



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela de Construcción Civil.

“LOSA NERVADA TRALIX “(DISEÑO Y ESTUDIO COMPARATIVO CON LOSA TRADICIONAL DE HORMIGÓN ARMADO)

Tesis para optar al título de

Ingeniero Constructor.

Profesor Guía:

Sr. Eduardo Peldoza Andrade

Ingeniero Civil.

CLAUDIO ANTONIO MERA ARANEDA

VALDIVIA - CHILE

2006

AGRADECIMIENTOS

De forma muy especial quiero agradecerte a ti madre, por todo el amor, apoyo y confianza que me entregaste en estos años de estudio y en el resto de mi vida, tú sabes lo que este paso significa en nuestras vidas.

Gracias Padre y Hermanas, por todo el apoyo que me entregaron, su compañía y cariño, siempre estaré con ustedes.

Quisiera agradecer por todo el apoyo brindado, a la empresa TRALIX y en forma particular a Ivonne Fuenzalida T. Ingeniero Estructural de la misma empresa. La cual apporto con mucho entusiasmo la preparación de este trabajo.

Igualmente agradecer la disposición y apoyo a mi profesor guía el señor Eduardo Peldosa.

Por ultimo agradecer a todas las personas que de alguna manera estuvieron a mi lado apoyándome.

INDICE

RESUMEN

ABSTRAC

INTRODUCCION

OBJETIVOS

CAPITULO I: LOSA DE HORMIGÓN NERVADA TRALIX

1.1	Losas	1
1.2	Composición de la losa.....	1
1.2.1	Vigueta tridimensional.....	2
1.2.2	Bovedilla	5
1.2.3	Sobrelosa.....	7
1.3	Sección Resistente	8
1.4	Fabricación.....	9
1.4.1	Vigueta tridimensional	9
1.4.2	Bovedilla.....	11

CAPITULO II: MÉTODO DE DISEÑO PARA LA LOSA TRALIX

2.1	Diseño	14
2.1.1	Método de diseño aproximado:	14
2.1.1.1	Diseño a momento positivo	15
2.1.1.2	Diseño a momento negativo.....	17
2.1.2	Diseño al corte.	19
2.2	Especificación de viguetas	20

2.3 Refuerzos localizados	20
2.3.1 Correas de repartición.....	21
2.3.1.1 Correas para losas cuadradas	21
2.3.1.2 Correas para losas con discontinuidades de luz	23
2.3.2 Refuerzos de Borde	24
2.3.3 Refuerzo para cargas concentradas y parasitas	26
2.3.4 Suples para losas continuas.....	27
2.3.5 Escotillas y shafts.....	29

CAPITULO III: MONTAJE DE LA LOSA TRALIX

3.1 Montaje de la losa	29
3.1.1 Transporte y almacenamiento.....	30
3.1.2 Alzaprimado	31
3.1.3 Colocación de viguetas y bovedillas	34
3.1.4 Canalizaciones e instalaciones	37
3.1.4.1 Canalización red eléctrica	37
3.1.4.2 Canalizaciones agua potable	40
3.1.4.3 Canalización sanitaria	41
3.1.5 Instalación de malla de sobrelosa y refuerzos horizontales	42
3.1.6 Hormigonado	44
3.1.7 Retiro de alzaprimas	49
3.1.8 Terminaciones superficiales	49
3.1.8.1 Enlucido.....	49
3.1.8 Anclajes y fijaciones.....	51

CAPITULO IV: ESTUDIO COMPARATIVO

4.1 Estudio Comparativo, Losa Nervada TRALIX y Losa Tradicional, Diseños tipos.	52
4.1.1 Diseño Losa Tradicional	53
4.1.2 Diseño Losa Nervada Tralix	57
4.2 Estudio Comparativo	61
4.2.1 Moldajes	61
4.2.2 Alzaprimado	62
4.2.3 Enfierradura.....	64
4.2.4 Hormigón.....	66
4.2.5 Mano de Obra	68
4.2.6 Tiempo	71
4.3 Evaluación de costos Losa Tradicional	83
4.3.1 Análisis de costos unitarios.	83
4.3.2Análisis de costos.....	87
4.4 Evaluación de costos Losa Tralix.	89
4.4.1 Análisis de costos unitarios	89
4.4.2 Análisis de costos.....	92
4.5 Análisis de resultados.	94
CONCLUSIONES.....	101
BIBLIOGRAFIA	106
ANEXOS	107
Anexo A: Tabla Calculo de secciones sometida a flexión	108
Anexo B: Tabla ingreso Momento positivo (Tipo de Vigueta).....	109
Anexo C: Tabla ingreso Momento Negativo (Diseño suples de continuidad).....	110
Anexo D: Ensayo Hormigón Bovedilla 11 cm. 7,14, 28 días.	111

Anexo E: Ensayo Hormigón colocado en Viguetas.	112
Anexo F: Certificado ensayo resistencia al fuego losa Tralix.	113
Anexo G: Norma Española EF-96	120

RESUMEN

El siguiente trabajo trata sobre un estudio comparativo entre dos sistemas de losa de entepiso, un sistema es el de la losa nervada Tralix, que es un sistema prefabricado y el otro es la losa tradicional de hormigón armado.

En este estudio comparativo se analizan los sistemas íntegramente, en cada una de sus etapas, como son, instalación, diseño estructural, montaje, costos y rendimientos.

Todo este análisis viene acompañado de un apoyo técnico y teórico del sistema de losa Tralix, el cual ayuda a una mejor comprensión al momento de comparar los dos sistemas.

ABSTRACT

This work is a comparative study between two slabs systems for floors. One is the Tralix readymade slabs systems and the other is the traditional reinforced concrete slabs.

In this comparative study the systems are analyzed in each stage, such as, installations, structural design, assembly, const and yield.

All this work is supported by a theoretical and technical knowledge supplied by the Tralix slab system. This will lead to a better understanding at the time of comparing both systems.

INTRODUCCION

Hoy en día, el sector de la construcción a mostrado grandes avances en la incorporación de nuevas tecnologías y materiales, es así como se han integrado los sistemas de prefabricado, los que tienen como fin el disminuir los tiempos en la construcción y facilitar esta.

Como alternativa, existen numerosos sistemas constructivos que reemplazan a las losas tradicionales de hormigón, y que lentamente se han ido incorporando en nuestras construcciones, es el caso de la losa nervada Tralix, la cual será analizada en esta investigación.

El presente trabajo trata acerca de un estudio comparativo entre dos sistemas de fabricación de losas de entepiso, una es mediante el sistema prefabricado de losa nervada Tralix y el otro es el sistema tradicional de losa de hormigón armado.

La idea general es la de enfrentar estos dos sistemas en cada una de sus etapas de fabricación e instalación y estimar cual de los dos sistemas resulta ser mas beneficioso, en cuanto a rendimientos y costos de elaboración.

En la ejecución de este trabajo se analizará en forma íntegra la losa nervada Tralix, abarcando su fabricación, montaje, beneficios técnicos y económicos constructivos.

Para realizar el estudio comparativo se presentaran losas de iguales dimensiones o que abarquen las mismas luces en sus apoyos.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Realizar un estudio comparativo entre Losa Tradicional de Hormigón armado y Losa Tralix, considerando materialidad, mano de obra y tiempos de ejecución.

Objetivos específicos:

- Describir técnica y procedimiento para construir una losa nervada TRALIX, los que se deben tener en cuenta al momento de estudiar un sistema constructivo.
- Descripción de montaje y las disposiciones constructivas de la Losa Tralix.
- Determinar ventajas económicas que posee el sistema de Losa Tralix frente al sistema constructivo tradicional de losa de hormigón Armado

CAPITULO I: LOSA DE HORMIGÓN NERVADA TRALIX

1.1 Losas

Las losas son elementos estructurales planos que trabajan principalmente a la flexión.

Las losas de hormigón armado tradicional, como todo elemento sometido a flexión simple, se pueden sectorizar en dos zonas definidas a partir de un eje neutro, una zona superior sometida a la compresión y otra inferior sometida a la tracción.

Este comportamiento es el que aprovechan las losas nervadas, que eliminan parte del hormigón en la zona de tracción donde su resistencia es despreciable.

Los avances tecnológicos hicieron posible materializar la zona de tracción con elementos de hormigón armado, colocar elementos huecos en la zona de tracción los cuales reducen el peso de las losas, eliminan gran parte del hormigón utilizado con el sistema tradicional y además sirven de moldaje al hormigón complementario, que cumple con absorber los esfuerzos de compresión y materializar el vínculo entre la zona de compresión y de tracción.

1.2 Composición de la losa

La losa TRALIX es una losa de hormigón armada nervada constituida por viguetas estructura flexorigida auto soportante prefabricada y bovedillas que es un elemento hueco de hormigón microvibrado o cerámico, mas una sobrelosa de hormigón armado vaciada in situ.

Las viguetas son elementos estructurales que se montan en obra sobre un alzaprimado mínimo y apoyado sobre los moldajes de vigas y cadenas, estas viguetas quedan distribuidas de forma equidistantes entre si ya que entre ellas se dispondrá la instalación de las bovedillas.

La superficie que resulta de la interposición de las viguetas y bovedillas se cubre con una sobrelosa de hormigón armado la que esta compuesta de una malla de acero electrosoldada, que evita la retracción, en conjunto con las viguetas forma una sección resistente absolutamente monolítica, permitiendo que la losa se comporte como un elemento o diafragma rígido.



Fotografía Nº 1 Losa de hormigón nervada Tralix

1.2.1 Vigüeta tridimensional

Es una estructura flexorigida, autosoportante que esta compuesta por una armadura tridimensional de acero tipo AT 56-50H llamada "Terliz".

Según los requerimientos de diseño de cada proyecto las viguetas TRALIX se fabrican en dos alturas, de 12,5cm (tipoT) y 21,5cm (tipo A), dando origen a losas de 16cm y 24cm de espesor total. Su peso por metro lineal es de 16Kg.

La placa base de la vigueta puede ser fabricada de cerámica u hormigón, según los requisitos de cada proyecto.



Fotografía Nº 2 Vigueta compuesta de Terliz y placa base de hormigón.

La armadura tridimensional se compone básicamente de tres fierros dispuestos longitudinalmente (uno superior y dos inferiores), enfierradura adicional si el cálculo así lo requiere y estribos diagonales con un paso de 20cm y sección de \varnothing 4,2mm, los cuales van soldados a los fierros longitudinales realizando un eficaz amarre y ofreciendo gran resistencia a los esfuerzos de corte.

Debido a la inclinación de los estribos, y al hecho de estar soldados a la enfierradura longitudinal de la vigueta, se asegura el confinamiento del hormigón de la vigueta. La sección de la enfierradura longitudinal, como también la de la enfierradura adicional, se determinarán de acuerdo al cálculo específico de cada proyecto.



Fotografía N° 3 Vista lateral vigueta tralizada.

La placa base en la vigueta es un elemento estructural, que puede ser fabricado de cerámica u hormigón, el cual debido a la geometría que posee permite la ubicación y correcto posicionamiento del Terliz y enfierradura adicional sobre el, así como también asegura un correcto confinamiento del hormigón vertido y recubrimiento de la enfierradura.

Las dimensiones de la placa son 14cm de ancho, 5cm de alto y con un espesor de 1.5cm, fabricándose en largos de 20,25 y 30 cm. dependiendo de las longitudes de viga requeridas para cada proyecto.

La unión entre la base de la vigueta y el Terliz se logra por medio de un hormigón de resistencia ($R_{28} \geq 225 \text{ Kg. /cm}^2$) y con un tamaño máximo en los áridos de 13mm al nivel de la placa base, el cual es debidamente vibrado.

Las viguetas que se fabrican son de 2 tipos dependiendo de los espesores de losa requeridos según los cálculos estructurales realizados. Existe la vigueta tipo "T" y tipo "A", sus características y dimensiones se pueden apreciar en el siguiente esquema:

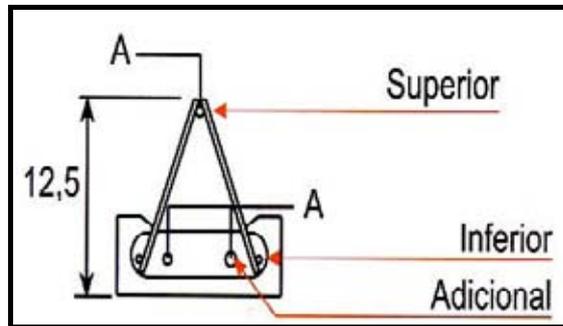


Figura N° 1 Vigueta tipo "T".

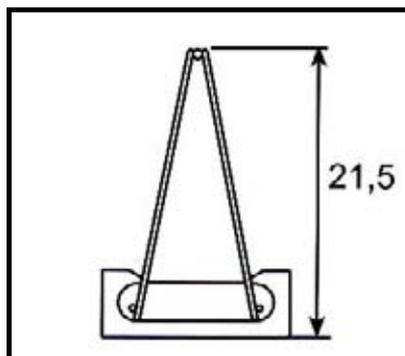


Figura N° 2 Vigueta tipo "A".

1.2.2 Bovedilla

La bovedilla Tralix es un elemento hueco de hormigón micro vibrado se fabrican en dos alturas, para losas de 16cm y 24cm de espesor total.

Las funciones básicas de las bovedillas son:

- Constituir un moldaje incorporado para permitir el vaciado del hormigón de sobrelosa.
- Aportar a las losas una extraordinaria propiedad de aislamiento termoacustica e inercia térmica, gracias a sus espacios de aire no ventilados.
- Reducir los tiempos empleados en la faena de hormigonado de losas.

Debido a las características de moldaje incorporado y de relleno que poseen las bovedillas, no hacen un aporte estructural a la resistencia del conjunto.

Las bovedillas se fabrican de hormigón microvibrado o cerámica pero en ambos casos existen 3 tipos de bovedillas.

- Bovedilla normal: Es la más utilizada, posee un alto de 11cm para lograr una losa terminada de 16cm de espesor, su materialidad existe tanta en hormigón como en cerámico, las dimensiones son las siguientes.

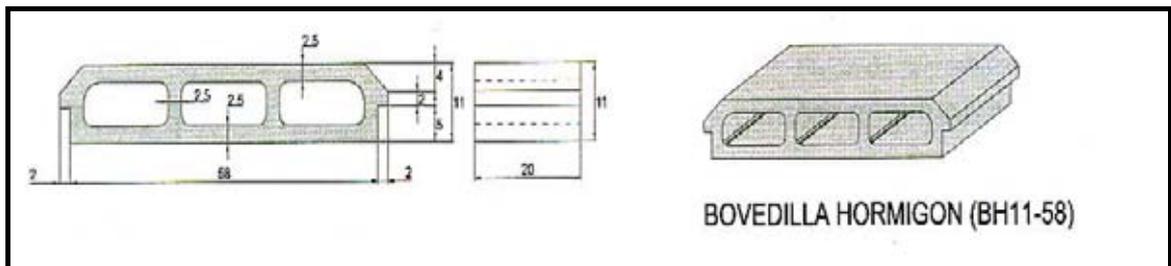


Figura N° 3 Bovedilla normal 11cm.

- Bovedilla alta: Posee un alto de 18cm, su uso esta solicitado según los requerimientos estructurales del proyecto, por otra parte permiten proyectar descargas insertas en la losa, las cuales de otra manera deben ser trasladadas bajo la losa, debiéndose construir un cielo falso para cubrir las descargas. Con esta bovedilla logramos un espesor de 24cm aproximadamente, sus dimensiones son las siguientes:

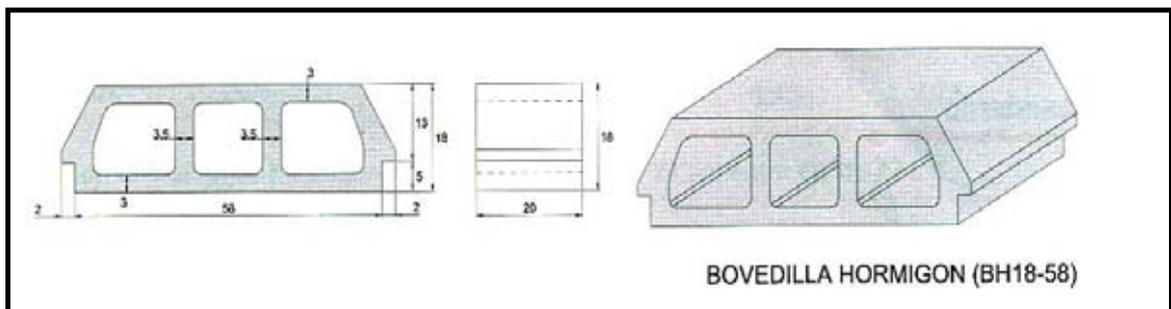


Figura N° 4 Bovedilla alta 18cm.

- Bovedilla rebajada: Esta posee un alto de 7cm se utiliza cuando se requiere colocar algún tipo de refuerzo inserto en la losa, para lograr desniveles en losas de altura de 24cm o para pasar descargas sanitarias. Su altura terminada es de 12 a 13 cm. aproximadamente, la fabricación de esta se encuentra disponible en cerámica y hormigón, sus dimensiones son de 30x7 cms.

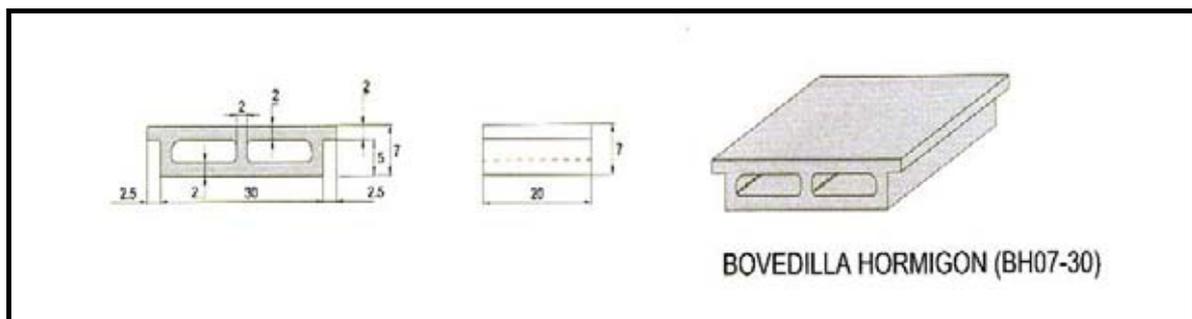


Figura N°5 Bovedilla rebajada 7cm.

1.2.3 Sobrelosa

Este elemento se considera como un complemento para la losa nervada TRALIX, la finalidad de esta sobrelosa es la de absorber los esfuerzos de diafragma en el plano de la losa y además evitar los esfuerzos de retracción durante el fraguado. Es vaciada en obra y armada con una malla electrosoldada, la cual en conjunto con las viguetas forma una sección resistente absolutamente monolítica, permitiendo que la losa se comporte como un diafragma rígido.

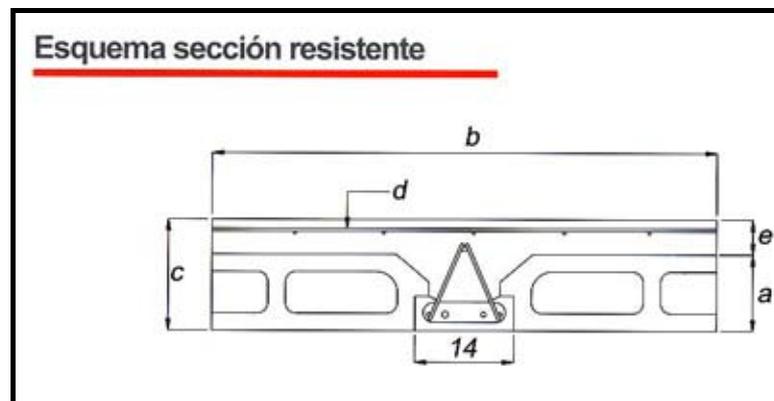
El hormigón de sobrelosa actúa como un elemento en compresión, rellenando los espacios entre las viguetas y bovedillas y otorgando un acabado superficial plano. El tipo de hormigón que se utiliza es el según la norma NCh 170 of.86, el tipo de hormigón debe ser H-25 con un 90 % del nivel de confianza ($R_{28} \geq 250 \text{ Kg/cm}^2$) vaciado en obra.

La malla que se ocupa en la sobrelosa tiene como función controlar la retracción que experimenta el hormigón en su etapa de fraguado, esta malla debe ser de tipo ACMA confeccionada con acero de tipo AT 56-50H electrosoldado.

1.3 Sección Resistente

En el siguiente esquema podemos apreciar la sección resistente, la cual es formada por el trabajo en conjunto aportado por las viguetas y la sobrelosa formando una especie de pequeñas vigas T unidas longitudinalmente entre si.

Las dimensiones de la sección resistente se observan a continuación, considerando los diferentes tipos de viguetas y bovedillas utilizados.



TIPO	a	b	c	d	e
Losa 16 cm tipo T	11	72 44*	16	Ø4,2 @15	5
Losa 24 cm tipo A	18	72 44*	24	Ø5 @15	6

* alternativa bovedilla cerámica

Figura Nº 6 Esquema sección resistente.

A continuación en la tabla siguiente se detalla el peso de losa en función del tipo de vigueta, espesor de sobrelosa y tipo de bovedilla a utilizar.

Pesos propios losa TRALIX				
Tipo de	Espesores [cm]		Peso propio [Kg/m ²]	
Vigueta	Losa	Sobrelosa	Bovedilla de hormigon	Bovedilla ceramica
T	16	5	275	255
A	24	6	360	375

Tabla Nº 1 Peso losa en función de tipo Vigueta.

Estos valores no consideran las cargas por terminación, las cuales deben ser calculadas de acuerdo a las condiciones de cada proyecto.

1.4 Fabricación

1.4.1 Vigueta tridimensional

La confección de las viguetas se logra mediante un proceso totalmente automatizado y continuo, en el cual se distinguen claramente las siguientes etapas:

- Confección de placas base
- Confección del Terliz
- Hormigonado de la vigueta

La confección de las placas base se realiza en una maquina moldeadora de forjados de hormigón, la cual posee un computador al cual se le integra la dosificación requerida según el elemento a fabricar. Es alimentada en su parte posterior por los áridos, cemento y agua, los cuales son mezclados y luego vertidos en los moldes, produciéndose el vibrado durante el tiempo requerido y finalmente ser depositado sobre bandejas.

Posteriormente se llevan a un cuarto de curado donde son almacenados por 24 horas y luego se almacenaran en patio hasta su posterior utilización.

La confección del Terliz se realiza mediante un proceso altamente automatizado, donde un computador dirige diferentes maquinas las cuales efectúan diferentes procesos como: alimentación del fierro, estirado de el, confección de estribos diagonales, soldado y corte del Terliz. Todo este proceso lo hace de acuerdo a la longitud del Terliz, sección de los fierros y cantidad a realizar, datos que le son ingresados con anterioridad.

La armadura básica del Terliz se compone de 5 barras de acero: 2Ø5mm y 1Ø7mm, las cuales originalmente se encuentran en rollos.

Primero se produce la alimentación de los fierros introduciéndolos en unos orificios de acuerdo a su ubicación en el Terliz. Luego, la maquina estira los fierros y mediante un carro rotatorio que avanza cada 20cm, va tirando todo el conjunto de fierros introduciéndolo en un sistema de engranajes. Los 2 fierros de Ø4.2mm que conforman los estribos diagonales pasan por un engranaje triangular el cual les otorga su forma, mientras que los demás fierros continúan avanzando a otra sección. En esta etapa se juntan con los estribos y avanzan por unos separadores donde adquieren su posición respectiva dentro del Terliz, quedando ubicados los 2Ø5mm, en la zona inferior y el Ø7mm, como superior.

Finalizada esta etapa, los fierros pasan a la sección de soldado en donde 2 electrodos presionan las barras y producen el soldado de los elementos componentes del Terliz. Una vez que han sido soldados todos los elementos, estos continúan avanzando por una cinta hasta llegar al sector del corte, donde la maquina posee unos sensores que determinan el largo del Terliz y realizan el corte de acuerdo a la longitud requerida. Después de esto el proceso sigue repitiéndose y los Terliz se almacenan en su patio respectivo.

En el proceso de hormigonado primeramente se adicionan las placas bases necesarias de acuerdo a la longitud de vigueta requerida sobre una correa transportadora, para luego colocar la enfierradura adicional si fuese necesario y el terliz sobre las placas base, es vertido el hormigón al nivel de la placa base y todo el conjunto es vibrado por un periodo de tiempo, para luego producirse la descarga de la cinta transportadora y ser trasladadas por una grúa transportadora hasta el lugar de almacenamiento.

