesor de 5 cm sobre el nivel de bovedillas. Una vez endurecido se debe mantener húmeda la capa de compresión, regándolo y/o cubriéndolo.

La operación se hace colando en dirección transversal a las viguetas llenando todos los espacios y en especial las riostras transversales. La distribución tiene que ser gradual evitando acumular hormigón en espacios reducidos para que no se produzca una imprevista concentración de carga.

La resistencia del hormigón será de H15 para series entre 1 y 6 y H20 para series 7 y superior; vigilando la cantidad de agua de la mezcla, con un asentamiento recomendado de 12 cm.

Se debe tener en cuenta que la losa ofrece una superficie extensa expuesta al clima respecto a un espesor pequeño, por lo tanto, hay que proveer aporte de agua en forma de niebla al principio y cercano a la terminación de la superficie, y luego con aporte de agua para mantener la superficie húmeda por 7 días.

8. DESAPUNTAMIENTO

Los puntales se retiran en forma gradual y respetando una secuencia, debe evitarse el retiro simultáneo de los mismos.

8.1 PERÍODO DE APUNTALAMIENTO

El forjado está terminado y comienza a tomar carga y resistir los a los esfuerzos de flexión cuando la capa de compresión ha alcanzado la resistencia necesaria. El profesional a cargo de la obra decidirá cuándo se puede desapuntalar; se estima en 15 días dependiendo de las condiciones ambientales.

8.2 ORDEN DE LA MANIOBRA DE DESAPUNTALAMIENTO

Los puntales se deben retirar gradualmente desde el centro del forjado hacia los bordes. En el caso de un voladizo, el retiro es al revés, del extremo hacia el apoyo (Figura 43).

El orden de esta maniobra es importante para que las estructuras trabajen en la forma prevista.

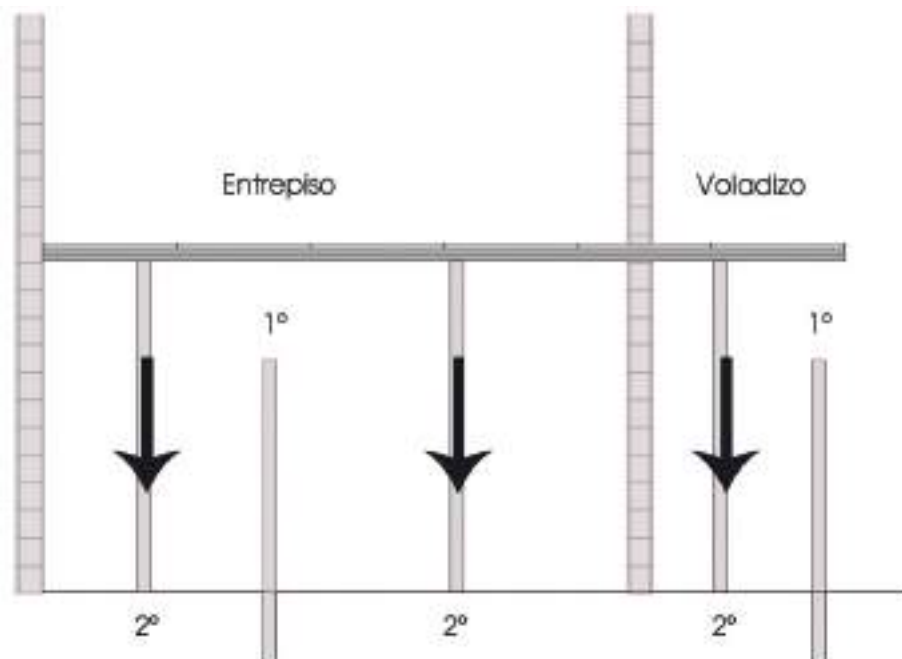


Figura 43 Retiro secuencial de puntales entre muros y en zona de voladizo

El forjado resultante es responsabilidad del profesional a cargo.

Luego de obtener los resultados, el proyectista y el constructor deberán ajustar, al momento de construir, la selección del forjado en función de las bovedillas (material, altura comercial) que efectivamente se colocarán en la obra.

9. EJEMPLOS DE CÁLCULO

La resistencia de una losa de viguetas está dada principalmente por 3 factores:

- 1) Características de las viguetas: forma del refuerzo de trenzas y cantidad de acero según serie normalizada
- 2) Bovedillas: altura, pues incide en el espesor de la losa
- 3) Espesor y resistencia de la capa de compresión

Para la estimación se tienen en cuenta las sobrecargas, cargas concentradas como muros que apoyan en la losa, cargas en voladizo, etc

9.1 DESIGNACIÓN DE LAS CARGAS

"L" (live load) carga viva ó activa: sobrecarga reglamentaria por destino del local tabulada en el CIRSOC 101 Reglamento Argentino de Cargas Permanentes y sobrecargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras (Tabla 2).

"D" (dead load) carga estática ó muerta: correspondiente a peso no estructural como aislaciones rellenos, contrapisos, etc (Tablas 3 y 4).

Así tendremos $L+D$ = carga útil

"G" (gravity): peso propio de los elementos estructurales del forjado propiamente dicho (viguetas + bovedillas + capa de compresión) (Tablas 5 y 6).

"Q" carga total que soportará la losa = $L+D+G$ (Figura 44).

El sistema constructivo permite la combinación de viguetas y bovedillas para lograr la resistencia requerida y además dos tipos de configuraciones, como vigueta simple ó vigueta doble, complementadas ambas por las bovedillas de altura seleccionada para satisfacer las solicitudes del caso.

