



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela de Construcción Civil

“BOVEDILLAS DE EPS (POLIESTIRENO EXPANDIDO): UNA ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCION DE LOSAS PREFABRICADAS”

Memoria para optar al título de

INGENIERO CONSTRUCTOR

Profesor Guía: **Sr. Heriberto Vivanco B.**

Constructor Civil

Ingeniero Comercial.

ALEX ENRIQUE COFRE ALVARADO.

2003

DEDICATORIA

En estos momentos tan especiales de mi vida, quiero compartir y dedicarle esta memoria a mis padres y hermanos, mi querida familia. Gracias viejitos por todo su esfuerzo y dedicación para darme lo mejor con el objetivo de poder realizar este sueño, por sus sabios consejos en los buenos y malos momentos, gracias por su apoyo y amor incondicional que me han entregado siempre.

Hermanos los quiero mucho y con este logro que se los dedico, los insto a cumplir sus metas cualquiera sea.

Los amo mucho.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer muy especialmente a mis abuelos, tíos, primos. Gracias por su apoyo y preocupación constante.

A ti Carlos, por tu apoyo en los comienzos de esta carrera, por tus sabias palabras y por tu constante ayuda en todo momento, muchas gracias.

Gracias también en forma especial a mi polola, por su constante apoyo y cariño, a la gente de AISLAPOL CHILE, a los profesores y a los buenos amigos que esta universidad me ha dejado, con quienes he compartido momentos inolvidables, para todos ustedes gracias infinitas.

Principalmente gracias a DIOS por cuidarme siempre.

INDICE

Página

RESUMEN.

INTRODUCCIÓN.

OBJETIVOS.

CAPITULO I - EL EPS Y SUS GENERALIDADES.	1
1.1 ¿Qué es el EPS?	1
1.2 Fabricación.	1
1.2.1 Obtención del EPS (Poliestireno Expandible).	1
1.2.2 Transformación para obtener espuma de poliestireno.	2
1.3 Propiedades físico-mecánicas del EPS.	2
1.3.1 Densidad del producto.	2
1.3.2 Rango elástico.	3
1.3.3 Coeficiente de Conductividad Térmica de espumas de EPS.	3
1.3.4 Resistencia a la compresión.	4
1.3.5 Resistencia química del EPS.	5
1.3.5.1 Tabla resistencia química del EPS.	5
1.3.6 Comportamiento al fuego.	6
1.3.7 Impermeabilidad.	7
1.3.7.1 Absorción de agua.	7
1.3.7.2 Difusión de vapor de agua.	8
1.3.8 Efectos ambientales.	8
1.3.8.1 Manipulación de los materiales expandidos.	8
1.3.8.2 Agentes de expansión.	9
1.3.8.3 El aspecto higiénico en el EPS.	9

1.3.8.4	Combustión.	9
1.3.8.5	Reciclado, vertido.	10
1.4	Ventajas del EPS como material de construcción.	10
CAPITULO II - LOSAS PREFABRICADAS.		12
2.1	Generalidades.	12
2.2	Ventajas de los sistemas prefabricados.	12
2.3	El elemento losa.	13
2.4	Clasificación de los Sistemas de Losas prefabricadas existentes en el Mercado Chileno.	14
2.4.1	Sistema de Placa Colaborante.	15
2.4.2	Sistema de Losa Alveolar.	16
2.4.3	Sistema de Losas Nervadas.	18
CAPITULO III - DESCRIPCION DE LA LOSA NERVADA CON BOVEDILLAS DE EPS.		21
3.1	Descripción del sistema.	21
3.2	Componentes principales del sistema.	22
3.2.1	Bovedillas de EPS.	22
3.2.1.1	¿Qué son las bovedillas de EPS?	23
3.2.1.2	Fabricación de las bovedillas.	23
3.2.1.3	Clasificación de las bovedillas de EPS.	23
3.2.1.4	Ventajas.	25
3.2.1.5	Bovedillas de EPS como una eficiente alternativa para alivianar elementos estructurales en edificaciones.	27
3.2.1.6	Moldaje incorporado.	28

3.2.1.7	Rango de dimensiones de Bovedillas de EPS para losas prefabricadas.	28
3.2.1.8	Densidad necesaria en bovedillas de EPS.	28
3.2.1.9	Comportamiento termo-acústico de la losa.	29
3.2.2	Vigueta prefabricada.	30
3.2.3	Componentes complementarios.	32
3.2.3.1	Hormigón de Sobrelosa.	32
3.2.3.2	Malla Electrosoldada.	32
3.2.3.3	Suples.	32
3.3	Posibles patologías en la losa.	33
3.4	Áreas de utilización del sistema.	33
3.5	Posibles desventajas y restricciones en el uso del sistema.	34
3.6	Otras aplicaciones de EPS en losas.	36
3.6.1	Bovedillas de EPS en viguetas pretensadas.	36
3.6.2	Losas bidireccionales.	36
 CAPITULO IV - CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y ENSAYES.		38
4.1	Consideraciones para el diseño.	38
4.1.1	Principales características del sistema.	38
4.1.2	Funcionamiento estructural de la losa.	38
4.1.2.1	Funcionamiento de las viguetas.	39
4.1.2.2	Medidas en las viguetas.	39
4.1.2.3	Funcionamiento de las bovedillas de EPS.	40
4.1.2.4	Sección resistente.	40
4.1.2.5	Otros.	40
4.2	Cargas de diseño.	41
4.2.1	Peso propio, cargas por terminación y sobrecarga.	41

4.2.2	Luz de cálculo.	42
4.3	Ensayes.	42
4.3.1	Ensaye de resistencia a la compresión.	43
4.3.2	Ensaye de comportamiento a largo plazo.	45
4.3.3	Estabilidad al fuego.	47
4.3.4	Resumen resultados ensayos de las propiedades físicas del EPS.	48
4.4	Normas y especificaciones respectivas.	48

CAPITULO V - EJECUCION DE UNA LOSA TRALIZADA CON BOVEDILLAS DE EPS. 50

5.1	Aspectos a considerar en la ejecución.	50
5.1.1	Requerimientos Previos.	50
5.1.2	Durante la Ejecución.	51
5.1.3	Posterior a la Ejecución.	51
5.2	Construcción de la losa.	52
5.2.1	Aperchado en obra de las viguetas.	52
5.2.2	Traslado a izaje.	52
5.2.3	Alzaprimado.	53
5.2.4	Montaje y autotrazado.	54
5.2.4.1	Especificación de diferentes uniones durante el montaje.	55
5.2.5	Hormigonado.	59
5.2.6	Desapuntalamiento.	60
5.2.7	Enlucido.	61
5.2.8	Canalización eléctrica.	61
5.2.9	Canalizaciones húmedas.	61
5.2.10	Shaft y escotillas.	62
5.3	Anclajes y fijaciones.	62

5.3.1	Anclajes de tabiques a losas.	62
5.3.2	Cielos falsos.	63
5.4	Refuerzos localizados.	63
5.4.1	Correas de repartición.	63
5.4.2	Refuerzos de borde según los Apoyos.	64
5.4.3	Refuerzos Para cargas Concentradas.	64
5.4.4	Suples para losas continuas.	65
 CAPITULO VI - ESTUDIO TECNICO - ECONOMICO COMPARATIVO ENTRE LOSA TRALIZADA CON BOVEDILLAS DE EPS Y LOSA DE HORMIGON ARMADO TRADICIONAL.		 66
6.1	Generalidades.	66
6.2	Estudio de costos Unitarios.	66
6.2.1	Consideraciones.	66
6.2.2	Módulo de la losa.	67
6.2.3	Análisis de precios unitarios.	69
6.3	Análisis comparativo.	71
6.3.1	Generalidades.	71
6.3.2	Comparación de sistemas constructivos.	71
6.3.3	Comparación de costos.	72
6.3.3.1	Cuadro resumen Costos Unitarios.	73
6.3.3.2	Alternativa de losas por faenas.	74
6.3.3.3	Comparación final.	75
 CONCLUSIONES.		 77

BIBLIOGRAFIA.

80

DOCUMENTOS ANEXOS

RESUMEN

Esta memoria esta referida fundamentalmente a un material liviano denominado Bovedilla de EPS (Poliestireno Expandido) utilizado como material prefabricado en losas y a la vez como moldaje incorporado, para ello se da una descripción del mismo. Como también de los materiales que se utilizan para la construcción de dicha losa prefabricada.

Se presentan a la vez otros sistemas de losas prefabricadas en Chile y una clasificación de estos.

Finalmente se analizará las diferentes etapas de construcción del sistema, detalles constructivos y las diferentes consideraciones para un trazado correcto; además se realiza un estudio comparativo técnico y económico entre el sistema propuesto en esta memoria y el sistema tradicional de losa de hormigón armado.

SUMMARY

This memory this referred fundamentally to a light material denominated vault of EPS (Expanded polystyrene) used like material prefabricated in slabs and simultaneously like mould incorporated, for it occurs a description of the same one. Like also of the materials that are used for the construction of this prefabricated slab.

They present simultaneously other systems of slabs prefabricated in Chile and a classification of these.

Finally there were analyzed the different stages of construction of the system, constructive details and the different considerations for a correct tracing; besides

there is realized a comparative technical and economic study between (among) the system proposed in this memory and the traditional system of slab of armed concrete.

INTRODUCCION

La evolución de las técnicas de construcción trajo consigo la implantación del hormigón armado, este material ha abierto nuevos caminos dentro del complejo mundo de la construcción. El rápido desarrollo de las técnicas constructivas, unido a una facilidad en el cálculo de las estructuras mediante la utilización de ordenadores y el constante incremento de la mano de obra, han sido factores que han potenciado el desarrollo de técnicas mas elaboradas y cuidadosamente estudiadas que facilitan la rápida construcción de las estructuras de hormigón. Estas técnicas quedan reflejadas en el empleo de grúas, moldajes recuperables, alzaprims regulables, maquinaria para el bombeo de hormigón, etc,... y en la utilización de un material versátil, ligero y aislante, como el Poliestireno Expandido, empleado como moldaje aligerante en losas prefabricadas, en forma de bovedilla.

En los últimos tiempos han aparecido en el mercado distintas alternativas para mejorar el diseño y construcción de losas. Se pueden mencionar: sistemas de losa colaborante, losas de hormigón pretensado y postensado, losas aligeradas con bovedillas de distintos materiales tales como cerámicas, hormigón, etc.

El principio básico de funcionamiento de esta ultima es decir de una losa nervada compuesta por bovedillas se fundamenta en que las cargas y esfuerzos que debe soportar la losa durante su vida útil son sostenidos por viguetas que la cruzan. Estas viguetas funcionan disminuyendo la luz de las losas y permitiendo por tanto, que el espesor de hormigón y el diámetro de la enfierradura sea mucho menor, con el consiguiente ahorro de peso a descargar sobre los elementos estructurales que la soportan, pudiendo reducir también el espesor de hormigón y diámetro de fierro en ellos.

De lo anterior se desprende que si la bovedilla de EPS no toma carga estructural, ella debe soportar solamente su peso propio y el del hormigón de la losa mientras esté fresco. Por lo tanto, cumpliendo lo anterior, la exigencia es que la bovedilla sea rígida (indeformable) y lo más liviana posible.

En esta memoria se busca presentar un tipo de bovedilla fabricada con Poliestireno expandido (EPS) que es de muy corriente uso en otros países pero no muy masificado en Chile, además de resaltar las ventajas y desventajas de este sistema. El EPS (Poliestireno expandido) es un termoplástico de muy bajo peso específico pero con una interesante capacidad de resistencia mecánica y fácil conformación, lo que permite disponer de distintas formas y largos con acuerdo a los distintos requerimientos del diseño estructural correspondiente.

Este sistema constructivo de losas constituye una alternativa verdaderamente útil, que puede ser desarrollada y utilizada masivamente en diversas áreas como pueden ser: construcción de edificios, infraestructura de tipo fiscal y otras obras que requieran el uso de losas medianas y pequeñas, y en donde se requiera poner un principal énfasis en la reducción de costos.

OBJETIVOS

Objetivo General:

- El objetivo general de esta memoria es presentar un nuevo tipo de material para la construcción de losas prefabricadas llamado bovedilla, fabricada con EPS (poliestireno expandido), de amplio uso en otros países, pero poco conocida en el nuestro.

Objetivos Específicos:

- Enumerar las principales características del EPS (poliestireno expandido) como un eficiente material prefabricado para la construcción de losas. Además de clasificar los principales sistemas de losas prefabricadas que existen en el mercado nacional.
- Mostrar el sistema de bovedillas, su descripción y sus componentes principales además de sus características como moldaje incorporado y la construcción de este tipo de losa en los pasos que se señalan en esta memoria.
- Verificar las posibles ventajas y desventajas de este sistema constructivo en relación con una losa tradicional de hormigón armado, esto mediante el análisis técnico - económico de un modelo de estudio equivalente para los dos sistemas, vale decir costos unitarios y comparaciones de tipo técnico entre una y otro tipo de losa.

CAPITULO I - EL EPS Y SUS GENERALIDADES.

1.1 ¿Que es el EPS?

El poliestireno expandido es un plástico que ha sido expandido por el efecto del calor, gracias al agente espumante que lleva dentro la perla original. Esta expansión hace que el volumen de las perlas aumente y éstas se unan entre sí (creando celdas cerradas donde queda ocluido el aire) y den lugar a un material con excelentes propiedades aislantes.

1.2 Fabricación.

1.2.1 Obtención del EPS (Poliestireno Expandible).

La base del poliestireno expandible es monoestireno, un líquido cuyas moléculas simples están dissociadas, y mediante un proceso de polimerización, se estructuran para dar origen a macromoléculas de Poliestireno Expandible.

El monoestireno se mezcla en un reactor con agua y un agente de expansión, en este caso es Pentano. En el proceso de agitación, aplicación de temperatura y presión, al monoestireno suspendido en agua se incorpora el agente de expansión en forma de pequeñas gotitas que condensan en la estructura polimerizada del Poliestireno, alcanzando una forma esférica constituyendo pequeñas perlas. Luego se elimina el agua que ha servido de vehículo para la polimerización, se secan las perlas por medio de aire caliente y se clasifican con un tamiz vibrador según su tamaño.

1.2.2 Transformación para obtener espuma de poliestireno.

Para la transformación del poliestireno Expandible se puede recurrir a la energía calórica que proviene del agua hirviendo o vapor saturado. Al someter el Poliestireno a una temperatura de aproximadamente 110 °C, se ablanda y, a su vez, el agente de expansión cambia su estado físico de líquido a gaseoso, lo que dilata y expande las perlas hasta un volumen 50 veces superior al original. La duración e intensidad de la acción determinan la densidad del producto.

Durante el reposo intermedio ingresa aire en forma natural a las partículas preexpandidas, este proceso tiene una duración aproximada de 24 horas. Luego, las perlas preexpandidas se transportan a un molde y son nuevamente sometidas a vapor recalentado, produciéndose un nuevo aumento de volumen y una soldadura definitiva por contacto.

1.3 Propiedades físico-mecánicas del EPS.

1.3.1 Densidad del producto.

Antes de la expansión, el EPS tiene una densidad de 765 kg/m³. Las perlas de EPS por efecto del calor se reblandecen y a la vez, se dilata el agente de expansión. De esta forma según sea la intensidad y duración del tratamiento, se produce un aumento del volumen de hasta 50 veces. El peso específico así obtenido, corresponde a la densidad aparente del material preexpandido.

Las propiedades mecánicas del producto ya acabado dependen en gran manera de la densidad aparente, así como de la calidad de la soldadura de sus elementos.

Las densidades fabricadas en nuestro país, están regidas por la Norma chilena NCh 1070 Of. 84, y son las siguientes:

10 – 15 – 20 – 25 – 30 - 40 kg/m³

1.3.2 Rango elástico.

El material permite las deformaciones unidireccionales del orden del 1% al 1,5%, dentro del rango elástico, bajo cargas monotónicas. En particular, en este rango el comportamiento del material es lineal y elástico.

El material puede ser “elastificado”, es decir, su rango elástico y lineal pueden ser aumentados mediante la aplicación de una deformación axial de gran orden. El valor de deformación de plastificación se ha determinado del orden del 60 al 70%, generando un rango elástico lineal hasta deformaciones del 10% y un comportamiento lineal hasta deformaciones del orden del 30%.

Otros parámetros importantes del material son su Módulo de Elasticidad, que varia según su densidad entre 3.75 Mpa y 10.5 Mpa, y la relación de Poisson, que en el rango elástico varía entre 0.08 y 0.17, en función también de la densidad.

1.3.3 Coeficiente de Conductividad Térmica de espumas de EPS.

La conductividad térmica (λ) es la propiedad física más importante de un material aislante, y se define como la cantidad de calor que pasa en un tiempo unitario a través de una capa de material de espesor y superficie unitarios, en régimen constante de flujo térmico, en forma perpendicular a las superficies, cuando las diferencias de temperaturas son de 1 grado.

La conductividad térmica es una propiedad inherente a cada material. Su valor varía con la temperatura y una serie de factores, tales como la densidad, porosidad y contenido de humedad del material. Las unidades de expresión pueden ser (Watt/m*°K) o bien (Kcal/m*°C*h). La figura 1 ilustra aún mejor este aspecto

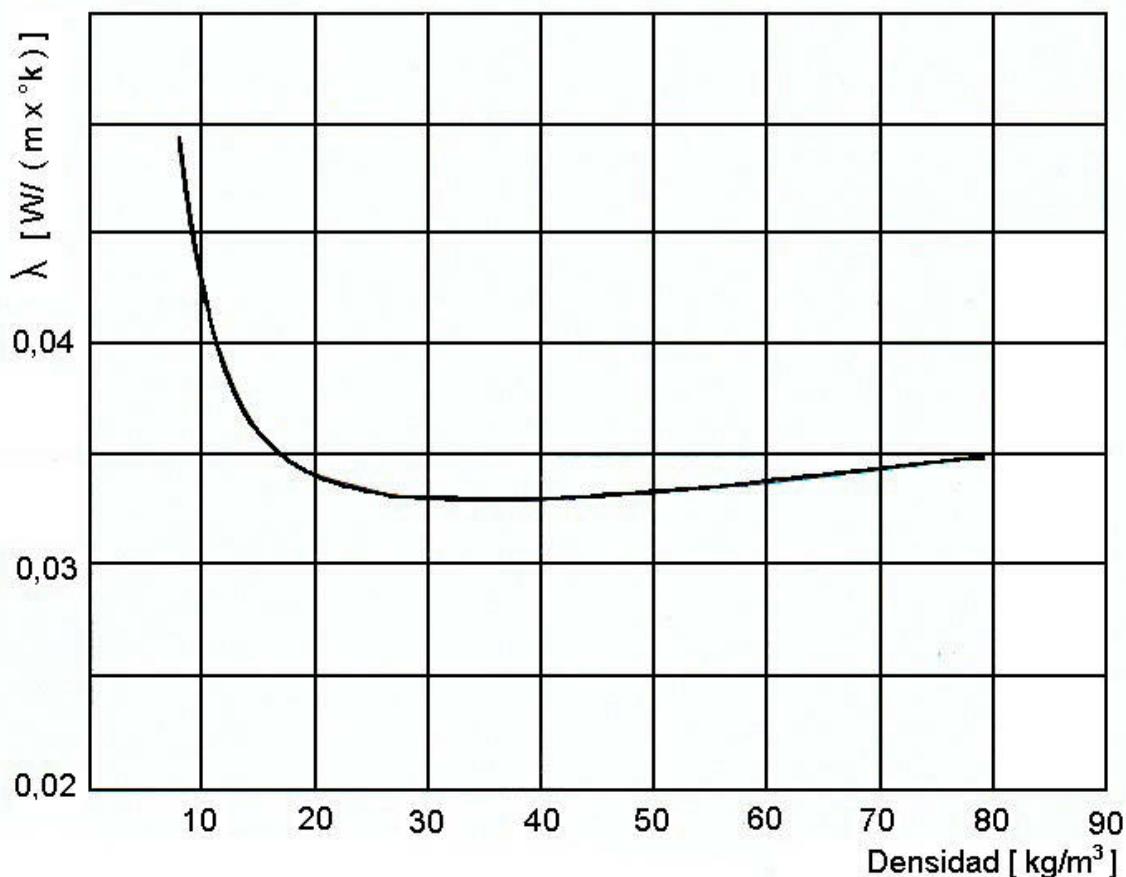


Figura 1: Coeficiente de conductividad térmica de planchas de EPS para distintas densidades a una temperatura media de 10 °C (curva promedio).

1.3.4 Resistencia a la compresión.

La resistencia a la compresión es la principal característica mecánica de los materiales expandidos de EPS. Depende en primer lugar de la densidad, cuanto más baja sea esta, tanto menor será la resistencia a la compresión. También influye la forma de las celdillas, la temperatura y la edad del material expandido. Las distintas marcas de materias primas o los tamaños de las partículas, en cambio no

influyen sustancialmente en la resistencia a la compresión de las probetas cortadas de materiales expandidos.

Para efectuar la medición se utilizan preferentemente cubos de 50 mm de lado. El macho de compresión deforma los cubos a velocidad constante de 5 mm/min. ó 10% min. de la altura original de las probetas. Las fuerzas ejercidas se registran en función del grado de deformación. (Ver ensayos Capítulo IV)

1.3.5 Resistencia química del EPS.

Es condición imprescindible conocer el comportamiento del EPS frente a las sustancias químicas de uso corriente en las faenas en donde se utilice, a fin de evitar errores en su aplicación. La tabla 1.3.5.1 nos muestra el comportamiento del EPS frente a diferentes productos químicos.

Tabla 1.3.5.1 resistencia química del EPS.

• Sustancia	Resistencia EPS
Agua	(Resistente +)
Agua de mar	(Resistente +)
• Lejías	
Soda cáustica	(Resistente +)
Agua de cal	(Resistente +)
• Ácidos concentrados	
Ácido acético (96%)	(Resistencia limitada +-)

Ácido fórmico (99%) (Resistente +)

- **Ácidos diluídos**

Ácido nítrico (50%) (Resistente +)

Ácido sulfúrico (50%) (Resistente +)

Ácido clorhídrico (18%) (Resistente +)

Ácido fórmico (50%) (Resistente +)

- **Alcoholes**

Glicerina (Resistente +)

Butanol (Resistencia limitada +-)

Metanol (Resistencia limitada +-)

- **Materiales constructivos inorgánicos**

Bitumen (Resistente +)

Bitumen frío y masillas de bitumen (Resistente +)

de base acuosa

- **Hidrocarburos alifáticos**

Aceite de kerosene (Resistencia limitada +-)

Combustible diesel, fuel-oil (No Resistente -)

(+ : **resistente**; la espuma no es atacada ni siquiera bajo una acción prolongada).

(+- : **resistencia limitada**; la espuma se contrae bajo los efectos de una acción prolongada).

(- : **no resistente**; la espuma se contrae rápidamente y/o es disuelta).