1.4.2 Bovedilla

El mecanismo de fabricación de las bovedillas de hormigón microvibrado es idéntico al de las placas bases, ocupándose la misma maquina moldeadora de forjados pero con distintos moldes.



Fotografía N° 4 Bovedilla de hormigón.

1.4.3 Control de calidad de los elementos

Durante todo el proceso de producción, los elementos son controlados en cada una de las etapas de fabricación, condición que asegura un total cumplimiento de las normas que se refiere a cada componente y al producto final.

El primer control, se efectuara al momento de comprar los insumos necesarios para la fabricación, como áridos, fierros y cemento, los cuales son garantizados por sus respectivos proveedores.

Los demás controles son efectuados durante todo el proceso productivo en cada una de las etapas que lo componen. Estos controles son realizados por el propio personal de la fabrica, el cual esta debidamente capacitado para tal efecto, y por laboratorios especializados.

Durante el proceso de fabricación de las bovedillas y las placas base, primeramente se controlan las propiedades y características del hormigón con que son fabricadas. Para esto se toman muestras periódicamente, las cuales se envían para su análisis a un laboratorio especializado. Luego son inspeccionadas inmediatamente después que han sido elaboradas por la maquina moldeadora y antes de ser llevado a la cámara de curado, verificándose que no presenten ninguna deficiencia, como aristas irregulares, deformaciones, etc. Una vez que salen de la cámara de curado vuelven a ser controlados y son almacenados en el patio. Las bovedillas antes de ser cargadas y llevadas a obra vuelven a ser controladas a medida que se van cargando en los camiones.

La confección del Terliz, es un proceso altamente automatizado y los terliz son controlados uno a uno a medida que van saliendo de la maquina. Se verifican sus longitudes, el almacenamiento y la correcta soldadura de ellos.

Durante la confección de la vigueta, se controlan las propiedades y características del hormigón de relleno antes de ser vertido sobre la placa base. Para

esto se toman muestras periódicamente y se llevan a un laboratorio para su análisis. También se controlan las placas base a medida que van alimentando la cinta transportadora, verificando sus diferentes dimensiones, aristas y deformaciones que pudieran presentar. Se verifica la correcta colocación de la armadura de refuerzo. Finalmente las viguetas terminadas se van controlando una a una a medida que van siendo despedidas por la cinta transportadora, controlando la longitud requerida y la correcta ubicación de la armadura de refuerzo.

Luego, los demás controles se efectúan al momento de llegar los diferentes elementos a la obra.

En el anexo se presentan algunos certificados de ensayos realizados al hormigón colocado en las viguetas, el cual fue ensayado a la compresión, y ensayos efectuados a las bovedillas a la flexotracción.

CAPITULO II: MÉTODO DE DISEÑO PARA LA LOSA TRALIX

2.1 Diseño

A continuación se exponen dos métodos de diseño; uno exacto y otro aproximado. Ambos sirven para diseñar la losa como una viga continua.

La losa Tralizada es una losa nervada de hormigón que trabaja a la flexión en una sola dirección. Puesto que las cargas verticales se determinan normalmente como un valor por metro cuadrado de superficie, en adelante, todos los cálculos y las tablas que se exponen están redactados considerando una franja de losa de 1 mt de ancho.

La finalidad de ambos métodos es poder determinar el tipo de vigueta a utilizar y las propiedades de esta. Las bovedillas no serán consideradas en el diseño ya que no realizan un aporte estructural.

Las tablas presentadas a continuación se elaboraron para permitir definir y proyectar con facilidad las viguetas y bovedillas requeridas para una losa dada.

En este caso nos referiremos al método aproximado ya que el método exacto es realizado por computadora y resulta muy extenso de explicar. A modo de información se puede mencionar que al igual que el método aproximado, se basa en el diseño a momento positivo y a momento negativo.

2.1.1 Método de diseño aproximado:

La norma ACI 318-83 y la NCh 430 a r86 en el punto 8.3.3 permiten usar un método aproximado de cálculo de momento y cortes.

El método aproximado permite establecer, en base a las condiciones estáticas de la viga, a su sobrecarga, y a sus espesores, el tipo de viguetas a especificar para el momento positivo y los refuerzos necesarios para absorber el momento negativo en los apoyos.

Para poder usar este método, las normas exigen que la losa cumpla con los siguientes requisitos:

- Haya dos o mas claros.
- Los claros sean aproximadamente iguales, sin que el mayor de los claros adyacentes exceda en más de 20% al menor.
- Las cargas estén uniformemente distribuidas.
- La sobrecarga no exceda en 3 veces la carga de peso propio.
- Los elementos sean prismáticos.

2.1.1.1 Diseño a momento positivo

La ACI 318-83 recomienda valores aproximados para el momento positivo de tramo correspondiente a las condiciones de apoyo mas abajo descritas.

En cada caso, es posible expresar el momento de la siguiente forma:

$$M_T = v \times Q \times L^2$$

En que V asume el valor dado para cada tipo de apoyo como se puede observar en los siguientes diagramas.

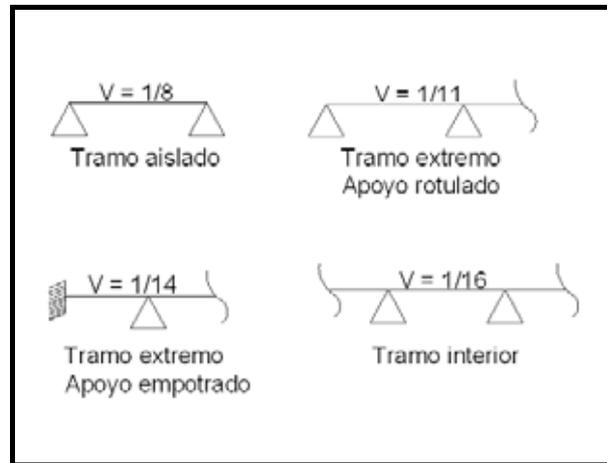


Figura Nº 7 Tipo de apoyos.

Será de labor del Ingeniero Calculista el definir con que tipo de apoyo es posible modelar cada proyecto.

Los resultados de este método se tabularan en las tablas (Anexo A , Anexo B).Cada una de estas tablas corresponde a un valor de sobrecarga, cubriendo los valores de 100, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600,700 (Kg/m²).

En cada caso particular, se debe estimar el peso por terminación, y sumárselo a la sobrecarga, entrando a la tabla correspondiente a este último valor.

Las tablas están confeccionadas de tal manera que, para cada vigueta que cubre una luz libre determinada, no se sobrepase su resistencia a flexión y corte ni la deformación admisible; es decir, de manera que la flecha instantánea mas la diferencia, no sobrepase 1/480 de la luz libre.

$$\Delta/l \leq 1/480$$

Los datos de entrada en las tablas son en el orden: sobrecarga, tipo de vínculo, altura de la bovedilla, espesor de la sobrelosa, luz libre. Con la información anterior es posible ubicarse en la línea apropiada, avanzando a continuación en forma horizontal hasta que la luz libre admisible iguale o supere a la luz real.

Una vez alcanzado este punto, se baja verticalmente hasta la parte inferior de la tabla, leyendo la armadura inferior y el tipo de vigueta necesario.

Si la losa considerada corresponde a una losa de techo, es posible limitar la deflexión total a 1/240 de la luz libre, en vez de 1/480 que se utiliza para losas de piso. Además, para este caso, el valor de la sobrecarga es bastante menor, asignándole la norma NCh 1537 of.86, un valor básico de 100(Kg/mt²), pudiéndose reducir por área tributaria y por pendiente de la cubierta.

Los valores de la luz libre máxima admisible para losa de techo aparecen tabulados en la tabla # 18, siendo su operación idéntica a la de las tablas anteriores, para el método aproximado a momento positivo.

2.1.1.2 Diseño a momento negativo

Se recomiendan los siguientes valores para el momento negativo:

Momento negativo en la cara exterior del primer apoyo interior.

- Dos Claros $q_u = l^2 / 9$

- Mas de dos claros $q_u = l^2 / 10$

Momento negativo en las demás caras de apoyo interiores.

$$q_u = l^2 / 11$$

Momento negativo en la cara interior de los apoyos exteriores para los elementos construidos monolíticamente con los apoyos.

- Cuando el apoyo es una viga de borde $q_u = l^2 / 24$

- Cuando el apoyo es una columna $q_u = l^2 / 16$

Los valores de luces máximas admisibles entregados en la tabla de momento positivo (Anexo B), corresponden a la hipótesis de apoyos extremos empotrados, quedando sujeta al juicio del ingeniero calculista la condición de apoyos a considerar.

La tabla (Anexo B), corresponden al caso de armadura superior constituida por suplementos de acero A 44-28 H y por la malla de retracción AT 56-50H, disponiendo la C-92 para bovedillas de altura normal, $h = 11$ cm. Y la C-131 para las bovedillas altas, de $h = 17.5$ cm.

La tabla diseño al momento negativo (Anexo C), corresponden al caso de colocar solo malla de AT 56-50H como refuerzo superior.

Todas estas tablas tienen como dato de entrada el valor de la sobrecarga, la altura de la viga, el espesor de la sobrelasa, el tipo de apoyo y la luz libre por cubrir (L_A).

Una vez definida la línea que cumple con los datos anteriores, se avanza horizontalmente hasta el máximo valor de la luz admisible (L_a), que cumpla con la inecuación:

$$L_A \leq L_a$$

Definido este punto, se baja verticalmente hasta leer la armadura superior requerida.

Para determinar el ancho de la franja sin bovedilla, se hace la diferencia entre la luz admisible calculada sin bovedilla (tabla N° 2) y la obtenida con bovedilla (tabla N°1).

Esta situación, de necesitar reforzar la sección del apoyo, se produce cuando la luz libre por cubrir (L_A) es mayor que la máxima luz libre admisible, para una altura de bovedilla y un espesor de sobrelasa dados.

Para determinar la longitud de la armadura de refuerzo superior, se puede considerar la siguiente aproximación a ambos lados del apoyo:

0,3 de la luz a eje, sin considerar anclaje.

2.1.2 Diseño al corte.

Para cada tipo de vigueta, se evaluó la resistencia al esfuerzo cortante de la sección de hormigón mas el terliz diagonal.

Estos valores se tabulan en la tabla N° 7 en que, entrando con la altura de la vigueta y el espesor de la sobrelosa, es posible leer, a la derecha de la tabla, el corte nominal reducido de la sección, en condición última (ΦV_n) en Kg, por metro de ancho.

Sean V_u : El corte mayorado (Kg/m)

q_d : Peso propio (Kg/m²) (Incluida terminación)

q_l : Sobrecarga (Kg/m²)

l : Luz libre (m)

Se tiene:

$$V_u = 1,15(1,4q_d + 1,7q_l) \times l / 2$$

En elementos extremos en el primer apoyo interior se tiene:

$$V_u = (1,4q_d + 1,7q_l) \times l / 2$$

En todos los demás apoyos.

En cada caso se debe verificar que:

$$V_u \leq \Phi V_n$$

En casos normales, para edificios habitacionales, esta condición no controla el diseño, bastando con una verificación.

2.2 Especificación de viguetas

Las viguetas se identifican bajo los siguientes parámetros:

- Altura del Terliz: Existen dos posibles alturas para el Terliz, el normal y el alto. Se denotan por T y A respectivamente.
- Tipo de enfierradura: Existen diez tipos de enfierraduras y enumeran del 0 al 9.
- Longitud del Terliz: La longitud del terliz esta modulada en 5cm. y excede normalmente 20cm la longitud de las placas base.

Las viguetas se especifican entonces de la siguiente manera: Vigueta, enfierradura, Terliz y longitud.

Por ejemplo una vigueta con enfierradura tipo 5, Terliz alto y longitud de 455cm. se especifica de la siguiente manera:

V5A - 455

2.3 Refuerzos localizados

La losa Tralizada, como todas las losas, necesita resistir esfuerzos localizados debido a múltiples causas, como son: cargas concentradas, discontinuidades en planta. (escotillas, etc.), momentos negativos fuertes en los apoyos, voladizos, deformaciones elásticas instantáneas y diferentes.

2.3.1 Correas de repartición

Las normas alemanas DIN 1045/78 (21.2.2.3) y las italianas DM 27/07/85 N° 113(7.1.4.6) se refieren específicamente a refuerzos perpendiculares a la dirección de las viguetas, para ciertas condiciones de luz y sobrecarga.

Distinguiremos dos condiciones esenciales de aplicación de la correa de repartición:

- a) Losas cuadradas o casi con $L \geq 4,5$ m
- b) Losas con escotillas o quiebres de luz en la dirección de las viguetas.

2.3.1.1 Correas para losas cuadradas

Para las losas nervadas cuya luz en dirección de las viguetas sea $\geq 4,5$ m. , o cuando su comportamiento como placa sea acentuado por las condiciones de borde, o cuando actúen sobre ellas cargas concentradas que incidan de manera considerable sobre los esfuerzos de diseño, es necesario proveer uno o mas nervios transversales, contenidos en el espesor de la losa.

La materialización de dichos nervios se efectúa sustituyendo una bovedilla normal por una rebajada, como se puede apreciar en la figura:

En el espacio que se genera es posible armar el nervio o correa de repartición con una enfierradura mínima de 4Ø12 (2 sup. y 2 inf.) con estribos Ø6 @22 de acero A44-28H.

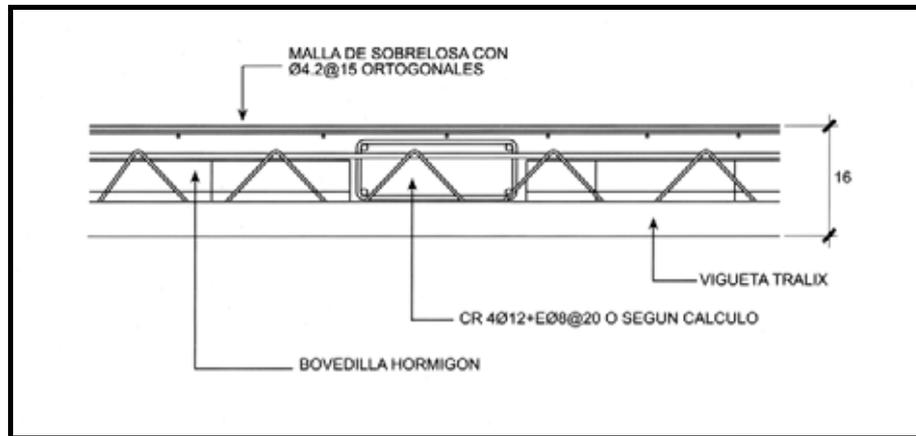


Figura Nº 8 Correas para losas cuadradas.

Cuando la luz de la correa supera 1,5 veces la luz de las viguetas, es necesario eliminar una corrida de bovedillas entre viguetas y enfierrar con $4\text{Ø}12$ y estribos $\text{Ø}6 @20$ de A44-28H, de manera de producir una viga secundaria en el espesor de la losa (viga de refuerzo) que soporta y rigidiza la correa de repartición.

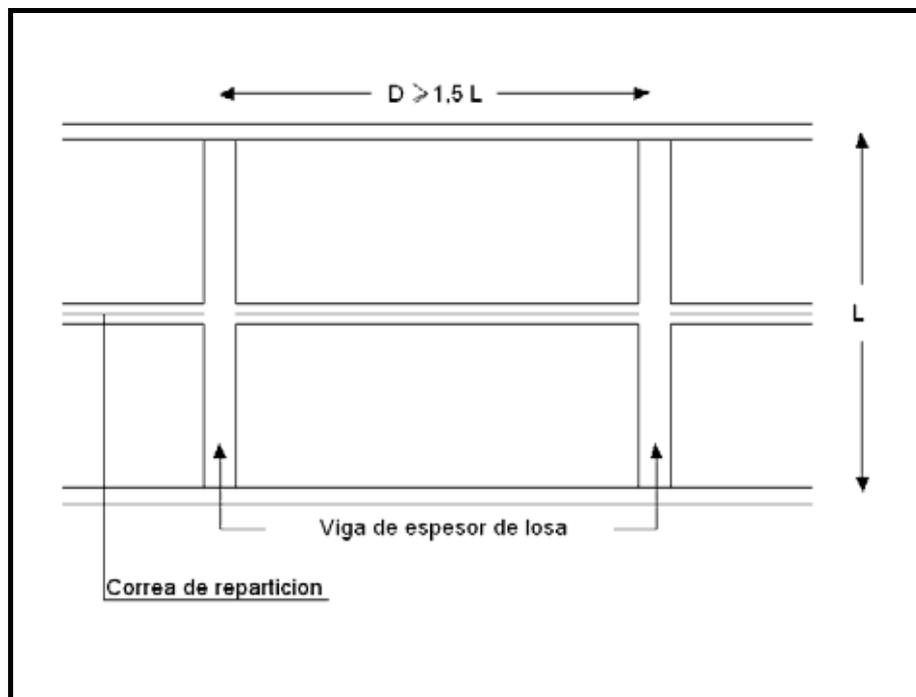


Figura Nº 9 Correas para losas cuadradas.

2.3.1.2 Correas para losas con discontinuidades de luz

En este caso es oportuna la colocación de cordones y nervios armados en los casos de cambio brusco de luz libre entre losas con nervios en la misma dirección, para impedir lesiones provocadas por la diferentes rigideces.

En los siguientes esquemas se muestran losas con luces diferentes. En la zona A, la luz es de 1.35mt y en la zona B es de 3.55mt. Para impedir probables fallas debido a la discontinuidad de luces, se coloca una correa armada de un espesor igual al de la losa y de una sección de 15x16cm, formada por 4Ø12 y estribos de Ø8 cada 15 cm. Además, como lo indica el plano, en uno de los extremos de la correa que es el comienzo de la zona B se han colocado 2 viguetas juntas para soportar de mejor manera los esfuerzos transmitidos por la correa.

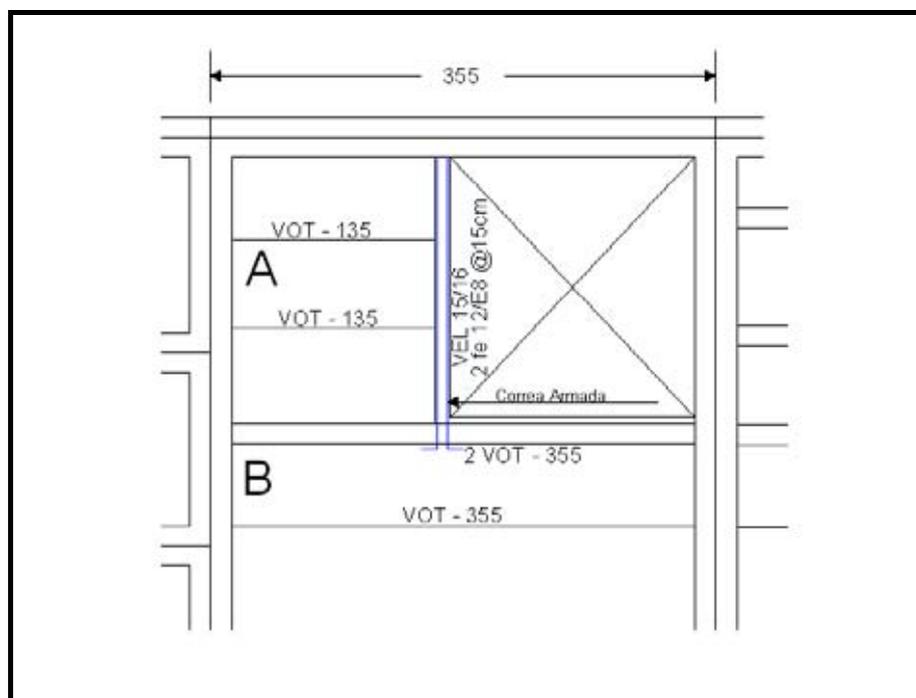


Figura N° 10 Vista en planta correas para losas con discontinuidades de luz.

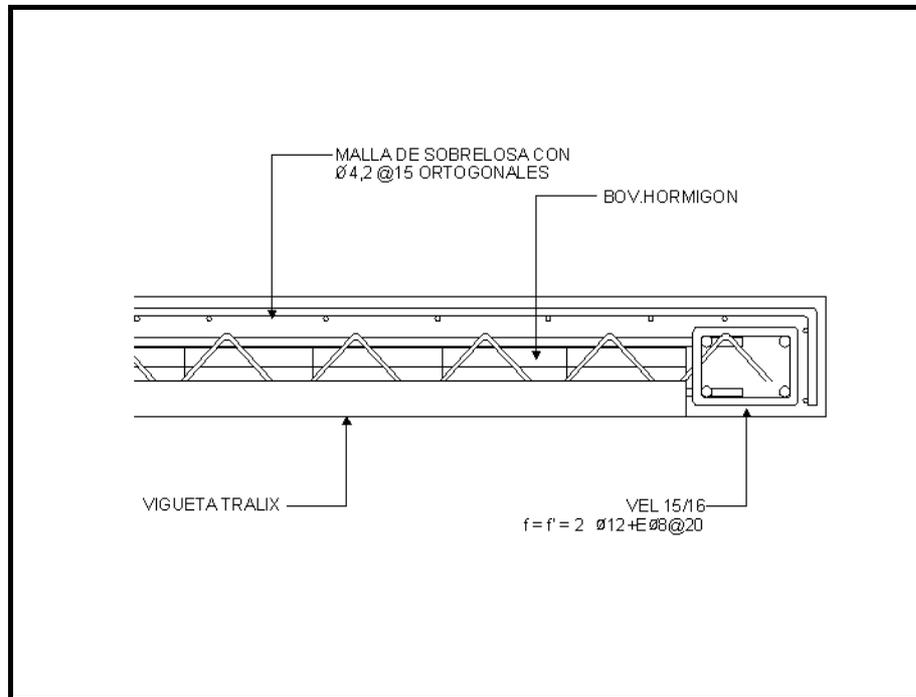


Figura N° 11 Sección correas para losas con discontinuidades de luz.

2.3.2 Refuerzos de Borde

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.

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 20cm, de ancho de bovedillas rebajadas, produciendo una sección de tipo 3.

Para mejorar la continuidad en apoyos, para losas que necesitan exclusivamente una sección de tipo 1 y tienen luces mayores de 4 mts, se aconseja adoptar en el borde secciones de tipo 3 por un ancho de 20 cm. (2 bovedillas rebajadas) y sucesivamente pasar a la sección de tipo 1.

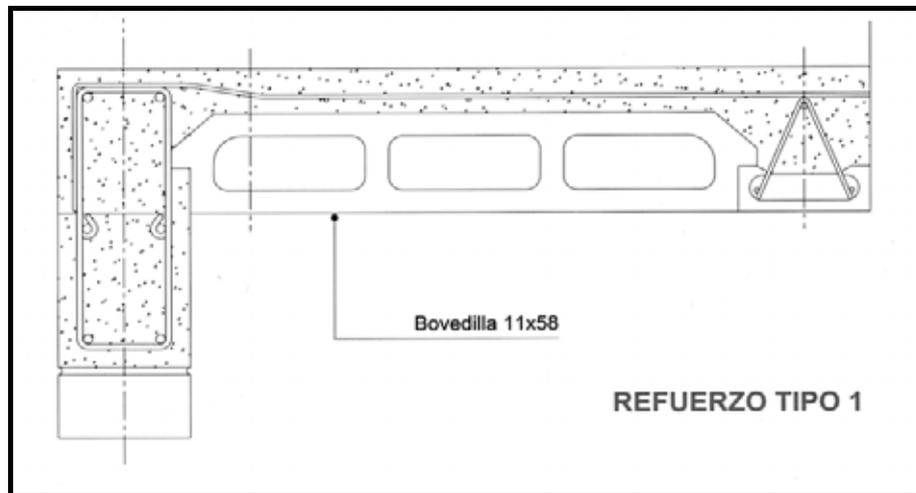


Figura Nº 12 Refuerzos de borde Tipo 1.

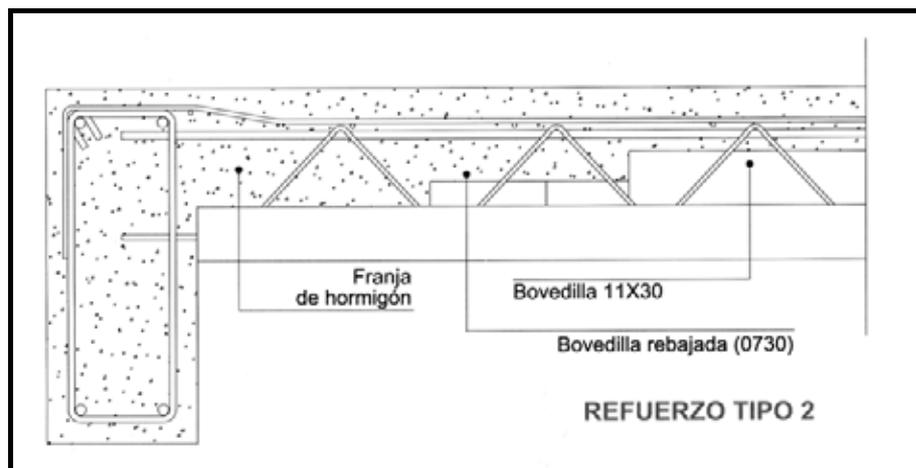


Figura Nº 13 Refuerzos de borde Tipo 2.