9.1 DESIGNACIÓN DE LAS CARGAS

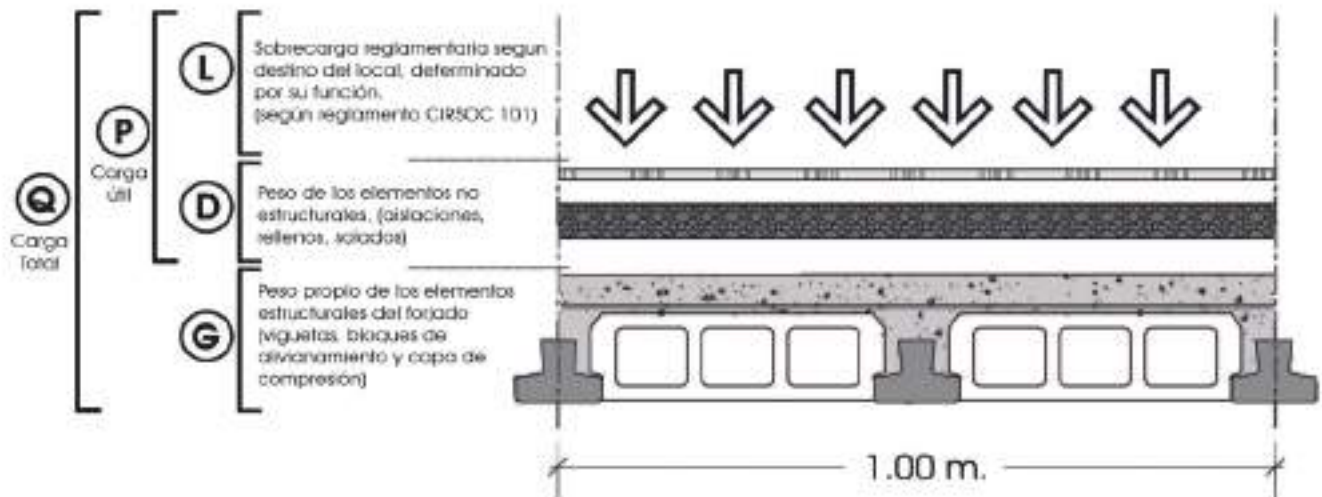


Figura 44 Cargas

9.2 MÉTODO DEL MOMENTO FLECTOR ADMISIBLE



Figura 45 Luz de cálculo

1) Datos necesarios:

I = luz libre entre apoyos en m, del proyecto (Figura 45).

L = sobrecarga según Tabla 2.

D = peso no estructural según Tabla 3 y 4.

G = peso propio del forjado. Debe preseleccionarse una conformación de forjado combinando con un tipo de bovedilla y luego extraer dato de Tablas 5 ó 6.

9.2 MÉTODO DEL MOMENTO FLECTOR ADMISIBLE

2) Cálculo de Q

$$Q = L + D + G$$

3) Cálculo de Momento flector máximo solicitante

$$M_{\text{máx}} = Q \times l^2 / 8 \text{ (kgm/m)}$$

4) Verificación de la conformación del forjado preseleccionado

Se deberá verificar que $M_{\text{máx}} < M_{\text{adm}}$ (tabla 5 ó 6 bovedillas H° y EPS). Si no se verifica, la conformación preseleccionada es incorrecta. Se debe volver a analizar eligiendo una bovedilla de mayor altura ó emplear configuración de vigueta doble, recalculando para el nuevo peso propio G.

9.3 MÉTODO DE LA SOBRECARGA ADMISIBLE

1) Datos necesarios:

l_v = luz libre entre apoyos en m, del proyecto, + 20 cm (10 cm por cada apoyo).

L = sobrecarga según Tabla 2.

D = peso no estructural según Tablas 3 ó 4.

2) Cálculo de la carga útil

$$P = L + D$$

3) Verificación de la conformación del forjado

Se deberá verificar que para la Serie de vigueta seleccionada en función de l_v , la combinación de bovedilla y capa de compresión soporte una sobrecarga mayor ó igual a la calculada P (Tablas 7 ú 8).

9.4 EJEMPLOS DE APLICACIÓN

9.4.1 Verificar el esquema vigueta-bovedilla de EPS-carpeta de compresión para una losa de entrepiso de un edificio residencial, simplemente apoyada en sus extremos sobre una viga de hormigón armado colada in situ sin continuidad con otras losas. Considerar que lleva mosaico y cielorraso de mortero.

La luz libre a cubrir entre apoyos es $l = 3,00 \text{ m}$

Método del momento flector admisible

1) Datos necesarios:

$$l = 3,00 \text{ m}$$

$L = 200 \text{ kg/m}^2$ sobrecarga de servicio según Tabla 2, destino Residencial

$D =$ peso no estructural según Tabla 3

a-Mortero de asiento baldosa $25,5 \text{ kg/m}^2$

b-Baldosa 28 kg/m^2

c-Cielorraso revoque 32 kg/m^2

$$D = a + b + c = 85,5 \text{ kg/m}^2, \text{ adoptamos } 90 \text{ kg/m}^2$$

$G =$ peso propio del forjado. Debe preseleccionarse una conformación de forjado combinando con un tipo de bovedilla y luego extraer dato de Tabla 5.