1.3.6 Comportamiento al fuego.

Las materias primas utilizadas para la fabricación de EPS consisten, desde el punto de vista químico, en polímeros de poliestireno que contienen una mezcla de

hidrocarburos de bajo punto de ebullición como agente de expansión. Tanto los componentes poliméricos como el agente de expansión son materiales inflamables.

En el proceso de fabricación del EPS se volatiliza aproximadamente un 50% del agente de expansión que contiene la materia prima. Después de la expansión final, el contenido de agente de expansión disminuye con relativa rapidez hasta quedar en un 10-15% residual que, a partir de entonces se volatiliza muy lentamente. Para eliminar la mayor parte de este contenido residual es preciso almacenado el material expandido durante cierto tiempo.

El EPS permanece indeformable bajo la acción del calor por conducción, convección y radiación hasta temperaturas de 80°C durante varios días, incluso cuando está sometido a cargas. El material comienza a ablandarse lentamente a temperaturas sobre los 100°C y a causa de ello se contrae. Al seguir aumentando la temperatura el material se transforma en una masa fundida.

1.3.7 Impermeabilidad.

1.3.7.1 Absorción de agua.

Al contrario de muchos otros materiales de construcción, el EPS no es higroscópico. Aún sumergido en agua, absorbe una pequeña cantidad de humedad. En probetas de lado 5 cm y densidad 15 kg/m³, estos valores ascienden al 13% en volumen al cabo de 7 días, y del 2-3% en volumen al cabo de un año de estar sumergido en agua. Para evitar un posible humedecimiento por difusión de vapor de agua y condensación por sobre los valores indicados, es recomendable que las planchas de EPS no permanezcan en contacto directo con el agua durante periodos prolongados.

1.3.7.2 Difusión de vapor de agua.

En contraposición al agua, el vapor de agua que se encuentra en aire en forma de humedad atmosférica, puede difundir lentamente a través del material aislante, siempre que exista el correspondiente gradiente de temperatura y, en caso de enfriamiento, puede depositarse en forma de agua. La resistencia a la difusión se obtiene del producto del coeficiente de resistencia a la difusión de vapor de agua del material por su espesor de capa. El coeficiente de resistencia a la difusión es un valor sin dimensiones que indica la diferencia que existe entre la resistencia que ofrece un material de construcción comparado con la de una capa de aire de idéntico espesor. Los metales poseen factores extremadamente elevados, razón por la que se utilizan folios metálicos como barrera de vapor. Entre los dos valores extremos del aire y del metal se encuentran situados los valores de todos los demás materiales de construcción.

1.3.8 Efectos ambientales.

1.3.8.1 Manipulación de los materiales expandidos.

El material expandido recién fabricado sigue emitiendo los restos de agentes de expansión que contiene, y cantidades muy pequeñas de estireno. Al cabo de un periodo de reposos suficiente no se detecta ya ninguna emisión de estireno a la atmósfera, asimismo se ha agotado prácticamente la emisión de agentes de expansión residual.

1.3.8.2 Agentes de expansión.

El agente de expansión utilizado (Pentano) es un componente volátil del petróleo, y se extrae de este.

El pentano se degrada muy rápidamente en la atmósfera. Al final se descompone en anhídrido carbónico y agua.

1.3.8.3 El aspecto higiénico en el EPS.

El EPS es químicamente neutro, insoluble al agua y no emite materias hidrosolubles que pudiera contaminar las aguas freáticas. Son insensibles a la acción de microorganismos y no sirven de medio de cultivo para hongos ni bacterias.

El EPS ingerido involuntariamente por personas pasa por el estómago y el intestino y vuelven a expulsarse sin haber sufrido ninguna alteración química.

1.3.8.4 Combustión.

Los gases de combustión generados en caso de incendio no se diferencian sustancialmente de los gases de combustión de otras materias orgánicas. Se componen principalmente de anhídrido carbónico y agua. Además contienen, en función de las circunstancias del incendio, monóxido de carbono y hollín. El EPS difícilmente inflamable produce además cantidades muy pequeñas de compuestos bromados.

1.3.8.5 Reciclado, vertido.

El EPS usado puede reciclarse y reutilizarse de muchas maneras. Antes de verterlos o incinerarlos, ofrecen toda una serie de posibilidades de reciclado, como por ejemplo, su reutilización para la fabricación de material expandido, su empleo en forma de copos de material expandido para incorporación a la tierra, su fusión y granulado para obtener poliestireno compacto para productos de moldeo por inyección, etc.

1.4 Ventajas del EPS como material de construcción.

- Extremadamente liviano:

Las espumas de EPS contienen hasta un 98% en volumen de aire, por lo tanto el peso de la espuma es muy bajo.

- Bajo coeficiente de conductividad térmica:

El aire en reposo encerrado en las celdillas es un excelente aislante térmico, esto sumado a la escasa conductividad térmica del Poliestireno como tal, da un coeficiente de conductividad térmica de 0.028 kcal/m h°C a 10°C de temperatura media.

- Celdillas cerradas:

1 m³ de espuma de EPS contiene de 3 a 6 millones de celdillas cerradas, llenas de aire. Esta condición lo hace un material con excelentes propiedades de amortiguación,

- Estanqueidad:

Por ser cerradas sus celdillas, el EPS absorbe sólo cantidades minúsculas de agua. La capacidad de absorción puede alcanzar un 3% del volumen después de un año de inmersión.

- Elevada resistencia a la difusión de agua:

Esto se debe igualmente a sus celdillas cerradas. Dicha resistencia disminuye la posibilidad de daños debidos a humedades, bajo condiciones normales.

- Buena elasticidad:

El poder amortiguante de las distintas espumas elásticas de EPS alcanzan el límite superior, dado por las leyes físicas de los cuerpos aislantes.

- Buena resistencia mecánica

Con relación a su baja densidad y su característica de termoplástico que contiene un alto porcentaje de aire (aproximadamente 98%), el material presenta una resistencia digna de ser considerada para aplicaciones en construcción.

- Resistencia a hongos y parásitos:

Las espumas de EPS no sirven como substrato nutritivo de parásitos, hongos o bacterias de putrefacción. Caben, sin embargo, daños por roedores o insectos.

- Resistencia al envejecimiento:

Las espumas de EPS se han ensayado después de 25 años en servicio, no presentando pérdida apreciable de sus características.

- Amplio campo térmico.

Las espumas de EPS se emplean para el aislamiento a temperaturas entre 150°C y +85°C, y si el material está bien almacenado hasta +100°C, Este campo térmico satisface prácticamente todas las exigencias posibles.

- Difícil inflamabilidad.

La norma Chilena NCh 1070 Of. 84 establece que el EPS utilizado en construcción debe ser catalogado como difícilmente inflamable, lo que según DIN 4102, se cumple para el material tipo F que contiene un agente ignífugo.

CAPITULO II - LOSAS PREFABRICADAS.

2.1 Generalidades.

La prefabricación es la forma más importante en que se manifiesta la construcción industrializada, cuyo principio reside en simplificar la construcción mediante el aumento de la proporción de trabajo completado antes del levantamiento de la obra.

Definiremos a la prefabricación como una producción previa de partes o de la totalidad de un sistema constructivo, en su mayoría, ejecutados en serie, ya sea fuera de la obra (taller o fábrica), o al pie de la misma, con la precisión de los métodos industriales modernos para formar una construcción coherente y satisfactoria según sea su destino, con condiciones normales de resistencia, aspecto, habitabilidad, confort y durabilidad.

En el presente capítulo, se dan a conocer en términos generales, algunos de los sistemas de losas prefabricadas más utilizados en Chile.

2.2 Ventajas de los sistemas prefabricados.

Diversas son las ventajas que presentan los sistemas prefabricados, frente a una construcción hormigonada en sitio. Entre las más destacadas están:

- Limpieza constructiva
- Rapidez de ensamblado
- Montaje silencioso y muy exacto
- Sistema de construcción de uso universal (oficinas, industrias, estacionamientos, viviendas, etc.) y

- Disminución plazos de la obra en hasta un 33%, lo que genera una reducción del financiamiento requerido, según los catálogos de prefabricados disponibles en el mercado chileno.

2.3 El elemento losa.

Una edificación cualquiera está compuesta de un esqueleto resistente que cumple la función de sostener el edificio en forma estática y resistir adecuadamente las cargas propias y de uso; además, debe resistir también las cargas dinámicas que se puedan presentar durante su vida útil provenientes, por ejemplo, de esfuerzos sísmicos.

Todo esqueleto resistente está compuesto generalmente por elementos verticales (pilares, muros) y horizontales (vigas, losas, cadenas), así como otros menos frecuentes (bóvedas, losas cáscaras, etc).

La losa es el elemento estructural horizontal (o inclinado) que cumple la función de separar un recinto de otro, cuando la edificación consta de más de un piso construido (tomando como piso también el subterráneo). Es obvio que si la losa es un elemento de separación de dos recintos habitables, debe cumplir funciones de techo para uno y piso para el siguiente, ambas a la vez.

Estructuralmente hablando, una losa es una placa plana que trabaja a la flexión, de igual forma que una viga, sólo que, a diferencia de las vigas tradicionales, ésta es más ancha que alta, y está apoyada en sus extremos. Dependiendo de sus dimensiones, se pueden clasificar como sigue:

- **Losa simple o sencilla:** es aquella apoyada principalmente en dos de sus extremos opuestos, de manera que sus barras principales resistentes estén colocadas en el sentido de la menor luz, tal como en un envigado corriente. Las barras resistentes pueden ser rectas, cerca de la cara inferior de la losa, o bien dobladas, de manera semejante a las barras dobladas de las vigas. Esta losa tiene otras barras perpendiculares, más delgadas y rectas, conocidas como de repartición, que equivalen a los estribos de las vigas.
- **Losa cruzada:** cuando la forma del recinto que cubre la losa se aproxima a un cuadrado, es decir, cuando existe poca diferencia entre su largo y ancho, se construye una losa cruzada, que tiene barras resistentes en ambas direcciones. Esta losa se apoya en sus cuatro costados. Es más económica, porque aprovecha la posibilidad de colocar fierros resistentes en ambas direcciones, lo que resulta imposible en un envigado de madera y muy difícil en uno de perfiles de acero.

2.4 Clasificación de los Sistemas de Losas prefabricadas existentes en el Mercado Chileno.

En el mercado actual chileno existe una gran y muy variada cantidad de fabricantes de losas prefabricadas, las que se pueden clasificar principalmente en tres grupos:

- **Sistema de "Placa Colaborante"**
- **Sistema de Losa "Alveolar"**
- **Sistemas de "Losas Nervadas".**

2.4.1 Sistema de Placa Colaborante.

Este sistema de "placa colaborante", a pesar de no corresponder a un sistema de losas prefabricadas, ya que la faena de hormigonado se realiza en sitio, se incorporó debido a que este sistema de piso podría, eventualmente comportarse como flexible y no corresponde a un sistema de piso tradicional.

Este sistema de piso es fabricado principalmente por la empresa Armco Instapanel, el cual consta de placas colaborantes PV6-R, que actúan en conjunto con el hormigón estructural (figura 2.1). Este sistema es fabricado en acero estructural según norma A-653 SQ, Gr 37 y Galvanizada G-90. Su fácil manejo y rapidez de instalación, hacen que sea muy ventajosa frente al sistema de losas de hormigón armado, ya que elimina las faenas de moldaje.

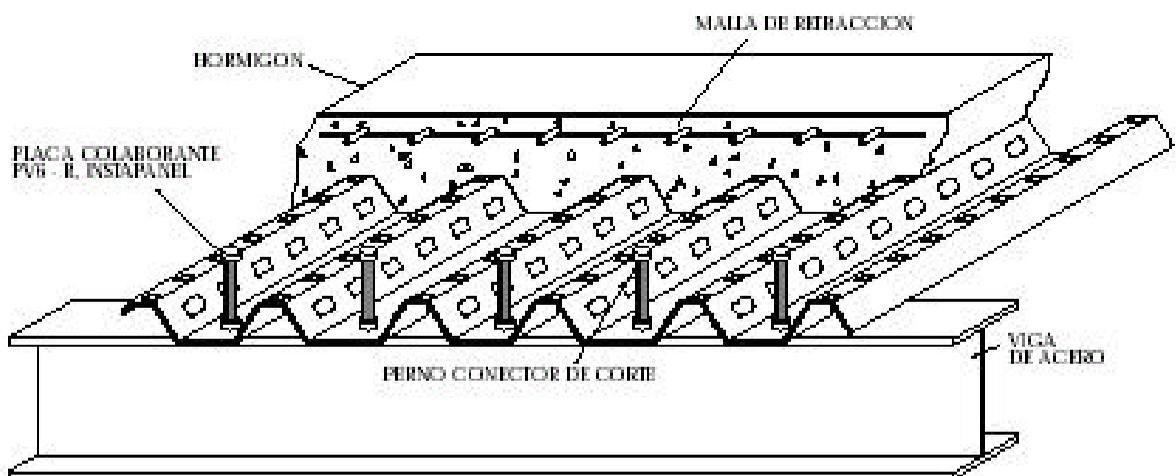
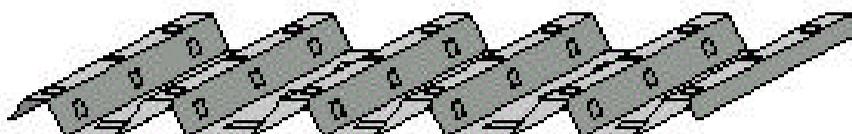


Figura 2.1: Esquema del sistema de placa colaborante.

El perfil trapezoidal de la placa permite reducir el volumen de hormigón (figura 2.2), obteniéndose losas más livianas, lo que se traduce en menor peso propio del edificio y por consiguiente, en una menor carga sísmica.



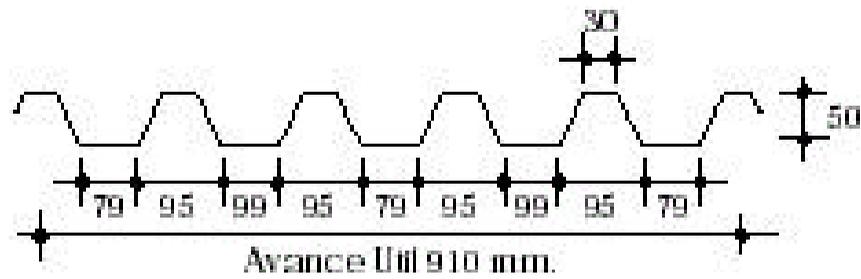


Figura 2.2: Perfil típico de una placa PV6-R.

Este sistema de losas de piso permite obtener superficies de trabajo más seguras y reducir el uso de alzaprimado, lo que aumenta considerablemente la velocidad de construcción, lográndose así significativos ahorros de tiempo y dinero.

El hormigón de la losa de piso actúa en conjunto con el acero mediante resaltos estampados en la placa. Por otra parte la incorporación de conectores de corte hace que el sistema trabaje en conjunto.

Las sobrecargas admisibles para la losa compuesta van desde 182 kg/m^2 , hasta 1803 kg/m^2 . Los valores anteriores son aparentemente elevados, pero corresponden a una luz de vano de 2m. Si consideramos este sistema para una luz de vano mayor, por ejemplo 4m, la sobrecarga admisible va desde 182 kg/m^2 , para un espesor de hormigón de 8cm, hasta 206 kg/m^2 , para un espesor de 10cm, lo que lo hace ser un sistema de piso adecuado para edificaciones habitacionales comunes.

2.4.2 Sistema de Losa Alveolar.

El sistema de "Losa alveolar" prefabricada de hormigón, es elaborado y distribuido por las empresas Multicret, Losapret, Pretesa, entre otras.

La losa está conformada por viguetas pretensadas entre las cuales se colocan las bovedillas de hormigón (figura 2.3 y 2.4). Sobre este conjunto se hormigona una sobrelosa de 5 cm. de espesor que proporciona una unidad monolítica a todo el sistema. La armadura de la sobrelosa está constituida por una malla electro soldada de acero AT 56-50H, o bien, por una enfierradura de acero A 44-28H.

Las viguetas pretensadas tienen direcciones estandarizadas. Dependiendo de las luces a cubrir y de las sobrecargas consideradas en el diseño estructural, se definen las cuantías de acero pretensado de refuerzo, aplicables a las alternativas de altura ya señaladas.

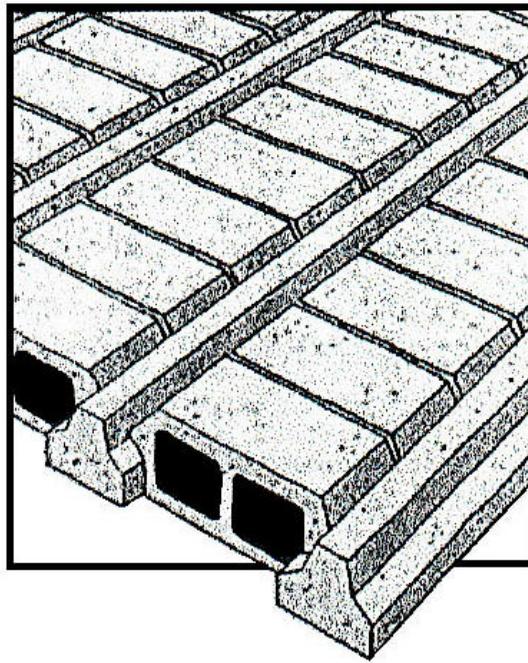


Figura 2.3: Montaje de las viguetas pretensadas.

Cabe destacar que las viguetas se diseñan y fabrican conforme a los requerimientos de cada proyecto específico.

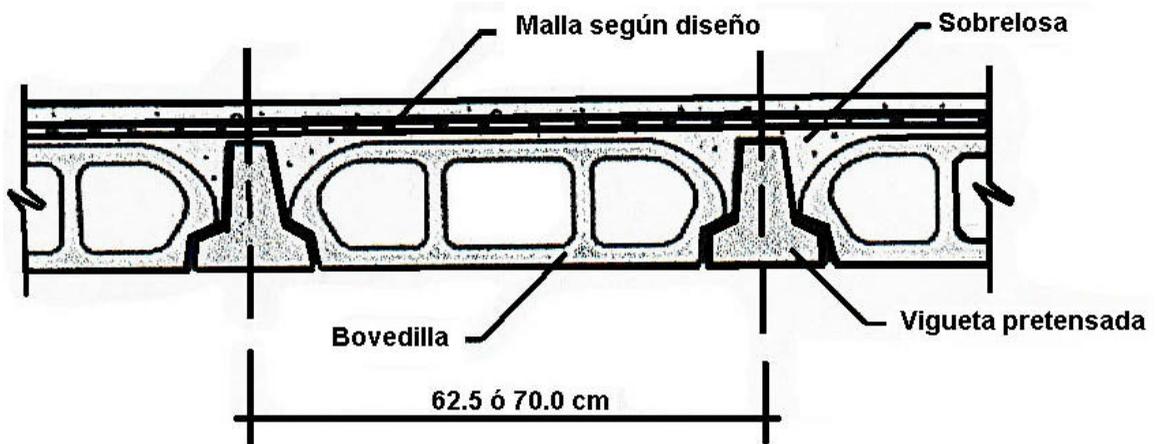


Figura 2.4: Esquema de la sobrelosa hormigonada en sitio.

2.4.3 Sistema de Losas Nervadas.

Las losas nervadas prefabricadas de hormigón armado corresponden a sistemas como la losa de hormigón Tralizada fabricada por la empresa Trálix una de las pioneras en Chile y las losetas "Pi", fabricadas por las empresas Tensocret y Hormisur - Inein.

Las losetas prefabricadas tienen un ancho estándar, donde la colocación de varias de estas, más una sobrelosa hormigonada en sitio constituye la losa de piso, que debiera comportarse como un diafragma rígido.

Existe por una parte la "Loleta Tralizada", que es una losa de hormigón nervada, formada por bovedillas de hormigón o de cerámica premoldeadas y viguetas de hormigón armada llenadas en sitio junto con la sobrelosa (figura 2.5.1 y 2.5.2). Las losetas "Pi", son losas prefabricadas de hormigón armado, que se apoyan sobre las vigas o cadenas, para luego realizar la sobrelosa estructural (figura 2.6).

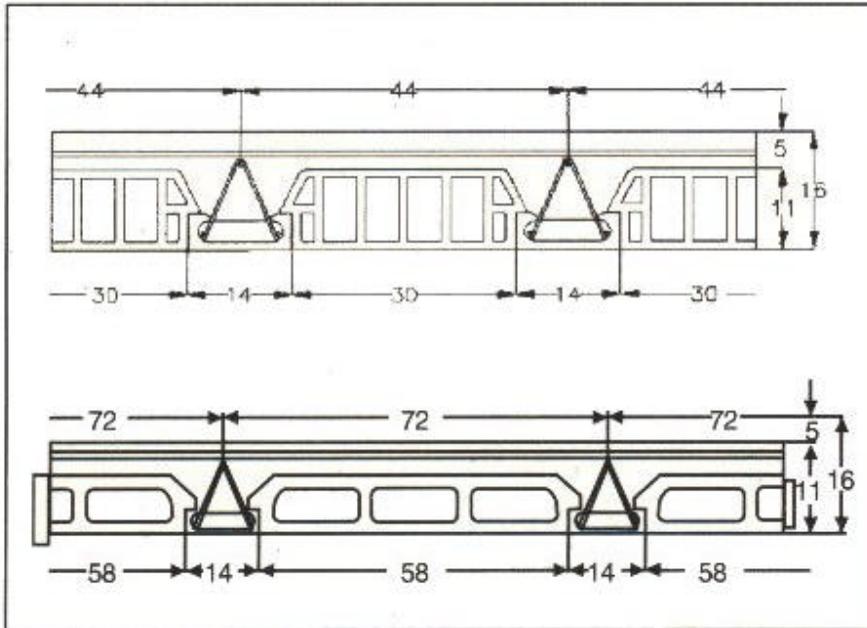


Figura 2.5.1: Sección resistente



Figura 2.5.2: Colocación en obra de loseta tralizada.



Figura 2.6: Detalle de montaje de losetas "Pi".

CAPITULO III - DESCRIPCION DE LA LOSA NERVADA CON BOVEDILLAS DE EPS.

3.1 Descripción del sistema.

La losa aligerada con bovedillas es una losa de hormigón nervada unidireccional, por lo tanto entra dentro de esta clasificación, constituida por viguetas de hormigón armado y bovedillas de EPS (pueden ser de cerámica u hormigón en el caso original de la losa tralizada), más una sobrelosa de hormigón vaciada en obra, generalmente armada con una malla de acero electrosoldada.

Este sistema se puede definir como una losa plana, nervada, compuesta por elementos prefabricados, constituidos por una armadura en forma de tralíz y bloques de poliestireno expandido en forma de bovedillas, como elementos de relleno y moldaje incorporado.

Este capítulo apunta a presentar las bovedillas de EPS como material componente de una losa prefabricada unidireccional además de las principales partes que componen dicha losa y su clasificación según lo visto en el capítulo nº 2.