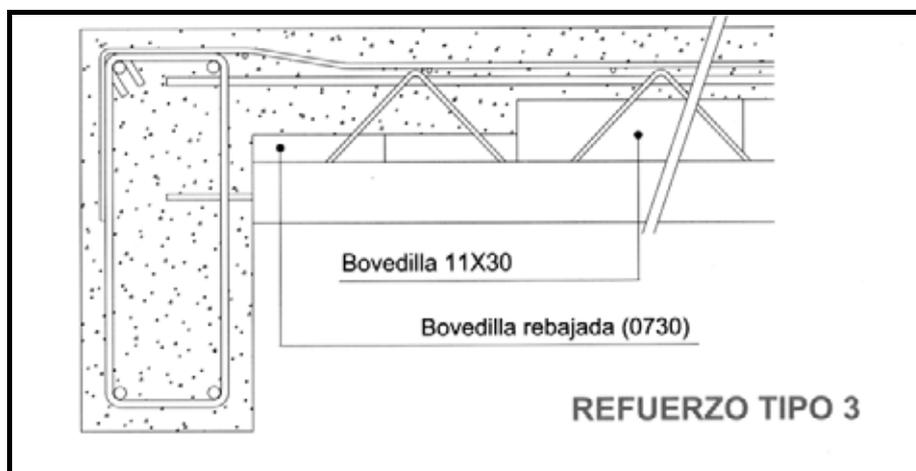


Figura Nº 14 Refuerzos de borde Tipo 3.

2.3.3 Refuerzo para cargas concentradas y parasitas

Las cargas concentradas sobre la losa pueden ser soportadas por refuerzos de varios tipos. Un tabique de ladrillo estructural, que este colocado en el sentido paralelo las viguetas, produce una carga concentrada que se puede obviar colocando en la zona bovedillas rebajadas y viguetas mas reforzadas.

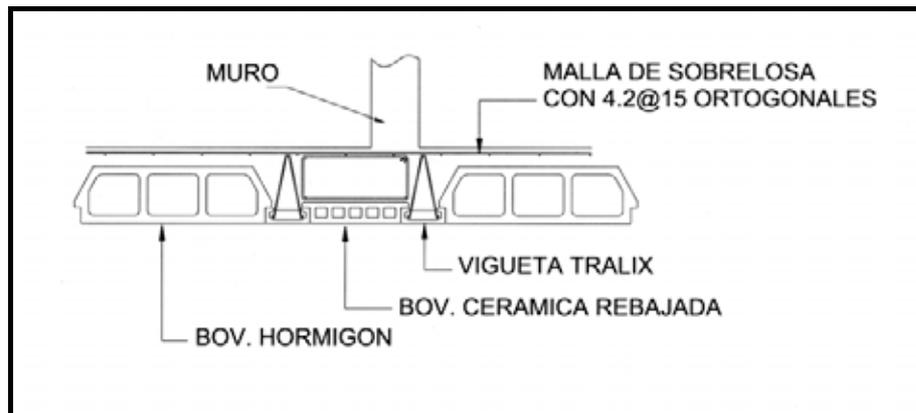


Figura Nº 15 Refuerzo tipo 1 para cargas concentradas y parasitas.

Otra alternativa es colocar 2 viguetas juntas eliminando una corrida de bovedillas.

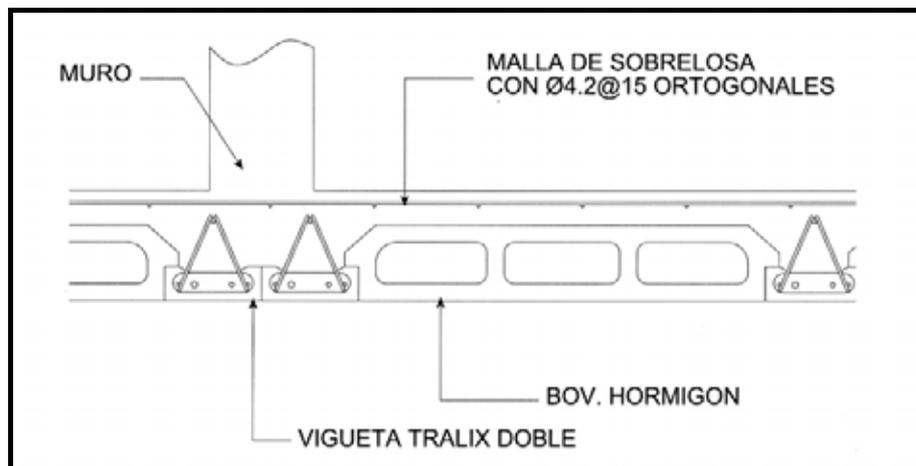


Figura Nº 16 Refuerzo tipo 2 para cargas concentradas y parasitas.

Si la tabiquería antes mencionada pertenece a un edificio y se empieza su construcción desde el primer piso es posible la aparición de flexiones parasitas como las de la figura

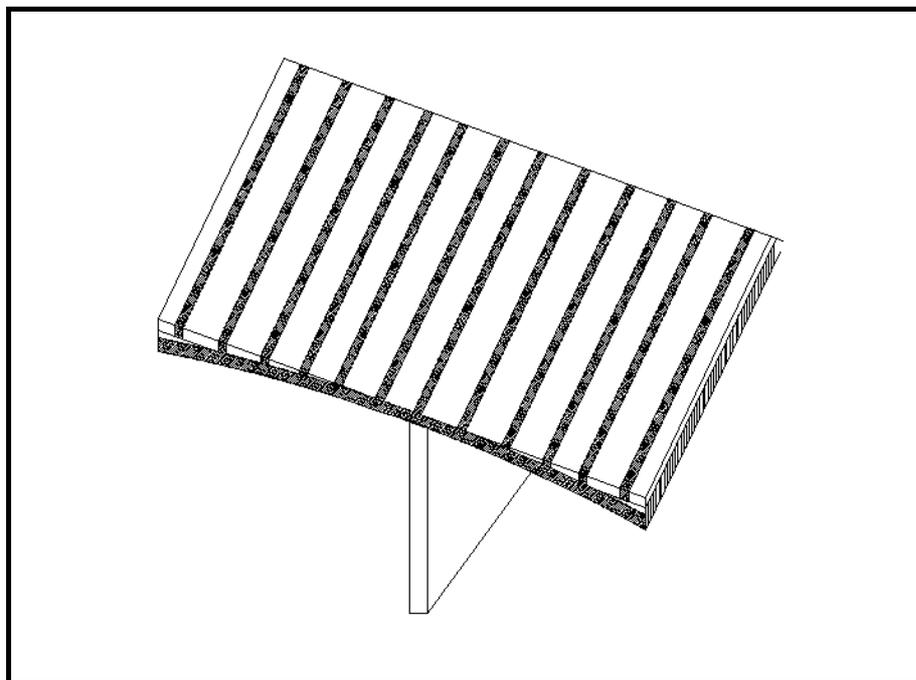


Figura Nº 17 Flexiones parasitas.

2.3.4 Suples para losas continuas

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

Estos suples en fierros con resalte, rectos, cuyo diámetro y sección dependen de los cálculos efectuados con anterioridad. En el plano de cálculo se indica la distancia que pasan hacia uno u otro lado del eje de la viga o cadena.

Los suples se colocan aproximadamente 5 cm. Desplazados de la barra superior de Terliz, hacia uno y otro lado de ella.

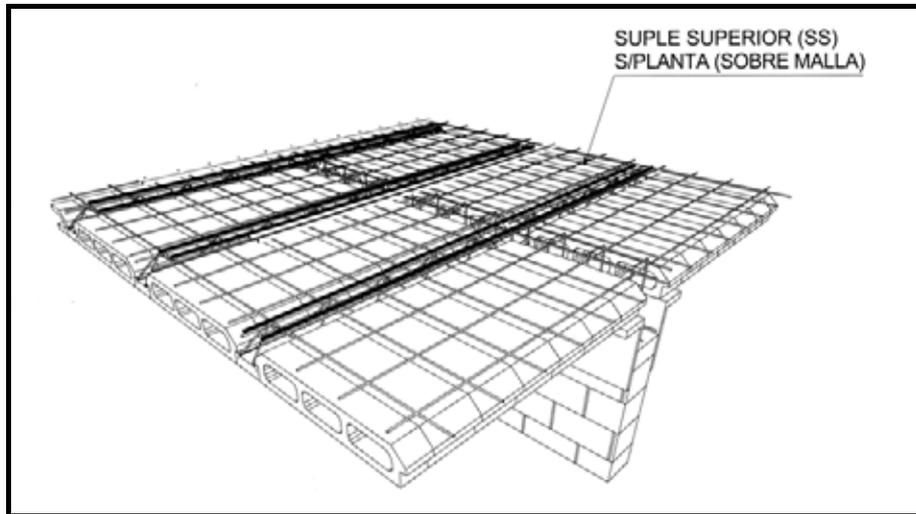


Figura N° 18 Suple superior para losas continuas.

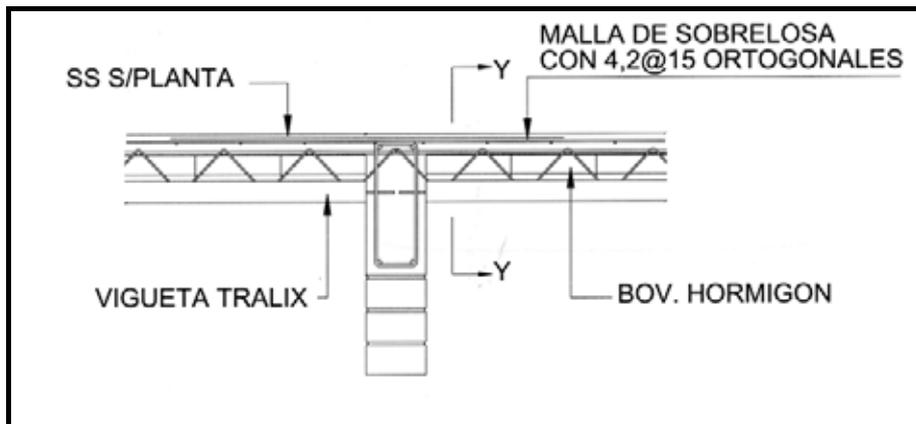


Figura N° 19 detalle 1 Suples para losas continuas.

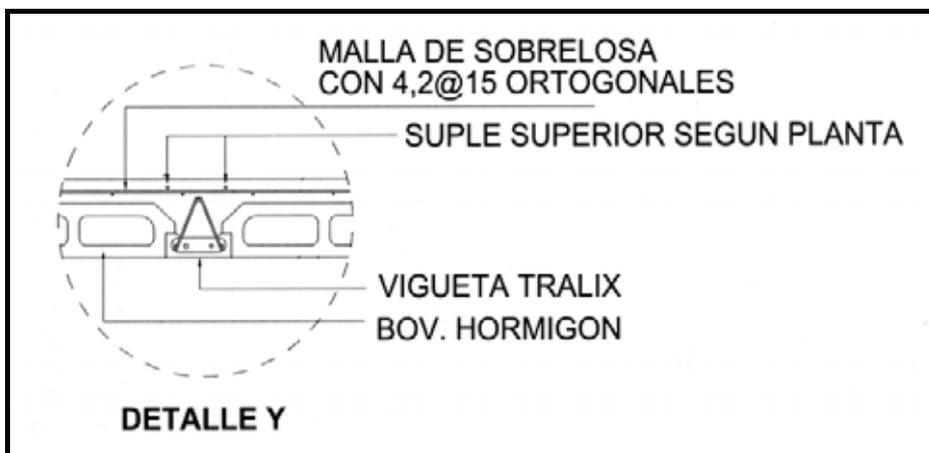


Figura N° 20 detalle 2 Suples para losas continuas.

2.3.5 Escotillas y shafts

Las escotillas de mayores dimensiones, como son las de las escaleras, se resuelven normalmente colocando una viga en el espesor de la losa (VEL), en la llegada de las escaleras y colocando las viguetas como se expone en la figura.

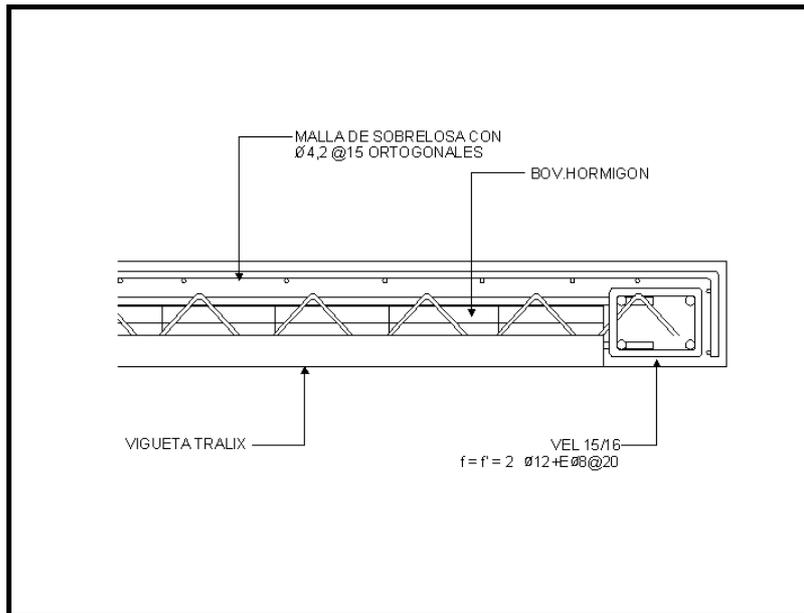


Figura Nº 21 Escotillas y shafts.

CAPITULO III: MONTAJE DE LA LOSA TRALIX

3.1 Montaje de la losa

El montaje de la losa TRALIX esta compuesto por las siguientes etapas que se describen a continuación:

- Transporte y almacenamiento
- Alzaprimado
- Instalación de viguetas y bovedillas
- Colocación de canalizaciones e instalaciones
- Colocación de malla de sobrelosa (Acma) y refuerzos horizontales
- Llenado de sobrelosa u hormigonado

3.1.1 Transporte y almacenamiento

Los elementos que componen la losa TRALIX, viguetas y bovedillas son materiales muy frágiles en su estado inicial, es por esto que se deben tratar con un gran cuidado y de la forma en que se indica en el catalogo del fabricante, este cuidado es esencial ya que estos deben mantener sus propiedades intactas antes de la colocación, de esta forma aseguraremos un buen resultado en el trabajo final.

Las viguetas se deben transportar en un vehiculo adecuado, de piso plano y respetando un apilado en forma paralela al eje del vehiculo (camión) .Primero se deben cargar las viguetas de mayor longitud y a continuación encima las de menor longitud.

El apilado de estas debe ser separado con listones de madera de 1"x2" de forma perpendicular a las viguetas. No se deben cargar mas de 5 capas de viguetas así se evitan daños en este elemento. Referente a las bovedillas estas se pueden apilar una sobre otra sin disponer de elementos separadores, estas se podrán apilar hasta en 8 corridas.

Al descargar las viguetas y bovedillas estas se deben apilar con las mismas precauciones que en el transporte de estas, tratando de buscar o mejorar una cancha de acopio plana y sin materiales irregulares que puedan dañar los elementos. Otra precaución que se deberá tomar, es la de respetar las dimensiones al momento de apilarlas siendo el correcto manejo apilar los elementos de mayor longitud en la base y seguir con las de menor longitudes de manera que no se aplasten o deformen los elementos que posean acero.



Fotografía N° 5 Apilado Viguetas.



Fotografía N° 6 Apilado Bovedillas.

3.1.2 Alzaprimado

Antes de colocar el alzaprimado se deberán colocar los moldajes de las vigas y cadenas en todo el perímetro que comprenda la instalación de la losa.

Para el montaje de la losa existen dos formas de realizarla, una es dejando apoyada las viguetas directamente sobre el tablero de moldaje, la otra posibilidad es tiene como ventaja un mejor acabado en el encuentro del muro con el cielo, instalando

una tabla de piso de no mas de 15mm de espesor sobre el tablero de moldaje de tal forma que esta permita mayor holgura para el acabado final.

Luego de finalizada la instalación del moldaje de vigas y cadenas se procederá a la colocación de el alzaprimado respetando las indicaciones según planos de posiciones u orientaciones de las viguetas.

El alzaprimado de la losa TRALIX se conforma mediante líneas de vigas de alzaprimado dispuestas cada 1.4 mt y perpendiculares a las viguetas, estas deberán ser de una escudaría de 2"x6" por donde se transmitieran los esfuerzos a las alzaprimas metálicas o pies derechos de una escudaría mínima de 4"x4".

La solera inferior de apoyo de las alzaprimas de compone de una pieza de madera de escudaría 2"x8".

Un punto de gran importancia es el de la superficie en donde se apoyara el alzaprimado, lo ideal es que estas superficies si aun no han sido hormigonadas (radieres interiores) se encuentren ya compactadas de tal modo que no exista la posibilidad de que las alzaprimas bajen o se incrusten en el terreno ya que al momento del llenado de la losa incrementaremos su peso y el alzaprimado comenzara a trabajar.



Fotografía N° 7 Alzaprimado.



Fotografía N° 8 Alzaprimado.

3.1.3 Colocación de viguetas y bovedillas

Para el montaje e isaje de las viguetas es necesario primero estudiar el plano de montaje y seguir los consejos del fabricante, este recomienda que las viguetas seicen en los quintos extremos de su longitud ($1/5 L$).



Fotografía N° 9 Colocación de Viguetas.

Continuando con el montaje se debe identificar el punto de partida según el cual comenzaremos a colocar las viguetas, este punto es generalmente invariable como pilar, viga o una cierta distancia al extremo de la losa.

Una vez definido el punto de inicio y el tipo de vigueta que instalaremos, se comienza la instalación de las viguetas, para que estas se puedan instalar con una mejor precisión instalaremos bovedillas en los extremos entre viguetas para lograr así un correcto ajuste sin dejar luces entre bovedillas. Realizando estos pasos podemos evitar un trazado ya que las viguetas y bovedillas vienen con sus correctas dimensiones y con esto todo debe calzar en forma exacta según los planos del proyecto.



Fotografía N° 10 Ubicación vigueta en eje.



Fotografía N° 11 Apoyo vigueta en moldaje de Cadena.

Terminada la instalación de todas las viguetas que componen la losa TRALIX, se comenzara a colocar las bovedillas.



Fotografía N° 12 Instalación Bovedillas.



Fotografía N° 13 Instalación Bovedillas.

3.1.4 Canalizaciones e instalaciones

Luego de instaladas las viguetas y bovedillas se procederá a instalar las canalizaciones. Esta losa permite en forma muy sencilla realizar los diversos sistemas de canalización tales como proyectos eléctricos, sanitarios, calefacción central.

3.1.4.1 Canalización red eléctrica

En el caso de las redes de la instalación eléctrica los tubos conduit son apoyados sobre la losa y distribuidos a todas las dependencias, estos tubos de forma ideal deben bajar por las cadenas de coronación, todo esto antes de instalar la malla Acma.

En el caso de las cajas eléctricas y los tubos que deban atravesar la losa, deberán perforar las bovedillas con cuidado evitando trisarlas ya que de esta forma pierden sus propiedades, en el caso de que la bovedilla sea destruida esta se puede reemplazar por un tablero de terciado marino y apoyado con una alzaprima y posteriormente se llenara este espacio con mezcla (hormigón), en ningún caso se deben perforar las viguetas.



Fotografía N° 14 Canalización Eléctrica sobre bovedillas.



Fotografía N° 15 Canalización Eléctrica en dirección a las vigueta.



Fotografía N° 16 Canalización Eléctrica.

En las siguientes fotografías se comparan dos perforaciones, en una de ellas el orificio queda en perfectas condiciones sin comprometer a la bovedilla, en la otra se detecta una trisadura perpendicular a la bovedilla lo que nos obliga a retirar y perforar una nueva pieza o instalar un tablero alzaprimado y llenar este espacio con mezcla al momento de llenar la losa.



Fotografía N° 17 Perforación correcta en bovedilla para pasada de tubo eléctrico (Conduit).



Fotografía N° 18 Perforación incorrecta en bovedilla para pasada de tubo eléctrico (Conduit).

3.1.4.2 Canalizaciones agua potable

Con respecto a la canalización de agua potable estas se pueden realizar de dos formas, una de ellas es similar a la canalización eléctrica esto en el caso que la instalación de agua sea proyectada sobre la losa, otro método es pasar con las cañerías por un shaf y luego distribuirla por los muros y así evitarnos daños mayores en el caso de una filtración futura en la losa.

En las cañerías de agua, tanto en las redes de agua potable como en las redes de calefacción central, deberán entregarse pruebas de presión con el fin de evitar alguna filtración en soldaduras defectuosas u otro desperfecto, estas pruebas deben ser decepcionadas con por lo menos un día de anticipación al llenado de la losa, ya que en el caso de filtraciones se detectarían sobre la losa.



Fotografía N° 19 Canalización agua potable.

3.1.4.3 Canalización sanitaria

La red sanitaria o alcantarillado se puede resolver de tres maneras. Cuando la canalización se encuentra en el sentido de las viguetas se ejecuta sacando una corrida de bovedillas y produciendo una viga falsa para así lograr entregar una pendiente necesaria para las descargas , si el trazado es perpendicular al sentido de las viguetas ,la solución es pasar las descargas bajo las viguetas ,produciendo una viga falsa.

- Si se desea dejar la canalización incluida en la losa esta se debe realizar utilizando una vigueta de mayor alto (21.5 cm.) lo que nos dará un espesor final de 24 a 26 cm. De esta forma se podrían pasar tubos por entremedio de la armadura de acero de las viguetas.

- Otra forma de resolver esto es perforando directamente las bovedillas según el diámetro de los tubos de descarga dejando estas pasadas hasta el momento de llenar la losa de hormigón y trabajando bajo la losa y posteriormente cubriendo toda la instalación con un cielo falso, tal como se aria en una losa tradicional, este método se recomienda ya que es el de mejor control y fácil inspección a la hora de existir algún tipo de filtración.



Fotografía N° 20 Canalización sanitaria.



Fotografía N° 21 Perforación sanitaria correcta en bovedilla.

3.1.5 Instalación de malla de sobrelosa y refuerzos horizontales

Luego de terminadas las canalizaciones e instalaciones sobre la losa, se procede a la instalación de la malla de la sobrelosa y a la instalación de los refuerzos siguiendo las instrucciones señaladas en planos y en las especificaciones del montaje.

La instalación de la malla debe de sobrepasar por lo menos en 20 cm. en su perímetro para quedar ancladas dentro de las vigas y cadenas de manera que los esfuerzos se transmitan a ellas. Las mallas se deben traslapar por lo menos en 20cm aproximadamente. Estas mallas actualmente poseen barras más delgadas en su perímetro de tal manera que así se evita al traslaparlas que estas dupliquen la sección. Todas las uniones entre mallas de deben reforzar con alambre N° 18.

En este tipo de instalación de malla de sobrelosa no se requiere de separadores o de tacos para levantar la malla ya que el diseño de las viguetas supera en altura a las bovedillas obteniéndose así una separación apropiada. La instalación de esta malla evita la retracción, en conjunto con las viguetas forma una sección resistente absolutamente monolítica permitiendo que la losa se comporte como un diafragma rígido.



Fotografía N° 22 Instalación malla ACMA de sobrelosa.



Fotografía N° 23 Encuentro malla de sobrelosa con cadena.

3.1.6 Hormigonado

Lo primero que se debe considerar es si la losa será llenada por completo o solo una parte de ella, si esta se realizara de manera interrumpida se deberá dejar señalado los lugares mas adecuados para las juntas de hormigón.

La mejor solución o la mas recomendada es dejar la junta de hormigón paralela a las viguetas y en la mitad del tramo de las bovedillas, otra alternativa es la de dejar la junta perpendicular a la vigueta la cual se debe dejar entre el primer quinto y el primer tercio de luz evitando siempre cortes de losa en los lugares de mayor esfuerzo como son los apoyos.

El trabajo mas optimo y recomendado es el de llenar la losa en forma completa si el metraje así lo permite.