Se adopta bovedillas de EPS de $12,5 \text{ cm}$ de espesor y configuración "a" de vigueta simple. Hallamos $G = 175 \text{ kg/m}^2$

2) Cálculo de Q

$$Q = L + D + G = 200 \text{ kg/m}^2 + 90 \text{ kg/m}^2 + 175 \text{ kg/m}^2 = 465 \text{ kg/m}^2$$

3) Cálculo de Momento flector máximo solicitante

$$M_{\text{máx}} = Q \cdot l^2 / 8 \text{ (kgm/m)}$$

$$M_{\text{máx}} = (465 \text{ kg/m}^2 \times (3,00)^2 \text{ m}^2) / 8 = 523 \text{ kgm/m}$$

4) Verificación de la conformación del forjado preseleccionado

De la Tabla 1, la $l_v = 3,00 + 0,20$ m corresponde a Serie 1. De la tabla 5 el $M_{adm} = 621 \text{ kgm/m}$ se deduce de configuración "a" Serie 1 bovedilla de 12,5 cm de altura.

El $M_{\text{máx}}$ calculado es $523 \text{ kgm/m} < 621 \text{ kgm/m}$ ($M_{\text{máx adm}}$), por lo tanto VERIFICA.

Se construirá un forjado compuesto por vigueta simple de la Serie S1 (Tabla 1) con un largo comercial de $3,00 + 0,20$ m (adicionando apoyos) = $3,20$ m con una bovedilla de EPS de 12,5 cm de alto y una capa de compresión H15 de 5 cm de espesor.

Método de sobrecarga admisible

1) Datos necesarios:

l_v = luz libre entre apoyos en m, del proyecto, + 20 cm (10 cm por cada apoyo) = $3,20$ m

L = sobrecarga según Tabla 2 = 200 kg/m^2

D = peso no estructural según Tabla 3 = 90 kg/m^2

2) Cálculo de la carga útil

$$P = L + D = 290 \text{ kg/m}^2$$

3) Verificación de la conformación del forjado

Se deberá verificar que para la Serie de vigueta seleccionada en función de l_v , la combinación de bovedilla y capa de compresión soporte a una sobrecarga mayor ó igual a la calculada P . (Tablas 7 ú 8).

Para bovedilla de EPS, entrando en TABLA 7 con sobrecarga 300 kg/m^2 , y serie de vigueta S1 para luz de cálculo 3 m se puede adoptar bovedilla de 12,5 cm de altura.

9.4.2 Verificar el esquema vigueta-bovedilla de hormigón-carpeta de compresión para una losa de cubierta plana accesible sin aislación simplemente apoyada en sus extremos sobre una viga de hormigón armado colada in situ sin continuidad con otras losas. Considerar las cargas no estructurales de la tabla 4.

La luz libre a cubrir entre apoyos es $l = 4,20$ m.

Método del momento flector admisible

1) Datos necesarios:

$$l = 4,20 \text{ m}$$

$L = 200 \text{ kg/m}^2$ sobrecarga de servicio según Tabla 2, azotea accesible

$D = \text{peso no estructural según Tabla 4} = 250 \text{ kg/m}^2$

$G = \text{peso propio del forjado. Debe preseleccionarse una conformación de forjado combinando con un tipo de bovedilla y luego extraer dato de Tabla 6. Se adopta bovedillas de hormigón de 16,5 cm de espesor y configuración "b" de vigueta doble. Hallamos } G = 305 \text{ kg/m}^2$

2) Cálculo de Q

$$Q = L + D + G = 200 \text{ kg/m}^2 + 250 \text{ kg/m}^2 + 305 \text{ kg/m}^2 = 755 \text{ kg/m}^2$$

3) Cálculo de Momento flector máximo solicitante

$$M_{\text{máx}} = Q \times l^2 / 8 \text{ (kgm/m)}$$

$$M_{\text{máx}} = (755 \text{ kg/m}^2 \times (4,20)^2) / 8 = 1665 \text{ kgm/m}$$

4) Verificación de la conformación del forjado preseleccionado

De la Tabla 1, la $l_v = 4,20 + 0,20 \text{ m}$ corresponde a Serie 3. De la tabla 6 el $M_{\text{adm máx}} = 1906 \text{ kgm/m}$ se deduce de configuración "b" Serie 3 bovedilla de hormigón de 16,5 cm de altura.

El $M_{\text{máx}}$ calculado es $1665 \text{ kgm/m} < 1906 \text{ kgm/m}$ ($M_{\text{adm máx}}$), por lo tanto VERIFICA.

Se construirá un forjado compuesto por vigueta doble de la Serie 3 (Tabla 1) con un largo comercial de $4,20 + 0,20 \text{ m}$ (adicionando apoyos) = $4,40 \text{ m}$ con una bovedilla de hormigón de 16,5 cm de alto y una capa de compresión H15 de 5 cm de espesor.

9.4 EJEMPLOS DE APLICACIÓN

Método de sobrecarga admisible

1) Datos necesarios:

l_v = luz libre entre apoyos en m, del proyecto, + 20 cm (10 cm por cada apoyo) = 4,40 m

L = sobrecarga según Tabla 2 = 200 kg/m²

D = peso no estructural según Tabla 4 = 250 kg/m²

2) Cálculo de la carga útil

$$P = L + D = 450 \text{ kg/m}^2$$

3) Verificación de la conformación del forjado

Se deberá verificar que para la Serie de vigueta seleccionada en función de l_v , la combinación de bovedilla y capa de compresión soporte una sobrecarga mayor o igual a la calculada P (Tablas 7 u 8).

Para bovedilla de hormigón, entrando en TABLA 8 con sobrecarga 500 kg/m², y serie de vigueta S3 para luz de cálculo 4,2 m se puede adoptar bovedilla de 16,5 cm de altura en esquema "b" vigueta doble.