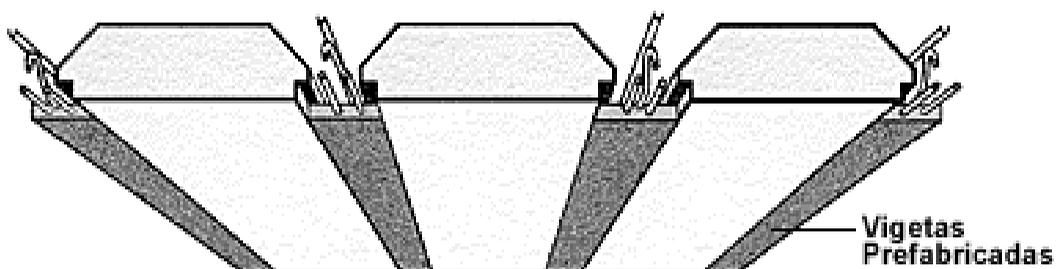


Figura 3.1: Sistema de losa tralizada con bovedillas de EPS.

3.2 Componentes principales del sistema.

3.2.1 Bovedillas de EPS.

Generalidades.

Las bovedillas de poliestireno expandido (EPS) aportan un gran aislamiento térmico a la losa, aunque su menor masa conlleva menor aislamiento acústico. El EPS empleado debe ser del tipo autoextinguible, ignífugo. La resistencia y estabilidad al fuego de las soluciones de losas ensayadas (incluyendo enlucido de yeso) alcanzan los 120 minutos. Su gran ligereza disminuye considerablemente el peso propio del forjado (en torno a 100 Kg/m² en el caso de bovedillas de hormigón). La baja absorción de agua del EPS mejora a su vez el curado del hormigón. La ejecución se ve igualmente favorecida gracias a la facilidad del transporte y colocación de las piezas, por lo que se logran grandes rendimientos.

La aparición de este sistema ha añadido importantes ventajas en cuanto a las prestaciones y la ejecución de losas unidireccionales.

A nivel nacional la empresa que fabrica y comercializa las bovedillas de EPS es BASF Chile con su división de productos Aislapol. Algunos de los antecedentes que se presentaran a continuación y en general corresponden a antecedentes técnicos de dicha empresa.

3.2.1.1 ¿Qué son las bovedillas de EPS?

Las bovedillas de EPS (Poliestireno Expandido), son insumos modernos y versátiles para conformar elementos estructurales livianos en el campo de la construcción, en el caso de las losas prefabricadas se utiliza como piezas de entrevigado debido principalmente a su aislamiento tanto acústico como térmico y su reducido peso lo que hace fácil su montaje.

3.2.1.2 Fabricación de las bovedillas.

Las bovedillas de poliestireno expandido se fabrican mediante moldeado o por corte con filamento caliente en diferentes dimensiones según requerimiento. Su peso para un ancho de bovedilla de 62 cm y una altura de 11 cm, en densidad 20 kg/m^3 es de 1,37 Kg por metro de largo, sin cavidades. Una característica interesante es que puede ser fabricado en largos de hasta 4 m, lo que debido a su bajo peso, no afecta ni su transporte ni su instalación; por otra parte, puede ser cortado fácilmente en terreno, para ajustarse a las dimensiones requeridas.

Para su fabricación se recomienda el uso de poliestireno tratado con agente icfnífugo.

3.2.1.3 Clasificación de las bovedillas de EPS.

Las bovedillas de EPS, en función de su proceso de fabricación, se dividen en las siguientes clases:

- **Bovedillas moldeadas:** procedentes del moldeo de perlas preexpandidas de EPS.

- **Bovedillas mecanizadas:** procedentes del corte y mecanizado de bloques de EPS.

Además, podemos distinguir 2 tipos fundamentales de bovedillas de EPS en el mercado según su utilización específica:

- **Bovedillas enrasadas:** son equivalentes a las bovedillas tradicionales (hormigón o cerámico), un poco más alargadas (figura 3.2).

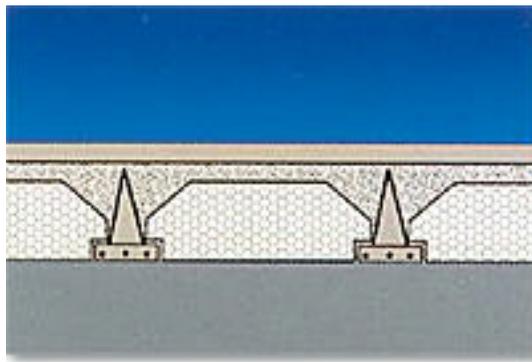


Figura 3.2: Bovedilla enrasada.

- **Bovedillas descolgadas:** presentan unas pestañas que cubren la suela de las viguetas, lo que ofrecen un plano continuo de EPS, que resuelve el problema de los puentes térmicos en las viguetas y permite la ejecución de losas unidireccionales con nervios hormigonados in situ (figura 3.3).

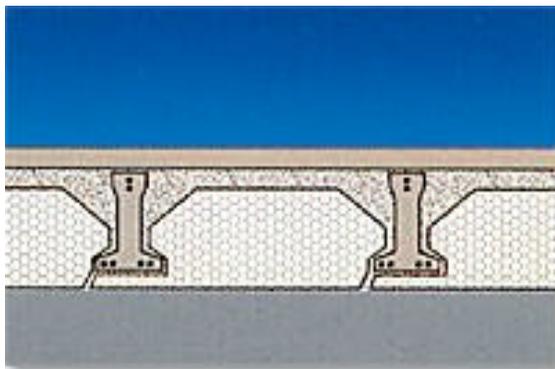


Figura 3.3: Bovedilla descolgada.

3.2.1.4 Ventajas.

Las ventajas que aportan y la facilidad de colocación sin riesgo cumple la misma función que las fabricadas con otros materiales (de cerámico u hormigón, etc.), pero aportan a la construcción toda una serie de beneficios de extras. Esos beneficios unidos a su inalterabilidad al paso del tiempo y a las condiciones climáticas, hacen que la utilización de las bovedillas de EPS resulte más rentable para una obra terminada con relación a cualquier otro sistema tradicional.

a) Reducción de peso y costo. Entre 100 y 130 kg/m² de reducción de carga en el peso total de cada una de las losas estructurales de un edificio de altura, lo que representa un considerable número de toneladas de menos peso en fierro, cemento, áridos y mano de obra y que significan un sustancial ahorro en las secciones estructurales de las vigas, pilares, columnas y cimientos de la edificación y, al mismo tiempo, una notable reducción de tiempo de construcción de los edificios.

b) Rapidez de colocación. Debido al poco peso y a la versatilidad del EPS, el Poliestireno Expandido en la forma de bovedillas posibilita grandes rendimientos en la ejecución de las losas estructurales de los edificios, al ser éstas colocadas muy fácil y rápidamente entre las viguetas que forman parte del monolitismo y rigidez de las mismas.

c) Facilidad de manejo. Permite una rápida descarga, muy importante en zonas urbanas con dificultades de esparcimiento y circulación. Las bovedillas al ser prefabricadas, livianas y tener diseños compactos posibilitan un fácil traslado, descarga y manipulación para su colocación en obra. Este atributo es de especial interés en las zonas urbanas con dificultades de esparcimiento y circulación como

asimismo en la propia obra que requiere una facilidad de manejo y rapidez de transporte para el empleo de los materiales.

d) Obtención de secciones más eficientes. Con el empleo de las bovedillas en sus diferentes formas, acorde a la imaginación y al diseño consultado, se pueden reemplazar volúmenes de hormigón por formas de Poliestireno Expandido incorporadas. Se simplifican así notoriamente los moldajes, requiriendo un mínimo de apuntalamiento, resultando la edificación global de dimensiones técnicamente más livianas y finalmente más económicas.

e) Mejora el fraguado del hormigón. El Poliestireno Expandido es prácticamente impermeable al agua. Al funcionar como moldaje incorporado permite mantener la relación agua-cemento en el hormigón y evita pérdidas del mismo. Por su capacidad de aislamiento térmico, el EPS conserva la temperatura del hormigón y por consiguiente permite un mejor fraguado de él, particularmente importante en zonas climáticas rigurosas.

f) Economías sustanciales. Con las bovedillas de EPS se consigue un menor peso de las estructuras, lo que se traduce en un costo menor de ellas y con un valor agregado adicional de seguridad para la edificación en altura si se lo percibe desde el punto de vista de inhibir solicitaciones inducidas por sismos, especialmente recurrentes en nuestro país. Mayor velocidad de mano de obra por la facilidad de manipulación y colocación.

Por las excelentes propiedades físico-mecánicas del Poliestireno Expandido (liviandad, adecuada resistencia a la compresión, flexión, corte y buena elasticidad),

la relación beneficio-costo es óptima. El EPS en general, cuesta menos que el hormigón.

g) Aislamiento térmico y absorción acústica. Con el EPS por su bajo coeficiente de conductividad térmica se consigue un excelente aislamiento térmico entre plantas de piso en los edificios, muy importante para la utilización económica y racional de las calefacciones individuales por losa radiante y similares.

El uso del Poliestireno Expandido evita resonancias al absorber impactos por ondas acústicas, amortiguándolos e inhibiendo ruidos entre pisos.

3.2.1.5 Bovedillas de EPS como una eficiente alternativa para alivianar elementos estructurales en edificaciones.

La conformación de la geometría de las estructuras resistentes de los edificios, particularmente las losas estructurales, incorporando el Poliestireno Expandido o EPS prefabricado como material complementario con la forma de bovedillas es, implantar un nuevo concepto en la concepción de estas estructuras de hormigón armado.

Por ser Chile un país sísmico, la reducción del peso de una estructura como un edificio por ejemplo, contribuye en gran proporción a inhibir las solicitaciones inducidas por un sismo.

Las bovedillas son elementos que por su forma cumplen la función de moldaje incorporado y aportan a la losa sus relevantes condiciones de aislamiento termo-acústica.

3.2.1.6 Moldaje incorporado.

Las bovedillas de EPS funcionan como moldaje incorporado sin requerimientos de otros moldajes adicionales y sólo con un mínimo de alzaprimado (ver capítulo V, alzaprimado), traduciéndose en definitiva en, un rápido avance de la obra.

3.2.1.7 Rango de dimensiones de Bovedillas de EPS para losas prefabricadas.

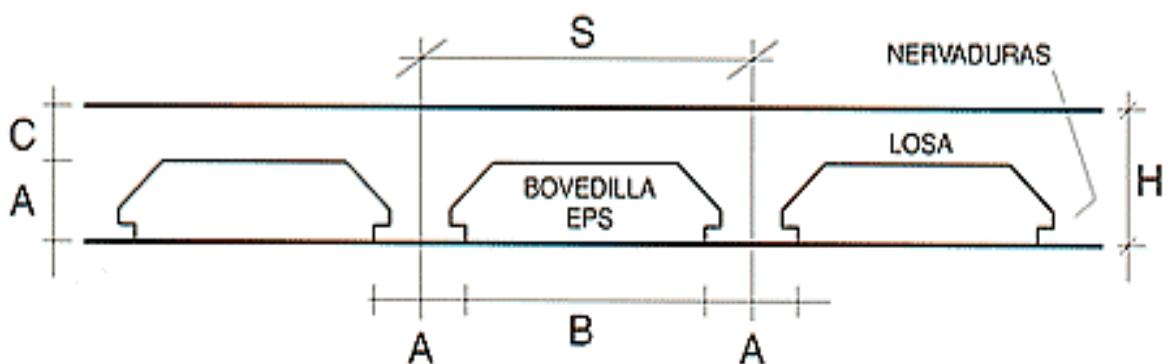


Figura 3.4: Dimensiones de las bovedillas de EPS y el sistema.

Dimensiones	Losa tipo	Espesor Bovedillas	Ancho Bovedilla	Espesor colaborante	Espesor total	Luz entre Viguetas
Destino		A (cm)	B (cm)	C (cm)	H (cm)	S (cm)
Habitacional	L-16	11	60	5	16	70
Comercial	L-23	15	60	8	23	75
Industrial	L-30	20	60	10	30	80

3.2.1.8 Densidad necesaria en bovedillas de EPS.

Según la NCH 1070 of 84 según su comportamiento mecánico y forma de uso debe utilizarse densidades de iguales o mayores a 20 Kg/m^3 ya que es capaz de recibir cargas mayores, lo necesario para la construcción de la losa.

3.2.1.9 Comportamiento termo-acústico de la losa.

Con la utilización de bovedillas de EPS, se consigue un excelente aislamiento térmico entre plantas, muy importante para la utilización económica y racional de las calefacciones individuales.

La conductividad térmica según densidades, está comprendida entre 0,046 y 0,033 W/mk a 10 °C.

Por lo antes señalado durante el capítulo y este ítem, y a pesar de su buen coeficiente de aislamiento térmico (ver cap. I), no es fácil señalar la capacidad aislante de este tipo de losas, pues las viguetas actúan como puente térmico, mismo efecto que tienen al analizar el aislamiento acústico, pudiendo suponerse en ambos casos que mejora, pero sin ser posible cuantificarlo sin un ensayo aunque la menor masa comparativamente con una de hormigón armado conlleve menor aislamiento acústico.

Los puentes térmicos a través de las viguetas pueden eliminarse mediante tiras adicionales de Poliestireno Expandido, dispuestas bajo la cara inferior de la vigueta o bien incorporar en la bovedilla una aleta para dicha función (ver figura 3.3)

3.2.2 Vigueta prefabricada.

Una vigueta está formada por la armadura tralizada y una base de microconcreto (concreto cuya banda granulométrica está entre las mallas #4 y #100 - ASTM E 11), con un consumo mínimo de 350 Kg de cemento por metro cúbico de concreto, obteniendo un producto de alta resistencia y gran plasticidad. Es una estructura

flexorrigida autoportante con un peso propio de 14 kg/ml, constituida por una armadura tridimensional de acero tipo AT 56 – 50 H electrosoldada llamada TERLIZ solidario con la base de hormigón microvibrado, en donde se apoyan las bovedillas (figuras 3.5 y 3.6). Esto permite la total eliminación del moldaje horizontal y racionalizar el alzaprimado pues la vigueta aporta resistencia.

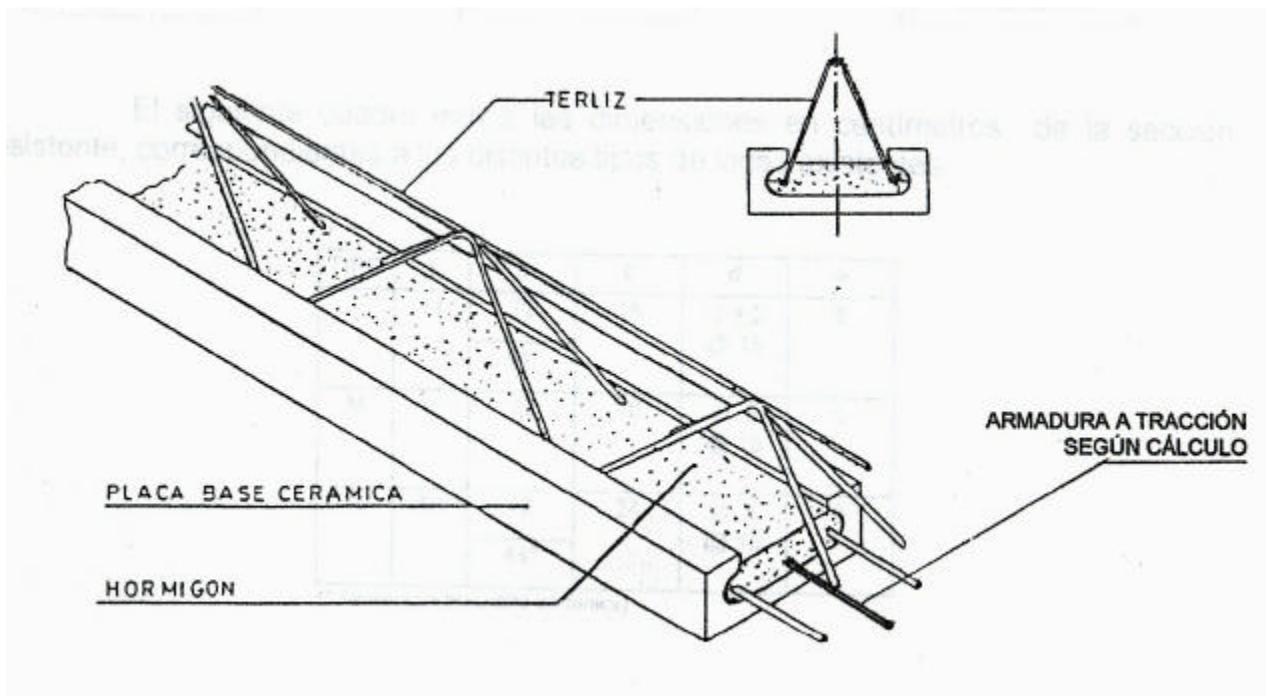


Figura 3.5: Vigueta prefabricada.

La armadura en forma de terliz de la viga presenta el siguiente formato: son tres barras unidas por diagonales (sinusoidales) igualmente espaciadas, con sección de triángulo isósceles, cuya altura principal varía de 70 a 250 mm. Su largo está limitado por el transporte. La barra superior está constituida de acero que varía de 6.0 a 12,5 mm de diámetro; las barras inferiores, también de acero, en diámetros que van de 4,2 a 12,5 mm; por último las diagonales son dos barras de acero que varían de 3,4 a 6,0 mm.

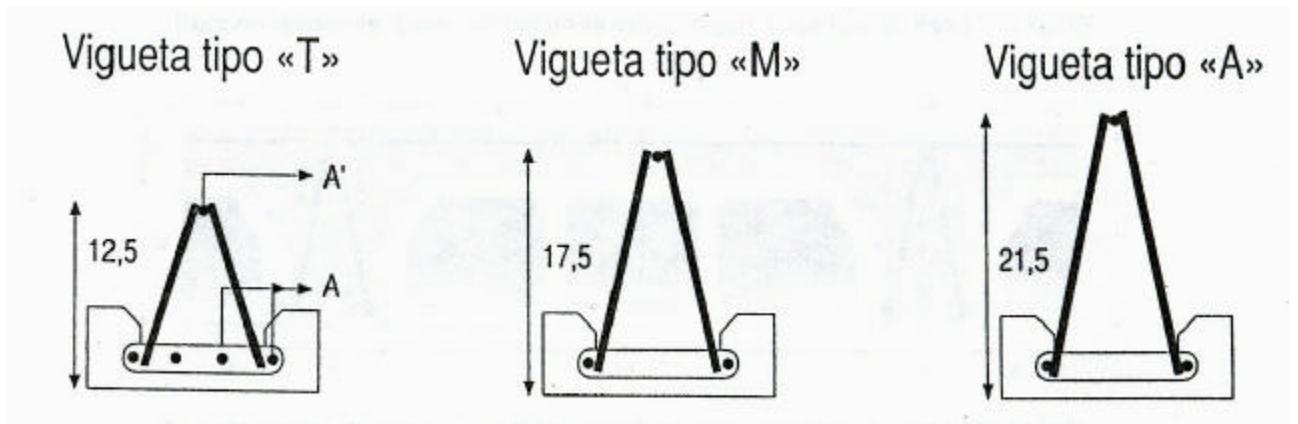


Figura 3.6: Tipos de viguetas.

Durante la fase de montaje y hormigonado las viguetas son complementadas mediante la colocación de bovedillas, puestas y apoyadas entre viguetas, lo que permite realizar de modo rápido y limpio la losa. Es también en esta fase en donde la estructura será sometida a esfuerzos de flexión provenientes del peso propio de las viguetas, las bovedillas, los equipos, operarios y finalmente del concreto de la losa. En esta etapa se necesitará alzaprimado para soportar los esfuerzos durante el montaje y hormigonado. Las distancias entre apoyos, varían según la losa a ejecutar y deben ser especificadas.

En el mercado nacional, el diseño de las losas aligeradas con bovedillas se calcula considerando las viguetas como vigas que forman pequeñas losas simples. Para facilitar la industrialización del proceso, dichas viguetas vienen calculadas y fabricadas para soportar esfuerzos máximos preestablecidos, lo cual define las distintas alturas o diámetro de los elementos del terliz.

3.2.3 Componentes complementarios.

3.2.3.1 Hormigón de Sobrelosa.

El hormigón de la sobrelosa debe ser Hormigón R28 > 225 Kg/cm² (NCh 170 of 52);
Trabajabilidad: Cono > 5; Gravilla: diámetro máximo 3/4".

La sobrelosa de hormigón es vaciada en obra y armada con una malla de acero electrosoldada que evita la retracción (Acero AT 56 - 50 H). Esta sobrelosa en conjunto con las viguetas forma una sección resistente monolítica, permitiendo que la losa se comporte como un diafragma rígido (ver cap. V).

3.2.3.2 Malla Electrosoldada.

Se utiliza una malla de acero electrosoldada correspondiente a un acero AT 56 – 50 (mas conocida como malla ACMA), cuya finalidad es actuar como armadura de retracción y temperatura, en los apoyos para cubrir las zonas de momento negativo, repartir la carga en las condiciones de servicio y soportar los esfuerzos de diafragma en el plano de la losa.

3.2.3.3 Suples.

Se utilizaran según calculo del ingeniero calculista en zonas a indicarse (ver cap. V).
Estos suples corresponden a un acero de tipo A 63-42 H o bien un acero tipo A 44-28 H, definidos por sus tensiones de fluencia.

3.3 Posibles patologías en la losa.

Siempre que se utilicen viguetas sin armaduras transversales de conexión con el hormigón vertido en obra, el perfil de la bovedilla deberá dejar 3 cm, a la cara superior de la vigueta, permitiendo de este modo la entrada del hormigón que, una vez realizado el proceso de fraguado, permitirá que las viguetas trabajen como elemento colaborante de la losa.

Si se utiliza un tipo de bovedillas no adecuado puede dar origen a patologías tales como el descuelgue de las viguetas por falta de relleno en el hormigonado de la capa de compresión.

Para solucionar el problema de posibles fisuraciones en el hormigón de la losa terminada se debe realizar lo que se indica en el **punto 3.2.3.2** anterior

3.4 Áreas de utilización del sistema.

La losa con bovedillas de EPS es compatible con:

- Hormigón Armado
- Albañilería Reforzada
- Albañilería Armada
- Estructuras Metálicas
- Estructuras de Hormigón Prefabricadas.

Según destino y tamaño es utilizable en:

- Viviendas (unifamiliares, colectivas)
- Edificios (bloques medianos, edificación en altura)

- Industrial (bodegas, salas de proceso)
- Comercial (oficinas, locales, supermercados)
- Institucional (colegios, hospitales, iglesias, etc.)