Un aspecto que debe quedar muy bien medido es el de la instalación de las guías, que permitirán el correcto desplazamiento de las reglas, la mejor solución para esto es la de dejar los moldajes exteriores de las vigas y cadenas a la altura de la sobrelosa terminada, en el caso de viviendas de dos pisos con tabaquería en madera, así al momento de vaciar el hormigón tendremos un limite mas exacto de llenado, para evitar desniveles se fabricaran tacos de madera de 5cm de alto que se dejaran amarrados con alambre 18 sobre las bovedillas, de tal forma que permitan ayudar a pasar mejor la regla en luces amplias obteniendo así un apoyo , este taco de madera , luego de haber pasado la regla, deberá ser retirado.

Con respecto a la circulación de los carretilleros esta se deberá hacer con tablones de madera de 2"x10" y que se encuentren ojala apoyadas sobre las viguetas ya que si apoyamos sobre las bovedillas corremos el riesgo que las que se hayan instalado con algún tipo de fractura se terminen derrumbando, atrasando las labores de llenado y desconcentrando a los trabajadores al mismo tiempo de deberá designar a

dos trabajadores que vuelvan a instalarla la bovedilla por debajo de la losa o simplemente instalando un tablero de terciado y alzaprímándolo.

Por ultimo antes de comenzar con el llenado de la losa se deberá mojar toda la superficie de tal manera que esta quede saturada de agua y así absorba menor cantidad de humedad de la mezcla.

El hormigonado de la sobrelosa se debe realizar conjuntamente con el llenado de las vigas y cadenas, las que deberán ser vibradas apropiadamente igual que en una losa tradicional.

Para el acceso a la losa si es que no se posee una cinta transportadora se deberá acceder a esta mediante una carrera, que será construida en terreno y que permita un cómodo asenso de los carretilleros y así evitar esfuerzos innecesarios. Esta carrera deberá ser de un ancho de tres piezas o tablones de 10" y tener por lo menos en uno de sus lados una baranda que permita apoyarse para prevenir algún tipo de accidente durante el desplazamiento.

Las obras en que el llenado se efectuó mediante un camión mezclador , se deberá contar con el personal adecuado para que un camión no tarde mas de 1 hrs. y 15 minutos en vaciar su contenido de esta forma tendremos una mezcla con sus propiedades inalteradas y optimas para el trabajo.

El hormigón de sobrelosa, de acuerdo a la norma NCH 170 of.86 debe ser H-25 con un 90% del nivel de confianza ($R_{28} > 250 \text{Kg/cm}^2$) vaciado en obra, con un tamaño máximo de los áridos de $\frac{3}{4}$ " y razón agua cemento de 0.6 ($R_{a/c} = 0.6$) y un descenso del cono no superior a 6.



Fotografía N° 24 Carrera y camión premezclado.



Fotografía N° 25 Acarreo hormigón por carrera.



Fotografía N° 26 Cuadrilla de carretilleros.



Fotografía Nº 27 Vaciado de hormigón sobre losa.



Fotografía Nº 28 Regla esparcidora.



Fotografía Nº 29 Platachado losa.



Fotografía Nº 30 Losa concretada en bruto.

La prioridad al momento de llenar será en los sectores de vigas y cadenas ya que estas son las que necesitan ser más vibradas al momento de llenarlas y así les daremos espacio a los trabajadores para que pasen sus reglas desde afuera y vallan platachando en forma más cómoda. En las áreas en donde existan las instalaciones de los tubos conduit eléctricos se deberá tener mucho cuidado en no quebrarlos y llenarlos con mezcla ya que esto podría entorpeces mucho las futuras obras de instalaciones.

Una ves terminado con las labores de llenado de la sobrelosa, se deberán trazar con lienzas los ejes de los futuros tabiques divisores, para luego instalar los espárragos que en donde se amarraran las soleras.

En el caso de haber realizado una junta de hormigonado, después de que el hormigón a adquirido un cierto grado de resistencia se debe retirar el moldaje de la junta y puntear y escobillar la zona para darle una mayor rugosidad que permita la adherencia entre hormigones de distintas edades.

Es de suma importancia controlar el curado del hormigón para mantener un estado de humedad permanente y obtener de esta forma, un hormigón de gran calidad y sin trizaduras, si este llenado se realiza en días muy soleados es importante

entregarle a la mezcla una ración de cal hidráulica que permita retardar un poco el proceso de fraguado.

3.1.7 Retiro de alzaprimas

Se efectuara cuando el hormigón alcanza el 80% de su resistencia, este tiempo se estima aproximadamente en 10 días, para las luces mayores a 4.2 mt en donde se requieren 3 o mas alzaprimas, se deben retirar los alzaprimas de los extremos a los 7 días y los centrales a los 15 días.

En el caso de que se este utilizando algún aditivo o acelerador al hormigón los tiempos de fraguado disminuirán considerablemente.

3.1.8 Terminaciones superficiales

3.1.8.1 Enlucido

Una de las ventajas de este sistema es el excelente acabado entre las viguetas y las bovedillas las que entregan una superficie casi plana y con la suficiente porosidad para obtener una adherencia suficiente para poder enlucirlas solo con yeso.



Fotografía N° 31 Enlucido losa con yeso 1.



Fotografía N° 32 Enlucido losa con yeso 2.



Fotografía N° 33 Enlucido terminado en cielo.

3.1.8 Anclajes y fijaciones

Si se quiere anclar un tabique de madera, para esto se debe instalar al momento de llenado de la losa un espárrago de fe 8mm dentro de la carpeta de hormigón. En el caso que no se pueda o que se modifiko algo en el proyecto, se podrán instalar pernos Hilti sobre la losa, esto no tiene mayor conflicto, solo considerar que la losa tiene 5 cm. de espesor y sobre las bovedillas no podremos sobrepasar esta medida ya que entraríamos a la cámara de aire.

En el caso de los cielos falsos se recomienda dejar anclajes en las cadenas o vigas así podremos instalar vigas maestras amarradas a esta.

Si se colocan cielos colgantes, los perfiles soportantes se afianzan a alambres galvanizados entre las viguetas hacia abajo y amarrados al fierro superior del Terliz. Se deben seguir las recomendaciones del fabricante de perfiles, en cuanto al diámetro largo y separación de dichos alambres.

CAPITULO IV: ESTUDIO COMPARATIVO

4.1 Estudio Comparativo, Losa Nervada TRALIX y Losa Tradicional, Diseños tipos.

La siguiente losa de entrepiso será analizada como una Losa Tradicional y como una Losa Nervada TRALIX. En los dos casos se tendrá como estructura soportante de las losas hormigón armado, pero para efectos de estudio, estos serán realizados sobre las losas y no sobre su estructura soportante.

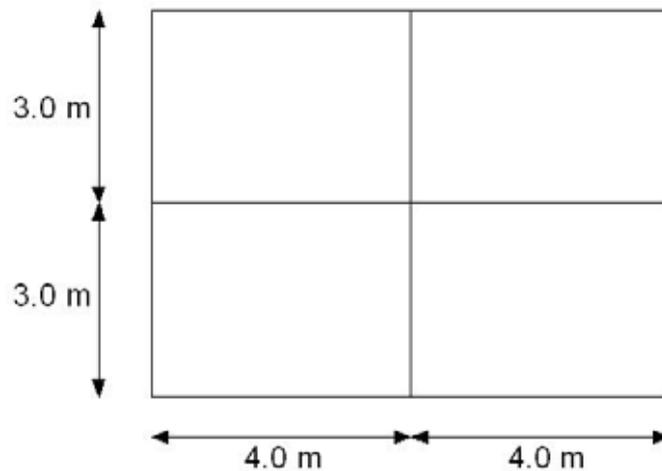
Los espesores para este análisis serán:

Losa Tradicional: 12 cm.

Losa TRALIX : 16 cm.(espesor superior por efectos de diseño)

Características de Losa Tradicional tipo:

- Losa de entrepiso
- Hormigón: H-25, $R_{28} = 250$ [Kg/m²]
- Espesor : 12 [cm.]



4.1.1 Diseño Losa Tradicional

- Solicitaciones:

Se considerara de uso común según Nch 1537. Uso habitacional

$$S_c = 200 [Kg/m^2]$$

- Materiales

Hormigón: $R_{28} > 250 [Kg/cm^2]$

Acero : A44 – 28H

- Cálculo y diseño de elementos

Hormigón: H- 25 $F_c = 200 [Kg/cm^2]$

Acero : A44-28H $F_y = 2.800 [Kg/cm^2]$

$q_d =$ Carga x Peso Propio

$q_l =$ Carga x Sobre Carga

$q_u =$ Carga ultima.

$$q_u = 1,4q_d + 1,7q_l$$

- Carga por peso propio de la Losa

$$q_d = 0,12[m] \times 2.500 [Kg/m^3]$$

$$q_d = 300 [Kg/m^2]$$

- Sobrecarga de Uso

$$q_l = 200 [Kg/m^2]$$

- Carga Última

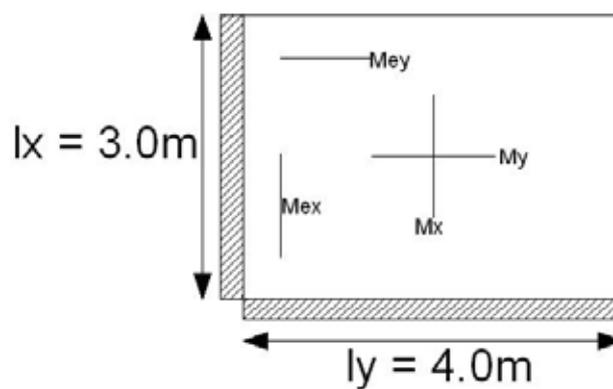
$$q_u = 1,4q_d + 1,7q_l$$

$$q_u = 1,4 \times 300 + 1,7 \times 200$$

$$q_u = 760 \text{ [Kg/m}^2\text{]}$$

- Cálculo de Momentos

Para este cálculo se considerara como si la losa estuviese empotrada en 2 de sus lados



Para una carga uniforme tenemos que:

$$K = q_u \times l_x \times l_y$$

$$e = l_y / l_x$$

$$K = 760 \times 3.0 \times 4.0 = 9.120\text{Kg}$$

Valores numéricos según **Czerny**:

$$e = 1,33$$

Entrando en la tabla interpolaremos por el resultado dado por “e”

$\epsilon =$	1	1,05	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,55	1,6	1,8	2
mx	40,2	38,3	36,3	34,6	34,8	34,2	33,8	33,6	33,5	33,4	33,3	33,3	33,4	34,8	35,8
my	40,2	43,1	46,2	49,4	52,8	57	61,9	66,7	71,3	75,5	79,6	53,3	33	114	120
mex	14,3	14,1	14	13,9	13,8	13,8	13,9	13,9	14	14,2	14,4	14,2	13,1	16	16,8
mey	14,3	14,6	15	15,3	15,7	16,1	16,6	17,1	17,6	18,1	18,6	19,1	19,6	21,8	24,4

$$mx = (33,8 + 33,6)/2 = 33,7$$

$$my = (61,9 + 66,7)/2 = 64,3$$

$$mex = (13,9 + 13,9)/2 = 13,9$$

$$mey = (16,6 + 17,1)/2 = 16,85$$

- Momentos con vértices sin distorsión

$$M_x = \frac{K}{mx} = \frac{9.120}{33,7} = 271 [Kg \times m]$$

$$M_y = \frac{K}{my} = \frac{9.120}{64,3} = 141,84 [Kg \times m]$$

$$M_{ex} = \frac{-K}{mex} = -\frac{9.120}{13,9} = -656,11 [Kg \times m]$$

$$M_{ey} = -\frac{K}{mey} = \frac{9.120}{16,85} = -541,25 [Kg \times m]$$

A continuación calculamos λ para ingresar a una nueva Tabla (Calculo de secciones sometidas a flexión)

Recubrimiento de Losa = 2 cm.

$$\sigma_{adm} = 0,6 \times 2800 = 1680$$

$$\lambda = \frac{100 \times 10^2}{M_x} \times 1,68$$

- Para $M_x = 271 [Kg \times m]$

$$\lambda = \frac{100 \times 10^2}{27,1} \times 1,68 = 620 ; \text{ Con este valor ingresamos a las Tablas. (Anexo A)}$$

$$\mu = 0,0018 \rightarrow \phi = \mu \times A = 0,0018 \times 1000 = 1,8 cm^2$$

$$\beta = 57,49 \rightarrow \sigma_b = \frac{1680}{57,49} = 29,22 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]; \text{ Tensión del Hormigón.}$$

$$\phi 8 = \frac{1,8}{0,5} = 3,6 \quad \Rightarrow \quad S = \frac{100}{3,6} = 27,7 \quad \Rightarrow \quad \phi 8mm @ 25cm$$

- Para $M_y = 141,84 [Kg \times m]$

$$\lambda = \frac{100 \times 10^2}{14,18} \times 1,68 = 1184,76 ; \text{ Con este valor ingresamos a las Tablas. (Anexo A)}$$

$$\mu = 0,0009 \rightarrow \phi = \mu \times A = 0,0009 \times 1000 = 0,9 cm^2$$

$$\beta = 84,10 \rightarrow \sigma_b = \frac{1680}{84,10} = 19,98 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]; \text{ Tensión del Hormigón.}$$

$$\phi 8 = \frac{0,9}{0,5} = 1,8 \quad \Rightarrow \quad S = \frac{100}{1,8} = 55,6 \quad \Rightarrow \quad \phi 8mm @ 50cm$$

- Para $M_{ex} = -656,11 [Kg \times m]$

$$\lambda = \frac{100 \times 10^2}{65,61} \times 1,68 = 256,05 ; \text{ Con este valor ingresamos a las Tablas. (Anexo A)}$$

$$\mu = 0,0044 \rightarrow \phi = \mu \times A = 0,0044 \times 1000 = 4,4 cm^2$$

$$\beta = 31,47 \rightarrow \sigma_b = \frac{1680}{31,47} = 53,38 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]; \text{ Tensión del Hormigón.}$$

$$\phi 8 = \frac{4,4}{0,5} = 8,8 \quad \Rightarrow \quad S = \frac{100}{8,8} = 11,3 \quad \Rightarrow \quad \phi 8mm @ 10cm$$

- Para $Mey = -541,25 [Kg \times m]$

$$\lambda = \frac{100 \times 10^2}{54,125} \times 1,68 = 310,4 ; \text{ Con este valor ingresamos a las Tablas. (Anexo A)}$$

$$\mu = 0,0036 \rightarrow \phi = \mu \times A = 0,0009 \times 1000 = 3,6 \text{ cm}^2$$

$$\beta = 38,76 \rightarrow \sigma_b = \frac{1680}{38,76} = 43,3 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]; \text{ Tensión del Hormigón.}$$

$$\phi 8 = \frac{3,6}{0,5} = 7,2 \quad \Rightarrow \quad S = \frac{100}{7,2} = 13,9 \quad \Rightarrow \quad \phi 8 \text{ mm @ } 10 \text{ cm}$$

4.1.2 Diseño Losa Nervada Tralix

El siguiente diseño de la Losa fue elaborado mediante método de diseño entregado por la empresa TRALIX.

- Antecedentes

Acero de Viguetas : AT56-50H

Acero de refuerzo : A44-28H

Hormigón : H25

Altura de Bovedilla : 11[cm.]

Espesor de sobrelosa: 5[cm.]

Peso Propio losa : 275[Kg/m²]

Terminación : 125[Kg/ m²]

- Cargas de Trabajo:

$$Qa = 275 + 200 + 125 [Kg / m^2] \quad \Rightarrow \quad Qa = 600 [Kg / m^2]$$

$q_d = \text{Carga x Peso Propio}$

$q_L = \text{Carga x Sobre Carga}$

$q_U = \text{Carga ultima.}$

$$q_u = 1,4q_d + 1,7q_l \quad \Rightarrow \quad Qu = 900 [Kg / m^2]$$

- Carga por peso propio de la losa [q_d]

$$q_d = 275 + 125 [Kg / m^2]$$

$$q_d = 400 [Kg / m^2]$$

- Sobrecarga de uso:

$$ql = 200 [Kg / m^2]$$

Para el calculo de la Losa, esta se considerara como una viga continua simplemente apoyada en sus extremos de 1.00[m] de ancho.

Longitud de Viga: 3.00 [m]

Datos:

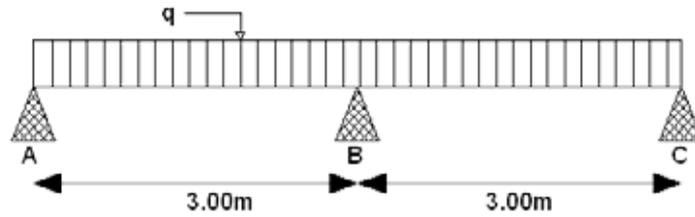
$$L = 3.00 [m]$$

$$Sc = 200 [Kg / m^2]$$

$$Pp = 275 [Kg / m^2]$$

$$TER = 125[Kg / m^2]$$

$$q = 600[Kg / m^2]$$



• Cálculo de esfuerzos:

$$M_b = \frac{-q[(l_{ab})^2 + (l_{bc})^3]}{8 \times (l_{ab} + l_{bc})} = \frac{-600 \times [27 + 27]}{8 \times 6} = \frac{-32.400}{48} = -675[Kg \times m]$$

$$Q_A = Q_C = \frac{(l_{AB} \times q)}{2} + \left(\frac{M_B}{l_{AB}} \right) = \frac{3 \times 600}{2} + \frac{-675}{3} = \frac{1800}{2} - \frac{675}{3} = 900 - 225$$

$$Q_A = Q_C = 675[Kg]$$

$$M_{AB}^+ = M_{BC}^+ = \frac{Q^2}{2 \times 9} = \frac{675^2}{2 \times 600} = \frac{455.625}{1.200} = 379,6875[Kg \times m]$$

$$M^{-1} = 0$$

$$M^+ = 379,6875[Kg \times m]$$

$$M^{-2} = -675[Kg \times m]$$

$$M^+ = 379,6875[Kg \times m]$$

$$M^{-3} = 0$$

- Determinación de viguetas

Para el primer Tramo A-B Ingresamos en la tabla (**Anexo B**) con una sobrecarga de $350[Kg \times m^2]$, este valor lo obtenemos de un aproximado de la suma de la Sobrecarga + Terminación.

De esta manera ingresamos a la tabla con la altura de platabanda, espesor de sobrelosa, luz libre. Con la información anterior es posible ubicarse en la línea apropiada y avanzando en forma horizontal hasta que la luz libre admisible iguale o supere a la luz real.

$$M^+ = 379,6875[Kg \times m] \Rightarrow \text{Luz} = 300\text{cm} \Rightarrow \text{Vigueta V04}$$

- Suples de Continuidad

Teniendo en consideración los mismos datos que utilizamos para ingresar a la tabla anterior, ingresaremos a la tabla (**Anexo C**), la cual nos entrega los siguientes datos:

$$M^{-2} = -675[Kg \times m]$$

-Enfierradura para Suples de Continuidad:

$$2 \text{ fe } \phi 12\text{mm} \times \text{Vigueta.}$$

-Longitud de Suples de Continuidad:

Se considerara la siguiente aproximación a ambos lados del apoyo:

0,35 de la luz a eje, sin considerar anclaje.

$$0,35 \times 3,05 \times 2 \approx 2,13[m]$$

4.2 Estudio Comparativo

Para este estudio comparativo se consideraran 6 variables al momento de evaluar una losa de hormigón armado debido a la importancia que poseen y la incidencia directa que tienen en el costo directo de ella.

Las variables son:

- Moldaje
- Alzaprimado
- Enfierradura
- Hormigón
- Mano de obra
- Tiempo

Estas variables serán analizadas tanto para el sistema tradicional como para el sistema TRALIX. Todas las cubicaciones serán realizadas de acuerdo al diseño anteriormente realizado.

A continuación se determinaran las cantidades totales de materiales que se emplearan en ambos sistemas constructivos, y además se obtendrá el rendimiento de ellos.

4.2.1 Moldajes

- Losa tradicional

El moldaje a utilizar en una losa tradicional se compone de un tablero de terciado contrachapado de 18 mm de espesor, el cual soporta y recibe el hormigón.

Material	Unid	Total	Rendimiento
Tablero Terciado 18 mm 1,22 x 2,44	Tablero	16	0,34 tablero/m2
Desmoldante 1:20	Lt	0,6	0,0125Lt/m2
Rodillo Chiporro 18 cms.	Unid.	0,048	0,001Rod/m2

- Losa TRALIX

En el sistema TRALIX, el moldaje es muy diferente al de la losa tradicional, dado que no se trata de una estructura externa a la losa, sino que el moldaje es la propia estructura resistente que la conforma y que consiste en viguetas y bovedillas superpuestas entre si.

Material	Unid	Total	Rendimiento
Vigueta 4T-3,00m	Un	20	0,42 Viguetas/m2
Bovedilla de hormigon	Un	318	6,63 Bovedillas/m2

4.2.2 Alzaprimado

- Losa tradicional

El alzaprimado de la losa se compone de un reticulado formado por piezas de madera de escuadria de 3" x 3", el cual soporta los tableros de terciado contrachapado.

Las piezas que reciben directamente el tablero, llamadas "costillas", van distanciadas a 0.6 [m] entre si y descansan sobre las líneas de alzaprimado o soleras dispuestas a 0.90 [m].

Todo este conjunto o reticulado se sostiene por alzaprimas metálicos telescopicos dispuestos a lo largo de las líneas de alzaprimado o con piezas de madera de escuadria 4x4x2.4mt, cada 0.75 [m].

Material	Unid	Total	Rendimiento
Pino Bruto 3x3x3,20	Pza	48	1 Pza./m2
Pino Bruto 2x8x3,20	Pza	13	0,27 Pza/m2
Clavos 3"	Kg	5,3	0,11 Kg/m2
Alzaprimas metalicas	Unid.	80	1,66 Alzap./m2

Material	Unid	Total	Rendimiento
Pino Bruto	Pulg	56,9	1,33 Pulg/m2
Clavos 3"	Kg	5,3	0,11 Kg/m2
Alzaprimas metalicas	Unid.	80	1,66 Alzap./m2

- Losa TRALIX

El alzaprimado preparado para recibir la losa TRALIX se conforma mediante líneas de alzaprimado dispuestas cada 1.40 mt, las cuales se componen de una viga de pino bruto de 2"x6", la cual transmite los esfuerzos a alzaprimas metálicas ubicados cada 1.50m, o en su defecto pies derechos de 4"x4" de escuadria. Los alzaprimas o pies derechos descansan sobre una pieza de madera de 2"x8" de escuadria.

Material	Unid	Total	Rendimiento
Pino Bruto 2x6x3,20	Pza	15	0,313 pza./m2
Pino Bruto 2x8x3,20	Pza	15	0,313 pza./m2
Clavos 3"	Kg	1,9	0,038 Kg/m2
Alzaprimas metalicas	Unid.	36	0,75 alzap./m2

Material	Unid	Total	Rendimiento
Pino Bruto	Pulg	42	0,875 Pulg/m2
Clavos 3"	Kg	1,9	0,038 Kg/m2
Alzaprimas metalicas	Unid.	36	0,75 Alzap./m2

4.2.3 Enfierradura

- Losa Tradicional

Acero A44-28H

Material	Long.(m)	Cant.	ML	Kg./ML	Kg.
FeØ8mm	6,60	28	184,8	0,395	72,996
FeØ8mm	2,00	45	90	0,395	35,55
FeØ8mm	8,60	21	180,6	0,395	71,337
FeØ8mm	2,66	25	66,5	0,395	26,2675
FeØ8mm	8,00	21	168	0,222	37,296
TOTAL					243,4465

Total = 243,4465 Kg.

Rendimiento = 5,07 Kg. / m²

Alambre negro # 18

Total = 4,34 (Kg)

Rendimiento = 0,09 Kg. /m²

Resumen:

Material	Unid	Total	Rendimiento
Acero A44-28H	Kg.	243,5	5,07 Kg./m ²
Alambre negro#18	Kg.	4,34	0,09 Kg./m ²

- Losa TRALIX

Malla Acma (Acero At-56-50H)

Dimensiones: 150x150x4, 2mm; 2,66x5, 00mt

Total = 5 mallas

Rendimiento = 0,075 mallas/m²

Suples de continuidad (Acero a44-28H)

Material	Long.(m)	Cant.	ML	Kg./ML	Kg.
FeØ10mm	2,10	60	126	0,617	77,742

Rendimiento = 1,62 Kg./ m²

Alambre negro # 18

Total = 1,32(Kg)

Rendimiento = 0,028 Kg/ m²

Resumen

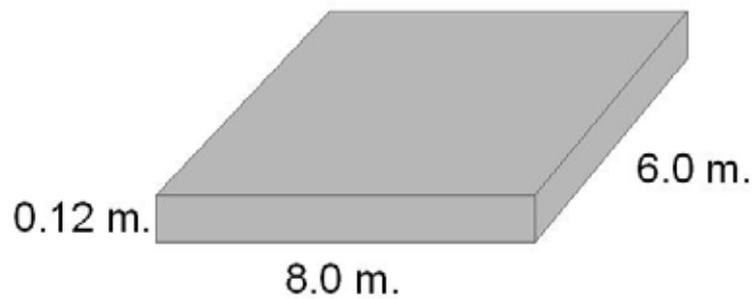
Material	Unid	Total	Rendimiento
Malla Acma Tipo C-92 150x150x4,2mm	Malla	5	0,1 malla/m2
Acero A44-28H (FeØ10mm)	Kg.	77,74	1,62 Kg./m2
Alambre negro # 18	Kg.	1,62	0,028 Kg./m2

4.2.4 Hormigón

El hormigón a considerar en ambos tipos de losa es del tipo H-25 con un nivel de confianza del 90%.