Verificar el esquema vigueta-bovedilla de hormigón -carpeta de compresión para una azotea accesible, simplemente apoyada en sus extremos sobre una viga de hormigón armado colada in situ sin continuidad con otras losas. Considerar cargas no estructurales $D=286 \text{ kg/m}^2$

La luz libre a cubrir entre apoyos es $l = 3,00 \text{ m}$

Método del momento flector admisible

1) Datos necesarios:

$$l = 3,00 \text{ m}$$

$L = 200 \text{ kg/m}^2$ sobrecarga de servicio según Tabla 2, destino azotea accesible

D = peso no estructural 286 kg/m²

G = peso propio del forjado. Debe preseleccionarse una conformación de forjado combinando con un tipo de bovedilla y luego extraer dato de Tabla 6. Se adopta bovedillas de hormigón de 12,5 cm de espesor y configuración "b" de vigueta doble. Hallamos $G = 255 \text{ kg/m}^2$

2) Cálculo de Q

$$Q = L + D + G = 200 \text{ kg/m}^2 + 286 \text{ kg/m}^2 + 255 \text{ kg/m}^2 = 741 \text{ kg/m}^2$$

3) Cálculo de Momento flector máximo solicitante

$$M_{\text{máx}} = Q \times l^2 / 8 \text{ (kgm/m)}$$

$$M_{\text{máx}} = (741 \text{ kg/m}^2 \times (3,00)^2 \text{ m}^2) / 8 = 834 \text{ kgm/m}$$

4) Verificación de la conformación del forjado preseleccionado

De la Tabla 1, la $l_v = 3,00 + 0,20 \text{ m}$ corresponde a Serie 1. De la tabla 6 el $M_{\text{adm máx}} = 972 \text{ kgm/m}$ se deduce de configuración "b" Serie 1 bovedilla de 12,5 cm de altura.

El $M_{\text{máx}}$ calculado es $834 \text{ kgm/m} < 972 \text{ kgm/m}$ ($M_{\text{máx adm}}$), por lo tanto VERIFICA.

Se construirá un forjado compuesto por vigueta doble de la Serie 1 (Tabla 1) con un largo comercial de $3,00 + 0,20 \text{ m}$ (adicionando apoyos) = $3,20 \text{ m}$ con una bovedilla de hormigón de 12,5 cm de alto y una capa de compresión H15 de 5 cm de espesor.

Método de sobrecarga admisible

1) Datos necesarios:

$l_v = \text{luz libre entre apoyos en m, del proyecto,} + 20 \text{ cm (10 cm por cada apoyo)} = 3,20 \text{ m}$

$L = \text{sobrecarga según Tabla 2} = 200 \text{ kg/m}^2$

$D = \text{peso no estructural} = 286 \text{ kg/m}^2$

2) Cálculo de la carga útil

$$P = L + D = 486 \text{ kg/m}^2$$

3) Verificación de la conformación del forjado

Se deberá verificar que para la Serie de vigueta seleccionada en función de l_v , la combinación de bovedilla y capa de compresión soporte a una sobrecarga mayor ó igual a la calculada P (Tablas 7 u 8).

9.4 EJEMPLOS DE APLICACIÓN

Para bovedilla de hormigón entrando en Tabla 8 con sobrecarga 500 kg/m^2 , y serie de vigueta 1 para luz de cálculo 3 m se puede adoptar bovedilla de 12,5 cm de altura.

Verificar el esquema vigueta-bovedilla de EPS-carpeta de compresión para una losa de entrepiso de un aula, simplemente apoyada en sus extremos sobre una viga de hormigón armado colada in situ sin continuidad con otras losas. Considerar que lleva mosaico y cielorraso de mortero.

La luz libre a cubrir entre apoyos es $l = 5,60 \text{ m}$

Método del momento flector admisible

1) Datos necesarios:

$$l = 5,60 \text{ m}$$

$$L = 350 \text{ kg/m}^2 \text{ sobrecarga de servicio según Tabla 2, destino Aula}$$

$$D = \text{se adopta } 162 \text{ kg/m}^2 \text{ peso no estructural según Tabla 4}$$

$$G = \text{peso propio del forjado. Debe preseleccionarse una conformación de forjado combinando con un tipo de bovedilla y luego extraer dato de Tabla 5. Se adopta bovedillas de EPS de 12,5 cm de espesor y configuración "b" de vigueta doble. Hallamos } G = 215 \text{ kg/m}^2$$

2) Cálculo de Q

$$Q = L + D + G = 350 \text{ kg/m}^2 + 162 \text{ kg/m}^2 + 215 \text{ kg/m}^2 = 727 \text{ kg/m}^2$$

3) Cálculo de Momento flector máximo solicitante

$$M_{\text{máx}} = Q \times l^2 / 8 \text{ (kgm/m)}$$

$$M_{\text{máx}} = (727 \text{ kg/m}^2 \times (5,60)^2) / 8 = 2850 \text{ kgm/m}$$

4) Verificación de la conformación del forjado preseleccionado

De la Tabla 1, la $l_v = 5,60 + 0,20 \text{ m}$ corresponde a Serie 7. De la tabla 5 el $M_{\text{adm máx}} = 2375 \text{ kgm/m}$ se deduce de configuración "b" Serie 7 bovedilla de 12,5 cm de altura.

El $M_{\text{máx}}$ calculado es $2850 \text{ kgm/m} > 2375 \text{ kgm/m}$ ($M_{\text{máx adm}}$), por lo tanto NO VERIFICA.