3.5 Posibles desventajas y restricciones en el uso del sistema.

Aparte de que este sistema es poco conocido y difundido en Chile, tiene desventajas y restricciones técnicas como:

- Menor libertad de diseño, ya que la modulación del sistema restringe a este desde el punto de vista arquitectónico.
- Un punto importante a considerar es la dificultad que presenta la ejecución del enlucido de terminación de la losa en el caso de bovedillas de EPS, ítem que debiera ser más caro que en la alternativa de bovedillas de hormigón, debido a la necesidad de adicionar un compuesto químico que funcione como puente de adherencia entre el enlucido y el EPS. Esto es sólo comparable con la alternativa de bovedillas de hormigón, ya que en el caso de la losa de hormigón armado se debe considerar, además del enlucido, la faena de puntereo de la losa.
- El diseño de las losas con bovedillas en nuestro país, está limitado en cuanto al largo de la losa por el largo de las viguetas entregadas por los fabricantes. Así por ejemplo, sólo se encuentran en el mercado, viguetas de hasta 4.0 m. Si una losa fuese superior a esta dimensión, la recomendación de construcción del fabricante es ejecutar una viga de sustentación. Este punto es importante de considerar, ya que, si éste fuese el caso, es muy probable que la variación de precios hiciese inconveniente el sistema constructivo (además de las razones de arquitectura e ingeniería). Sin embargo, y de acuerdo a información extranjera, no existen limitaciones en cuanto al largo

de las viguetas, como no sean aquellas referidas al transporte. Podemos suponer que las limitaciones de las viguetas en el mercado nacional responden a condiciones de mercado más que a restricciones técnicas.

- El riesgo de accidentes en altura es mayor, ya que en el proceso de ejecución de la losa no se debe tratar de pisar las bovedillas (ver capítulo V), se debe hacer sobre las viguetas para esto se dispone de tablonos para el tránsito por lo que se requiere mucha precaución en este sentido, para evitar estos accidentes.
- La losa se entrega con las medidas exactas, y cada tipo de vigueta va en un lugar específico de acuerdo a cálculo, por lo que una posible modificación en el proyecto, como un mínimo cambio de longitud, deja inutilizable los elementos prefabricados (bovedillas de EPS, viguetas) adquiridos previamente para una sección determinada.
- Tradicionalmente en Chile, las empresas que fabrican los materiales para la ejecución de losas aligeradas con bovedillas, suministran tanto las viguetas como las bovedillas (además de soporte técnico), siendo de su máximo interés la colocación en el mercado de una gran cantidad de hormigón (particularmente cemento). Dado que el consumo de hormigón es mayor en las bovedillas que en las viguetas (la relación de volumen de hormigón que se ocupa por m^2 de losa es de 6:1 entre bovedilla y vigueta), este rubro ha sido renuente al reemplazo de las bovedillas de hormigón por las de EPS. Se puede concluir entonces que la baja utilización de bovedillas de EPS en Chile se podría explicar por razones de índole económica más que técnica, debido a esta particular característica de nuestro mercado.

3.6 Otras aplicaciones de EPS en losas.

3.6.1 Bovedillas de EPS en viguetas pretensadas.

Básicamente este sistema pasa a clasificarse como “Losa alveolar” prefabricada de hormigón, esta constituida a diferencia de lo expuesto anteriormente por viguetas pretensadas unidireccionales como la diferencia principal, y entre estas bovedillas de EPS (figura 3.7).

En si el sistema es similar al de viguetas prefabricadas y se transforma en otra opción de alivianar este tipo de losa.

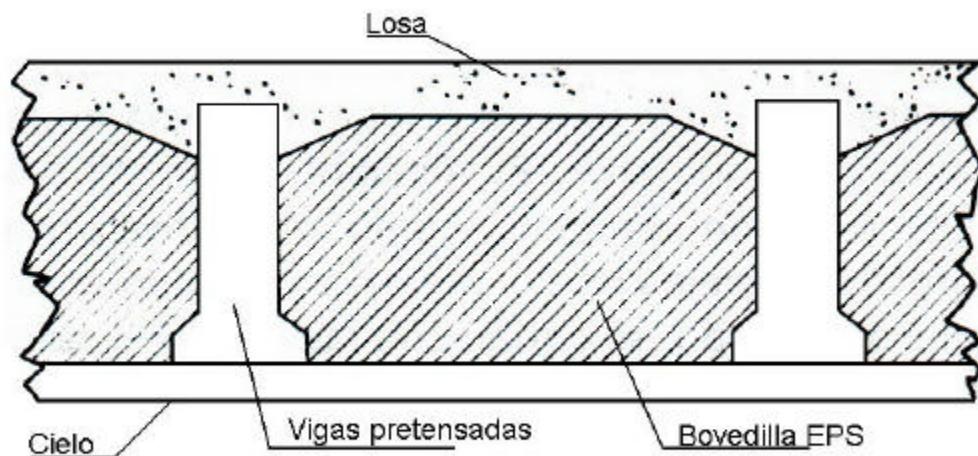


Figura 3.7: Losa alveolar con bovedillas de EPS.

3.6.2 Losas bidireccionales.

Son losas con nervios de hormigón armado dispuestos en dos direcciones perpendiculares entre sí, incorporándose entre los nervios, casetones de EPS (figura 3.8).

En losas bidireccionales se llaman casetones de EPS a los núcleos aligerantes que se colocan en la losa a diferencia de las losas unidireccionales en las cuales ya las conocemos como bovedillas de EPS.

Este tipo de losas uniformizan el canto de los mismos, sin que los elementos de mayor resistencia (vigas y pilares) destaquen, permitiendo una mayor libertad de distribución y compartimentación.

Los casetones de EPS utilizados en este tipo de losas pueden obtenerse por corte y mecanización de bloques, lo cual posibilita una amplia gama de formas y tamaños, que hace de este tipo de losas una solución de gran versatilidad.

En losas bidireccionales, como medida complementaria, debe considerarse la fijación previa de los bloques aligerantes de EPS antes del proceso de hormigonado, con el fin de evitar el desplazamiento de las piezas.

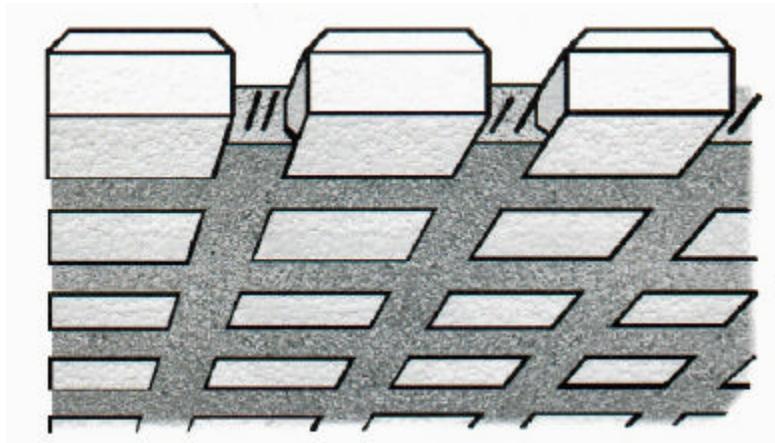


Figura 3.8: Losa bidireccional con casetones de EPS.

CAPITULO IV - CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y ENSAYES.

4.1 Consideraciones para el diseño.

4.1.1 Principales características del sistema.

Un problema común a las losas de hormigón armado, derivado de su poca altura o espesor, es la corta distancia entre su zona traccionada y su zona comprimida, para que sea efectiva su resistencia a la flexión. Si se trata de resolver este inconveniente aumentando su espesor, crece su peso de manera desmedida.

Una solución muy adecuada al problema lo constituyen las losas nervadas, que logran dar mayor separación a las zonas traccionadas (ubicadas ahora en la cara inferior de los nervios) de la parte comprimida, que viene a ser casi toda la losa propiamente dicha. Tal separación se consigue sin aumentar su peso muerto, dado el espacio vacío que se produce entre los nervios de la losa.

Las nervaduras o pequeñas vigas pueden estar en una sola dirección, cuando la losa se apoya en dos costados, a estas las conocemos como losas unidireccionales.

4.1.2 Funcionamiento estructural de la losa.

El principio básico de funcionamiento de una losa con bovedillas se fundamenta en que las cargas y esfuerzos que debe soportar la losa durante su vida útil son sostenidos por viguetas que la cruzan.

4.1.2.1 Funcionamiento de las viguetas.

Las viguetas funcionan disminuyendo la luz de las losas y permitiendo por tanto, que el espesor de hormigón y el diámetro de la enfierradura sea mucho menor, con el consiguiente ahorro de peso a descargar sobre los elementos estructurales que la soportan, pudiendo reducir también el espesor de hormigón y diámetro de fierro en ellos.

4.1.2.2 Medidas en las viguetas.

Las viguetas de concreto tendidas en una sola dirección deben tener la resistencia estructural adecuada; además, el control de agrietamientos y deflexiones con cargas de servicio debe ser satisfactorio. Es posible utilizar los métodos aproximados de análisis de estructuras cuando las cargas uniformes y claros se ajustan a los requisitos del reglamento ACI.

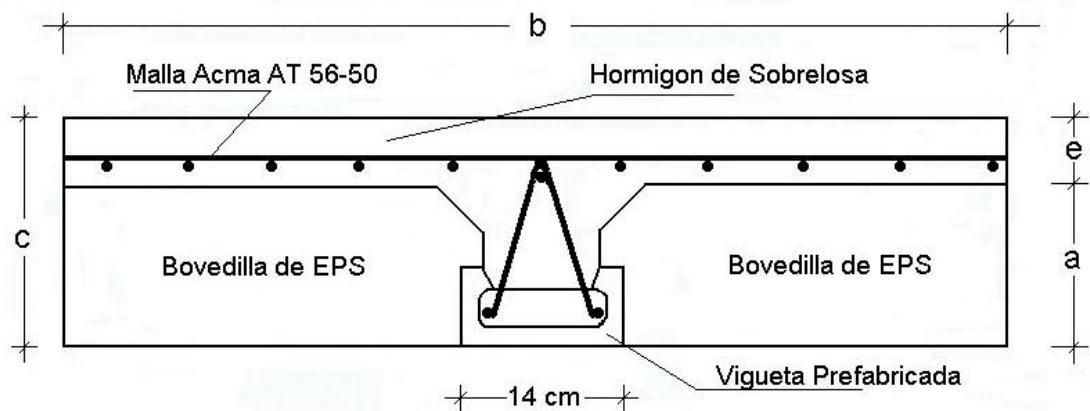
Las losas de concreto con viguetas en una dirección, que rebasan los límites de dimensiones establecidos por el reglamento ACI, deben dimensionarse como si fueran estructuras de vigas y losa. Esos límites son:

- Máximo espacio libre entre viguetas: 75 cm.
- Máximo peralte de la vigueta: 3.5 veces el ancho de la vigueta.
- Anchura mínima de la vigueta: 10 cm.
- Peralte mínimo de la losa con encofrados desmontables: 5 cm, pero nunca menos del 8% del espaciamiento libre entre las viguetas.
- Peralte mínimo de la losa cuando se usan encofrados permanentes: 4 cm, pero no menos del 8% del espaciamiento libre entre viguetas.

4.1.2.3 Funcionamiento de las bovedillas de EPS.

Del párrafo anterior se desprende que la bovedilla no toma carga estructural: ella debe soportar solamente su propio peso y el del hormigón de la losa mientras esta fresco. Por lo tanto, cumpliendo lo anterior, la exigencia es que la bovedilla sea rígida (indeformable) y lo más liviana posible, condición que la bovedilla de EPS cumple.

4.1.2.4 Sección resistente.



a : Altura de la Bovedilla

b : Ancho sección resistente

c : Espesor de Losa

e : Espesor Hormigón de Sobrelosa.

4.1.2.5 Otros.

Además en el **capítulo III (párrafo 3.2.3)**, se detalla también el funcionamiento de los demás componentes de la losa como son el hormigón, la malla de retracción y los suples entre otros.

Se puede señalar que para el correcto diseño de la losa con bovedillas de EPS se puede consultar al “Manual de diseño de la losa tralizada” (del cual se desprende el sistema de losa con bovedillas de EPS), con la salvedad que al reemplazar las bovedillas de hormigón por las de EPS, se aliviana el peso y se produce un cambio en las solicitaciones anteriores. Los métodos de diseño que ahí se detallan pueden ser utilizados correctamente en la etapa del diseño, como principalmente en la elección del tipo de vigueta autosoportante a utilizar (anexo 2), refuerzos entre otros.

Además al final de este capítulo se nombran las principales referencias técnicas y normativas vigentes que pueden servir directamente para un correcto diseño.

4.2 Cargas de diseño.

4.2.1 Peso propio, cargas por terminación y sobrecarga.

- **Peso propio:** En la siguiente tabla 4.1 una cubicación en detalle del peso de las viguetas, bovedillas y de la sobrelosa permite evaluar el peso por m^2 de la losa lo que constituirá el peso propio de la losa.
- **Peso terminaciones:** lo que constituye las cargas por terminación debe ser calculada en cada oportunidad de acuerdo a las condiciones de proyecto. Para esta tabla se consideran estos pesos aproximados según el tipo de losa ya sea habitacional, comercial e industrial.
- **Sobrecargas:** se utilizan los valores definidos en la norma Chilena NCh 1537 Of. 86 para los 3 tipos de edificaciones antes señaladas.

Tabla 4.1: Calculo de losas con bovedillas de EPS. Participación de cargas para usos más comunes (BASF Chile división Aislapol, Bovedillas de EPS).

Destino	Habitacional	Comercial	Industrial
Pesos Considerados	L - 16 Kg/m ²	L - 23 Kg/m ²	L - 30 Kg/m ²
Peso propio	186	275	375
Peso terminaciones	100	150	175
Sobrecarga viva	200	250	400
Total carga	486 - 500	675 - 700	950 – 1000

*Densidad de referencia de la Bovedilla 20 kg/m³

Cabe señalar que las densidades deberán ser mayores a 20 kg/m³, por lo tanto mientras mayor sea la densidad de la bovedilla, se incrementara el total de la carga.

4.2.2 Luz de cálculo.

En la siguiente tabla 4.2 se da a conocer las luces de cálculo adecuadas según el tipo de edificación.

Tabla 4.2: Luz de cálculo.

Destino	Habitacional	Comercial	Industrial
Luz de cálculo	3 - 4 m	4 - 6 m	5 - 7.5 m

4.3 Ensayes.

Principalmente los ensayos relativos a las bovedillas de poliestireno expandido y con ello al material en si que nos interesan mayormente, corresponden a la resistencia a la compresión, ya que en el momento del hormigonado esta debe soportar una carga

bastante alta a la compresión por su característica de moldaje incorporado hasta el proceso de fraguado ya que como se ha visto anteriormente la bovedilla de EPS no toma carga estructural.

En este párrafo 4.3 repasamos las principales características del material sometido a la compresión, su comportamiento a largo plazo, además de la estabilidad al fuego y los resultados de estos ensayos resumidos en el cuadro final (tabla 4.6).

4.3.1 Ensaye de resistencia a la compresión.

La resistencia a la compresión es la principal característica mecánica de los materiales expandidos de EPS. Depende en primer lugar de la densidad: cuanto más baja sea esta, tanto menor será la resistencia a la compresión. También influyen la forma de las celdillas, la temperatura y la edad del material expandido. Las distintas marcas de materias primas o los tamaños de las partículas, en cambio, no influyen sustancialmente en la resistencia a la compresión de las probetas cortadas de materiales expandidos.

El ensayo de compresión con materiales expandidos rígidos se realiza de acuerdo con la norma DIN 53421. Para efectuar la medición se utilizan preferentemente cubos de 50 mm de lado. El macho de compresión deforma los cubos a velocidad constante (5 mm/min. Ó 10 %/min. de la altura original de las probetas) y las fuerzas ejercidas se registran en función del grado de deformación.

Se debe hacer notar que los gráficos se realizan como una proyección de los valores obtenidos experimentalmente para las densidades de fabricación normal. En

densidades menores a 14 kg/m^3 no es posible determinar propiedades mecánicas estables dado el bajo espesor de las paredes celulares.

La figura 4.3 muestra el grado de deformación en función de la fuerza ejercida en el ensayo de compresión con cubos de EPS de 50 mm de lado, con densidades de 15, 20 y 30 kg/m^3 . Al comienzo, la fuerza necesaria para obtener un determinado grado de deformación aumenta proporcionalmente (zona de Hook). Después de una deformación del 1,0 al 1,3% se sobrepasa el límite de elasticidad, y las probetas puedan deformadas irreversiblemente. La recta ascendente da paso a una línea más plana. El EPS forma parte de la categoría de espumas rígidas de celdillas cerradas; en estas, una vez rebasado el límite de elasticidad, no se produce una rotura súbita de la estructura celular, sino que las células se deforman continuamente (y en su mayoría, irreversiblemente).

Para caracterizar el comportamiento del EPS sometido a compresión, se indica la "resistencia a la compresión bajo una deformación del 10%", es decir, la resistencia a la deformación a la que el cubo de 50 mm se comprime a un espesor de 45 mm.

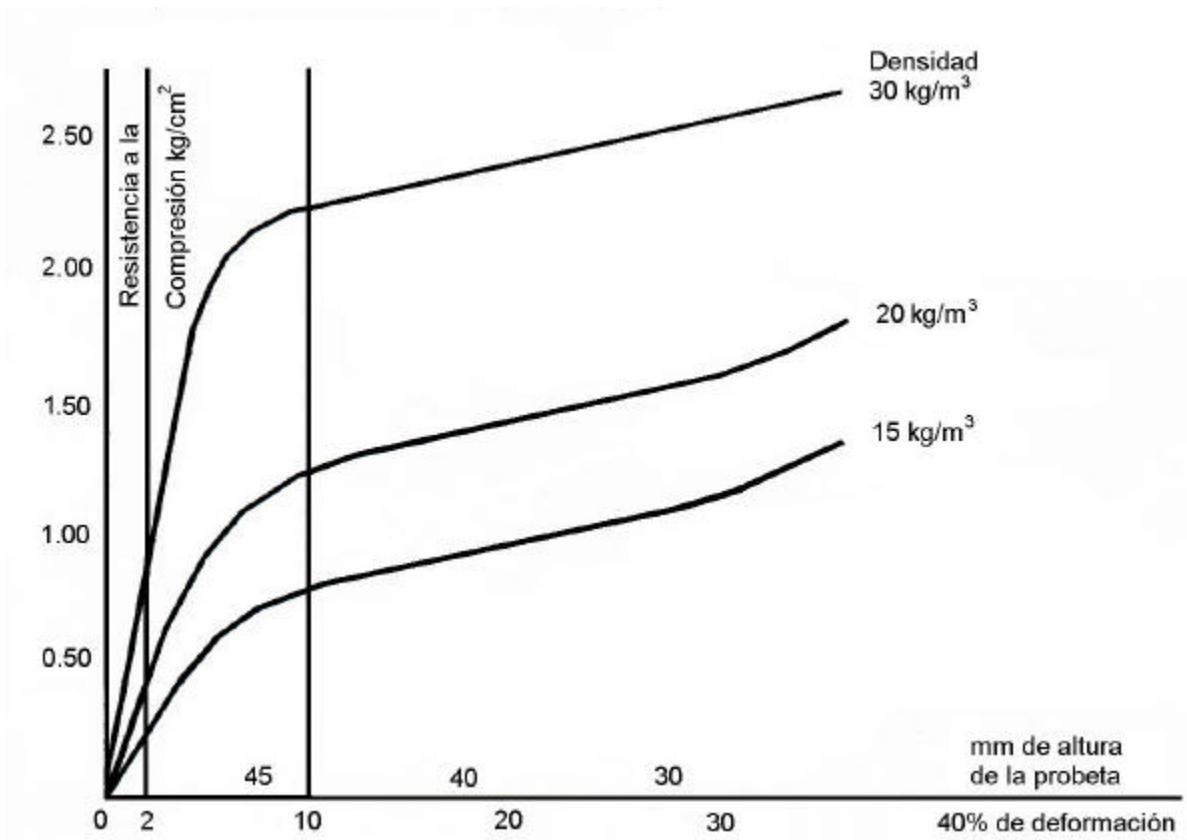


Figura 4.3: Resistencia a la compresión de probetas de EPS.

4.3.2 Ensayo de comportamiento a largo plazo.

La figura 4.4 refleja la variación de espesor de probetas de EPS con tres distintas densidades, sometidas a diferentes cargas constantes durante largos períodos. Para mayor claridad, la escala de tiempo es logarítmica. Sin embargo, hay que tener en cuenta que ni siquiera la curva más inclinada, a saber, la correspondiente a la densidad de $14,5 \text{ kg/m}^3$ y a una carga de $0,35 \text{ kg/cm}^2$, no indica que el material expandido se deforme cada vez más a medida que se prolonga el tiempo de exposición a la carga. La deformación máxima se produce en los primeros días, y, a medida que aumenta la compacidad del material, disminuye la anterior deformación por unidad de tiempo. Si la deformación inicial del EPS, bajo carga, es inferior al 1,5%, cabe prever que, básicamente, el espesor del material expandido permanecerá inalterable incluso durante largos períodos de tiempo.

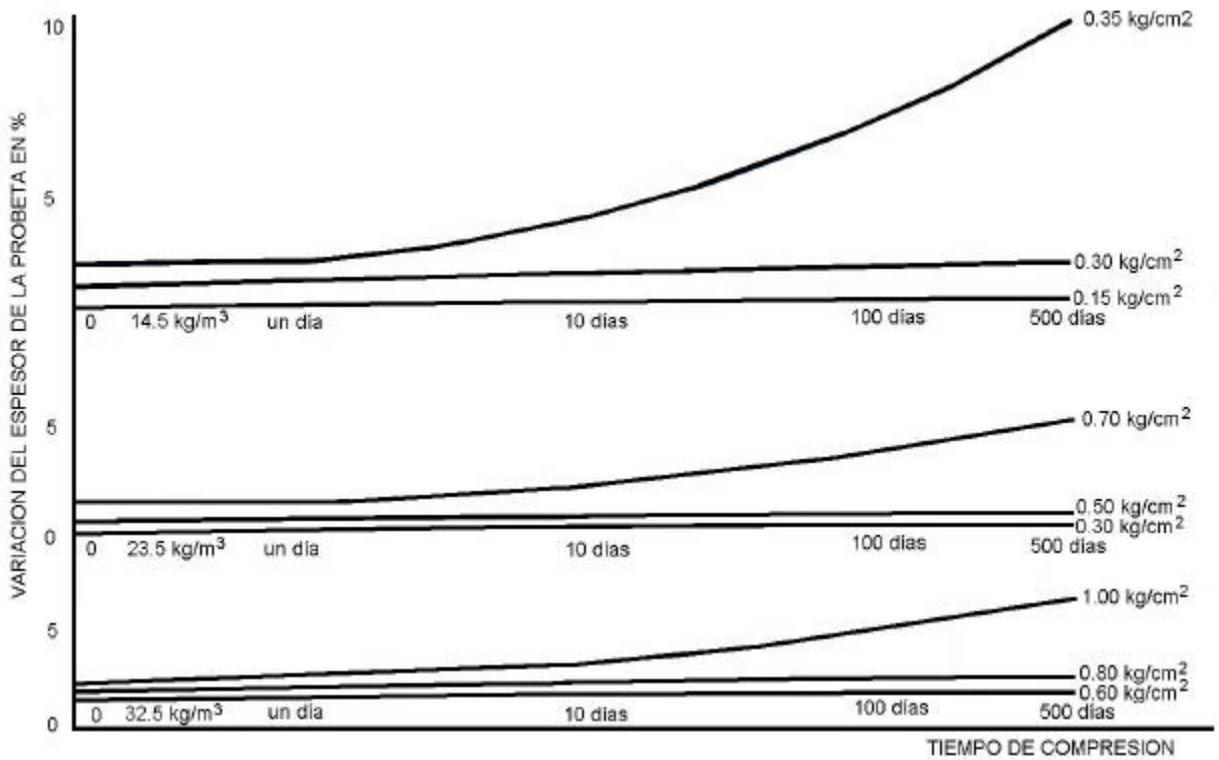


Figura 4.4: Variación del espesor de probetas de EPS en el tiempo, bajo cargas de compresión.