- Losa Tradicional

Hormigón: H-25 $R_{28} \geq 250$ [Kg./cm²]



Volumen de Hormigón: 4,80[m³]

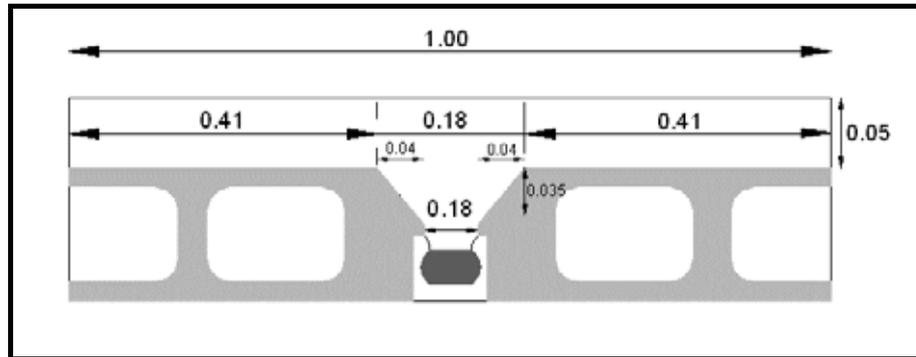
Rendimiento: 0,10 m³/m²

- Losa TRALIX

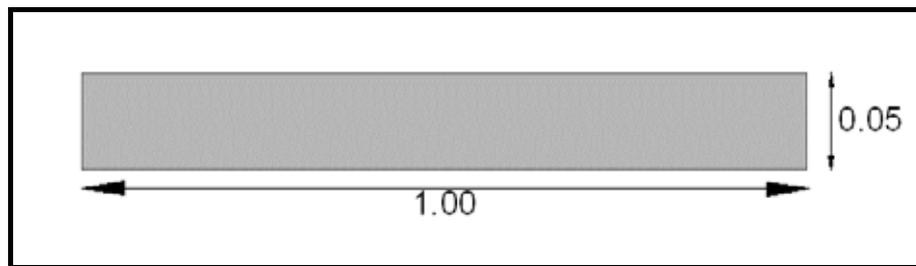
El hormigón a considerar es el que corresponde al hormigón de sobrelosa, la cual tiene un espesor de 5[cm.].

Para obtener el volumen total de hormigón requerido, se debe determinar el factor de multiplicación debido a la geometría que posee la losa. Este factor corresponderá a los m³ de hormigón por 1 m² de losa.

Para 1 m² de losa, tenemos:



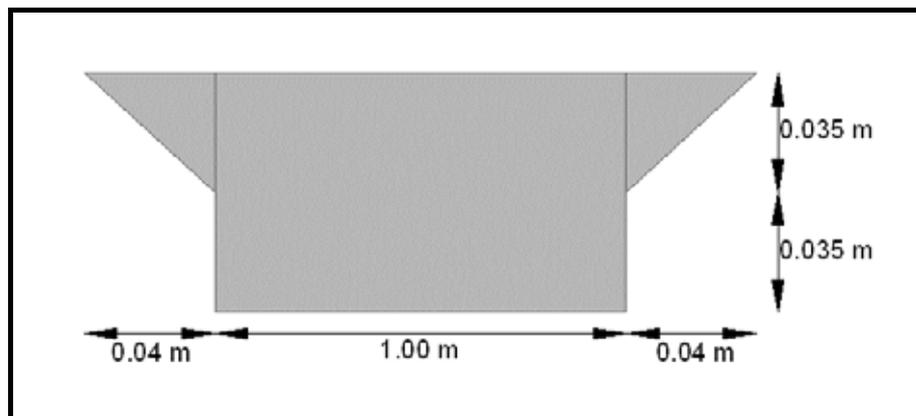
Volumen sección 1:



Sección 1 = 0,05 [m²]

Volumen 1 = 0,05 [m³]

Volumen sección 2:



$$\text{Sección 2} = 0,035 \times 0,04 + 0,10 \times 0,07 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$\text{Sección 2} = 0,0084 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$\text{Volumen 2} = 0,0084 \text{ [m}^3\text{]}$$

Factor Volumétrico:

$$\text{Volumen Hormigón x m}^2 \text{ de losa} = 0,05 + 0,0084 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\text{Volumen Hormigón x m}^2 \text{ de losa} = 0,0584 \text{ [m}^3\text{]}$$

Volumen hormigón sobrelosa:

$$\text{Hormigón H-25 sobrelosa} = 48 \text{ [m}^2\text{]} \times 0,0584 \text{ [m}^3\text{/ m}^2\text{]}$$

$$\text{Hormigón H-25 sobrelosa} = 2,80 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\text{Rendimiento} = 0,0583 \text{ [m}^3\text{/ m}^2\text{]}$$

4.2.5 Mano de Obra

El siguiente estudio pretende determinar la cantidad de personas que involucra cada uno de los sistemas constructivos y el grado de especialización de el.

- Losa Tradicional

Para analizar el personal involucrado en la confección de la losa por el método tradicional, el proceso lo dividiremos en:

1. Moldaje y Alzaprimado
2. Enfierradura
3. Hormigonado

1. Moldaje y Alzaprimado:

Abarca la confección y preparación del moldaje, la colocación del moldaje y alzaprimado y posteriormente el descimbre del moldaje. Se emplean 2 carpinteros + un ayudante.

2. Enfierradura:

La dividimos en confección de la enfierradura de la losa y la colocación de ella. Se utilizan 1 enfierrador +2 ayudantes.

3. Hormigonado:

Comprende solamente la faena de hormigonado y no la confección de el, ya que para este estudio se considerara la entrega de hormigón premezclado en la obra.

Se emplean 9 jornales los cuales forman una cuadrilla de hormigonado, que se distribuyen de la siguiente manera:

- 1 Operador de la dosificadora del camión de premezclado.
- 1 Operador del vibrador.
- 2 Platacheros
- 3 Carretilleros
- 2 Paleros

• Losa TRALIX

El personal involucrado en la confección de la losa mediante el sistema TRALIX, se distribuye en las siguientes actividades:

1. Colocación de viguetas y bovedillas.
2. Alzaprimado.
3. Enfierradura.
4. Hormigonado.

1. Colocación de viguetas y bovedillas:

Para la colocación de las viguetas y bovedillas se requiere de un trazador o carpintero + 2 jornales. El trazador o carpintero se requiere para indicar la posición de la primera vigueta e ir verificando la correcta instalación, a continuación los jornales irán instalando las bovedillas y viguetas una a continuación de la otra.

2. Alzaprimado:

El alzaprimado de la losa o más bien dicho de las viguetas es realizado por 1 carpintero y 1 jornal.

3. Enfierradura:

La enfierradura de la losa TRALIX, comprende la colocación de la malla de sobrelosa y el amarre de ella. Además se contempla la confección de suples de continuidad. Esta labor es realizada por 1 jornal y 1 ayudante de enfierrador.

4. Hormigonado:

La faena de hormigonado posee las mismas características que en el hormigonado de la losa tradicional. Se emplean 9 jornales.

4.2.6 Tiempo

El estudio del tiempo empleado en la confección de la losa por cualquiera de los dos métodos, implica determinar los rendimientos de la mano de obra y la secuencia de las actividades.

Primeramente, se determinaran los rendimientos de las diferentes actividades y luego se realizara una programación de las diferentes actividades y luego se realizara una programación de las actividades en el tiempo de acuerdo a la secuencia lógica que posean. Posteriormente, se asignara a cada una de las actividades la duración estimada.

De esta manera, se obtendrá una programación de todo el proceso mediante el método de ruta crítica PERT y en base a el, se obtendrá el tiempo total requerido para la confección de la losa por ambos métodos.

- Losa Tradicional:

Identificación de las actividades:

Anteriormente al realizar el estudio del personal a cargo del proceso, este fue dividido en 3 áreas, las cuales fueron: Moldaje y Alzaprimado, enfierradura y Hormigonado. Ahora, para determinar el tiempo requerido para llevar a cabo el proceso, identificaremos las actividades que involucran estas áreas, y además agregaremos la instalación de las canalizaciones.

AREA	ACTIVIDADES
Moldaje y alzaprimado	Colocacion de alzaprimado y moldaje Descimbre de moldaje
Enfierradura	Confeccion de enfierradura Colocacion de enfierradura
Hormigonado	Preparar carrera y moldaje Hormigonado de losa
Canalizaciones	Instalacion de canalizaciones

Determinación de rendimientos:

La determinación de los rendimientos fue obtenida en base a las observaciones realizadas en diferentes obras ubicadas en la ciudad de Valdivia.

Para determinar los rendimientos, se considerara que 1 día laboral equivale a 9 horas, cumpliendo de esta manera con las 45 horas semanales.

-Confección y colocación de alzaprimado y moldajes:

En la colocación del alzaprimado y los tableros de moldaje intervienen 2 carpinteros +1 ayudante, los cuales se demoran $\frac{1}{2}$ día en cubrir los 48m^2 de losa. Esto nos da un rendimiento de:

$$2 \text{ carpinteros} + 1 \text{ ayudante} = 0.01 \text{ día/m}^2$$

-Descimbre de moldaje:

Interviene el mismo personal que en la colocación del alzaprimado y moldaje, y se demoran $\frac{3}{4}$ día en descimbrar una losa de 48 m^2 los cuales nos da un rendimiento de:

$$2 \text{ carpinteros} + 1 \text{ ayudante} = 0.016 \text{ día/m}^2$$

Observación: El descimbre se debe realizar 15 días después de hormigonar.

-Confección de enfierradura:

En la confección de la enfierradura, trabajan 1 enfierrador y 2 ayudantes. La losa analizada necesita de aproximadamente 257kilogramos de enfierradura y en su confección el personal se demora $2 \frac{1}{2}$ días, resultando un rendimiento de:

$$1 \text{ enfierrador} + 2 \text{ ayudantes} = 0.0097 \text{ días/Kg} = 0.052 \text{ día/m}^2$$

-Colocación de enfierradura:

Para colocar y armar la enfierradura, el mismo personal que la confecciona invierte 1día

$$1 \text{ enfierrador} + 2 \text{ ayudantes} = 0.0039 \text{ día/Kg.}$$

-Preparar carrera:

La confección de la carrera se llevara a cabo por un carpintero y 2 jornales, los cuales invierten $\frac{1}{2}$ día de trabajo.

$$1 \text{ carpintero} + 2 \text{ ayudantes} = \frac{1}{2} \text{ día.}$$

-Hormigonado:

La faena de hormigonado en nuestro estudio se supondrá que es realizada mediante la entrega de hormigón premezclado y dispuesto en la losa por medio de una carrera por donde transitaran los carretilleros. El tiempo para llenar la losa es de 3 horas lo que equivale a 0.16 día. El rendimiento es de:

$$\text{Cuadrilla concretera} = 0.0068 \text{ día/ m}^2$$

-Instalación de canalizaciones:

Las canalizaciones consideradas son las de alcantarillado, agua potable y electricidad. Esta actividad es realizada por un gasfiter, un eléctrico y sus respectivos ayudantes. Ocupan aproximadamente en conjunto 2 días.

$$\text{Gasfiter + Eléctrico + ayudante} = 0.042 \text{ día/m}^2$$

Duración de las actividades:

Las duraciones de las actividades se obtienen de los rendimientos determinados anteriormente.

ACTIVIDADES	DURACION [día]
Confeccion y colocacion de moldaje y alzaprímado	0,5
Descimbre de moldaje	0,77
confeccion de enfierradura	2,5
Colocacion de enfierradura	0,5
Preparar carrera de hormigonado	0,05
Hormigonado de la losa	0,1
Instalacion de canalizaciones	1

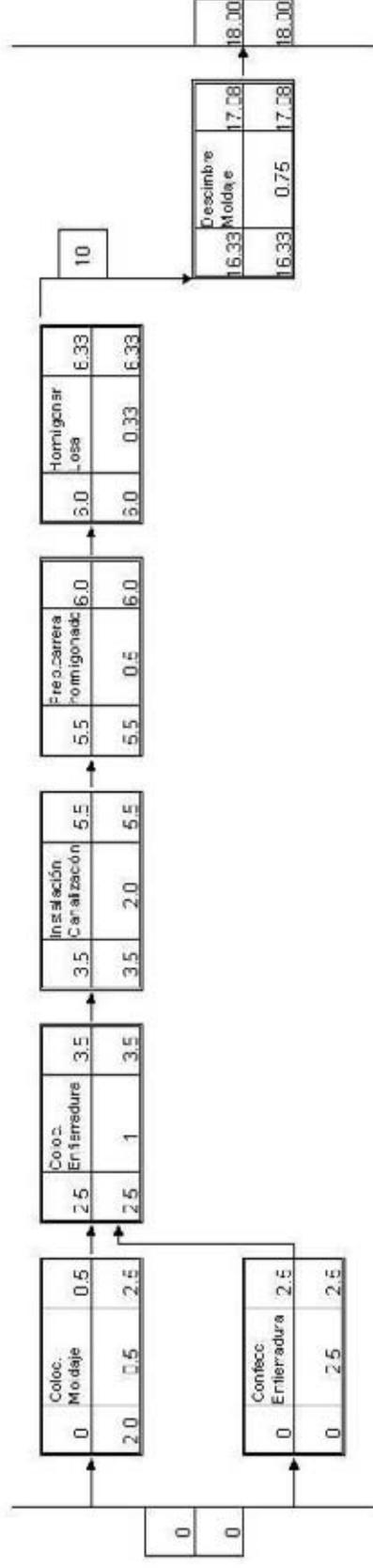
Calculo del tiempo total requerido:

El cálculo del tiempo requerido para realizar la programación se ara mediante el método de PERT, determinando fechas tempranas y tardías correspondientes al inicio y fin de actividades.

La programación se representara mediante un diagrama de bloques en el cual, cada bloque corresponde a una actividad y las flechas a la secuencia entre actividades.

En cada bloque se indica el momento o código de la actividad, su duración y sus respectivas fechas de inicio y termino.

**PROGRAMACIÓN PERT:
Confecion de losa tradicional**



Unidad de tiempo: Día
 Duración de programa: 17.03 días = 18 días

- Losa TRALIX

Identificación de las actividades:

Anteriormente, al realizar el estudio del personal a cargo del proceso, este fue dividido en 4 áreas, las cuales fueron: Colocación de viguetas y bovedillas, Alzaprimado, Enfierradura y Hormigonado. Ahora para determinar el tiempo requerido para llevar a cabo el proceso, identificaremos las actividades que involucran estas áreas, y además agregaremos la instalación de las canalizaciones.

AREA	ACTIVIDADES
Coloc, de Viguetas y Bovedillas	Colocacion de viguetas y bovedillas Confeccion y coloc, de alzaprimado Retiro de alzaprimas
Enfierradura	Confeccion de suples de continuidad Colocacion de enfierradura
Hormigonado	Preparar carrera y moldaje Hormigonado de losa
Canalizaciones	Instalacion de canalizaciones

Determinación de rendimientos:

La determinación de los rendimientos fue obtenida en base a las observaciones realizadas en diferentes obras ubicadas en la ciudad de valdivia.

Para determinar los rendimientos, se considerara que 1 día laboral equivale a 9 horas, cumpliendo de esta manera con las 45 horas semanales.

-Colocación de viguetas y bovedillas:

En la colocación de las viguetas y bovedillas intervienen 1 carpintero y 2 jornales, los cuales se demoraran $\frac{1}{2}$ día en armar los 48 m^2 de la losa. Esto nos da un rendimiento de:

$$1 \text{ Carpintero} + 2 \text{ jornales} = 0,0104 \text{ día/ m}^2$$

-Colocación y confección de alzaprimado:

En la colocación del alzaprimado intervienen 1 carpintero + 1 jornal, los cuales se demoran $\frac{1}{2}$ día en armar los 48 m^2 de la losa. Esto nos da un rendimiento de:

$$1 \text{ Carpintero} + 1 \text{ jornal} = 0,0104 \text{ día/ m}^2$$

-Retiro de alzaprimas:

En esta etapa de la faena intervienen el mismo personal que participa en la confección y colocación del alzaprimado, y se demoran 2 horas en descimbrar una losa de 48 m^2 , los cuales nos da un rendimiento de:

$$1 \text{ Carpintero} + 1 \text{ jornal} = 0,0046 \text{ día/ m}^2$$

Observación: El descimbre de la losa se debe realizar a los 12 días después de hormigonar.

-Confección de suples de continuidad:

En la confección de los suples de continuidad, trabajan 1 ayudante de enfierrador y 1 jornal. La losa analizada necesita de aproximadamente 78 Kg de enfierradura y en su confección el personal se demora 3 horas, las que equivalen a 0,33 día, resultando un rendimiento de.

$$1 \text{ Ayudante de enfierrador} + 1 \text{ jornal} = 0,00423 \text{ día/Kg} = 0,0068 \text{ día/ m}^2$$

-Colocación de enfierradura:

Contempla el amarre de los suples de continuidad y la colocación de la malla de sobrelosa. Intervienen 1 ayudante de enfierrador y 1 jornal, los cuales se demoran 3 horas en realizar su labor. Las 3 horas equivalen a 0,33 día. El rendimiento se expresara en m² y no en Kg como en la losa tradicional, ya que en este caso la enfierradura involucrada corresponde principalmente a malla del tipo ACMA.

$$1 \text{ Ayudante de enfierrador} + 1 \text{ jornal} = 0,0068 \text{ día/m}^2$$

-Preparación de carrera para acceder a la losa:

La confección de la carrera se llevara a cabo por un carpintero y 2 jornales, los cuales invierten ½ día de trabajo.

$$1 \text{ carpintero} + 2 \text{ ayudantes} = 0,0068 \text{ día/ m}^2$$

-Hormigonado:

La faena de hormigonado en nuestro estudio se supondrá que es realizada mediante la entrega de hormigón premezclado y dispuesto en la losa por medio de una carrera por donde transitaran los carretilleros. El tiempo para llenar la losa es de 1.5 horas lo que equivale a 0.16 día. El rendimiento es de:

$$\text{Cuadrilla concretera} = 0.0033 \text{ día/ m}^2$$

-Instalación de canalizaciones:

Las canalizaciones consideradas son las de alcantarillado, agua potable, calefacción central y electricidad. Estas actividades son realizadas por personal competente y calificado con sus respectivos ayudantes. Ocupan en conjunto aproximadamente 1 día.

$$\text{Gasfiter+Técnico en calefacción+Eléctrico y ayudantes} = 0,02 \text{ día/m}^2.$$

Duración de las actividades:

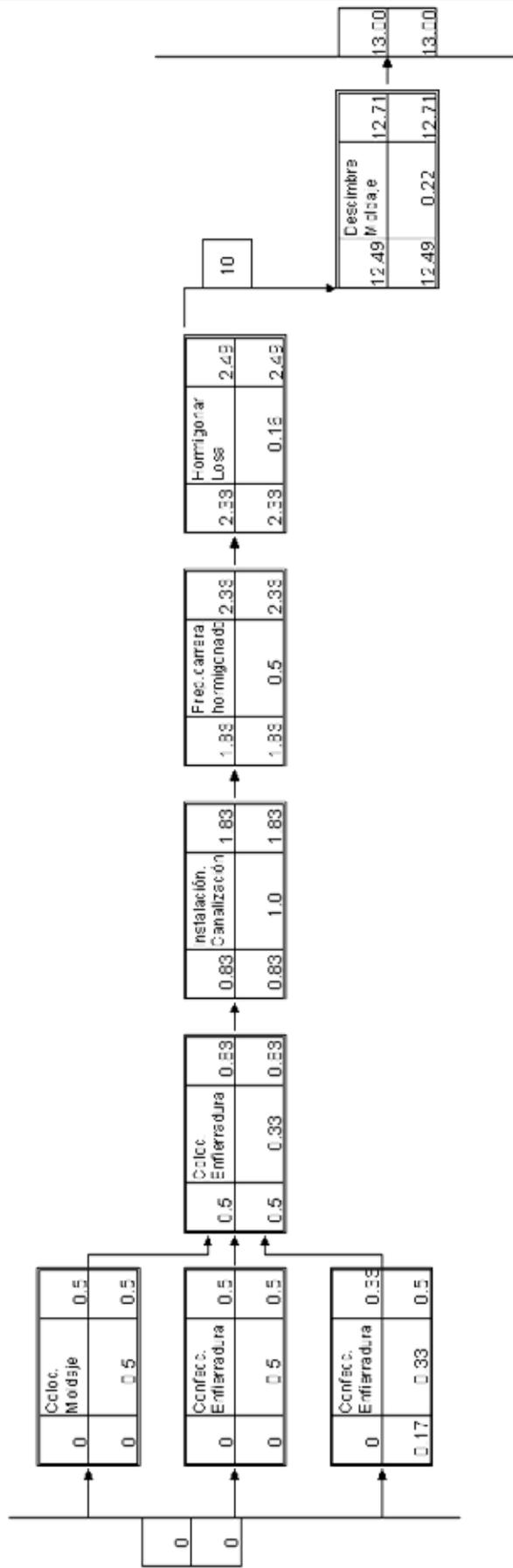
La duración de las actividades se obtiene de los rendimientos determinados anteriormente.

ACTIVIDADES	DURACION [día]
Colocacion de viguetas y bovedillas	0,5
Colocacion de alzaprimas	0,77
Retiro de alzaprimas	2,5
Confeccion de suples	0,33
Colocacion de enfierradura	0,33
Preparacion de carrera	0,5
Instalacion de canalizaciones	2
Hormigonado de losa	0,16

Calculo del tiempo total requerido:

El cálculo del tiempo requerido se realizara mediante el método de PERT de programación, determinando fechas tempranas y tardías correspondientes al inicio y fin de las actividades.

**PROGRAMACIÓN PERT:
Confeccion de losa TRALIX**



Unidad de tiempo : Día
Duración del programa : 12.71 días = 13 días

4.3 Evaluación de costos Losa Tradicional

4.3.1 Análisis de costos unitarios.

Consideraciones al realizar los costos unitarios:

1. Los precios mencionados corresponden a valores netos.
2. En el caso de los moldajes se consideraron 5 usos para la placa estructural de la losa tradicional, el resto del moldaje tal como las alzaprimas y otras maderas se consideraron nuevas o sin uso posterior. En el caso de utilización de maquinaria, el valor considerado es el que corresponde a lo que costaría arrendar dicho equipo.
3. Los valores que se consideraron en la mano de obra son los siguientes.

-Carpintero: \$ 10.000.

-Jornal : \$ 6.000.

-Enfierrador: \$ 12.000.

-Ayudante enfierrador: \$ 7.500.

4. El valor considerado para leyes sociales es de un 37 %
5. La jornada laboral es de 9 hrs. diarias, totalizando 45hrs semanales
6. La unidad de referencia utilizada para todos los análisis es de m², para mantener de esta forma una uniformidad de unidades.

Alzaprimado y moldajes:

Esta actividad contempla la confección y la instalación de moldajes y alzaprimas, incluyendo los materiales y mano de obra.

DESGLOSE DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO	Losa Tradicional			REGION :	Décima
PARTIDA :	Alzaprimado y Moldaje			COMUNA :	Valdivia
	UNID	CANT	P/UNIT	TOTAL/PARTIDA	
	m2	48	8.576	411.652	

ESPECIFICACIONES MATERIAL	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
Terciado estructural de 18 mm	Plancha	0,068	13770	936
Desmoldante 1:20	Lts	0,0125	1309	16
Rodillo chiporro 18cm	Unid.	0,001	890	1
Pino en bruto 3x3x3,2mt	Pulg	0,8	2150	1.720
Pino en bruto 2x8x3,2mt	Pulg	0,39	2500	975
Clavos de 3"	Kg	0,11	648	71
Alzaprimas (de 4x4x2,4mt)	Pulg	1,8	2500	4.500
A.TOTAL MATERIAL			\$	8.220

MANO DE OBRA	CANT.	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
Carpintero	2	Día	0,01	10000	200
Ayudante	1	Día	0,01	6000	60
Leyes sociales		%	37%		96
B.TOTAL MANO DE OBRA				\$	356

MAQUINARIA Y EQUIPO	CANT.	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
					0
					0
C.TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPOS				\$	0

SUBTOTAL UNIDAD TRATADA A+B+C	8.576
--------------------------------------	--------------

Confección de enfierradura:

Contempla la totalidad de la enfierradura, los materiales requeridos y la mano de obra.