9.4 EJEMPLOS DE APLICACIÓN

Se recalcula con bovedilla mayor a 12,5 cm. Se adopta bovedilla de EPS de 16,5 y vigueta doble.

G= peso propio del forjado. Debe preseleccionarse una conformación de forjado combinando con un tipo de bovedilla y luego extraer dato de Tabla 5. Se adopta bovedillas de EPS de 16,5 cm de espesor y configuración "b" de vigueta doble. Hallamos $G= 250 \text{ kg/m}^2$

5) Recálculo de Q

$$Q= L+D+G = 350 \text{ kg/m}^2+162 \text{ kg/m}^2+250 \text{ kg/m}^2=762 \text{ kg/m}^2$$

6) Recálculo de Momento flector máximo solicitante

$$M_{\text{máx}}= Q \times l^2 / 8 \text{ (kgm/m)}$$

$$M_{\text{máx}}= (762 \text{ kg/m}^2 \times (5,60)^2) / 8 = 2987 \text{ kgm/m}$$

7) Verificación de la conformación del forjado preseleccionado

De la Tabla 1, la $l_v= 5,60+0,20 \text{ m}$ corresponde a Serie 7. De la tabla 5 el $M_{\text{adm máx}}=3092 \text{ kgm/m}$ se deduce de configuración "b" Serie 7 bovedilla de 16,5 cm de altura.

El $M_{\text{máx}}$ calculado es $2987 \text{ kgm/m} < 3092 \text{ kgm/m}$ ($M_{\text{máx adm}}$), por lo tanto VERIFICA.

Se construirá un forjado compuesto por vigueta doble de la Serie 7 (Tabla 1) con un largo comercial de $5,60 + 0,20 \text{ m}$ (adicionando apoyos) = $5,80 \text{ m}$ con una bovedilla de EPS de 16,5 cm de alto y una capa de compresión H20 de 5 cm de espesor.

Método de sobrecarga admisible

1) Datos necesarios:

l_v = luz libre entre apoyos en m, del proyecto, + 20 cm (10 cm por cada apoyo) = $5,80 \text{ m}$

L= sobrecarga según Tabla 2 = 350 kg/m^2

D=peso no estructural según Tabla 3 = 162 kg/m^2

2) Cálculo de la carga útil

$$P = L+D = 512 \text{ kg/m}^2$$

3) Verificación de la conformación del forjado

Se deberá verificar que para la Serie de vigueta seleccionada en función de l_v , la combinación de bovedilla y capa de compresión soporte una sobrecarga mayor ó igual a la calculada P (Tablas 7 u 8).

Para bovedilla de EPS, entrando en Tabla 7 con sobrecarga aprox 500 kg/m^2 , y serie de vigueta 7 para luz de cálculo $5,60 \text{ m}$ se puede adoptar bovedilla de $16,5 \text{ cm}$ de altura para esquema b de doble vigueta.



TABLA 1

Viguetas estándar de Comodoro Pretensados
según IRAM 11.633

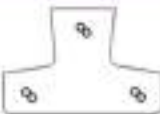
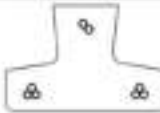
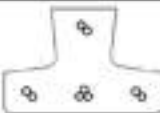
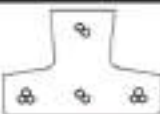
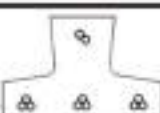
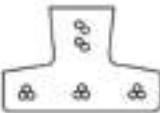
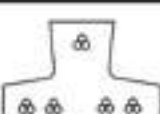
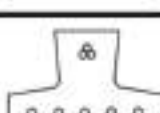
	Serie S/IRAM 11.633	Largos	Esquemas	Distribución armadura	Sección	Largos disponibles (M)
Paquetes de 24 viguetas	1	1.00 a 3.80m		1 trenza 2x2.25 2 trenzas 2x2.25	0.239 cm ²	1.00-1.20-1.40-1.60-1.80- 2.00-2.20-2.40-2.60-2.80- 3.00-3.20-3.40-3.60-3.80
	2	3.90 a 4.20m		1 trenza 2x2.25 2 trenzas 3x2.25	0.318 cm ²	4.00-4.20
	3	4.30 a 4.50m		1 trenza 2x2.25 2 trenzas 2x2.25 1 trenza 3x2.25	0.358 cm ²	4.40
	4	4.60 a 4.80m		1 trenza 2x2.25 2 trenzas 3x2.25 1 trenza 2x2.25	0.398 cm ²	4.60-4.80
	5	4.90 a 5.10m		1 trenza 2x2.25 3 trenzas 3x2.25	0.437 cm ²	5.00
Paquetes de 12 viguetas	6	5.20 a 5.30m		1 trenza 2x2.25 1 trenza 2x2.25 3 trenzas 3x2.25	0.517 cm ²	5.20
	7	5.40 a 5.90m		1 trenza 3x2.25 4 trenzas 3x2.25	0.596 cm ²	5.40-5.60-5.80
	8	6.00 a 6.50m		1 trenza 3x2.25 5 trenzas 3x2.25	0.716 cm ²	6.00-6.20-6.40
	9	6.60 a 7.20m		1 trenza 3x2.25 1 trenza 2x2.25 5 trenzas 3x2.25	0.795 cm ²	6.60-6.80-7.00-7.20

TABLA 2

Las sobrecargas de servicio son las que designa el reglamento CIRSOC 101-2005 según los destinos que tendrán los locales