La figura 4.5 muestra que los materiales expandidos de mayor densidad presentan, en virtud del mayor espesor de sus paredes celulares, una resistencia a la deformación más alta. Al relacionarla con la figura 4.4 se observa que, paralelamente a la densidad, también varía la elasticidad. La probeta de EPS que presenta la densidad más baja es más blanda que la probeta con la densidad más alta. En la tabla 4.6 se puede observar que el cociente entre la resistencia a la compresión (dentro de la zona elástica) y la deformación correspondiente o sea el módulo de elasticidad, aumenta también paralelamente a la densidad. En un material expandido de 15 kg/m^3 de densidad es, aproximadamente, de $10,2$ a $40,8 \text{ kg/cm}^2$, y en un material de 20 kg/m^3 de densidad, de $35,7$ a $45,9 \text{ kg/cm}^2$.

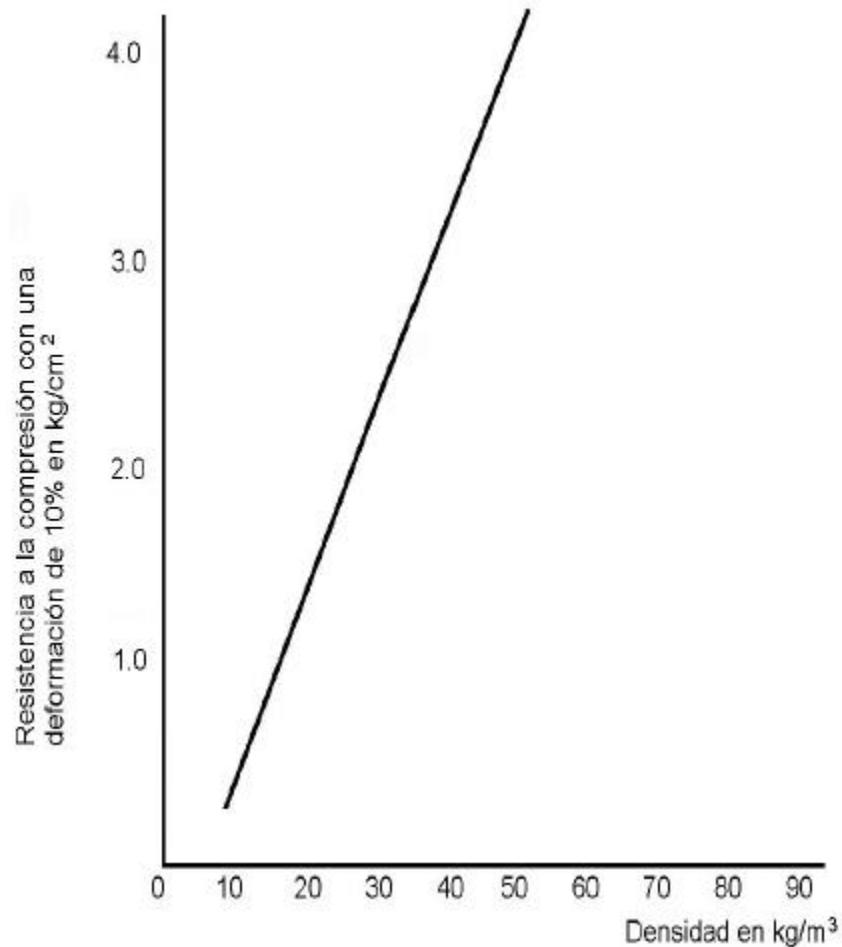


Figura 4.5: Resistencia a la compresión de EPS, con una deformación del 10%.

4.3.3 Estabilidad al fuego.

Como se nombro en los capítulos I y III, el EPS empleado debe ser del tipo autoextinguible, ignífugo. La resistencia y estabilidad al fuego de las soluciones de losas ensayadas (incluyendo enlucido de yeso) alcanzan los 120 minutos, y la norma Chilena NCh 1070 Of. 84 establece que el EPS utilizado en construcción debe ser catalogado como difícilmente inflamable, lo que según DIN 4102, se cumple para el material tipo F que contiene un agente ignífugo.

4.3.4 Resumen resultados ensayos de las propiedades físicas del EPS.

La tabla 4.6, que recoge propiedades físico-mecánicas importantes de la espuma rígida de EPS, desde el punto de vista ingenieril. Por provenir esta información de Alemania, los ensayos se han hecho de acuerdo a las normas DIN, imperantes en este país. (Referencia: BASF Chile S.A.)

Tabla 4.6: Resultado de los ensayos (Ref. BASF Chile)

		Unidad	Método de ensayo	RESULTADO DEL ENSAYO				
Densidad aparente		kg/m ³	DIN 53420	10	15	20	25	30
coeficiente de conductividad térmica	Valores calculados según NIST	Watt/m ² K	ASTM C 518	0.043	0.036	0.035	0.034	0.033
	según NCh 853	kcal/mh ² C	ASTM C 518	0.037	0.031	0.030	0.029	0.028
		Watt/m ² C	Anillo de Guarda	0.043	0.041	0.038	0.037	0.036
Resistencia a la compresión	10% de recalado	kg/cm ²	DIN 53421		0.66 - 1.02	1.12 - 1.43	1.53 - 2.04	2.04 - 2.55
	carga permanente recalado < 2%	kg/cm ²			0.20 - 0.31	0.36 - 0.51	0.53 - 0.71	0.71 - 0.92
Resistencia al corte		kg/cm ²	DIN 53427		0.82 - 1.33	1.22 - 1.73	1.63 - 2.04	2.14 - 2.65
Resistencia a la flexión		kg/cm ²	DIN 53423		1.53 - 2.35	2.55 - 3.16	3.47 - 4.08	4.38 - 5.00
Resistencia a la tracción		kg/cm ²	DIN 53571		1.63 - 2.65	2.35 - 3.36	3.06 - 4.08	3.87 - 4.89
Módulo de elasticidad (E)		kg/cm ²	DIN 53457		10.2 - 40.8	35.7 - 45.9	51.0 - 86.7	76.5 - 112.2
Estabilidad Dimensional Térmica	Breve plazo	°C	Apoyándose en DIN 53424	100	100	100	100	100
	Largo plazo con carga 5000 N/m ²	°C	Apoyándose en DIN 18164	80-85	80-85	80-85	80-85	80-85
	Largo plazo con carga 20000 N/m ²	°C	Apoyándose en DIN 18164	75-80	75-80	80-85	80-85	80-85
Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua		μ	DIN 4108	30-50	30-50	40-60	50-70	60-80

4.4 Normas y especificaciones respectivas.

Para el diseño y construcción de la losa se debe tener en consideración algunas normas y especificaciones respecto al tratamiento y adecuado uso de cada uno de los materiales, además estas pueden ser de gran utilidad para el ingeniero calculista, constructor, etc., por eso, a lo antes señalado se pueden nombrar las referencias técnicas a las cuales podemos abocar el estudio complementario de lo que la siguiente memoria quiere apuntar:

- Aceros AT 56 - 50 H, según NCh 1173 Of 77 y NCh 1174 Of 77.
- Ensayo de muestras de hormigón de relleno base de vigueta según norma NCh 170 Of 85 (Resistencia característica cúbica a los 28 días).
- Ensayo a la flexión de Bovedillas de EPS según Norma Española sobre losas.
- Norma UNE 53981/98 Bovedillas de poliestireno expandido (EPS) para losas unidireccionales con viguetas prefabricadas.
- Hormigón de sobrelosa H 22,5 según norma NCh 170 Of 85 (Resistencia característica cúbica a los 28 días). Tamaño máximo de árido 3/4".
- Armadura de retracción de sobrelosa en mallas electrosoldadas de acero AT 56 - 50 H o barras cruzadas en acero A63 - 42 H o A44 - 28 H según norma NCh 430 of 86.
- Norma NCh 430 Of 86 (Hormigón Armado, requisitos de diseño y cálculo). Capítulo 8.11 Construcción de Losas Nervadas.
- Norma NCh 433 Of 93 (Diseño Antisísmico).
- Normas ACI - 318 y CEB para cálculo de Hormigón Armado (Análisis de resistencia y de deformaciones).
- Norma NCh 1537 Of 86 (Cargas permanentes y sobrecargas de uso).

CAPITULO V - EJECUCION DE UNA LOSA TRALIZADA CON BOVEDILLAS DE EPS.

5.1 Aspectos a considerar en la ejecución.

5.1.1 Requerimientos Previos.

- Elaboración de un diseño estructural específico para el uso del sistema prefabricado a adoptarse, aprobado por el calculista estructural. Planos de distribución de viguetas, nervaduras de repartición, acero de refuerzo a incorporarse en obra. Verificación del cumplimiento de la Norma Chilena NCH de Construcción.
- Verificación de los diseños del hormigón a ejecutar, en concordancia con el sistema prefabricado, sus particulares requerimientos y el diseño general de la estructura.
- Terminado de elementos estructurales que van a soportar la losa prefabricada y vigas de losa.
- Verificación de encofrados de apoyo lateral: terminados y nivelados; apuntalamiento medio o central a utilizar en la losa prefabricada.
- Acero de refuerzo de vigas principales terminado.
- Pruebas de resistencia de las bovedillas de alivianamiento y de hormigón de viguetas.
- Control en fábrica de la elaboración de las viguetas y demás elementos del sistema: verificación de recubrimientos mínimos del acero de refuerzo embebido. Control del sistema y cuidados en su transporte. Determinación de los sitios y condiciones en obra, para su recepción.
- Control de los materiales del sistema a su entrega en obra: verificación de dimensiones, de su estado satisfactorio, cantidad y calidad. Verificación del

acero de refuerzo embebido en la zapata de las viguetas. No se aceptarán viguetas con rajaduras o manifestaciones claras de desperfectos en su fabricación o su transporte. Igualmente se rechazarán los aliviamientos rajados, húmedos o incompletos.

- Control de bodegaje de los elementos prefabricados.
- Aprobación de fiscalización que se puede iniciar con el armado del sistema de viguetas y bovedillas de EPS.

5.1.2 Durante la Ejecución.

- Control de distribución y trazado de viguetas y bovedillas.
- Colocación, arriostamiento y fijación de viguetas.
- Verificación del procedimiento y sistema de encofrado (apuntalamiento) de las viguetas colocadas.
- Colocación de bovedillas.
- Colocación de anclajes, refuerzos de acero y acero de temperatura.
- Ubicación y verificación de las instalaciones embebidas en la losa.
- Trazado y ubicación de gradas, ductos y otros.
- Verificación y rectificación de plomos, niveles y ejes de puntales, viguetas y otros, previo al hormigonado.

5.1.3 Posterior a la Ejecución.

- Control del ajuste entre viguetas y bovedillas.
- Verificación de nivelación total del sistema y de la estructura de obra, encofrados y apuntalamientos.
- Verificación de la ubicación de las nervaduras de repartición.
- Limpieza total de desperdicios, basura y otros.

5.2 Construcción de la losa.

La ejecución de esta losa, si bien es parecida a la de hormigón armado, es muy distinta en cuanto a los materiales que se utilizan. Las faenas básicas que se deben realizar son las siguientes:

5.2.1 Aperchado en obra de las viguetas.

Se deberá preparar un terreno horizontal para evitar las roturas en la placa base y aplastamiento del terliz. Se pueden apilar hasta cinco elementos en altura (figura 5.1), colocando listones de madera de 1"x 2" en los quintos extremos de su largo y entre hileras.

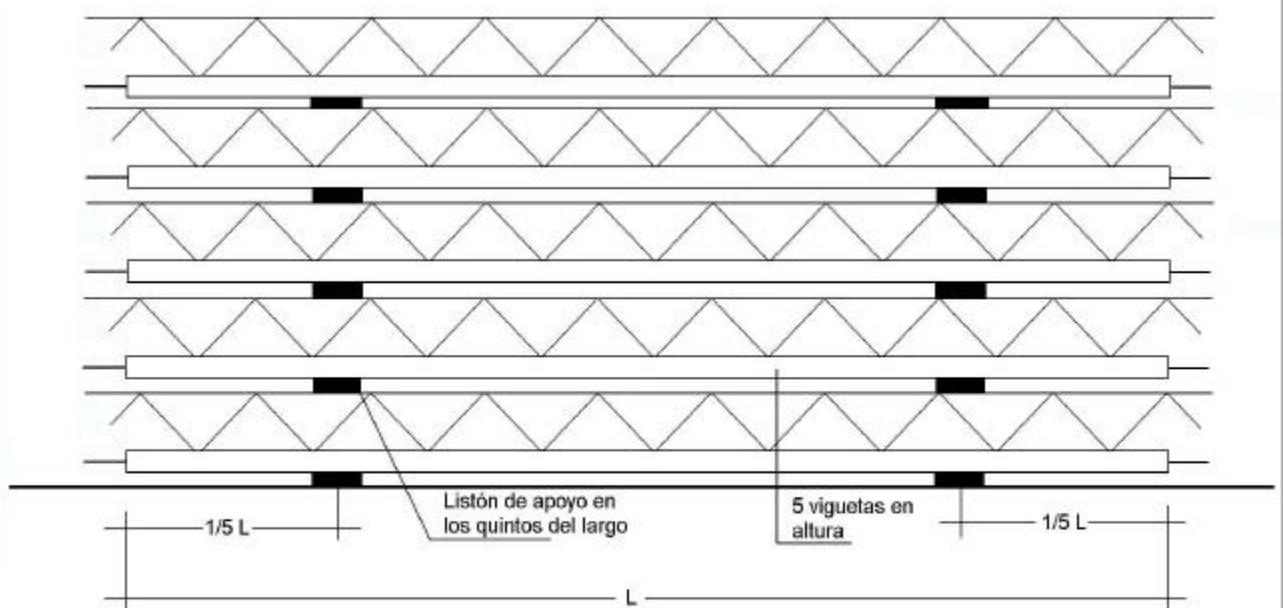


Figura 5.1: Aperchado de viguetas en obra.

5.2.2 Traslado e izaje.

Para traslado e izaje se debe tomar el elemento de sus quintos extremos.

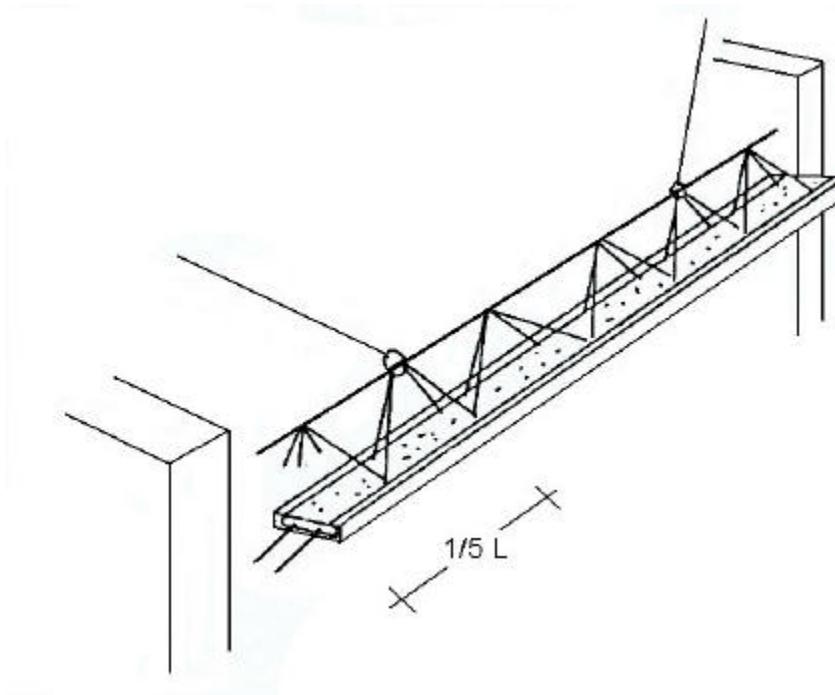


Figura 5.2: Izaje de viguetas.

5.2.3 Alzaprimado.

Completado el moldaje de cadenas y vigas, se colocan las alzaprims de manera de conferir a las viguetas una pequeña contraflecha central, equivalente a 1 mm por cada 1 m de luz. Se alzaprims entre 1.70 m y 2 m de luz libre entre ejes debido a que el EPS es un material liviano. (figura 5.3).

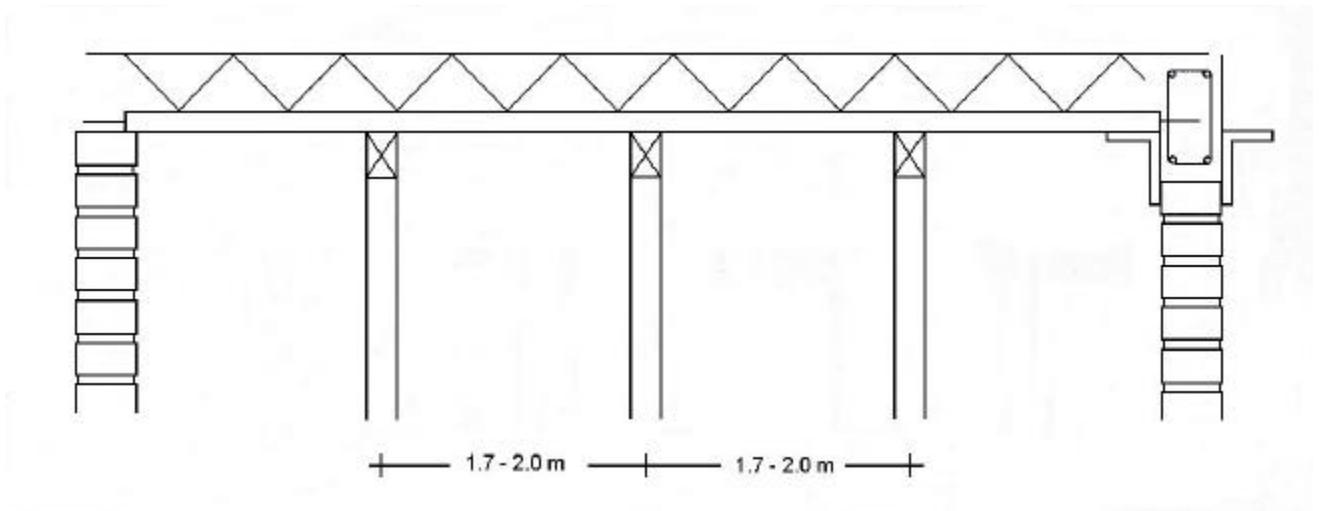


Figura 5.3: Alzaprimado de viguetas.

5.2.4 Montaje y autotrazado.

Siguiendo las recomendaciones de izaje, y con las indicaciones del plano de montaje, se procede a colocar las viguetas sobre el alzaprimado y sus apoyos extremos. El autotrazado se consigue colocando simultáneamente una bovedilla en cada extremo, lo que da automáticamente la distancia entre viguetas.

Cuando existen cadenas del mismo espesor de la losa, las viguetas se apoyan 2 cm en el muro de soporte. En vigas y cadenas de hormigón deben llegar hasta el borde y la enfierradura libre debe quedar completamente dentro de ellas para el posterior hormigonado conjunto (figura 5.4).

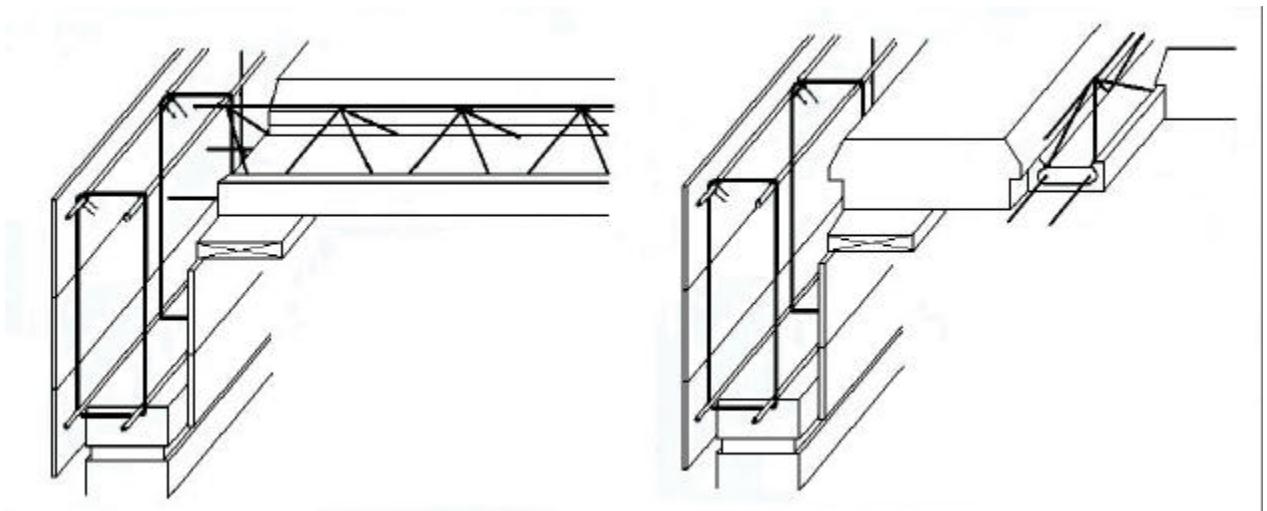


Figura 5.4: Detalle unión a cadena.

Una vez colocadas todas las viguetas y bovedillas, se coloca la enfierradura de sobrelosa indicada en los planos (malla de sobrelosa ϕ 4.2 @ 15 ortogonales). Generalmente no se requieren separadores, pues la altura del terliz supera en 2.5 cm la de la bovedilla.

Se recomienda caminar sobre tabloncillos apoyados en las viguetas y no sobre las bovedillas.

En el caso de ampliaciones, deberá prepararse la construcción para recibir la nueva losa, demoliendo la parte media superior de las cadenas o vigas existentes, dejando la enfierradura a la vista. Deberán alzaprímarse las vigas que queden en esta condición. Luego se siguen las indicaciones dadas anteriormente para el montaje, y las indicaciones de ingeniería para lograr una óptima adherencia entre hormigones de distintas edades.