DESGLOSE DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO	Losa Tradicional			REGION :	Décima
PARTIDA :	Confeccion de enfierradura			COMUNA :	Valdivia
	UNID	CANT	P/UNIT	TOTAL/PARTIDA	
	m2	48	3.066	147.159	
ESPECIFICACIONES MATERIAL					
	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL	
Acero A44-28H ø 8mm	Kg	4,3	225	968	
Acero A44-28H ø 6mm	Kg	0,777	225	175	
A.TOTAL MATERIAL			\$	1.142	
MANO DE OBRA					
	CANT.	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
Enfierrador	1	Día	0,052	12000	624
Ayudante	2	Día	0,052	7500	780
Leyes sociales		%	37%		519
B.TOTAL MANO DE OBRA			\$	1.923	
MAQUINARIA Y EQUIPO					
	CANT.	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
C.TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPOS			\$		
SUBTOTAL UNIDAD TRATADA A+B+C					3.066

Colocación de enfierradura:

Esta actividad contempla la colocación de la enfierradura, los materiales que la conforman y mano de obra.

DESGLOSE DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO	Losa Tradicional			REGION :	Décima
PARTIDA :	Colocacion de enfierradura			COMUNA :	Valdivia
	UNID	CANT	P/UNIT	TOTAL/PARTIDA	
	m2	48	1.526	73.250	
ESPECIFICACIONES MATERIAL					
	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL	
Separadores plasticos T-15	Unid	4,4	8	35	
Alambre negro # 18 (rollo 25 kg)	Kg	0,09	536	48	
A.TOTAL MATERIAL			\$	83	
MANO DE OBRA					
	CANT.	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
Enfierrador	1	Día	0,039	12000	468
Ayudante	2	Día	0,039	7500	585
Leyes sociales		%	37%		390
B.TOTAL MANO DE OBRA			\$	1.443	
MAQUINARIA Y EQUIPO					
	CANT.	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
					-
C.TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPOS			\$	-	
SUBTOTAL UNIDAD TRATADA A+B+C					1.526

Hormigonado Losa:

En este se incluye los materiales, la mano de obra y la maquinaria o equipos necesarios.

DESGLOSE DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO	Losa Tradicional			REGION :	Décima
PARTIDA :	Hormigonado losa			COMUNA :	Valdivia
	UNID	CANT	P/UNIT	TOTAL/PARTIDA	
	m2	48	5.724	274.750	
ESPECIFICACIONES MATERIAL					
	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL	
Hormigon premezclado H-25 (Premix	m3	0,1	51670	5.167	
A.TOTAL MATERIAL			\$	5.167	
MANO DE OBRA					
	CANT.	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
Cuadrilla concretera	1	Día	0,0068	56500	384
Leyes sociales		%	37%		142
B.TOTAL MANO DE OBRA			\$	526	
MAQUINARIA Y EQUIPO					
	CANT.	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
Vibrador de 45mm	1	Día	0,0068	4500	31
C.TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPOS			\$	31	
SUBTOTAL UNIDAD TRATADA A+B+C					5.724

Descimbre de moldaje:

Retiro de alzaprimas y tableros de losa.

DESGLOSE DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO	Losa Tradicional			REGION :	Décima
PARTIDA :	Descimbre de moldaje			COMUNA :	Valdivia
	UNID	CANT	P/UNIT	TOTAL/PARTIDA	
	m2	48	548	26.304	
ESPECIFICACIONES MATERIAL					
	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL	
					-
A.TOTAL MATERIAL				\$	-
MANO DE OBRA					
	CANT.	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
Carpintero	1	Día	0,016	10000	160
Ayudante	2	Día	0,016	7500	240
Leyes sociales		%	37%		148
B.TOTAL MANO DE OBRA				\$	548
MAQUINARIA Y EQUIPO					
	CANT.	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
					-
C.TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPOS				\$	-
SUBTOTAL UNIDAD TRATADA A+B+C					548

4.3.2 Análisis de costosMateriales

Costos materiales Losa Tradicional

COSTO MATERIALES LOSA TRADICIONAL				
ESPECIFICACIONES MATERIALES	UNID	CANT	P/UNIT	TOTAL/PARTIDA
Alzaprimado y Moldaje	m ²	48	8.220	394.560
Enfierradura	m ²	48	1.226	58.848
Hormigon	m ²	48	5.167	248.016
TOTAL MATERIAL			\$	701.424

Resumen costos materiales Losa Tradicional

RESUMEN COSTO MATERIALES LOSA TRADICIONAL	
Costo materiales losa tradicional (48 mt ²)	701.424
Corto unitario materiales (\$/mt ²)	14.613

Mano de obra

Costos mano de obra Losa Tradicional

COSTO MANO DE OBRA LOSA TRADICIONAL

MANO DE OBRA	UNID	CANT	P/UNIT	TOTAL/PARTIDA
Alzaprimado y Moldaje	m ²	48	904	43.392
Enfierradura	m ²	48	3.366	161.568
Hormigon	m ²	48	526	25.248
TOTAL MANO DE OBRA			\$	230.208

Resumen costos mano de obra Losa Tradicional

RESUMEN COSTO MANO DE OBRA LOSA TRADICIONAL

Costo mano de obra losa tradicional (48 mt ²)	230.208
Corto unitario mano de obra (\$/mt ²)	4.796

Costo total confección Losa Tradicional

COSTO TOTAL CONFECCION LOSA TRADICIONAL

ESPECIFICACIONES	UNID	CANT	P/UNIT	TOTAL/PARTIDA
Alzaprimado y Moldaje	m ²	48	9.124	437.952
Enfierradura	m ²	48	4.592	220.416
Hormigon	m ²	48	5.724	274.752
TOTAL			\$	933.120

RESUMEN COSTO LOSA TRADICIONAL

Costo confeccion losa (48 m ²)	933.120
Costo unitario confeccion losa (\$/m ²)	19.440

4.4 Evaluación de costos Losa Tralix.

4.4.1 Análisis de costos unitarios.

Se mantienen las mismas consideraciones que en el sistema de Losa Tradicional.

1. Los componentes de la losa tanto las viguetas como las bovedillas son suministradas directamente por la empresa TRALIX, los precios a continuación incluyen el transporte.

Alzaprimado:

Contempla la colocación e instalación de materiales y su mano de obra.

DESGLOSE DE PRESIOS UNITARIOS						
PROYECTO	Losa Tralix				REGION :	Décima
PARTIDA :	Alzaprimado				COMUNA :	Valdivia
	UNID	CANT	P/UNIT	TOTAL/PAR		
	m2	48	4.112	197.356		
ESPECIFICACIONES MATERIAL						
	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL		
Pino en bruto 2x6x3,2mt	Pulg	0,33	2300	759		
Pino en bruto 2x8x3,2mt	Pulg	0,44	2500	1.100		
Clavos 3"	Kg	0,038	648	25		
Alzaprimas (de 4x4x2,4mt)	Pulg	0,8	2500	2.000		
A.TOTAL MATERIAL			\$		3.884	
MANO DE OBRA						
	CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL	
Carpintero	1	Día	0,0104	10000	104	
Jornal	1	Día	0,0104	6000	62	
Leyes sociales		%	37%		62	
B.TOTAL MANO DE OBRA			\$		228	
MAQUINARIA Y EQUIPO						
	CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL	
					0	
					0	
C.TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPOS			\$		0	
SUBTOTAL UNIDAD TRATADA A+B+C						4.112

Colocación de viguetas y bovedillas:

Contempla la instalación y su mano de obra.

DESGLOSE DE PRESIOS UNITARIOS					
PROYECTO	Losa Tralix			REGION :	Décima
PARTIDA :	Instalación de viguetas y bovedillas			COMUNA :	Valdivia
	UNID	CANT	P/UNIT	TOTAL/PAR	
	m2	48	6.097	292.671	
ESPECIFICACIONES MATERIAL					
	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL	
Vigueta 4 T-3,00mt	Unid.	0,42	5010	2.104	
Bovedilla de hormigon	Unid.	6,63	555	3.680	
A.TOTAL MATERIAL			\$	5.784	
MANO DE OBRA					
	CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
Carpintero	1	Día	0,0104	10000	104
Jornal	2	Día	0,0104	6000	125
Leyes sociales		%	37%		85
B.TOTAL MANO DE OBRA			\$	313	
MAQUINARIA Y EQUIPO					
	CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
					-
C.TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPOS			\$	-	
SUBTOTAL UNIDAD TRATADA A+B+C					6.097

Confección de suples de continuidad:

Contempla la elaboración de suples y la provisión de materiales.

DESGLOSE DE PRESIOS UNITARIOS					
PROYECTO	Losa Tralix			REGION :	Décima
PARTIDA :	Confeccion de suples de continuidad			COMUNA :	Valdivia
	UNID	CANT	P/UNIT	TOTAL/PAR	
	m2	48	522	25.049	
ESPECIFICACIONES MATERIAL					
	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL	
Acero A44-28H ø 10mm	Unid	1,62	210	340	
A.TOTAL MATERIAL			\$	340	
MANO DE OBRA					
	CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
Enfierrador	1	Día	0,0068	12000	82
Ayudante	1	Día	0,0068	7500	51
Leyes sociales		%	37%		49
B.TOTAL MANO DE OBRA			\$	182	
MAQUINARIA Y EQUIPO					
	CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
					-
C.TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPOS			\$	-	
SUBTOTAL UNIDAD TRATADA A+B+C					522

Colocación de enfierradura:

Esta contempla los materiales y la mano de obra para la instalación de suples de continuidad y la malla ACMA de sobrelosa y sus materiales

DESGLOSE DE PRESIOS UNITARIOS					
PROYECTO	Losa Tralix			REGION :	Décima
PARTIDA :	Colocacion de enfierradura			COMUNA :	Valdivia
	UNID	CANT	P/UNIT	TOTAL/PAR	
	m2	48	763	36.617	
ESPECIFICACIONES MATERIAL					
	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL	
Malla ACMA C-92 ; ø4,2@15;2,66x5,00mt	Unid.	0,075	7549	566	
Alambre negro # 18 (rollo 25 Kg)	Kg	0,028	536	15	
A.TOTAL MATERIAL			\$		581
MANO DE OBRA					
	CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
Enfierrador	1	Día	0,0068	12000	82
Ayudante	1	Día	0,0068	7500	51
Leyes sociales		%	37%		49
B.TOTAL MANO DE OBRA			\$		182
MAQUINARIA Y EQUIPO					
	CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
					-
C.TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPOS			\$		-
SUBTOTAL UNIDAD TRATADA A+B+C					763

Hormigonado de sobrelosa:

DESGLOSE DE PRESIOS UNITARIOS					
PROYECTO	Losa Tralix			REGION :	Décima
PARTIDA :	Hormigonado de sobrelosa			COMUNA :	Valdivia
	UNID	CANT	P/UNIT	TOTAL/PAR	
	m2	48	3.458	165.974	
ESPECIFICACIONES MATERIAL					
	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL	
Hormigon premezclado H-25	m3	0,0583	51670	3.012	
A.TOTAL MATERIAL			\$		3.012
MANO DE OBRA					
	CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
Cuadrilla concretera	1	Día	0,0033	56500	186
Leyes sociales		%	37%		69
B.TOTAL MANO DE OBRA			\$		255
MAQUINARIA Y EQUIPO					
	CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
Zonda vibradora de 45mm	1	Día	0,02	9500	190
C.TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPOS			\$		190
SUBTOTAL UNIDAD TRATADA A+B+C					3.458

Retiro de alzaprimas:

DESGLOSE DE PRESIOS UNITARIOS						
PROYECTO	Losa Tralix			REGION :	Décima	
PARTIDA :	Retiro de Alzaprimas			COMUNA :	Valdivia	
	UNID	CANT	P/UNIT	TOTAL/PAR		
	m2	48	101	4.840		
ESPECIFICACIONES MATERIAL		UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL	
					-	
A.TOTAL MATERIAL				\$	-	
MANO DE OBRA		CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
Carpintero		1	Día	0,0046	10000	46
Jornal		1	Día	0,0046	6000	28
Leyes sociales			%	37%		27
B.TOTAL MANO DE OBRA				\$	101	
MAQUINARIA Y EQUIPO		CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
						-
C.TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPOS				\$	-	
SUBTOTAL UNIDAD TRATADA A+B+C						101

4.4.2 Análisis de costos

Materiales:

Costos materiales Losa Tralix

COSTO MATERIALES LOSA TRALIX					
ESPECIFICACIONES MATERIALES	UNID	CANT	P/UNIT	TOTAL/PARTIDA	
Alzaprimado y Moldaje	m ²	48	3.884	186.432	
Instalación de viguetas y bovedillas	m ²	48	5.784	277.632	
Enfierradura	m ²	48	921	44.208	
Hormigon	m ²	48	3.012	144.576	
TOTAL MATERIAL				\$	652.848

Resumen costo materiales Losa Tralix

RESUMEN COSTO MATERIALES LOSA TRALIX	
Costo materiales losa tradicional (48 mt ²)	652.848
Corto unitario materiales (\$/mt ²)	13.601

Mano de Obra

Costos mano de obra Losa Tralix

COSTO MANO DE OBRA LOSA TRALIX				
MANO DE OBRA	UNID	CANT	P/UNIT	TOTAL/PARTIDA
Alzaprimado y Moldaje	m ²	48	329	15.792
Instalación de viguetas y bovedillas	m ²	48	313	15.024
Enfierradura	m ²	48	363	17.424
Hormigon	m ²	48	255	12.240
TOTAL MANO DE OBRA			\$	60.480

Resumen costos mano de obra Losa Tralix

RESUMEN COSTO MANO DE OBRA LOSA TRALIX	
Costo mano de obra losa tradicional (48 mt ²)	60.480
Corto unitario mano de obra (\$/mt ²)	1.260

Costo Total confección Losa Tralix

COSTO TOTAL CONFECCION LOSA TRALIX				
ESPECIFICACIONES	UNID	CANT	P/UNIT	TOTAL/PARTIDA
Alzaprimado y Moldaje	m ²	48	4.212	202.176
Instalación de viguetas y bovedillas	m ²	48	6.097	292.656
Enfierradura	m ²	48	1.285	61.680
Hormigon	m ²	48	3.458	165.984
TOTAL			\$	722.496

RESUMEN COSTO LOSA TRALIX	
Costo confeccion losa (48 m ²)	722.496
Costo unitario confeccion losa (\$/m ²)	15.052

4.5 Análisis de resultados.

Luego de realizado el estudio de costos unitarios de materiales, mano de obra y resumen de costos para cada uno de los sistemas, se a llegado a una serie de resultados los cuales se presentan a continuación.

Costo Total de sistema.

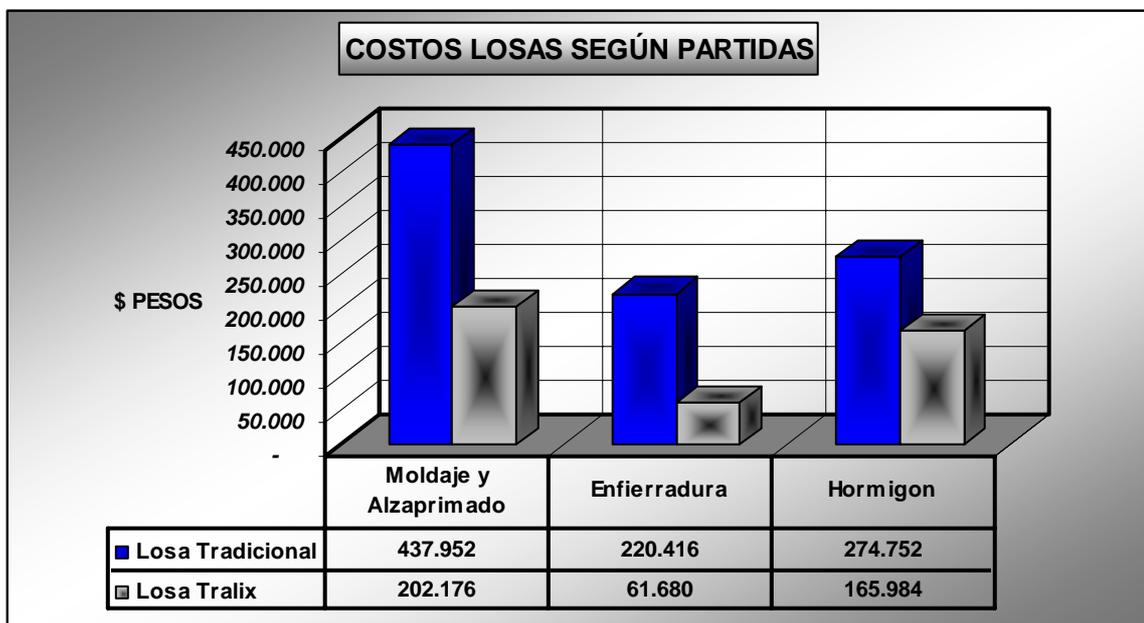
COSTO TOTAL DEL SISTEMA		
PARTIDA	LOSA TRADICIONAL	LOSA TRALIX
Costo total sistema	933.120	722.496
Costo unitario (mt ²)	19.440	15.052

De la tabla, observamos que los costos al considerar la fabricación de la losa con el sistema Tralix son inferiores en un 23% aproximadamente, tomando en cuenta que la materialidad utilizada en el caso de la losa tradicional ya tiene un uso (Tablero estructural), este margen se podría alejar un poco mas, sin embargo dejaremos este factor ya que podrían existir variaciones en el costo de la losa Tralix a raíz de los fletes que contempla esta hasta Valdivia.

El costo total anteriormente señalado para uno u otro sistema se detalla de la siguiente manera:

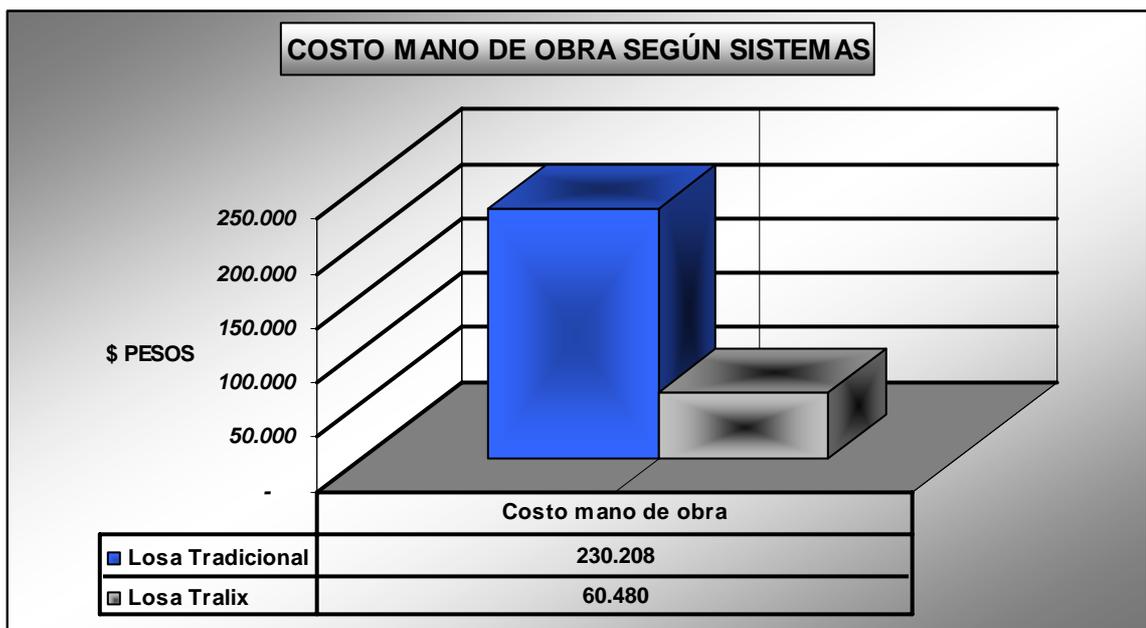
COSTO TOTAL LOSAS		
PARTIDA	LOSA TRADICIONAL	LOSA TRALIX
Viguetas y bovedillas	-	292.656
Moldaje y Alzaprimado	437.952	202.176
Enfierradura	220.416	61.680
Hormigon	274.752	165.984
Total sistema	933.120	722.496

De la tabla anterior, se observa que el sistema Tralix, posee menores costos en todas las partidas que tienen en común con el sistema tradicional. Esto se logra apreciar de mejor manera en el siguiente grafico costos v/s partidas:



Costo Mano de Obra:

COSTO MANO DE OBRA SEGÚN SISTEMA		
ITEM	LOSA TRADICIONAL	LOSA TRALIX
Costo mano de obra	230.208	60.480
Costo mano de obra por mt ²	4.796	1.260

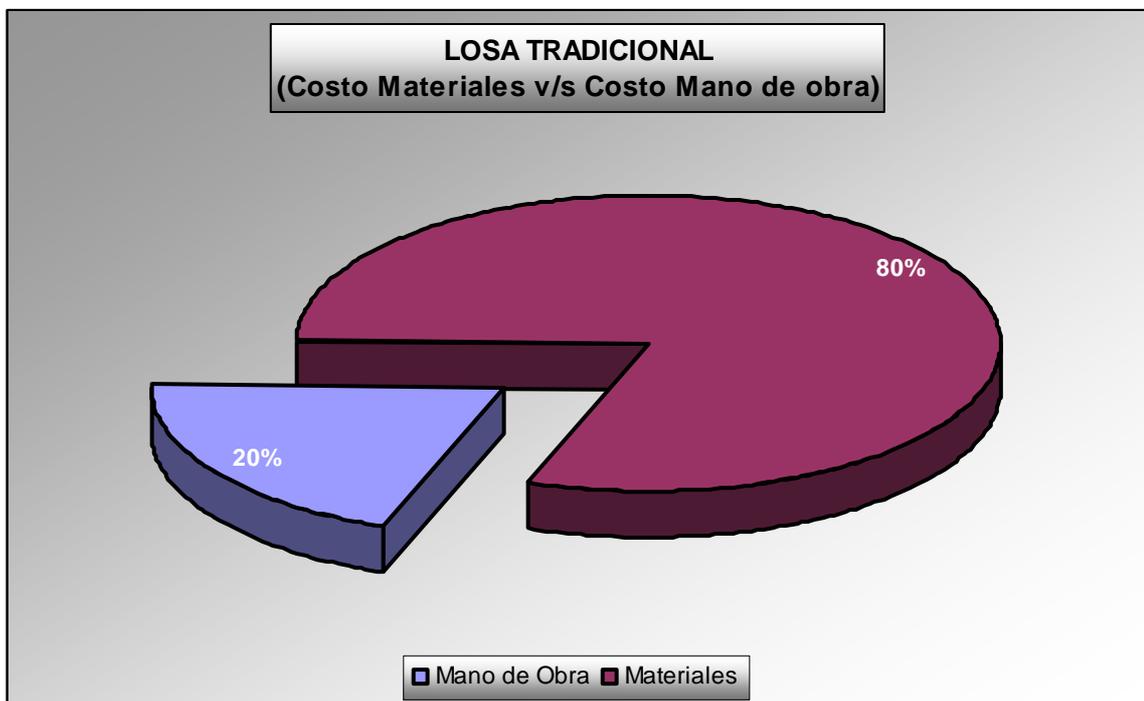


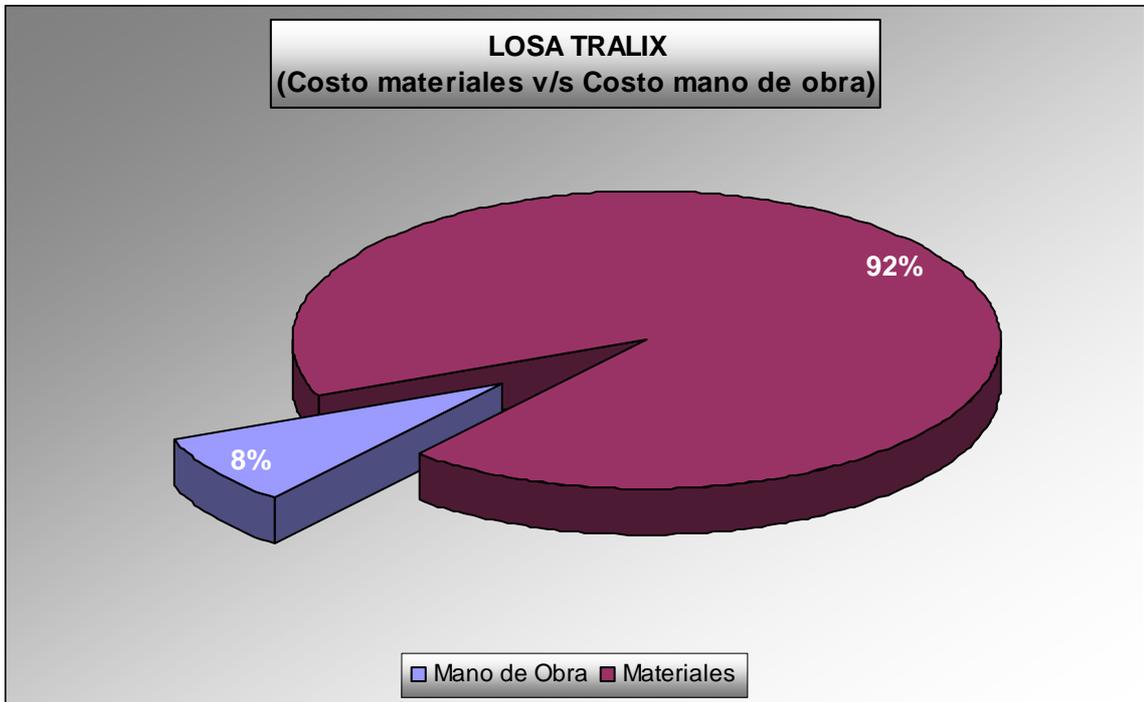
De los resultados arrojados se observa que el costo por mano de obra para el sistema Tralix es bastante menor, esto se debe al sistema prefabricado de esta, el cual permite una instalación mas rápida, aumentando los rendimientos y por coincidente disminuyendo los días de trabajo , lo que traduce en un menor costo. La diferencia de mano de obra entre los dos sistemas es de \$169.728 pesos lo que equivale a un 73,7 %.