EDIFICIOS DE VIVIENDAS	Kg/m ²	OTROS EDIFICIOS (OFICINAS, EDIFICIOS PÚBLICOS, COMERCIALES, DEPORTIVOS, ETC)	Kg/m ²
Azoteas y/o terrazas donde pueden congregarse personas con fines de recreación u observación	300	Aulas	350
Azoteas	200	Baños	200
Azoteas inaccesibles	100	Bibliotecas	500
Baños	200	Cocinas	400
Balcones	300	Comedores	300
Cocinas	200	Cuarto de máquinas y calderas	750
Comedores y lugares de estar	200	Gimnasios	500
Dormitorios: Residencial	200	Oficinas	250
Escaleras (en proyección horizontal)	300	Salones de baile	500
Rellenos y corredores	300	Vestuarios	250
		Tribunas con asientos fijos	500
		Tribunas sin asientos fijos	750
		Lavadero	300

TABLA 3

Peso de elementos no estructurales "D"

PESO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES "D"

Características		Dimensiones		Peso	
Elemento	Material	Unidad	Espesor (m)	Unitario (kg/unid)	Total (kg/m ²)
Relleno de usos varios	Hormigón pobre de cascotes	m ³	0.10	1600	160
Aislación térmica	Hormigón pobre de vermiculita	m ³	0.04	900	36
Aislación hidrófuga	Membrana asfáltica	m ²	—	3.5	3.5
Mortero de asiento baldosa	Mortero de cemento, cal y arena	m ³	0.015	1700	25.5
Baldosa	Masilla 2 cm de espesor	m ²	—	28	28
Cielaraso revoque	Mortero de cemento, cal y arena	m ²	0.02	1600	32
Barido cementicio	Mortero de cemento y arena	m ²	0.02	2100	42
Barraera de vapor	Pintura asfáltica	m ²	—	0.5	0.5
Aislación acústica	Membrana de polietileno/lana de vidrio	m ²	0.018	60	1.08
Contrapiso losa sanitaria	Hormigón pobre de cascotes	m ²	0.10	1500	150
Cubierta de tejas	Teja portuguesa	m ²	—	50	50
Contrapiso	Hormigón pobre de cascotes	m ²	0.05	1500	75

TABLA 4

Valores orientativos de la carga "P" para casos comunes
de conformación de losas

TIPO DE FORJADO	ENTREROSOS					CUBIERTAS PLANAS					CUBIERTAS INCLINADAS			USO ESPECIAL
	Resistencia	Soneto	Oferta	Pavlos	Aula	Accesible Exposición	Accesible Exposición	Accesible Exposición	Accesible Exposición	Transitable	Con Vela	Económico	Exposición	Valores
Carga no estructural "D"	148	223	162	162	162	170	328	250	286	206	148	132	168	Consulta con el departamento técnico
Sobrecarga destino CERO "L"	200	200	250	300	350	100	100	200	200	300	45	45	45	
Carga TOTAL "P" (P=D+L)	348	423	412	462	512	270	428	450	486	506	193	177	213	
Sobrecarga entada a tabla 7 G-B	400	500	400	500	500	300	500	500	500	500	200	200	300	600

1		1.08/1.28/1.40 1.68/1.88/2.00 2.28/2.48/2.60 3.08/3.28/3.40 3.68/3.88
2		4.08/4.28
3		4.40
4		4.80/4.80
5		5.00
6		5.20
7		5.40/5.60 5.80
8		6.00/6.20 6.40
9		6.60/6.80 7.00/7.20

TABLA 5

Momentos flectores admisibles con bovedillas de poliestireno

MOMENTOS FLECTORES ADMISIBLES DE FORJADOS CON BOVEDILLAS DE POLIESTIRENO																
Conformación	Tipos de forjado						Serie de vigueta									
	Alfuz			Cálculo de materiales			Peso propio	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	n	m	l	Viguetas	Bloques	Hormigón										
	cm		m	m ²	unid.	m ³	kg/m ²	kgm/m								
A	10	5	15	2.00	2.00	0.662	160	510	594	785	877	966	1115	1281	1527	1664
B	10	5	15	3.17	1.59	0.668	195	797	1078	1215	1349	1481	1692	1934	2358	2459
A	12.5	5	17.5	2.00	2.00	0.668	175	571	642	852	1060	1160	1358	1560	1867	2039
B	12.5	5	17.5	3.17	1.59	0.678	215	972	1314	1482	1645	1807	2081	2375	2810	3047
A	15.5	5	21.5	2.00	2.00	0.678	195	800	1079	1218	1396	1493	1761	2006	2405	2636
B	15.5	5	21.5	3.17	1.59	0.691	250	1251	1589	1956	2119	2329	2700	3092	3677	4015
A	20	5	25	2.00	2.00	0.691	210	986	1287	1482	1615	1775	2077	2394	2871	3161
B	20	5	25	3.17	1.59	0.106	275	1501	2017	2273	2528	2781	3239	3721	4457	4857