Si el envigado es metálico, deberá crearse un apoyo a las viguetas, consistente en un ángulo de fierro continuo ubicado según la figura 5.5, formando una caja continua con la viga misma, espacio que se hormigonará. Luego se siguen las indicaciones dadas anteriormente para el montaje.

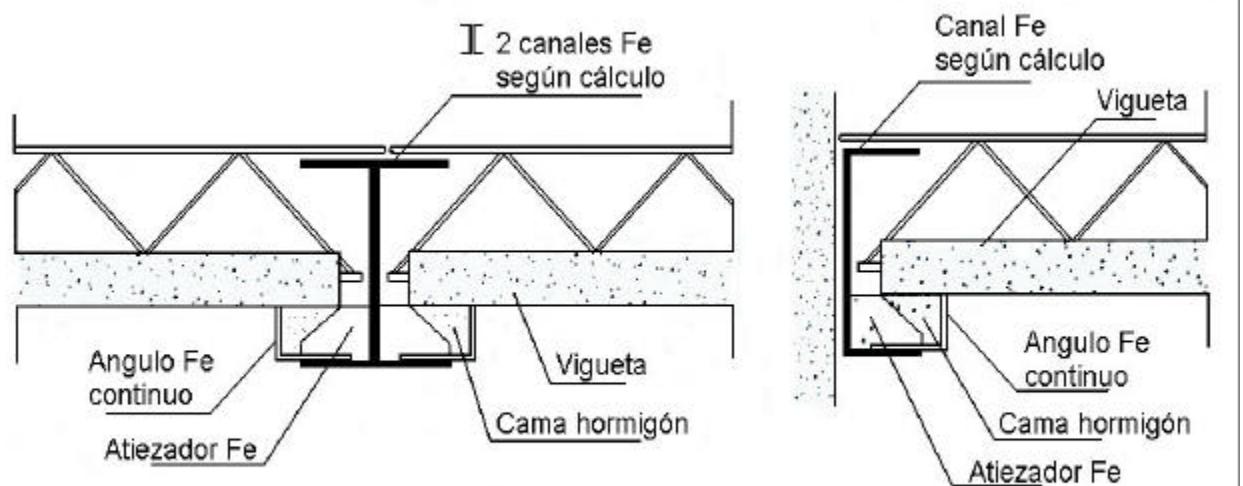
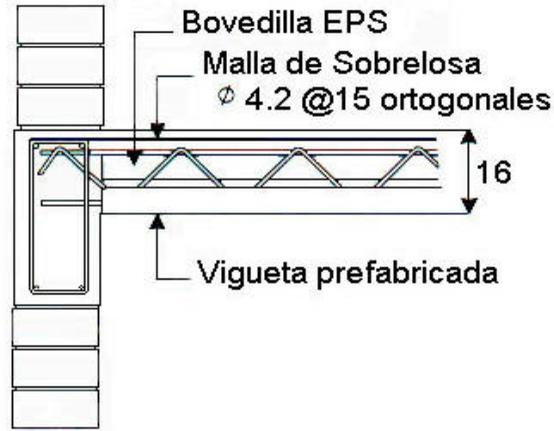


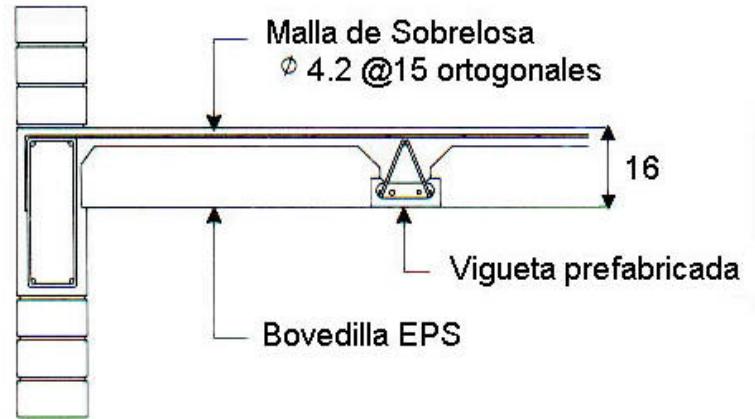
Figura 5.5: Detalle nº 1 unión envigado metálico.

5.2.4.1 Especificación de diferentes uniones durante el montaje.

a) De la **figura 5.4** se desprenden las 2 siguientes uniones:

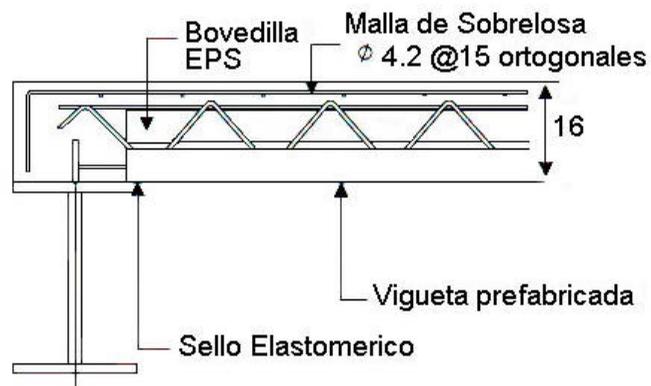


Encuentro Vigueta - Cadena



Encuentro Bovedilla - Cadena

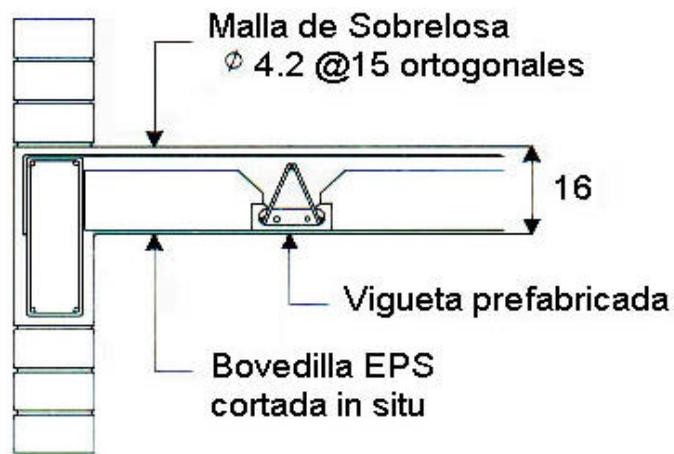
b) Para el envigado metálico existe una unión diferente que se muestra en la siguiente figura:



Encuentro Vigueta - Viga Metálica

Figura 5.6: Detalle unión n° 2 envigado metálico.

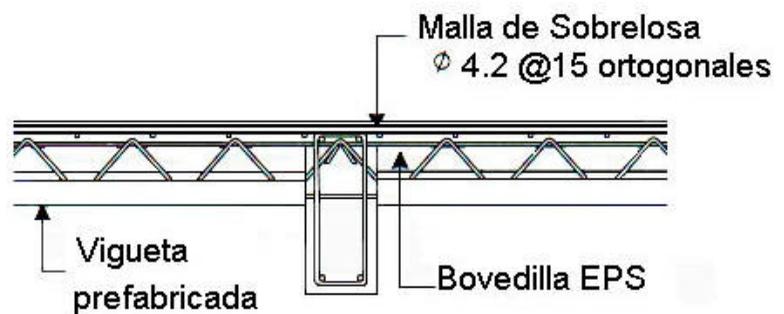
c) Para una correcta colocación la bovedilla se puede cortar en una medida requerida durante el montaje.



Encuentro Cadena - Bovedilla cortada

Figura 5.7: Detalle unión bovedilla cortada in situ.

d) Para una viga intermedia se realiza un procedimiento igual a lo que se indica en el párrafo 5.2.4 mas la colocación de suples según calculo.



Encuentro Vigueta - Viga Intermedia

Figura 5.8: Detalle unión con viga intermedia.

e) Los detalles restantes son los siguientes:

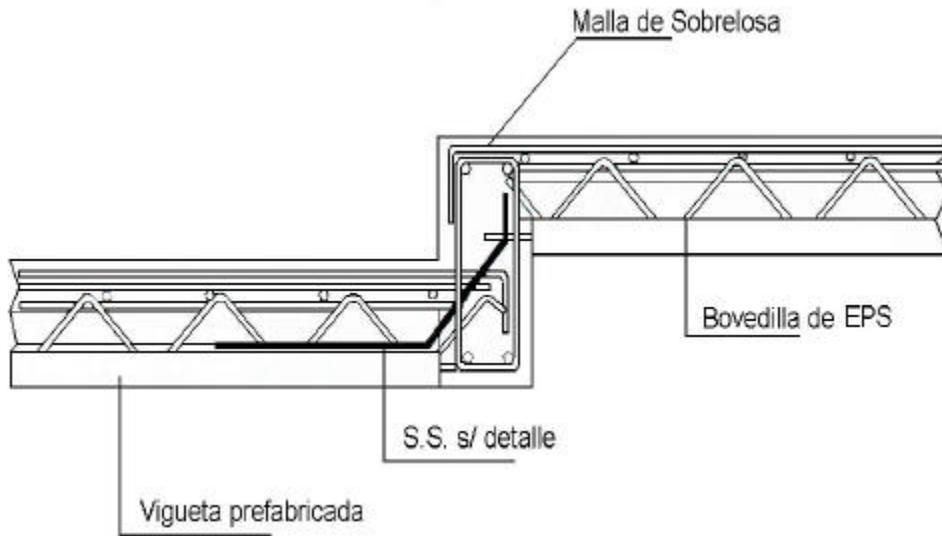


Figura 5.9: Detalle Encuentro de losas a distintos niveles.

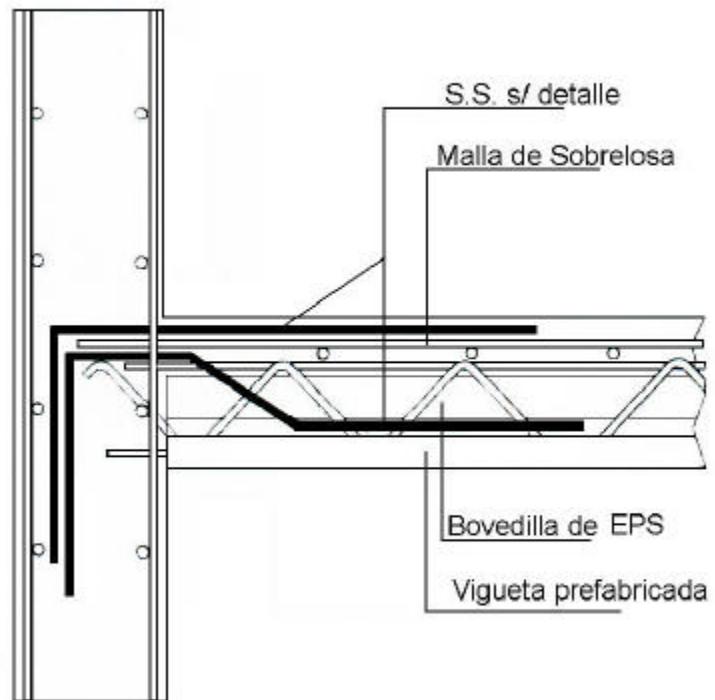


Figura 5.10: Detalle muro hormigón armado – vigueta.

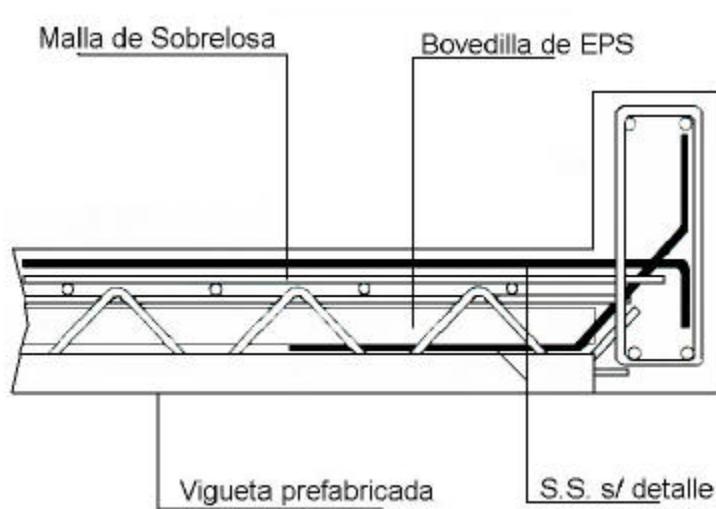


Figura 5.11: Detalle viga invertida – vigueta.

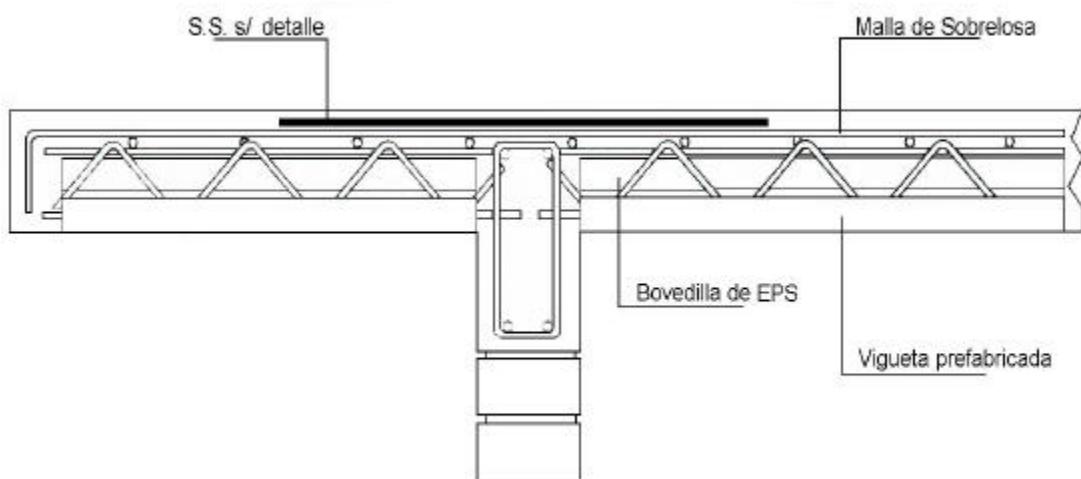


Figura 5.12: Detalle losa en voladizo – vigueta.

5.2.5 Hormigonado.

Para el hormigonado no se aconseja mojar la superficie antes de verter el hormigón de sobrelosa sobre las bovedillas de EPS, ya que este material no absorbe agua y, por lo tanto, el agua agregada podría mezclarse con la del hormigón variando así la relación agua / cemento con el consiguiente deterioro de la resistencia mecánica del mismo.

Los áridos no deben tener una dimensión mayor de 15 mm y el hormigón debe tener una relación de agua / cemento de, aproximadamente, 0.6. Se debe vibrar el hormigón de manera que penetre en todos los espacios libres.

Especialmente en verano, debe controlarse el fraguado mojando a menudo la superficie hormigonada, principalmente los dos primeros días.

La sobrelosa debe hormigonarse conjuntamente con las cadenas y vigas, y puede afinarse inmediatamente, si así se especifica en los planos.

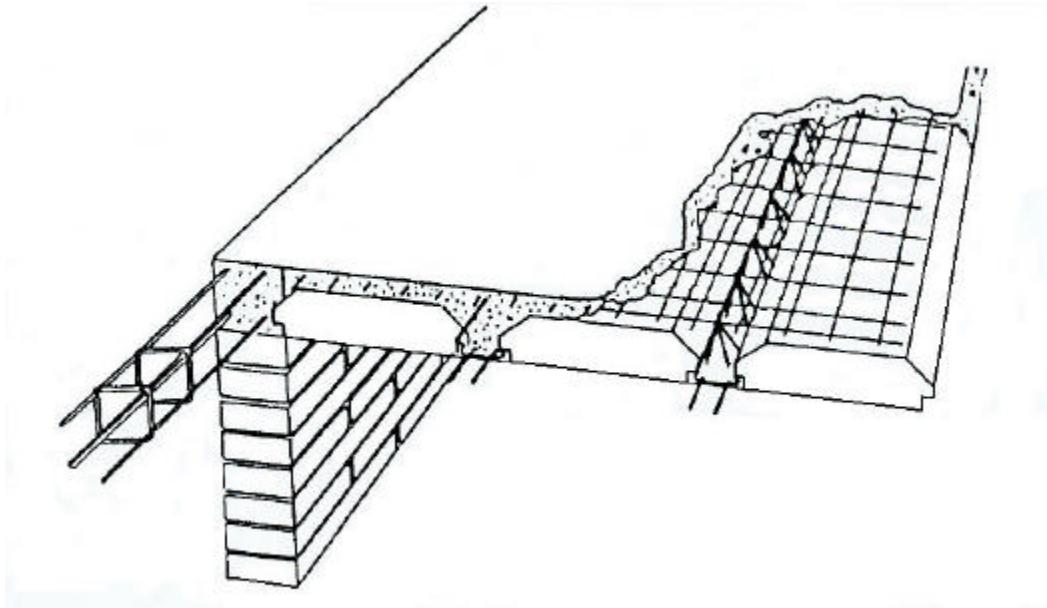


Figura 5.13: Hormigonado de la losa

5.2.6 Desapuntalamiento.

El retiro de las alzaprimas se puede efectuar en cuanto el hormigón colocado en sitio (sobrelosa) haya alcanzado el 80% de su resistencia de diseño. Para el hormigón se estiman mínimo 10 días. Para luces mayores de 4.6 m, que necesitan 3 alzaprimas, se deben sacar primero los puntales laterales (después de 7 días) y la central después de 15 días.

Con aceleradores de fraguado, se pueden reducir los tiempos de acuerdo a las indicaciones del fabricante, cuando la resistencia del hormigón alcance a un mínimo de 180 kg/cm².

5.2.7 Enlucido.

El EPS es un material que, en general, no presenta buena adherencia con morteros y/o yesos tradicionales. Debido a lo anterior, es aconsejable agregarle al mortero / yeso de enlucido un aditivo acrílico que facilite dicha adherencia. Es recomendable además, antes de enlucir, colocar una malla de transmisión de esfuerzos (tipo junta invisible), a fin de evitar la aparición de grietas en la unión de la bovedilla con la vigueta.

5.2.8 Canalización eléctrica.

La canalización eléctrica se ejecuta inmediatamente después de la colocación de las viguetas y bovedillas, y antes de la colocación de la malla de repartición de la sobrelosa.

Esta canalización puede hacerse directamente sobre y/o a través de las bovedillas de EPS, para lo cual basta con calar el material con algún elemento cortante.

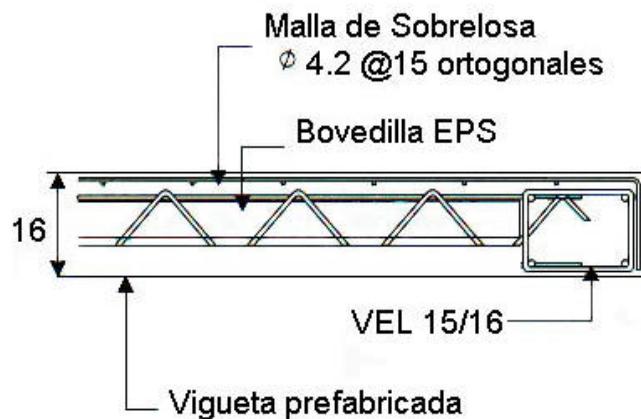
5.2.9 Canalizaciones húmedas.

Al igual que el punto 5.2.8 las canalizaciones de agua potable y alcantarillado se procede de la misma forma que las canalizaciones eléctricas.

5.2.10 Shaft y escotillas.

Los shaft y escotillas se tratarán de resolver en el hueco entre dos viguetas, eliminando bovedillas.

En el caso de escotillas mayores, como cajas de escala, en donde se interrumpan viguetas, se utilizará una viga en el espesor de la losa (VEL) y que servirá de apoyo a las viguetas interrumpidas.



Detalle Típico VEL (Viga en el espesor de losa)

Figura 5.14: Solución VEL para shaft y escotillas

5.3 Anclajes y fijaciones.

5.3.1 Anclajes de tabiques a losas.

Se deberán seguir las instrucciones de fabricantes de los materiales componentes del tabique. En cualquier caso, si el tabique; es perpendicular a las viguetas, podrá anclarse a éstas mediante clavos Hilti o soluciones similares.

Si el tabique es coincidente con el largo de las bovedillas, podrán reemplazarse algunas de éstas, dejando esos espacios hormigonados para utilizar la solución de los clavos Hilti, o podrán dejarse fierros atravesando la losa, sobresalientes hacia abajo a incorporados a la sobrelosa por arriba, para fijar a ellos el tabique; no se recomienda colocar clavos Hilti en las bovedillas debido a su escasa resistencia.

5.3.2 Cielos falsos.

Si están conformados mediante estructuras de madera, ésta se fijará a las viguetas mediante clavos Hilti o similares.

Si son cielos colgantes, los perfiles soportantes se afianzarán a alambres galvanizados pasados entre las bovedillas hacia abajo y amarrados al fierro superior del terliz por arriba. El fabricante determinará el diámetro, largo y separación de dichos alambres, a los cuales colgará su cielo.

5.4 Refuerzos localizados.

5.4.1 Correas de repartición.

El ingeniero podrá especificar nervios perpendiculares a la dirección de las viguetas, llamados correas de repartición. Estas se forman reemplazando en esa zona bovedillas normales por bovedillas rebajadas y armando el hueco obtenido, con 4 fierros longitudinales y estribos según especificación.

5.4.2 Refuerzos de borde según los apoyos.

Se pueden producir 3 tipos de secciones de apoyo en vigas, cadenas o muros, dichas soluciones responden en forma óptima a la necesidad de absorber los esfuerzos de compresión que se generan en dichos puntos.

Básicamente se clasifican en:

- **Sección tipo 1:** Con platabanda normal continua.
- **Sección tipo 2:** Sin platabanda (franja de Hormigón) y platabanda rebajada.
- **Sección tipo 3:** Con platabanda rebajada.

Cuando sea necesario utilizar una sección de tipo 2, se aconseja no pasar abruptamente a una de tipo 1, sino primero poner entre las platabandas normales y la franja de hormigón, una franja de 20 cm., de ancho de platabandas rebajadas, produciendo una sección tipo 3. Para mejorar la continuidad de apoyos, para losas que necesiten exclusivamente una sección de tipo 1 y tienen luces mayores de 4 m, sé aconseja adoptar en el borde secciones de tipo 3 por un ancho de 20 cm, (2 Platabandas Rebajadas) y sucesivamente pasar a la sección de tipo 1.

5.4.3 Refuerzos para cargas Concentradas.

Si sobre una losa va colocado un muro de ladrillo estructural, en el mismo sentido de las viguetas, se pueden utilizar dos tipos de refuerzos.

a) Colocando platabandas rebajadas y viguetas más reforzadas.

b) Colocando dos viguetas juntas, eliminando una corrida de platabandas.