Incidencia Mano de Obra.

La incidencia que tiene la mano de obra para los dos sistemas, se obtiene de los siguientes resultados:

% INCIDENCIA MANO DE OBRA Y MATERIALES				
ITEM	LOSA TRADICIONAL		LOSA TRALIX	
	Costo \$	%	Costo \$	%
Mano de Obra	230.208	20	60.480	8
Materiales	933.120	80	722.496	92
Total	1.163.328	100	782.976	100



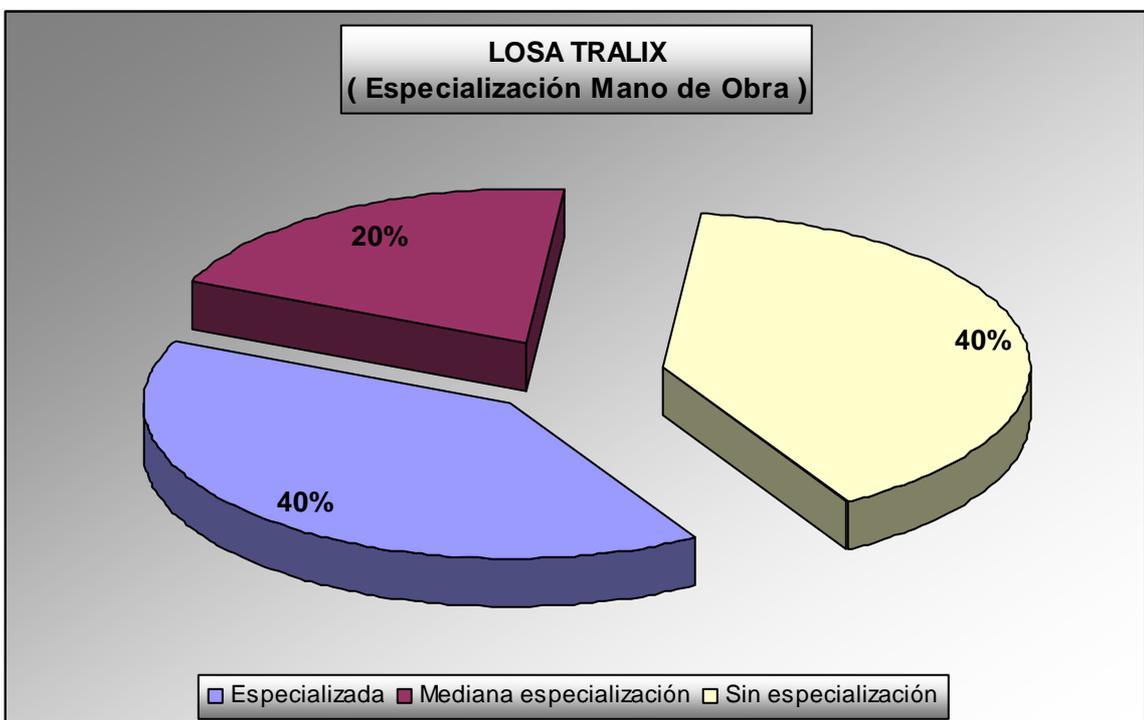
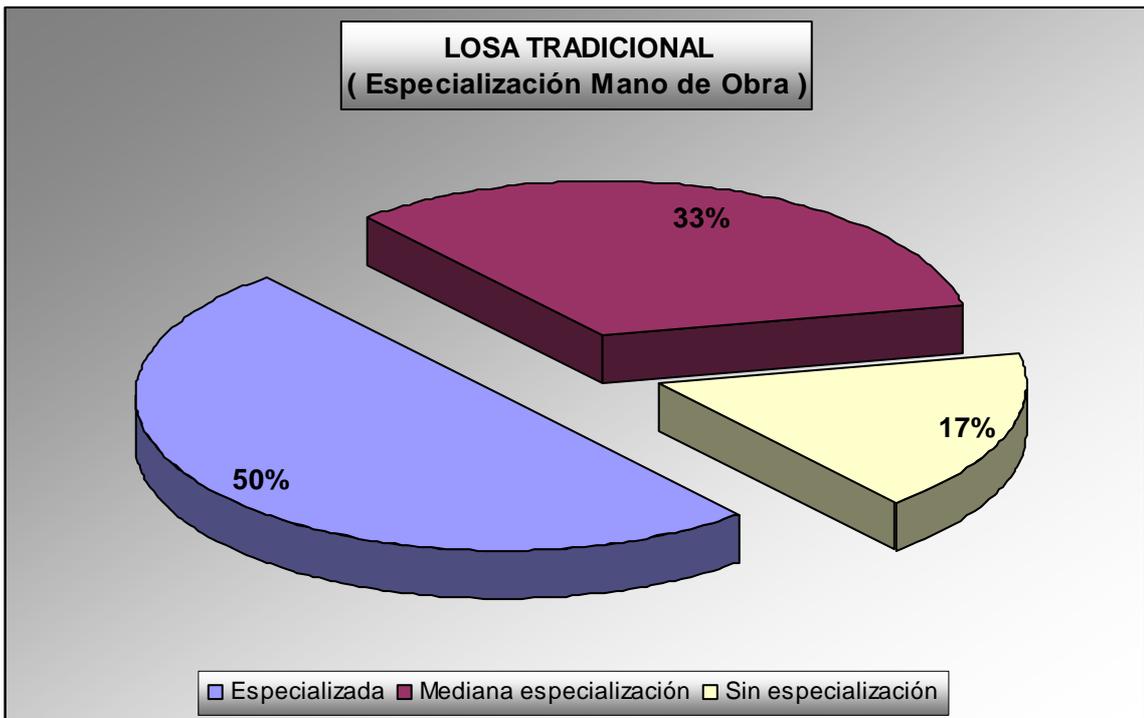


De los resultados obtenidos, es evidente observar que el porcentaje de incidencia de la mano de obra en el sistema Tralix es considerablemente menor al sistema tradicional.

La menor incidencia de la mano de obra en el sistema Tralix, de un 8% se debe a que este sistema es más sencillo que el sistema tradicional y requiere de una menor cantidad de mano de obra y con un nivel de especialización menor.

Especialización Mano de Obra

El análisis de mano de obra en cada uno de los sistemas constructivos de losas, arroja los siguientes resultados:



Como se observa en los gráficos la mano de obra especializada y con mediana especialización, disminuye en el sistema constructivo Tralix, y la mano de obra con especialización aumenta en el sistema Tradicional.

Esto implica un ahorro en la mano de obra para el sistema de losa Tralix, con respecto al sistema Tradicional.

Tiempo.

De acuerdo a las duraciones obtenidas para cada uno de los sistemas de confección de losas, se determino que para el sistema Tradicional se requiere de 18 días, y para la confección de la losa Tralix se requiere de 13 días, de este análisis, el sistema Tralix logra ahorrar 5 días con respecto al sistema Tradicional.

En el caso de confeccionar mas de una losa, las duraciones obtenidas por los dos sistemas pueden ser reducidas en el tiempo, al tener una mayor adaptación y habilidad en los procesos, pero de todas formas el sistema Tralix aventajaría al sistema tradicional por ser un material prefabricado, en donde algunas etapas de la instalación de esta, aventajan al sistema tradicional, como es el caso de la elaboración del material. Este ahorro logrado con el sistema Tralix, significa que en el caso de un proyecto completo como una casa o edificio, se podrán adelantar algunas actividades que se encuentren dentro de la ruta critica, logrando de esta forma una menor duración en el tiempo para el proyecto completo, y por consiguiente, disminuir de esta forma el costo total de la obra.

CONCLUSIONES

Luego de haber realizado el estudio comparativo entre el sistema tradicional de construcción de losas de hormigón y el sistema TRALIX, se han obtenido una serie de antecedentes y resultados que evidencian las ventajas económico-constructivas que posee el sistema TRALIX frente al tradicional y que hacen preferirlo por resultar mas económico.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se determino que en los costos directos totales de ambos sistemas existe una gran diferencia al considerar la construcción de la losa en Valdivia, resultando la losa TRALIX un 23 % más económica.

En caso de construir en Santiago la diferencia de costos entre ambos sistemas es bastante grande, ya que los valores manejados por transporte o flete son muy inferiores.

Al considerar los costos obtenidos por concepto de alzaprimado, la losa TRALIX resulto ser un 54% mas económica que la losa tradicional. Esta diferencia se explica por el hecho que en la losa tradicional se emplean 80 alzaprimas y en el caso de la losa TRALIX emplearemos solamente 36 alzaprimas, por el hecho de que el sistema es prefabricado, produce un notable ahorro.

La disminución de la enfierradura requerida en la losa TRALIX, es de un 72% menos que la losa tradicional, ya que al utilizar el sistema TRALIX solo necesitamos la malla de sobrelosa y algunos suples.

La faena de Hormigonado reduce sus costos en un 39,5% ya que el volumen de hormigón requerido en el sistema TRALIX es de un 51,3% menos.

La diferencia de costos que se produce en el caso de la mano de obra es de un 73,7% menos al utilizar el sistema TRALIX, ya que este requiere de menos personal y

con una menor especialización que en el caso de la losa tradicional, debido a que los procesos involucrados son menos complejos.

La incidencia que tiene la mano de obra en el costo total de la losa para el sistema TRALIX es de un 8% contra un 20% en el caso de la losa tradicional.

La utilización de mano de obra especializada disminuye al elegir la losa TRALIX, pasando de un 50% en el caso de la losa tradicional a un 40% para el sistema TRALIX.

Si analizamos los ítems antes señalados como alzaprimados, enfierradura, hormigonado, y mano de obra, todos resultan ser considerablemente mas económicos en el sistema TRALIX, pero al contemplar los materiales, los costos directos totales de ambos sistemas constructivos se nivelan para llegar finalmente a un 22% menos en el caso de la losa TRALIX.

La economía que se obtiene al utilizar el sistema TRALIX, principalmente se logra mediante la reducción de los costos indirectos, ya que en el caso de la losa tradicional el tiempo requerido para confeccionarla es de 18 días, contra 13 días que se obtienen mediante el sistema TRALIX. Esta reducción del tiempo empleado es de vital importancia, ya que en un proyecto completo de construcción la faena de confección de losas es una actividad catalogada como critica y al poder reducir su duración, los costos indirectos del proyecto disminuyen considerablemente y por consiguiente los costos totales.

El uso del sistema TRALIX lleva asociada múltiples ventajas, tanto técnicas como económicas, frente al método tradicional de construcción de las losas y que conllevan a un menor costo de construcción y además facilitan la ejecución y diseño. Entre la cuales tenemos:

Ventajas económicas:

- Menores plazos de construcción, ya que el tiempo de moldaje y puesta en servicio, al utilizar mayoritariamente elementos prefabricados, es notablemente menor el sistema tradicional.
- Reducción casi total del moldaje, con el consiguiente ahorro de madera y mano de obra.
- Menor especialización de la mano de obra requerida, produciendo de esta manera un considerable ahorro.
- Reducción de la cantidad de alzaprimas requeridos, ya que las viguetas son diseñadas para trabajar con menos apoyos que en el sistema tradicional.
- Reducción del costo de enfierradura, dado que se coloca un mínimo de acero en obra, generalmente en forma de malla electrosoldada, evitando de esta manera las pérdidas por despuntes.
- Reducción del costo de hormigonado ya que el volumen de hormigón por m² de losa es menor.
- Eventual eliminación del afinado de la losa, ya que este puede ser efectuado en la sobrelosa, evitando así aumentos de espesor que representan mayores costos e incrementos del peso muerto.
- No se requiere de grúa u otro equipo mecanizado para realizar el montaje de los elementos dado el bajo peso de ellos.

Ventajas técnicas:

- Por tratarse de un sistema monolítico, actúa como un diafragma rígido, transmitiendo las cargas horizontales derivadas de las sollicitaciones sísmicas u otras hacia los elementos soportantes previstos en el diseño estructural.
- Debido al menor peso que posee la losa, se obtiene una estructura más liviana, disminuyendo de esta forma las secciones de cada elemento estructural y las cargas sísmicas.
- Las cámaras de aire que poseen las bovedillas en su interior permiten aumentar la aislación térmica y acústica, reduciendo la transmitancia térmica de 8.7 [Kcal./hora m² °C] en el caso de las losas tradicionales a 4.1 [Kcal./hora m² °C].
- Mayor resistencia al fuego para un recubrimiento de 20mm tenemos un F-120 para en caso de la losa Tralix y en el caso de la losa Tradicional un F-60.
- Mayor Aislamiento acústica 67-78 db y en el caso de la losa tradicional no supero los 67db. (db = decibeles)
- Continuidad y empotramiento en los vínculos de extremidad, evitando deformaciones.
- Una vez puestas las viguetas y bovedillas se obtiene una plataforma de trabajo segura para los trabajadores que además soportan las cargas vivas de construcción.
- Dada la facilidad que posee para ser instalada producto de la geometría de sus elementos, la labor de inspección resulta más fácil.

Ventajas arquitectónicas:

- La modulación que poseen los diferentes elementos que la componen, permite gran libertad en el diseño arquitectónico ubicando con gran facilidad escotillas, shafts, voladizos.
- Distribución sencilla de las diferentes canalizaciones. La geometría que posee, permite conducir las canalizaciones por el interior de la losa evitando estructuras anexas como cielos falsos para cubrir los ductos.
- Se obtienen obras mas limpias ya que la cantidad de escombros se reduce considerablemente y por consiguiente todas las actividades relacionadas como: limpieza del área de construcción, carga y descarga de escombros.
- Mejora la calidad de las superficies de hormigón, entregando superficies explanas con finas terminaciones e incluso eliminando el estuco de la cara inferior de la losa, ya que produce una unión perfecta entre vigueta y bovedilla.
- Una vez puestas las viguetas y bovedillas se obtiene una plataforma de trabajo segura para los trabajadores que además soportan las cargas vivas de construcción.

BIBLIOGRAFIA

- Fuenzalida T. Ivonne. Manual de diseño de losas tralizadas TRALIX. Santiago de Chile 2002.
- TRALIX. Catalogo técnico de losas de hormigón nervadas TRALIX. Santiago de Chile 1999.
- TRALIX. Catalogo técnico de losas de hormigón nervadas TRALIX. Santiago de Chile 1999.
- TRALIX. Manal de colocación en obra para el técnico tralicero. Santiago de Chile 1999.
- Hidalgo O. Pedro. Análisis estructural. Universidad Católica de Chile 1992.
- Instituto Nacional de Normalización de Chile. Hormigón Armado II Parte "Requisitos y diseño de cálculo". Nch 430.Of.86.Santiago Chile.
- Instituto Nacional de Normalización de Chile. Diseño estructural de edificios, cargas permanentes y sobrecarga de uso. Nch 1537.Of.86.Santiago Chile.
- Instituto de Normalización Español. "Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado.". EF-96. España.

ANEXOS

Anexo A: Tabla Calculo de secciones sometida a flexión

$\mu = -\frac{F_e}{bh}$	$\xi = \frac{x}{h}$	$\zeta = \frac{z}{h}$	$\beta = \frac{\sigma_e}{\sigma_b}$	$x_b = \frac{bh^2\sigma_b}{M}$	$x_e = \frac{bh^2\sigma_e}{M}$	
0,0000	0,000	1,000	∞	∞	∞	
1	53	0,982	266,5	38,21	10181	
2	75	975	186,3	27,52	5128	
3	90	970	150,8	22,79	3437	
4	104	965	129,6	19,98	2520	
0,0005	0,115	0,962	115,2	18,05	2080	
6	126	958	104,6	16,64	1741	
7	125	955	96,28	15,53	1426	
8	143	952	89,63	14,65	1313	
9	151	950	84,1	13,61	1170	1184,76
0,0010	0,159	0,947	79,44	13,29	1056	
11	166	945	75,41	12,78	960,4	
12	172	943	71,92	12,33	880,8	
13	179	940	68,81	11,92	820,2	
14	185	938	66,08	11,56	763,8	
0,0015	0,191	0,936	63,61	11,23	714	
16	196	935	61,37	10,92	670,2	
17	202	933	59,34	10,64	631,8	
18	207	931	57,49	10,39	597,7	620
19	212	929	55,75	10,16	566,3	
0,0020	0,217	0,928	54,2	9,942	538,8	
21	221	926	52,73	9,75	514,1	
22	226	925	51,37	9,564	491,3	
23	231	923	50,09	9,396	470,6	
24	235	922	48,9	9,234	451,6	
0,00250	0,239	0,92	47,78	9,000	431,3	
26	243	919	46,73	8,952	418,3	
27	247	918	45,74	8,82	403,4	
28	251	916	44,8	8,694	389,5	
29	255	915	43,91	8,58	376,7	
0,0030	0,258	0,914	43,06	8,472	364,8	
31	262	913	42,23	8,361	353,5	
32	265	912	41,5	8,268	343,1	
33	269	910	40,76	8,172	323,1	
34	272	909	40,06	8,082	323,8	
0,0035	0,276	0,908	39,39	7,992	314,8	
36	279	907	38,76	7,914	307,3	310,4
37	282	906	38,14	7,83	298,6	
38	285	905	37,56	7,752	291,1	
39	289	901	37	7,668	283,7	
0,004	0,292	0,903	36,45	7,596	276,9	
41	295	902	35,93	7,524	270,4	
42	208	901	35,12	7,458	261,2	
43	301	900	31,94	7,392	258,4	
44	303	899	31,47	7,332	252,7	256,05

Anexo B: Tabla ingreso Momento positivo (Tipo de Vigueta)

h (cm)	e (cm)	Pp. Kg/m ²	LUCES MAXIMAS ADMISIBLES cm. M(+)									
			SOBRECARGA Kg/m ² 350									
			INCORPORA DEFORMACION Y CARGA ADMISIBLE									
			f(y)=5000									
			f(c)=150									
			D/L<1/480									
VINCULO 1/8												
11	4	230	205	235	255	255	255	260	265	270	275	-
	5	255	210	245	275	295	305	305	315	320	325	330
17.5	6	280	215	250	280	300	315	320	325	330	340	340
	7	305	220	255	285	305	330	330	340	345	350	355
	6	375	240	275	310	335	360	390	420	425	430	435
	7	400	240	280	315	335	365	390	430	435	445	445
	8	425	240	280	315	340	365	395	440	445	450	460
VINCULO 1/11												
11	4	230	240	280	310	325	325	330	345	355	365	-
	5	255	250	290	325	350	375	390	400	410	425	430
17.5	6	280	255	295	330	355	385	405	415	425	440	450
	7	305	255	300	335	360	390	415	435	445	455	465
	6	375	280	325	365	390	425	455	530	545	560	565
	7	400	280	325	365	395	430	460	535	555	570	580
	8	425	285	330	370	395	430	460	535	570	585	595
VINCULO 1/14												
11	4	230	270	315	350	365	400	410	430	445	460	-
	5	255	280	325	365	395	425	455	495	510	530	540
17.5	6	280	285	330	370	400	430	465	515	530	550	565
	7	305	290	335	375	405	440	470	535	550	570	585
	6	375	315	365	410	445	480	515	600	650	695	710
	7	400	320	370	415	445	485	520	605	655	710	725
	8	425	320	370	415	450	485	520	605	660	725	740
VINCULO 1/16												
11	4	230	290	335	375	390	410	415	435	445	460	-
	5	255	300	350	390	420	455	485	505	515	535	545
17.5	6	280	305	355	395	425	460	495	525	535	555	565
	7	305	310	360	405	435	470	505	545	555	575	590
	6	375	340	395	440	475	515	550	640	680	705	715
	7	400	340	395	445	475	515	555	645	700	720	735
	8	425	345	400	445	480	520	560	650	705	735	750
TIPO VIGUETA			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
f _i (a) mm			-	4.2	4.2	7	7	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2
f _i (b) mm			-	-	4.2	-	4.2	-	7	9.2	9.2	9.2
f _i (c) mm			-	-	-	-	-	-	-	7	9.2	
ARMADURA INFERIOR (cm ² /mt)			0.89	1.21	1.52	1.77	2.08	2.40	3.28	3.91	4.84	5.43

Anexo C: Tabla ingreso Momento Negativo (Diseño suples de continuidad)

h (cm)	e (cm)	DISEÑO A Mto. NEGATIVO, LUCES MAXIMAS ADMISIBLES cm.											Platab. continua
		SOBRECARGA Kg/m ² 350 ACERO Fy= 2800 kg/cm ²											
VINCULO 1/9													
11	4	235	270	290	300	315	335	340	360	365	380	405	420
	5	240	275	295	305	320	340	345	365	370	385	410	425
17.5	6	240	275	300	310	325	345	350	370	375	390	420	435
	7	245	280	300	310	325	350	355	375	380	395	425	440
	6	310	345	370	385	400	425	430	455	465	480	520	540
	7	310	345	370	385	400	425	430	455	465	485	520	540
	8	310	345	370	385	400	425	430	455	465	485	520	545
VINCULO 1/10													
11	4	250	285	305	315	330	355	360	380	385	400	425	440
	5	255	285	310	320	335	360	365	385	390	405	435	450
	6	255	290	315	325	340	365	370	390	395	410	440	460
17.5	7	260	295	320	330	345	370	375	395	400	420	450	465
	6	325	365	390	405	420	450	455	480	490	510	550	570
	7	325	365	390	405	420	450	455	480	490	510	550	570
	8	325	365	390	405	420	450	455	480	490	510	550	570
VINCULO 1/11													
11	4	260	300	320	335	345	370	375	395	400	420	445	465
	5	265	300	325	340	350	375	380	405	410	425	455	470
	6	270	305	330	340	355	380	385	410	415	430	465	480
	7	270	310	335	345	360	385	390	415	420	440	470	490
17.5	6	340	385	410	425	440	470	475	505	515	535	575	600
	7	340	385	410	425	440	470	475	505	515	535	575	600
	8	340	385	410	425	445	475	480	505	515	535	575	600
F _i Acero Suple/vig		8	10	8	12	8	10	8	10	16	12	16	16
		-	-	8	-	10	10	12	12	-	12	10	12
AREA Suple (cm ² /mt)		1.14	1.80	2.30	2.57	2.93	3.57	3.70	4.36	4.57	5.14	6.36	7.14
TIPO ARMAD.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Anexo D: Ensayo Hormigón Bovedilla 11 cm. 7,14, 28 días.