TIPO A



TIPO B

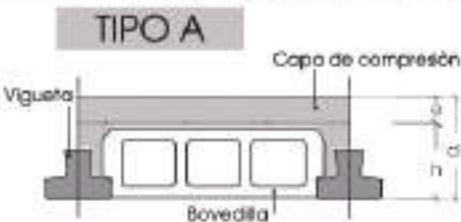


TABLA 6

Momentos Flectores admisibles con Bovedillas de Hormigón o Cerámicos

MOMENTOS FLECTORES ADMISIBLES DE FORJADOS CON BOVEDILLAS DE HORMIGÓN O CERÁMICOS																
Tipos de forjado							Serie de vigaleta									
Conformación	Alturas			Computo de materiales			Peso propio	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	h	e	d	Viguetas	Bloques	Hormigón										
	cm	m ²	unid.	m ³	Kg/m ²	Kg/m										
A	9	5	14	2,00	8,00	0,060	200	465	637	724	804	876	1016	1172	1393	1517
B	9	5	14	3,17	6,35	0,064	220	726	992	1111	1233	1343	1538	1751	2049	2196
A	12,5	5	17,5	2,00	8,00	0,068	225	621	842	952	1060	1169	1358	1560	1867	2039
B	12,5	5	17,5	3,17	6,35	0,078	255	972	1314	1482	1645	1807	2081	2375	2810	3047
A	16,5	5	21,5	2,00	8,00	0,078	270	800	1079	1218	1356	1493	1741	2006	2406	2638
B	16,5	5	21,5	3,17	6,35	0,094	306	1254	1689	1906	2119	2329	2700	3092	3677	4016
A	20	5	25	2,00	8,00	0,084	310	956	1287	1452	1615	1778	2077	2394	2871	3161
B	20	5	25	3,17	6,35	0,105	335	1501	2017	2273	2528	2781	3239	3721	4437	4857

TIPO A



TIPO B

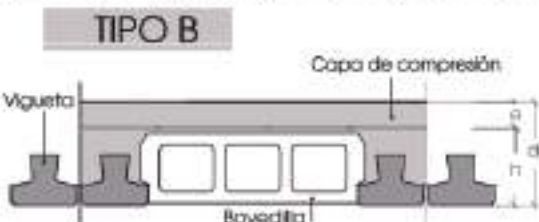


TABLA 7

Momentos Flectores admisibles con Bovedillas de EPS

LUCES LIBRES MAXIMAS (m)

ANIL FORJADOS DE VIGUETAS PRETENSADAS con BOVEDILLAS DE EPS															
Sobrecarga (kg/m ²)		200								500					
altura del bloque (cm)		10		12,5		16,5		20		10		12,5		16,5	
conformación del forjado		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
serie 1		3,25	3,65	3,59	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65	2,92	3,54	3,12	3,65	3,49	3,65
serie 2		3,84	4,15	4,08	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	3,41	4,12	3,44	4,15	4,06	4,15
serie 3		4,38	4,35	4,34	4,35	4,35	4,35	4,35	4,35	3,63	4,35	3,63	4,35	4,32	4,35
serie 4		4,31	4,65	4,58	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	3,83	4,6	4,03	4,65	4,55	4,65
serie 5		4,55	4,95	4,81	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,03	4,82	4,24	4,95	4,78	4,95
serie 6		4,95	5,15	5,15	5,15	5,15	5,15	5,15	5,15	4,31	5,15	4,4	5,15	5,14	5,15
serie 7		5,2	5,75	5,54	5,75	5,75	5,75	5,75	5,75	4,63	5,09	4,84	5,75	5,53	5,75
serie 8		5,65	6,35	6,05	6,35	6,35	6,35	6,35	6,35	5,03	5,95	5,4	6,35	6,03	6,35
serie 9		6,55	6,99	6,32	7,33	7,04	6,33	7,09	6,45	5,55	6,17	5,64	6,61	6,33	6,55
Sobrecarga (kg/m ²)		400								500					
altura del bloque (cm)		10		12,5		16,5		20		10		12,5		16,5	
conformación del forjado		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
serie 1		2,65	3,24	2,84	3,45	3,2	3,65	3,46	3,65	2,44	3	2,63	3,2	2,95	3,6
serie 2		3,25	3,75	3,31	4,01	3,72	4,15	4,02	4,15	2,85	3,38	3,34	3,72	3,65	4,15
serie 3		3,25	3,99	3,52	4,26	3,93	4,35	4,27	4,35	3,04	3,7	3,55	3,95	4,61	4,35
serie 4		3,47	4,21	3,72	4,40	4,17	4,65	4,51	4,65	3,2	3,99	3,42	4,15	3,87	4,65
serie 5		3,44	4,4	3,9	4,69	4,39	4,95	4,73	4,95	3,34	4,18	3,6	4,34	4,05	4,9
serie 6		3,97	4,71	4,3	5,03	4,73	5,15	5,11	5,15	3,67	4,38	3,93	4,38	5,15	5,15
serie 7		4,16	5,05	4,6	5,37	5,09	5,75	5,68	5,75	3,87	4,63	4,13	4,88	4,7	5,63
serie 8		4,58	5,44	4,91	5,63	5,54	6,35	6	6,35	4,25	5,04	4,34	5,41	5,14	6,13
serie 9		4,77	5,64	5,13	6,08	5,8	6,89	6,29	7,02	4,4	5,22	4,53	5,63	5,36	6,4

TABLA 8

Luces libres máximas para forjados de viguetas pretensadas
con bovedilla de hormigón ó cerámicos

LUCES LIBRES MAXIMAS (m)