Si esta tabiquería pertenece a un edificio, es aconsejable comenzar su construcción desde el último piso hacia abajo.

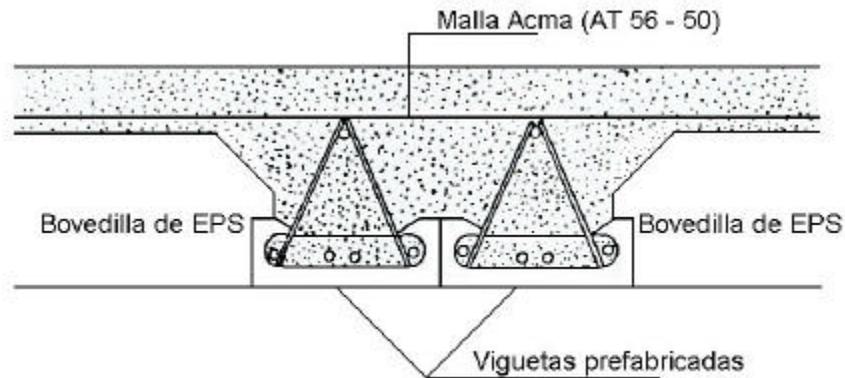


Figura 5.15: Refuerzo con viguetas juntas

5.4.4 Suples para losas continuas.

De igual manera que una losa tradicional, la losa tralizada necesita refuerzos en los apoyos para dar continuidad entre dos o más losas continuas con viguetas en la misma dirección.

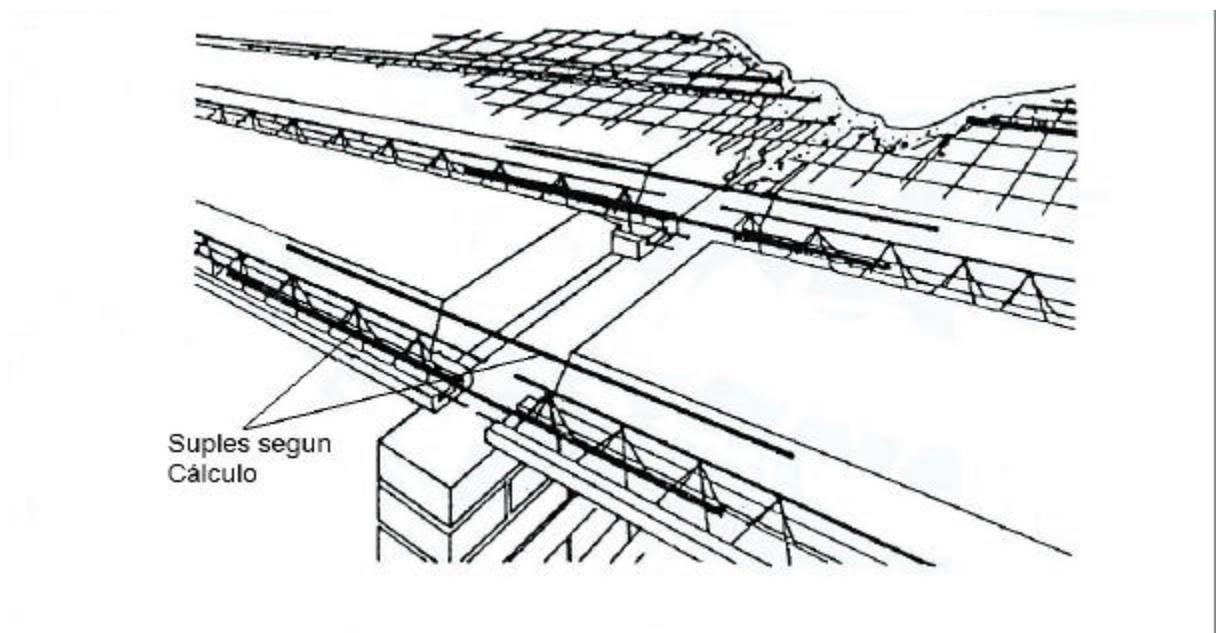


Figura 5.16: Suples.

CAPITULO VI - ESTUDIO TECNICO - ECONOMICO COMPARATIVO ENTRE LOSA TRALIZADA CON BOVEDILLAS DE EPS Y LOSA DE HORMIGON ARMADO TRADICIONAL.

6.1 Generalidades.

La finalidad de este capítulo es comparar la factibilidad económica resultante de ejecutar una losa de hormigón armado tradicional y una losa tralizada aligerada con Bovedillas de EPS, partiendo de la base que ambas losas son equivalentes y cumplen los mismos requerimientos técnicos y realizar un análisis comparativo de cada sistema. En este caso se consideran losas de un espesor total de 16 cm. Para esto se estudiara un modulo compuesto por una losa simplemente apoyada.

6.2 Estudio de costos Unitarios.

6.2.1 Consideraciones.

- **Materiales:** Los valores utilizados corresponden a valores netos, vigentes para el primer semestre de 2003. En el caso de los componentes de la losa como son las bovedillas y las viguetas; las primeras variaran su precio dependiendo cada proyecto y necesidad de medidas, además de su densidad que fluctuara entre los 20 a 30 kg/m³ (BASF Chile, División Aislapol), y para las viguetas autosoportantes los precios son los considerados al igual que todos los demás materiales en estudio, del Manual ONDAC con vigencia actual.

- **Rendimiento mano de obra:** Se consideró el rendimiento de un hombre en un día de trabajo, correspondiente a 8 hrs. diarias.
- **Gastos generales:** Los gastos generales varían proporcionalmente con la disminución del tiempo de construcción, por lo que un menor tiempo de ejecución de una obra nos implica disminución en costos financieros, sueldos de funcionarios, consumos de electricidad, agua, gas, etc. En este estudio no se tomara en cuenta estos gastos ya que solo se analizara el costo unitario neto, vale decir el compuesto por materiales y mano de obra, pero es valido tenerlo en cuenta.
- Para la sustentación de losas aligeradas, se consideran alzaprimas de pino de 4x4", colocadas cada 1.4 m (máximo). Las viguetas se apoyan en pino de 4x4" unido a las alzaprimas con clavos de 4", las cuales se apoyan a piso sobre cuñas de madera y tabla de 1x5" dimensionada a 25 cm de largo. La llegada de la bovedilla a la viga se considera apoyada sobre tabla de 1 x4" fija con clavo de 3".
- El desglose de las partidas y los valores de los materiales fueron extraídos del Manual ONDAC Abril del 2003.

6.2.2 Módulo de la losa.

El siguiente módulo consiste como ya se a explicado anteriormente en una losa tralizada con bovedillas de EPS y de hormigón armado tradicional que serán representativos de los componentes estructurales de las edificaciones actuales.

Para dicho diseño y cálculo del siguiente módulo se podrá ver mas claramente en el **anexo 1**, analizado a cada uno de los tipos de losas.

La idea principal de este módulo es poder identificar mediante el análisis comparativo de costos el verdadero impacto de cada una de los tipos de losas, además de la mano de obra, gráficos comparativos porcentuales y las principales comparaciones entre estos dos sistemas de losas.

A continuación se detalla el módulo de losa a analizar:

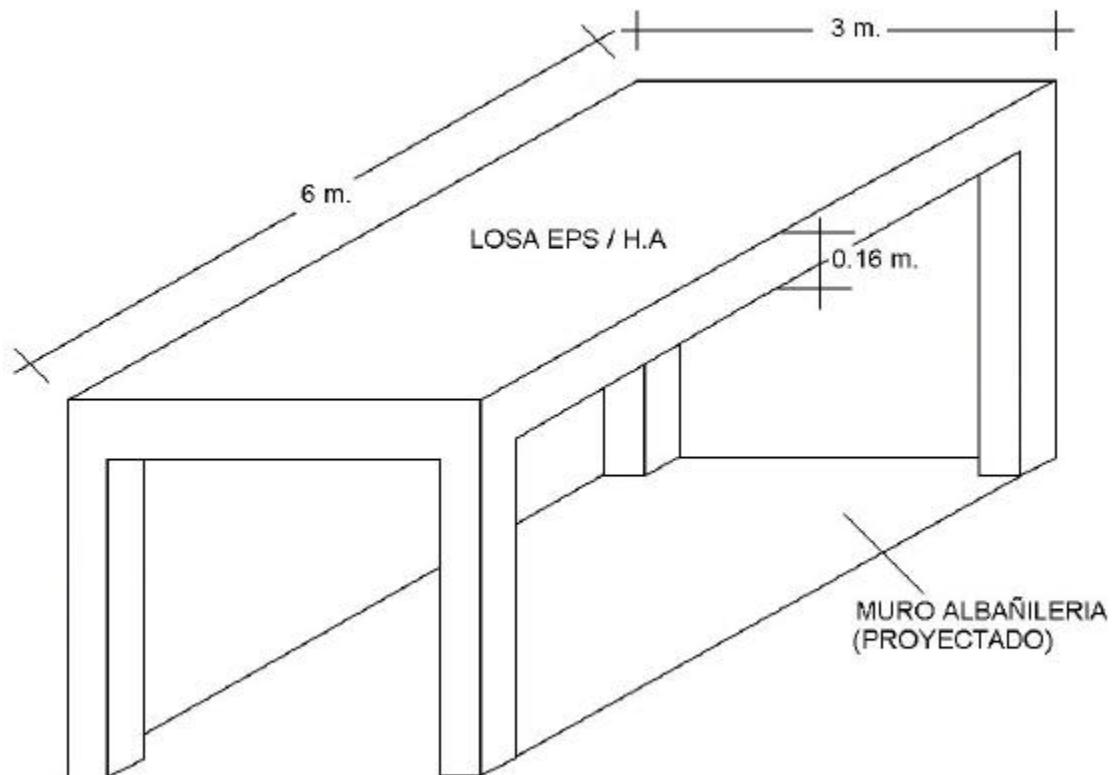


Figura 6.1: Módulo de losa EPS / H.A. propuesto.

Según la figura 6.1 las condiciones para el diseño y cálculo serán de que la losa para ambos casos será de un espesor de 16 cm.

6.2.3 Análisis de precios unitarios

6.2.3.1 A.P.U. Losa tralizada con bovedillas de EPS

a) Losa tralizada con bovedillas de EPS (M2), e=16 cm., H-25

Especificación	Unidad	Cant.	Precio unit.	TOTAL
Materiales				
<u>Hormigón losa H-25, e=16 cm.</u>	m³	0.062	34596	2145
<u>Componentes losa</u>				
Vigueta autoportante V6T	mt	1.4	2878	4029
Bovedilla de EPS H-11, L=58 cm.	un	1.4	1637	2292
Pérdidas	%	2		126
<u>Enfierradura</u>				
Malla acma C-92 (2.6x5.0 m)	un	0.077	6782	522
Suples fe 12 mm. A 44-28 H.	kg	2.7	281	759
Alambre negro #18	kg	0.13	525	68
<u>Alzaprimas</u>				
Pino 4x4" bruto seco	un	0.38	2400	912
Pino 1x4" bruto seco	un	0.16	632	101
Pino 1x5" bruto seco	un	0.03	750	23
Clavo corriente 4"x8	kg	0.05	311	16
Clavo corriente 3"x10	kg	0.03	393	12
<u>Afinado</u>				
Arena	m³	0.02	5500	110
Cemento Bio-Bio especial	kg	5.4	85	459
Sub Total Materiales				11574
Mano de obra				
<u>Instalación bovedillas y viguetas</u>				
Maestro de segunda	d/s	0.02	11000	220
Ayudante albañil	d/s	0.04	8000	320
Leyes sociales	%	29		157
<u>Hormigonado sobrelosa</u>				
11 Jornales	d/s	0.015	7200	1188
Leyes sociales	%	29		345
<u>Alzaprimado</u>				
1 carpintero+ 1/2 ayudante	d/s	0.02	15000	300
Leyes sociales	%	29		87
<u>Descimbre</u>				
1 carpintero+ 1/2 ayudante	d/s	0.002	15000	30
Leyes sociales	%	29		9
<u>Enfierradura (Malla acma y suples)</u>				
1 enfierrador + 1 ayudante	d/s	0.007	19000	133
Leyes sociales	%	29		39
<u>Afinado</u>				
1 albañil + 1 ayudante	d/s	0.022	19000	418
Leyes sociales	%	29		121
Sub Total Mano de Obra				3367
Total \$/m2				14941

6.2.3.2 A.P.U. Losa de hormigón armado tradicional

b) Losa de Hormigón armado tradicional (M2), e=16 cm., H-25

Especificación	Unidad	Cant.	Precio unit.	TOTAL
Materiales				
Hormigón losa H-25, e=16 cm.	m³	0.16	34596	5535
<u>Enfierradura</u>				
Fierro estriado A 44-28 H	kg	6.32	281	1776
Alambre negro #18	kg	0.13	525	68
<u>Moldaje y alzaprimado</u>				
Terciado moldaje 12 mm.	Plancha	0.12	16690	2003
Pino 4x4" bruto seco	un	0.38	2400	912
Pino 1x5" bruto seco	un	0.07	632	44
Pino 1x6" bruto seco	un	0.32	750	240
Clavo corriente 4"x8	kg	0.08	311	25
Clavo corriente 3"x10	kg	0.04	393	16
Punta 2"	kg	0.01	701	7
<u>Afinado</u>				
Arena	m³	0.02	5500	110
Cemento Bio-Bio especial	kg	5.4	85	459
Sub Total Materiales				11195
Mano de obra				
<u>Hormigonado sobrelosa</u>				
11 Jornales	d/s	0.02	7200	1584
Leyes sociales	%	29		459
<u>Moldaje y alzaprimado</u>				
1 carpintero+ 1/2 ayudante	d/s	0.14	15000	2100
Leyes sociales	%	29		609
<u>Descimbre</u>				
1 carpintero+ 1/2 ayudante	d/s	0.02	15000	300
Leyes sociales	%	29		87
<u>Enfierradura</u>				
1 enfierrador + 1 ayudante	d/s	0.03	19000	570
Leyes sociales	%	29		165
<u>Puntereo</u>				
1 Jornal (100 golpes/m2)	d/s	0.025	7200	180
Leyes sociales	%	29		52
<u>Afinado</u>				
1 albañil + 1 ayudante	d/s	0.022	19000	418
Leyes sociales	%	29		121
Sub Total Mano de Obra				6645
			Total \$/m2	17840

6.3 Análisis comparativo.

6.3.1 Generalidades.

Los criterios de comparación efectuados son para el método constructivo y los costos de cada sistema. La idea es presentar los resultados en forma de un cuadro resumen y gráficos en donde se visualicen los costos de cada sistema constructivo a fin de hacerlos comparables.

Una solución más económica no siempre es la más adecuada para resolver un problema o ejecutar una faena de construcción. Múltiples parámetros adicionales deben ser analizados también al momento de decidir cuál es la solución más ventajosa desde el punto de vista técnico y económico. Por esta razón, se incluye un análisis de las ventajas asociadas de cada sistema estudiado a fin de evaluar en forma más completa la solución que se puede adoptar.

6.3.2 Comparación de sistemas constructivos.

- De acuerdo a lo indicado en el capítulo 5 es claro que los sistemas constructivos de los dos tipos de losa considerados son exactamente iguales hasta llegar a la faena de moldaje de vigas, punto en el cual se produce la primera diferencia, ya que en este moldaje se debe hacer un calado para alojar la vigueta, cuando la losa es aligerada. También debe colocarse una tabla adicional paralela a las viguetas para sostener la llegada de las bovedillas que no tienen apoyo de vigueta.

- Una diferencia muy importante es que en la losa aligerada no existe el moldaje inferior de la losa. Sólo se consideran alzaprimas en muy reducido número.
- A diferencia de la losa de hormigón armado, en una losa aligerada no se puede caminar libremente por ella, sino sólo por sobre tablonces que deben estar apoyados en el fierro superior de las viguetas, y preferentemente, sobre el eje de alzaprimas. En ningún caso se debe caminar o apoyarse sobre las bovedillas.
- Es notorio el aumento de rendimiento al colocar bovedillas de EPS, dado su mejor relación peso / resistencia y su mayor largo (en nuestro mercado se pueden fabricar hasta de 3.0 m de largo, comparado con los 0.2 ó 0.3 m de las bovedillas de hormigón o cerámica).
- La colocación de las enfierraduras de la losa es radicalmente distinta en los dos sistemas, ya que en la losa aligerada con bovedillas de EPS sólo se debe instalar una malla de acero electrosoldada y suples si fuese necesario sobre las viguetas y bovedillas. Esto disminuye aun más el tiempo de ejecución de la losa.

6.3.3 Comparación de costos.

De lo visto en el análisis de precios unitarios del **punto 6.2.3** se pueden realizar las siguientes tablas de comparación de los materiales, además de la presentación de gráficos que ayudaran a formarse una idea mas acabada de los costos que implican la construcción de los dos sistemas antes propuestos por metro cuadrado y para el modulo propuesto que son directamente proporcionales.

6.3.3.1 Cuadro resumen Costos Unitarios. (\$/m²)

ESPECIFICACION	LOSA DE H.A. TRADICIONAL	LOSA TRALIZADA CON BOVEDILLAS DE EPS
Materiales	11.195	11.574
Mano de Obra y Leyes Soc.	6.645	3.367
Costo Unitario Variable m²	\$ 17.840	\$ 14.941

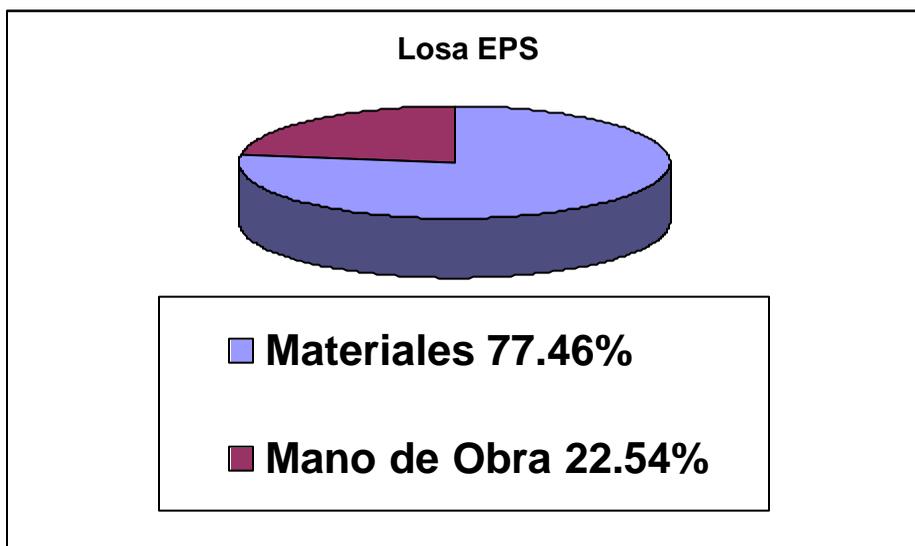


Gráfico 1

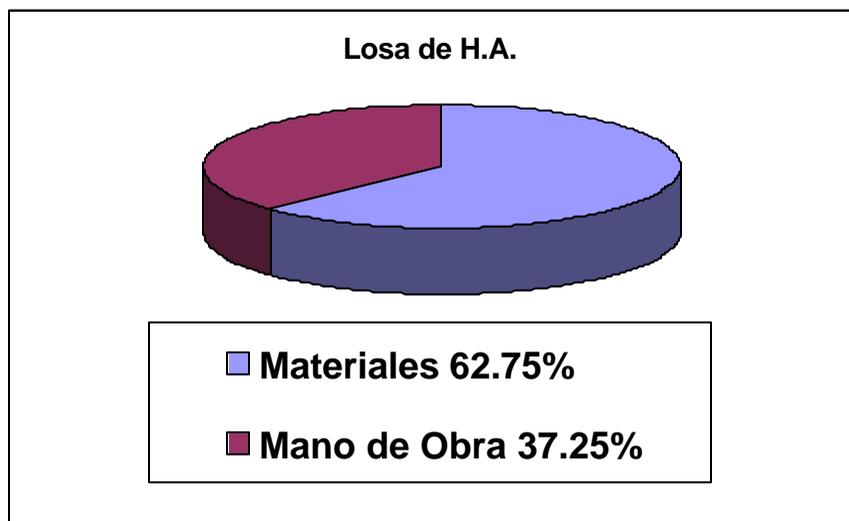


Gráfico 2

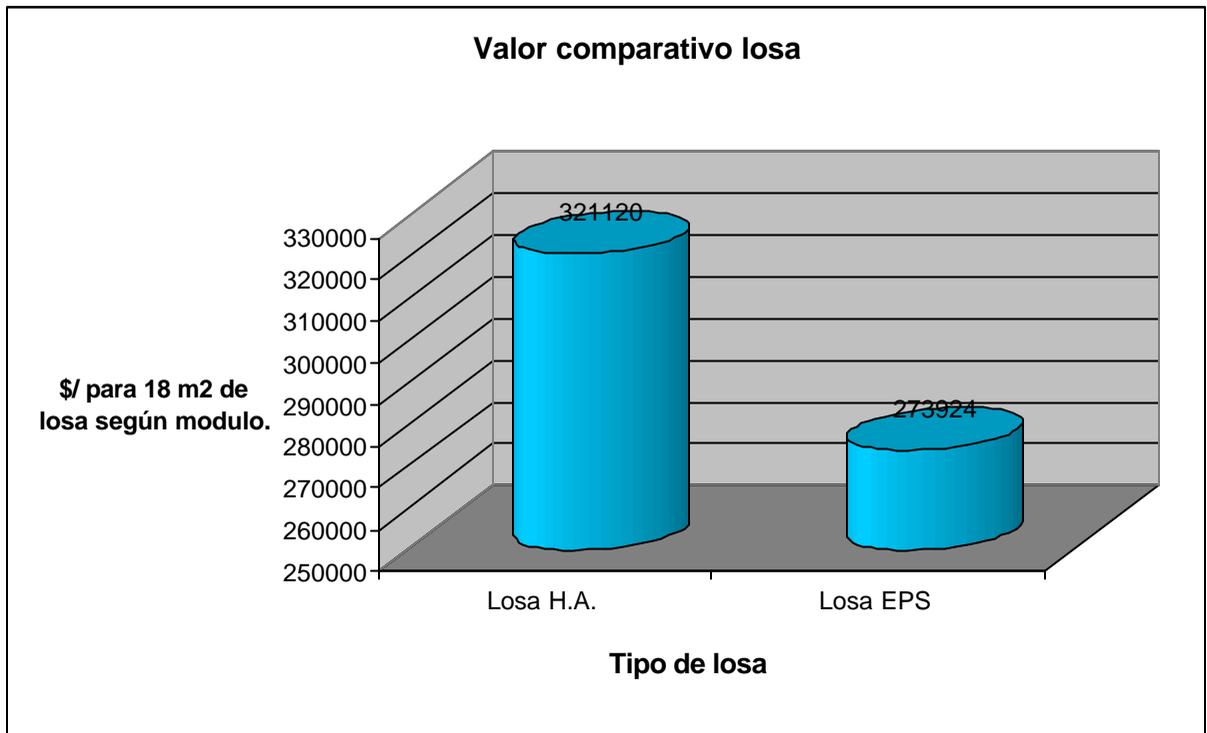
Gráfico 1 y 2: Diferencias porcentuales en la construcción de un metro cuadrado de cada losa referido a los materiales y la mano de obra con respecto al precio.

6.3.3.2 Resumen APU alternativas de losas por faenas.

Faena	Losa tralizada c/ bovedillas de EPS				Losa de hormigón armado			
	Unidad	Cantidad	P. U.	Total	Unidad	Cantidad	P. U.	Total
Hormigon losa H-25/90/40/6	m2	18	3678	66204	m2	18	7578	136404
Componentes Losa	m2	18	7144	128592				
Enferraduras	m2	18	1521	27378	m2	18	2579	46422
Moldaje y alzaprims	m2	18	1451	26118	m2	18	5956	107208
Afinado losa	m2	18	1108	19944	m2	18	1108	19944
Puntereo					m2	18	232	4176
Descimbre	m2	18	39	702	m2	18	387	6966
			Costo Directo \$	268938			Costo Directo \$	321120
			Costo total en U.F.	15.8			Costo total en U.F.	18.9

6.3.3 Comparacion final en costos porcentualmente entre los dos sistemas.

Rubro	Losa Hormigón armado		Losa bovedillas de EPS		Hormigón / Bovedilla de EPS	
		\$		\$		\$
Hormigon losa H-25/90/40/6		136404		66204		51.46%
Componentes Losa		0		128592		-100%
Enfierraduras		46422		27378		41.02%
Moldaje y alzaprimas		107208		26118		75.64%
Afinado losa		19944		19944		0%
Puntereo		4176		0		100%
Descimbre		6966		702		89.92%
Total		321120		273924		14.70%



Como se puede apreciar por lo expuesto anteriormente en este estudio comparativo tenemos las dos opciones y podemos apreciar el menor costo en la fabricación de una losa en la cual se incluyen bs elementos prefabricados ya conocidos, pero también influye de gran manera el mayor rendimiento de la mano de obra en el caso de la losa con bovedillas que pasa a ser un ítem principal a la hora de hacer la comparación final ya que en materiales la losa prefabricada es un poco mayor en precio que la losa tradicional de H.A.

CONCLUSIONES

- De acuerdo a lo analizado en esta memoria se puede ver que el poliestireno expandido (EPS) es, aparte de un buen material desde el punto de vista del aislamiento térmico un eficiente material para la construcción de las bovedillas de Poliestireno Expandido, tanto por su adecuada resistencia mecánica, y facilidad para la construcción de losas prefabricadas, y las demás ventajas y desventajas que ofrece este material expuestas en el capítulo N°3.
- Respecto a las desventajas mencionadas con respecto a las losas con bovedillas de EPS, dependen en gran parte de la empresa constructora responsable de la construcción, ya que los accidentes se previenen con una buena información de cómo utilizarla y una constante inspección. Con respecto a la dificultad que se presenta cuando se requiere un cambio en el proyecto, basta decir que un proyecto previo a su ejecución debe estar claramente definido y establecido.
- Un punto importante a considerar es la dificultad que presenta la ejecución del enlucido de terminación de la losa en el caso de bovedillas de EPS, debido a la necesidad de adicionar un compuesto químico que funcione como puente de adherencia entre el enlucido y el EPS.
- Sólo se encuentran en el mercado, viguetas de hasta 4.0 m. Si una losa fuese superior a esta dimensión, la recomendación de construcción del fabricante es ejecutar una viga de sustentación. Este punto es importante de considerar, ya que, si este fuese el caso, es muy probable que la variación de precios

hiciese inconveniente el sistema constructivo (además de las razones de arquitectura e ingeniería).

- La poca masificación en el mercado Chileno de este material, las bovedillas de EPS para el aligeramiento de losas prefabricadas, se puede explicar fundamentalmente en que las empresas que fabrican bovedillas de hormigón o cerámica tiene la necesidad de incluir grandes cantidades de hormigón en los proyectos (además de solicitar asistencia técnica), debido a que estas a la vez pertenecen a capitales de empresas de hormigones, lo que deriva en que las bovedillas de EPS son poco utilizadas mas alla que del aspecto técnico, es decir prima el económico.
- El EPS es un material con un muy bajo coeficiente de conductividad térmica, por lo tanto, se obtiene la ventaja del ahorro en calefacción en una vivienda que, por ejemplo, está limitada en su piso y cielo por bovedillas de EPS. Además contribuye a la disminución de la transmisión del ruido de impacto entre pisos.
- Las bovedillas de EPS son dimensionables directamente en obra, por lo cual aumenta el rendimiento de los materiales (menos pérdidas), y a la ejecución de puntos específicamente complicados en faena. También es posible solicitar bovedillas con dimensiones especiales a los fabricantes.
- En el punto de vista económico y en relación con lo analizado entre una losa de hormigón armado tradicional y una con bovedillas de EPS se puede decir que del punto de vista de materiales son similares con una diferencia mínima a favor de la primera, la diferencia esta la mano de obra utilizada ya que la

segunda resulta tener un mayor rendimiento lo que se ve reflejado directamente con el precio final por metro cuadrado como lo refleja el capítulo N° 6.

- Debido a su menor peso propio con respecto a una tradicional se podría decir también que esto tendrá un impacto favorable desde el punto de vista del diseño, ya que mayor sea la cantidad de pisos a de una edificación se podrá ver un ahorro efectivo en los demás componentes estructurales (vigas, pilares entre otros) del mismo lo que repercute directamente en los costos.
- Finalmente se puede concluir que las losas prefabricadas son una buena alternativa, con su utilización se logra mayor eficiencia, productividad, un producto terminado de buena calidad, y en el caso particular disminución de costos tanto en forma directa, vale decir losa propiamente tal, e indirecta como son los demás componentes estructurales de la edificación a realizar, además de las características técnicas mencionadas en esta memoria. Pero siempre se debe tener presente que depende de las características y requerimientos de cada proyecto (losas unidireccionales o bidireccionales), sirviendo estos datos sólo como parámetros de comparación, ya que este tipo de losas son para proyectos bien definidos y mas de pequeña y mediana envergadura.

BIBLIOGRAFIA

- ACMA S.A. - Catálogo de Soluciones para refuerzo de hormigón.
- Aislapol S.A. - Grupo BASF Catálogo de Fichas Técnicas de Aislapol.
- Apuntes del curso: Estructuras de Hormigón Armado, Profesor José Soto IOCC; Universidad Austral de Chile, 2002.
- BASF Aktiengesellschaft, Informaciones técnicas Styropor, 1999.
- Biblioteca ITEC de Soluciones constructivas Bovedillas de Poliestireno expandido.
- Gonzalez Hernández, Juan Germán. Sepulveda G., Eduardo; Profesor Guía. "Losas aligeradas con bovedillas de Poliestireno Expandido". Santiago: Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería, 2001.
- Instapanel S.A. Catálogo Placa losa colaborante.
- Manual de Análisis de Costos en la Construcción. MAC Comité Editorial de la Construcción, CECON, 2003.
- Moral Fernando. "Hormigón Armado". Madrid : Dossat, 1966.
- Normativa expuesta Capítulo IV (punto 4.4).
- ONDAC; El manual de la construcción Comité Editorial de la Construcción CECON, Abril 2003.
- Tensocret - Mellado y Cia. Ltda. Catálogo de Sistemas prefabricados en hormigón armado y pretensado.
- Tralix S.A. Catálogo de Losas de hormigón nervadas.
- Tralix S.A. Manual de colocación para el técnico tralicero.
- Tralix S.A. Manual de diseño Losa tralizada.
- Vallejos Garrido, Jessica Alejandra. Vergara Muñoz, Carlos; Profesor Guía. "Losa de Hormigón Nevada Prefabricada". Valdivia: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, 1998.

- Zabaleta G., Hernán. Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón Compendio de Tecnología del hormigón, 1988.
- Zambrano A., Mercedes. Arnés Valencia, Hernán; Profesor Guía. "Comparación de losas tradicionales con losas prefabricadas". Valdivia: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, 1995.

Paginas en Internet

- www.aislapol.cl
- www.estisol.com.ar
- www.tensocret.cl
- www.formacsa.com
- www.instapanel.cl
- www.ich.cl

Buscador Google para internet (palabras claves):

- Sistema de Losas prefabricadas unidireccionales.
- Bovedillas de Poliestireno Expandido.
- Viguetas prefabricadas.
- EPS (Poliestireno Expandido), entre otras.

DOCUMENTOS ANEXOS

- **ANEXO 1:** “DISEÑO Y CALCULO DE LA LOSA (EPS / H.A.)”
- **ANEXO 2:** “TABLAS PARA EL CALCULO DE VIGUETAS PREFABRICADAS”.
- **ANEXO 3:** “ FICHA TECNICA MALLAS ACMA”.
- **ANEXO 4:** “TABLAS PARA EL CALCULO DE HORMIGÓN ARMADO”.
- **ANEXO 5:** “FOTOS LOSAS NERVADAS CON BOVEDILLAS DE EPS”.

ANEXO 1 - “DISEÑO Y CALCULO DE LA LOSA (EPS / H.A.)”.

Los dos sistemas de losas estudiados, se analizarán según las siguientes bases de calculo y especificaciones mínimas:

- El sistema deberá formar un diafragma rígido al nivel de cada piso, con el objeto de distribuir los esfuerzos horizontales producidos por un sismo.
- Sobrecarga mínima de estudio; según norma NCh 1537 Of. 86 (Cargas permanentes y sobrecargas de uso) para uso residencial.
- Luz máxima de estudio 3.0 metros.
- Se considera la losa simplemente apoyada o de extremos libres.
- El cálculo se basa solamente en la losa en estudio.
- Espesor de losa 16 cm.
- Carga de terminaciones aproximada.

a) Losa tralizada con bovedillas de EPS

Las cargas que intervienen en el diseño y calculo de la losa (según tabla capitulo IV) se desprenden de una bovedilla de 20 (kg/m^3) y una altura de bovedilla de 11 cm:

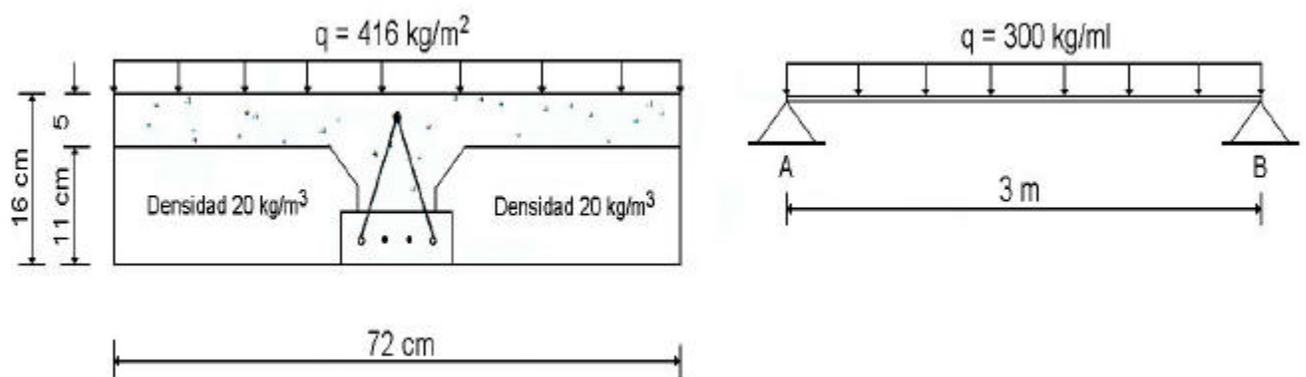
$$q_{pp} = 186 \text{ (kg/m}^2\text{)} \quad \text{Peso propio}$$

$$q_t = 30 \text{ (kg/m}^2\text{)} \quad \text{terminaciones}$$

$$\underline{S_c = 200 \text{ (kg/m}^2\text{)}} \quad \text{Sobrecarga}$$

$$\mathbf{q_d = 416 \text{ (kg/m}^2\text{)} \quad \text{Carga diseño}}$$

Según lo visto en el módulo:



$$- L_{\text{mayor}} / L_{\text{menor}} = 600/300 = 2 > 1.5 \Rightarrow \underline{\text{Losa Armada en una dirección}}$$

$$- M_A = 0$$

$$- M_B = 0$$

$$- M_{AB} = q \cdot L^2 / 8 = (300 \cdot 9) / 8 = \mathbf{338 \text{ kg-m}} \quad (\text{momento máx. de tramo})$$

Bovedilla EPS Altura 11 cm. Espesor de losa 16 cm.

Acero AT 56-50 : $\sigma_{ac} = 2500$ (kg/cm²)

Hormigón H 22.5 : $\sigma_{h^0} = 80$ (kg/cm²)

Ancho vigueta : 14 cm

Coeficiente : n = 15

Altura útil : hu = 12.5 cm.

- $As = (33800 \cdot 8) / (7 \cdot 12.5 \cdot 2500) = 1.24 \text{ cm}^2$ (Formula aprox.)

Por lo tanto se usará vigueta **V6T**

Área tracción = **1.439 cm²**

Área compresión = **0.332 cm²**

Malla de repartición (Acma AT 56-50): f **4.2 @ 15 ortogonales**

(C92 2.6 x 5.0 m)

b) Losa Hormigón armado tradicional

Las cargas que intervienen en el diseño y calculo de la losa de hormigón armado tradicional con un espesor de 16 cm. son:

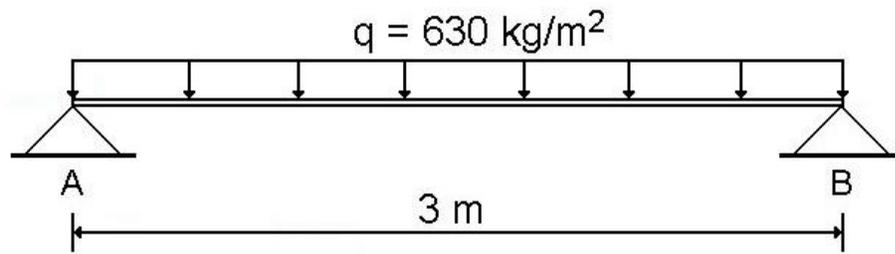
$q_{pp} = 2500 \cdot 0.16 = 400$ (kg/m²) **Peso propio**

$q_t = 30$ (kg/m²) **terminaciones**

$Sc = 200$ (kg/m²) **Sobrecarga**

$q_d = 630$ (kg/m²) Carga diseño

Según lo visto en el módulo:



- $L_{\text{mayor}} / L_{\text{menor}} = 600/300 = 2 > 1.5 \Rightarrow$ Losa Armada en una dirección

- $M_A = 0$

- $M_B = 0$

- $M_{AB} = q \cdot L^2 / 8 = (630 \cdot 9) / 8 = 709 \text{ kg-m/m}$ (momento máx. de tramo)

Espesor de losa **16 cm**.

$\sigma_{ac} = 1600 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

$\sigma_{h^0} = 80 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

Coefficiente : $n = 15$

Recubrimiento: $r = 1.5 \text{ cm}$.

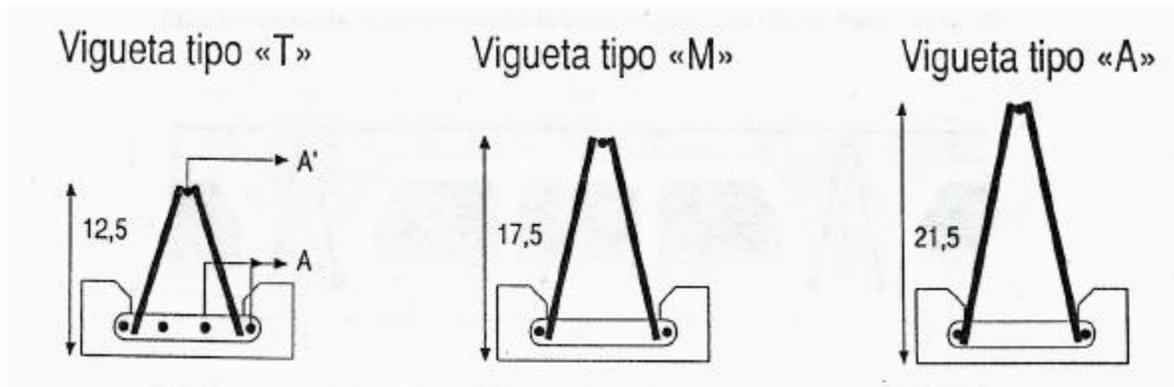
Altura útil : $h_u = 16 - 1.5 = 14.5 \text{ cm}$.

- $A_s = (70900 \cdot 8) / (7 \cdot 14.5 \cdot 1600) = 3.49 \text{ cm}^2/\text{m}$ (Formula aprox.)

- $A_s = 3.49 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow \hat{f} \text{ 10 @ 20}$

- $A_{sr} \Rightarrow \hat{f} \text{ 6 @ 25 (armadura mínima)}$

ANEXO 2 - "TABLAS PARA EL CALCULO DE VIGUETAS PREFABRICADAS".



A	A'	Tipo T	Tipo M	Tipo A
0.39	0.332	V0T	V0M	V0A
0.53	0.332	V1T	V1M	V1A
0.67	0.332	V2T	V2M	V2A
0.774	0.332	V3T	V3M	V3A
0.913	0.332	V4T	V4M	V4A
1.055	0.332	V5T	V5M	V5A
1.439	0.332	V6T	V6M	V6A
1.719	0.332	V7T	V7M	V7A
2.104	0.332	V8T	V8M	V8A
2.384	0.332	V9T	V9M	V9A
3.049	0.332	V10T	V10M	V10A

ANEXO 3 - “ FICHA TECNICA MALLAS ACMA”.

Mallas Soldadas ACMA® de Stock con Economía de Borde (EB) EB:

“Economía de Borde”. Este concepto se refiere a 2 (en el caso de mallas R) ó 4 (en el caso de mallas C) barras longitudinales de menor diámetro que se ubican en cada borde de la malla para evitar duplicar la sección del acero al hacer el traslapo.

Tipo "C": Abertura cuadrada

Tipo "R": Abertura rectangular

Medidas: 2,60 x 5,00 m.

Tipo de Malla	Distancia Barras		Diámetro Barras		Sección de Acero		Peso Malla
	Longit. mm	Transv. mm	Longit mm	Transv. mm	Longit. cm ² /m	Transv. cm ² /m	Kg
C92	150	150	4,2/4,0	4,2	0,92	0,92	18,77
R92	150	250	4,2/4,0	4,2	0,92	0,56	15,28

Nota: Cifras aproximadas.

Mallas Soldadas ACMA® de Stock sin Economía de Borde (EB)

Tipo "C": Abertura cuadrada

Medidas: 2,60 x 5,00 m

Tipo de Malla	Distancia Barras		Diámetro Barras		Sección de Acero		Peso Malla
	Longit. mm	Transv. mm	Longit mm	Transv. mm	Longit. cm ² /m	Transv. cm ² /m	Kg
C139	100	100	4,20	4,20	1,39	1,39	28,34
C188	150	150	6,00	6,00	1,88	1,88	39,03
C196	100	100	5,00	5,00	1,96	1,96	40,04
C257	150	150	7,00	7,00	2,57	2,57	53,10

Nota: Cifras aproximadas.

ANEXO 4 -“TABLAS PARA EL CALCULO DE HORMIGÓN ARMADO”.

Tabla 1: Sección total de armadura, en cm², para 1 m de ancho.

Separación en cm.	DIAMETRO DE LAS BARRAS EN MILIMETROS										
	6	7	8	10	12	14	16	18	20	22	24
7.0	4.04	5.50	7.18	11.22	16.16	21.99	28.73	36.36	44.87	54.30	64.63
7.5	3.77	5.13	6.70	10.47	15.08	20.52	26.81	33.93	41.88	50.81	60.32
8.0	3.53	4.81	6.28	9.82	14.14	19.24	25.14	31.81	39.26	47.51	56.55
8.5	3.33	4.53	5.91	9.24	13.31	18.11	23.66	29.94	36.95	44.72	53.22
9.0	3.14	4.28	5.59	8.73	12.57	17.10	22.34	28.28	34.90	42.23	50.27
9.5	2.98	4.05	5.29	8.27	11.90	16.20	21.17	26.79	33.06	40.01	47.62
10.0	2.83	3.85	5.03	7.85	11.31	15.39	20.11	25.45	31.41	38.01	45.24
10.5	2.69	3.67	4.79	7.48	10.77	14.66	19.15	24.24	29.91	36.26	43.09
11.0	2.57	3.50	4.57	7.14	10.28	13.99	18.28	23.14	28.55	34.55	41.13
11.5	2.46	3.35	4.37	6.83	9.84	13.39	17.49	22.13	27.31	33.05	39.34
12.0	2.36	3.21	4.19	6.54	9.42	12.83	16.76	21.21	26.17	31.67	37.70
12.5	2.26	3.08	4.02	6.28	9.05	12.32	16.09	20.36	25.13	30.41	36.19
13.0	2.17	2.96	3.87	6.04	8.70	11.84	15.47	19.58	24.16	29.24	34.80
13.5	2.09	2.85	3.72	5.82	8.38	11.40	14.90	18.85	23.27	28.16	33.51
14.0	2.02	2.75	3.59	5.61	8.08	11.00	14.36	18.18	22.44	27.15	32.31
14.5	1.95	2.65	3.47	5.42	7.80	10.62	13.87	17.55	21.66	26.21	31.20
15.0	1.89	2.57	3.35	5.24	7.54	10.26	13.41	16.97	20.94	25.34	30.16
15.5	1.82	2.48	3.24	5.07	7.30	9.93	12.97	16.42	20.27	24.52	29.19
16.0	1.77	2.41	3.14	4.91	7.07	9.62	12.57	15.90	19.64	23.76	28.28
16.5	1.71	2.33	3.05	4.76	6.85	9.33	12.19	15.42	19.04	23.04	27.41
17.0	1.66	2.26	2.96	4.62	6.65	9.05	11.83	14.97	18.48	22.36	26.61
17.5	1.62	2.20	2.87	4.49	6.46	8.79	11.49	14.54	17.95	21.72	25.85
18.0	1.57	2.14	2.79	4.36	6.28	8.55	11.17	14.14	17.46	21.12	25.13
18.5	1.53	2.08	2.72	4.25	6.11	8.32	10.87	13.76	16.94	20.55	24.46
19.0	1.49	2.03	2.66	4.13	5.95	8.10	10.58	13.39	16.54	20.01	23.81
19.5	1.45	1.97	2.58	4.03	5.80	7.89	10.31	13.05	16.11	19.49	23.20
20.0	1.41	1.92	2.51	3.93	5.66	7.69	10.05	12.72	15.72	19.01	22.62

Fuente : MORAL FERNANDO. 1966.

ANEXO 5 - “FOTOS LOSA NERVADA CON BOVEDILLAS DE EPS”.