FORJADOS DE VIGUETAS c/bovedillas de HORMIGÓN O CERÁMICOS															
Sobrecarga (kg/m ²)		200								500					
altura del bloque (cm)		0		11		12,5		16		0		11		12,5	
conformación del forjado		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
serie 1		3,05	3,65	3,30	3,65	3,46	3,65	3,65	3,65	2,74	3,34	2,95	3,60	3,10	3,65
serie 2		3,65	4,15	3,85	4,15	4,05	4,15	4,15	4,15	3,33	3,83	3,45	4,15	3,81	4,15
serie 3		3,33	4,35	4,35	4,35	4,28	4,35	4,35	4,35	3,41	4,12	3,65	4,35	3,84	4,35
serie 4		4,14	4,65	4,37	4,65	4,52	4,65	4,65	4,65	3,63	4,35	3,63	4,35	4,32	4,35
serie 5		4,34	4,95	4,54	4,95	4,78	4,95	4,95	4,95	3,73	4,55	3,89	4,95	4,55	4,95
serie 6		4,55	5,15	4,88	5,15	5,11	5,15	5,15	5,15	4,04	4,85	4,34	5,15	4,78	5,15
serie 7		4,95	5,75	5,23	5,75	5,47	5,75	5,75	5,75	4,34	5,17	4,67	5,75	4,91	5,75
serie 8		5,31	6,35	5,73	6,35	5,98	6,35	6,35	6,35	4,73	5,60	5,11	6,35	5,36	6,35
serie 9		5,53	6,45	6,04	6,45	6,26	7,33	6,74	7,90	4,93	6,10	5,48	6,39	5,81	6,63
Sobrecarga (kg/m ²)		400								500					
altura del bloque (cm)		0		11		12,5		16		0		11		12,5	
conformación del forjado		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
serie 1		2,49	3,05	2,69	3,30	2,83	3,45	3,09	3,65	2,30	2,83	2,49	3,07	2,63	3,23
serie 2		3,05	3,65	3,14	3,65	3,30	4,02	3,39	4,15	2,69	3,30	2,91	3,65	3,05	3,74
serie 3		3,15	3,75	3,34	4,02	3,51	4,27	3,59	4,35	2,83	3,33	3,09	3,75	3,25	3,93
serie 4		3,23	3,95	3,63	4,29	3,71	4,49	4,09	4,65	3,02	3,69	3,27	3,98	3,62	4,14
serie 5		3,44	4,15	3,70	4,40	3,89	4,71	4,31	4,95	3,17	3,95	3,44	4,37	3,65	4,34
serie 6		3,65	4,44	3,90	4,61	4,19	5,05	4,59	5,15	3,41	4,12	3,64	4,44	3,88	4,70
serie 7		3,75	4,75	4,17	5,13	4,49	5,39	4,91	5,75	3,65	4,37	3,98	4,76	4,16	5,03
serie 8		4,13	5,10	4,65	5,34	4,99	5,85	5,35	6,35	3,99	4,25	4,31	5,37	4,54	5,45
serie 9		4,45	5,50	5,05	5,77	5,12	6,09	5,59	6,67	4,15	4,91	4,68	5,83	4,75	5,85

SERIES Y LARGOS DISPONIBLES (m)		
1		1,05/1,25/1,40 1,60/1,85/2,00 2,25/2,40/2,60 3,05/3,25/3,40 3,65/3,85
2		4,05/4,20
3		4,40
4		4,85/4,80
5		5,00
6		5,20
7		5,40/5,60 5,80
8		6,05/6,20 6,40
9		6,60/6,80 7,00/7,20

Nota: De la Tabla 8 de luces libres máximas, se adiciona la longitud correspondiente a apoyos. Las viguetas de Pretensados Comodoro se fabrican en longitudes estándar cada 0,20 m. Las celdas sombreadas corresponden a longitudes no estandarizadas suponiendo apoyo simple en ambos extremos.

TABLA 9

Consumo estimado por m² de losa: viguetas, bovedillas de eps y capa de compresión para esquema de vigueta simple y doble

Conformación	Tipos de forjado					
	Alturas			Computo de materiales		
	h	e	d	Viguetas	Bloques	Hormigón
	cm			m ²	unid.	m ³
A	10	5	15	2,00	2,00	0,062
B	10	5	15	3,17	1,59	0,068
A	12,5	5	17,5	2,00	2,00	0,068
B	12,5	5	17,5	3,17	1,59	0,078
A	16,5	5	21,5	2,00	2,00	0,078
B	16,5	5	21,5	3,17	1,59	0,094
A	20	5	25	2,00	2,00	0,084
B	20	5	25	3,17	1,59	0,105

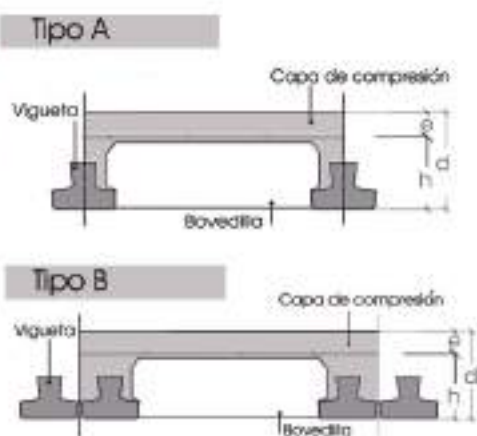


TABLA 10

Consumo estimado por m² de losa: viguetas, bovedillas de hormigón y capa de compresión para esquema de vigueta simple y doble

Conformación	Tipos de forjado					
	Alturas			Computo de materiales		
	h	e	d	Viguetas	Bloques	Hormigón
	cm			m ²	unid.	m ³
A	9	5	14	2,00	8,00	0,060
B	9	5	14	3,17	6,35	0,064
A	12,5	5	17,5	2,00	8,00	0,068
B	12,5	5	17,5	3,17	6,35	0,078
A	16,5	5	21,5	2,00	8,00	0,078
B	16,5	5	21,5	3,17	6,35	0,094
A	20	5	25	2,00	8,00	0,084
B	20	5	25	3,17	6,35	0,105