Srs.:
 CIA.PREFABRICADORA DE LOSAS
 At. SR. FRANCISCO FAILLA
 LAGO RIÑIHUE 02193 SAN BERNARDO
 SANTIAGO

CERTIFICADO Nº 115230 / 05

OBRA : TRALIX-BOVEDILLA
 DIRECCION : LAGO RIÑIHUE/SAN BERNARDO
 FECHA : Martes. 15 de Marzo de 2005
 MUESTRA : 65976

ENSAYO DE RESISTENCIA DE HORMIGONES

FECHA DE ENSAYO	EDAD (DIAS)	DENSIDAD (Kg/dm ³)	RESISTENCIA A FLEXOTRACCION Knf.	
			Individual	romedio
22-Feb-05	7	--	3,39	3,02
22-Feb-05	7	--	2,95	
22-Feb-05	7	--	2,71	
01-Mar-05	14	--	3,78	3,67
01-Mar-05	14	--	3,65	
01-Mar-05	14	--	3,59	
15-Mar-05	28	--	4,20	4,10
15-Mar-05	28	--	4,10	
15-Mar-05	28	--	4,00	

Resistencia específica : NO ESPECIFICADO
 Tipo de probeta : Bovedilla 11 cm.
 Fecha de confección : 15-Feb-05
 Fecha de recepción : 17-Feb-05
 Tipo de cemento : MELON EXTRA
 Cono (cm.) : --
 Bolota Nº : 8072
 Hormigón colocado en : BOVEDILLA LAGO RIÑIHUE 02193. DOSIFICACION GRAVILLA 2.
 ARENA 12, CEMENTO 3

OBSERVACIONES

Muestras de autocontrol del cliente

Cemento Melón
 Matucana 1452
 Qta. Normal - Santiago - Chile
 fono (56-2)2800077
 fax (56-2)2800564
 E mail.cemento@melon.lafarge.cl
 www.melon.cl


 Asesor de Producto

Use Ethos 

Anexo E: Ensayo Hormigón colocado en Viguetas.



Srs.:
 CIA.PREFABRICADORA DE LOSAS
 At. SR. FRANCISCO FAILLA
 LAGO RIÑIHUE 02193 SAN BERNARDO
 SANTIAGO

CERTIFICADO N° 116697 / 05

OBRA : TRALIX-BOVEDILLA
 DIRECCION: LAGO RIÑIHUE/SAN BERNARDO
 FECHA : Lunes, 09 de Mayo de 2005
 MUESTRA : 66778

ENSAYO DE RESISTENCIA DE HORMIGONES

FECHA DE ENSAYO	EDAD (DIAS)	DENSIDAD (Kg/dm ³)	RESISTENCIA A COMPRESION Kg/cm ²	
			Individual	Promedio
09-May-05	8	2,21	275	275

Resistencia especificada : NO ESPECIFICADO
 Tipo de probeta : Cúbica normal
 Fecha de confección : 01-May-05
 Fecha de recepción : 03-May-05
 Tipo de cemento : MELON EXTRA
 Cono (cm.) : --
 Boleta N° : 2751
 Hormigón colocado en : VIGUETAS

OBSERVACIONES

Muestras de autocontrol del cliente

Cemento Melón
 Matucana 1452
 Qta. Normal - Santiago - Chile
 fono (56-2)2800077
 fax (56-2)2800584
 E-mail:cemento@melon.lafarge.cl
 www.melon.cl


 Cristiana Dawson G.
 Asesor de Producto

Una Empresa  LAFARGE

Anexo F: Certificado ensayo resistencia al fuego losa Tralix.



**INGENIERÍA
DICTUC**
División Ingeniería y Gestión de la Construcción
División Ingeniería Mecánica y Metalurgia
Laboratorio de Ensayos de Resistencia al Fuego

CERTIFICADO N° :

FECHA :

Certificado

Compañía Prefabricadora de Losas S.A. – Tralix S.A.
ENSAYO DE RESISTENCIA AL FUEGO
LOSA PREFABRICADA TRALIX EN HORMIGÓN DE 17 CM DE ESPESOR
14 de mayo de 2002

- Elemento Ensayado** : Losa Prefabricada Tralix en hormigón de 17 cm de espesor.
Norma : NCh 935/1.O197
Clasificación : F-120
Fecha del Ensayo : 02 de Mayo de 2002
Cliente : Compañía Prefabricadora de Losas S.A.
Probeta : La probeta consiste en una losa nervada unidireccional, conformada por viguetas de hormigón espaciadas cada 72 cm. Entre ellas se instalan bovedillas de hormigón y sobre este sistema prefabricado, se instala una malla tipo C-92, y un hormigón elaborado en obra de 6 cm de espesor de grado H-25. El elemento constructivo es terminado por medio de un enlucido de yeso de aproximadamente 6 mm de espesor. En total, la probeta tiene 17 cm de espesor, sus dimensiones son de 4,8 x 4,05 m y es apoyada en un perfil laminado, montado a su vez en un marco metálico.
Carga Máxima : La losa fue ensayada con una sobrecarga de 200 kg/m², conforme al criterio de carga máxima de diseño, para esa condición de servicio.

Este certificado entrega los detalles constructivos, las condiciones del ensayo y los resultados obtenidos cuando este elemento específico fue ensayado siguiendo los procedimientos especificados en la Norma 935/1.O197. Cualquier desviación significativa con respecto al tamaño, detalles constructivos, cargas, esfuerzos y condiciones de borde y de término del ensayo pueden invalidar los resultados del ensayo.

La resistencia al fuego de un elemento describe su comportamiento sólo durante el incendio, y no determina su capacidad para continuar siendo usado después del incendio.

Este certificado anula y reemplaza al N° 342881 de fecha 17 de mayo de 2002.

La información en el presente documento no podrá ser reproducida total o parcialmente para fines publicitarios sin la autorización previa y por escrito de DICTUC S.A.

CERT-LERF-001-02

DICTUC es una filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile

Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago – Chile / Fono: (56-2) 696 4626 / Fax: (56-2) 696 6226 / www.dictuc.cl
Página 2 de 2



**INGENIERÍA
DICTUC**

**División Ingeniería y Gestión de la Construcción
División Ingeniería Mecánica y Metalurgia
Laboratorio de Ensayos de Resistencia al Fuego**

CERTIFICADO N° : **357026**
FECHA : **24 JUL 2002**

FECHA : 02 de mayo de 2002
SERVICIO : **ENSAYO DE RESISTENCIA AL FUEGO
LOSA PREFABRICADA TRALIX EN
HORMIGÓN DE 17 CM DE ESPESOR.**
REALIZADO POR : Ing. Rodrigo Celedón
Ing. Pablo Matamala
SOLICITADO POR : Compañía Prefabricadora de Losas S.A. –
Tralix S.A.
At. : Francisco Failla M.
DIRECCION : Lago Ríñihue 02193
COMUNA : San Bernardo
TELEFONO : 854 3369
ANTECEDENTES : CERT-LERF-001-02

Este ensayo se realizó en conformidad con la Norma NCh 935/1.Of97 en el Laboratorio de Ensayos de Resistencia al Fuego de Dictuc S.A., Avenida Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago, Chile.


Ing. Pablo Matamala P.
Jefe Sección
Laboratorio de Ensayos de Resistencia al Fuego


ING. FLORENCIO MANRIQUEZ CASTRO
Gerente Técnico

División Ingeniería y Gestión de la Construcción
División Ingeniería Mecánica y Metalúrgica

DICTUC S.A.

La información en el presente documento no podrá ser reproducida total o parcialmente para fines publicitarios sin la autorización previa y por escrito de DICTUC S.A.

CERT-LERF-001-02

DICTUC es una filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile

Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago – Chile / Fono: (56-2) 686 4626 / Fax: (56-2) 686 8226 / www.dictuc.cl
Página 1 de 2

INFORMACION TECNOLOGICA

COMPORTAMIENTO AL FUEGO

COMPAÑÍA PREFABRICADORA DE LOSAS, TRALIX S.A.

La Empresa fue constituida en septiembre 06 de 1989, con una sólida tecnología en la producción de elementos prefabricados de hormigón y losas aligeradas.

TRALIX, ha tenido siempre como objetivo general incrementar la participación de sus productos en el mercado, hacia todos los niveles de edificación, asegurando una calidad indiscutible a sus productos. Esto permite a todos los profesionales de la Construcción tener la certeza y tranquilidad de especificar y utilizar elementos con la seguridad de un excelente resultado y con permanentes beneficios adicionales.

La principal línea de productos está constituida por las bovedillas de hormigón microvibrado y las viguetas flexorígidias autosoportantes de hormigón armado.

La Empresa realiza tanto el estudio y diseño del Proyecto en base a Losas Prefabricadas de Hormigón, como la asesoría técnica en la instalación de los productos y hasta su recepción final.

TRALIX, posee gran capacidad instalada lo que permite una reacción muy rápida en la ejecución de los proyectos; para poder realizarlo se cuenta con equipos altamente eficientes fabricados por conocidas empresas nacionales y extranjeras de gran prestigio en el ramo de la prefabricación; se utilizan elementos constituyentes de la losa final de calidad probada, con control periódico de laboratorios externos y una gran eficiencia de las personas que ejecutan las diversas labores productivas, con celo y seriedad profesional.

Los clientes se abastecen de nuestros productos desde Arica a Puerto Montt, gracias a su liviandad, cumplimiento en los plazos comprometidos y seguridad de calidad.

El Dictuc de la Universidad Católica nos dio la posibilidad de realizar, en sus nuevas instalaciones recientemente inauguradas del Laboratorio de Ensayos de Resistencia al Fuego, una investigación sobre el comportamiento al fuego de las losas Tralix.

Los resultados obtenidos respaldan nuestra confianza de siempre obteniendo valores que nos permiten observar con confianza su respuesta en caso de incendios en las decenas de colegios, hospitales, hoteles, cárceles, edificios de departamentos, pasarelas, casas, iglesias, etc. en que se han empleado.

La probeta ensayada consistió en una losa de 17 cm. de espesor y de 4,80 x 4,05 m., apoyada en un perfil laminado, a su vez montado en un marco metálico.

El elemento ensayado corresponde a una losa nervada unidireccional conformada por un sistema de viguetas de hormigón con una armadura de acero AT 56-50 H, electrosoldada, espaciadas 72 cm., entre las cuales se instalan bovedillas de hormigón. Sobre este sistema prefabricado, se coloca una malla tipo C-92 y una capa de hormigón H-25 de 6cm. de espesor.

La losa ensayada fue terminada en su parte inferior por un enlucido a yeso de aproximadamente 6mm. de espesor. Se aplicó una sobrecarga de 200 Kg/m². conforme al criterio de carga máxima de diseño, para esa condición de trabajo.

El elemento fue ensayado durante 126 minutos aplicando una temperatura hasta de 1.058°C. en su cara inferior y de acuerdo a lo establecido en la norma NCh 935/1 Of.97 y no presentó falla alguna. En el yeso de su cara expuesta sólo se observó un craquelado fino sin desprendimiento. La temperatura media exterior de la probeta alcanzó los 74°C. dándose por aprobado el ensayo a 120°F.

Respecto a otros laboratorios existentes, DICTUC tiene le enorme ventaja, gracias al diseño y las dimensiones de su horno, de permitir ensayar elementos de gran tamaño, a escala natural, cumpliendo con requisitos de normas internacionales.

En las pruebas realizadas en este Laboratorio, se pueden obtener las certificaciones de normas nacionales y extranjeras atendiendo a que segundo a segundo, las temperaturas captadas por las termocuplas, tanto en la parte interior del horno, como en la cara no expuesta de la probeta, quedan registradas y permiten su posterior verificación.

Compañía Prefabricadora de Losas, Tralix S.A., tiene la satisfacción de haber podido realizar un ensayo altamente tecnificado, agradeciendo a DICTUC los invaluable servicios prestados a esta Empresa y a todos los usuarios de productos prefabricados por TRALIX.

FRANCISCO FAILLA MARQUEZ
Gerente General (S)
Lago Riñihue 02193, San Bernardo



División Ingeniería y Gestión de la Construcción
División Ingeniería Mecánica y Metalúrgica
Laboratorio de Ensayo de Resistencia al Fuego

Fecha	Hora	Temperatura Probeta (°C)	Temperatura Horno (°C)	Temperatura Curva Norma NCh 935/1 (°C)	Presión Horno (Pa)	Deflexión (mm)	Tiempo (minutos)
05/02/2002	17:34:00	45	982,9	984,1			76,7
05/02/2002	17:35:00	45,7	984,8	986			77,7
05/02/2002	17:36:00	46,3	987,3	987,9			78,7
05/02/2002	17:37:00	46,9	989,7	989,8			79,7
05/02/2002	17:38:00	47,5	990,7	991,7	9,1		80,7
05/02/2002	17:39:00	48,1	992,8	993,5			81,7
05/02/2002	17:40:00	48,7	994,4	995,3			82,7
05/02/2002	17:41:00	49,3	996,4	997,1			83,7
05/02/2002	17:42:00	49,9	997,9	998,9		53,5	84,7
05/02/2002	17:43:01	50,5	1000	1000,7	6,4		85,7
05/02/2002	17:45:00	51,7	1002,8	1004,1			87,7
05/02/2002	17:46:00	52,3	1004,4	1005,8			88,7
05/02/2002	17:47:00	53	1008,8	1007,5		55	89,7
05/02/2002	17:48:00	53,6	1008,9	1009,1	7		90,7
05/02/2002	17:49:00	54,2	1010,1	1010,8			91,7
05/02/2002	17:50:00	54,8	1011,7	1012,4			92,7
05/02/2002	17:51:00	55,5	1013,2	1014			93,7
05/02/2002	17:52:00	56,1	1015,4	1015,6			94,7
05/02/2002	17:53:01	56,8	1016,4	1017,2	10,4		95,7
05/02/2002	17:54:00	57,4	1017,6	1018,7			96,7
05/02/2002	17:55:00	58,1	1019,7	1020,3			97,7
05/02/2002	17:56:00	58,7	1021	1021,8			98,7
05/02/2002	17:57:00	59,4	1023,2	1023,3			99,7
05/02/2002	17:58:00	60	1024,7	1024,8	10,3		100,7
05/02/2002	17:59:00	60,7	1025,5	1026,3		55,75	101,7
05/02/2002	18:00:00	61,4	1026,6	1027,7			102,7
05/02/2002	18:01:00	62	1027,7	1029,2			103,7
05/02/2002	18:02:00	62,7	1030,7	1030,6			104,7
05/02/2002	18:03:00	63,4	1031	1032	11,7		105,7
05/02/2002	18:04:00	64,1	1032,4	1033,5			106,7
05/02/2002	18:05:00	64,7	1034,8	1034,9			107,7
05/02/2002	18:06:00	65,5	1034,2	1036,2			108,7
05/02/2002	18:07:00	66,1	1036,6	1037,6			109,7
05/02/2002	18:08:00	66,9	1036,4	1039	8,7		110,7
05/02/2002	18:09:00	67,5	1038,2	1040,3			111,7
05/02/2002	18:10:00	68,3	1039,8	1041,6			112,7
05/02/2002	18:11:00	69	1042,2	1043			113,7
05/02/2002	18:12:00	69,7	1043,5	1044,3			114,7
05/02/2002	18:13:00	70,5	1045,1	1045,6	11,6		115,7
05/02/2002	18:14:00	71,2	1046,4	1046,9			116,7
05/02/2002	18:16:00	72,6	1048,3	1049,4			118,7
05/02/2002	18:17:00	73,3	1048,7	1050,7			119,7

La información en el presente documento no podrá ser reproducida total o parcialmente para fines publicitarios sin la autorización previa y por escrito de DICTUC S.A. INF-AES-00x-02

DICTUC es una filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile

Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile / Fono: (56-2) 696 4626 / Fax: (56-2) 686 6226 / www.dictuc.cl



División Ingeniería y Gestión de la Construcción
División Ingeniería Mecánica y Metalúrgica
Laboratorio de Ensayo de Resistencia al Fuego

Fecha	Hora	Temperatura Probeta (°C)	Temperatura Horno (°C)	Temperatura Curva Norma NCh 935/1 (°C)	Presión Horno (Pa)	Deflexión (mm)	Tiempo (minutos)
05/02/2002	18:18:00	74	1050,4	1051,9	9,1		120,7
05/02/2002	18:19:00	74,7	1051,3	1053,1			121,7
05/02/2002	18:20:00	75,4	1052,2	1054,4		60	122,7
05/02/2002	18:21:00	76,1	1052,4	1055,6			123,7
05/02/2002	18:22:00	76,7	1055,3	1056,8			124,7
05/02/2002	18:23:00	76,7	1057,4	1058	10		125,7

La información en el presente documento no podrá ser reproducida total o parcialmente para fines publicitarios sin la autorización previa y por escrito de DICTUC S.A. INF-AES-00x-02

DICTUC es una filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile

Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago – Chile / Fono: (56-2) 686 4626 / Fax: (56-2) 686 6226 / www.dictuc.cl



División Ingeniería y Gestión de la Construcción
 División Ingeniería Mecánica y Metalúrgica
 Laboratorio de Ensayo de Resistencia al Fuego

De acuerdo a lo establecido en el punto 8.8.3 de la norma NCh 935/1 Of.97, el ensayo se detuvo a los 126 minutos sin haberse observado falla alguna hasta ese instante.

Clasificación

De los resultados obtenidos, la probeta ensayada tiene una clasificación de Resistencia al Fuego F-120, según lo especificado en la norma chilena NCh935/1.Of97.

El elemento ensayado presentó un aumento lineal de 0,6°C por minuto durante los primeros 25 minutos desde el inicio del ensayo y una deflexión de 50 mm en los primeros 60 minutos (ver Figura N°2).

Transcurridos 60 minutos aproximadamente del comienzo del ensayo el espécimen presentó tres leves fisuras en sus vértices y la capa de yeso de la cara no expuesta formó un craquelado.

La información en el presente documento no podrá ser reproducida total o parcialmente para fines publicitarios sin la autorización previa y por escrito de DICTUC S.A.	INF-AES-00x-02
--	----------------

DICTUC es una filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile

Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago – Chile / Fono: (56-2) 686 4626 / Fax: (56-2) 686 6226 / www.dictuc.cl

Anexo G: Norma Española EF-96

EF-96

Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado

REAL DECRETO 2608/1996, de 20 de diciembre, por el que se aprueba la Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado (EF-96) (B.O.E. nº 19 de 22 de enero de 1997)

*Corrección de errores
(B.O.E. nº 74 de 27 de marzo de 1997)*

La Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado (EF-88) fue aprobada por el Real Decreto 824/1988, de 15 de julio.

La Comisión Permanente del Hormigón, de carácter interministerial, creada por el decreto 2987/1968, de 20 de septiembre, y reestructurada por el Real Decreto 1177/1992, de 2 de octubre, ha estimado necesario proceder a la revisión de la citada Instrucción, tanto para adecuarla a la actual situación de la tecnología como para mejorar y aclarar su redacción, todo ello de acuerdo con la experiencia adquirida en los últimos años, con las observaciones que ha venido recibiendo y los estudios que los grupos de trabajo, creados a tal efecto, han realizado.

Por otra parte, las Instrucciones para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (EH-91), y de hormigón pretensado (EP-93), aprobadas, respectivamente, por el Real Decreto 1039/1991, de 28 de junio, y por el Real Decreto 805/1993, de 28 de mayo, hace necesaria también la revisión de la referida Instrucción EF-88, al objeto de adecuarla a lo prescrito en ellas.

En la tramitación de este Real Decreto se ha cumplido el procedimiento de información en materia de normas y reglamentaciones técnicas establecido en la Directiva 83/189/CEE del Consejo, de 28 de marzo, y en el Real Decreto 1168/1995, de 7 de julio.

En su virtud, a iniciativa de la Comisión Permanente del Hormigón, a propuesta del Ministro de Fomento y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión de 20 de diciembre de 1996,

DISPONGO:

Artículo 1.

Se aprueba la Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado (EF-96) que figura como anejo a este Real Decreto.

Artículo 2.

El ámbito de aplicación de la referida Instrucción comprende, con carácter obligatorio, a todas las obras, públicas o privadas, en las que se ejecuten tipos de forjados incluidos en el anejo de este Real Decreto.

Disposición adicional primera.

Los productos y elementos constitutivos de los forjados que posean un certificado o marca de conformidad a normas o especificaciones técnicas emitido por un organismo que cumpla lo dispuesto en el Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y la Seguridad Industrial, serán reconocidos por el Ministerio de Fomento a efectos de lo dispuesto en los apartados 6.1, 9.1 y 10.1 de la Instrucción aneja a este Real Decreto.

Disposición adicional segunda.

En lo relativo a los aspectos de prevención de riesgos laborales que deban tenerse en cuenta en el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado, se estará a lo dispuesto en la normativa específica sobre la materia.

Disposición transitoria única.

Los proyectos aprobados por las Administraciones públicas o visados por los Colegios profesionales antes de la fecha de entrada en vigor de este Real Decreto podrán regirse por la Instrucción sobre forjados vigente en el momento de su aprobación o visado, siempre que las obras se inicien antes de un año desde dicha entrada en vigor. Si las obras no se inician en el referido plazo los proyectos deberán ser modificados de acuerdo con los preceptos de la Instrucción contenida en el anejo de este Real Decreto.

Disposición derogatoria única.

A partir de la entrada en vigor de este Real Decreto queda derogado el artículo 2 del Real Decreto 824/1988, de 15 de julio, por el que se aprueba la Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (EH-88) y la Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado (EF-88), así como el anejo 2 de dicho Real decreto.

Disposición final única.

Este Real Decreto entrará en vigor a los dos meses de su publicación en el "Boletín Oficial del Estado".

Dado en Madrid a 20 de diciembre de 1996.

JUAN CARLOS R.

El ministro de Fomento,

RAFAEL ARIAS-SALGADO MONTALVO

ANEJO

Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado (EF-96)

Apartado 1.º Generalidades.

1.1 Campo de aplicación.

Los métodos de cálculo y las prescripciones de esta Instrucción son aplicables a los forjados unidireccionales, constituidos por elementos superficiales planos con nervios flectando esencialmente en una dirección que cumplan las condiciones establecidas en 1.2.

El autor del proyecto y el director de obra deben conocer y tener en cuenta las prescripciones de esta Instrucción. No obstante, pueden emplear sistemas de cálculo o soluciones constructivas diferentes, siempre que justifiquen documentalmente su validez técnica y una seguridad equivalente a la que proporcionan las especificaciones de esta Instrucción.

1.2 Elementos constitutivos de un forjado.

Se consideran los dos tipos siguientes:

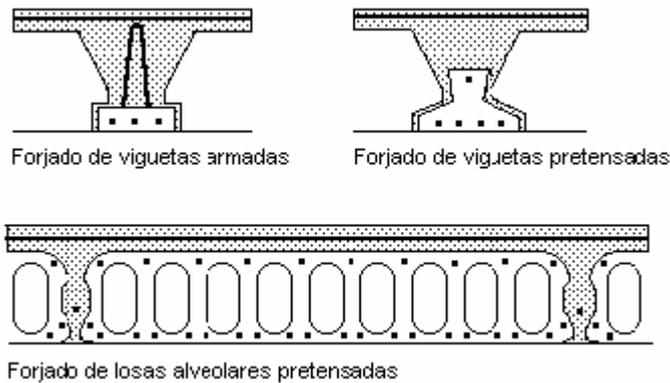


Figura 1.2 Tipos usuales de forjados unidireccionales

1.2.1 Forjado de viguetas.

En general está constituido por:

- Viguetas prefabricadas de hormigón u hormigón y cerámica, armadas o pretensadas.
- Piezas de entrevigado cuya función puede ser de aligeramiento o resistente.
- Hormigón vertido en obra en relleno de nervios y formando la losa superior (capa de compresión).
- Armadura colocada en obra.

Esta Instrucción es aplicable a los forjados de viguetas que cumplan las condiciones siguientes:

- El canto total no excede de 50 cm.
- La luz de cada tramo no excede de 10 m.
- La separación entre ejes de nervios es menor que 100 cm.

1.2.2 Forjado de losas alveolares pretensadas.

En general está constituido por:

- Losas alveolares prefabricadas de hormigón pretensado.
- Hormigón vertido en obra en relleno de juntas laterales entre losas y formando la losa superior. Puede prescindirse de la losa superior mediante un estudio especial de las condiciones resistentes y de deformación, salvo cuando existan acciones laterales importantes.
- Armadura colocada en obra.

Esta Instrucción es aplicable a los forjados de losas alveolares que cumplan las condiciones siguientes:

- El canto de la losa prefabricada no excede de 50 cm.
- La luz de cada tramo no excede de 20 m.
- La anchura de los elementos resistentes no supera los 140 cm para losas sin armadura de reparto, ni 250 cm para aquellas que dispongan de esta armadura.

1.2.3 Casos especiales de carga.

Es necesario, un estudio especial cuando existan cargas estáticas uniformes y puntuales y cargas dinámicas que excedan de las indicadas en la NBE-AE-88 "Acciones en la edificación".

Será necesario considerar las acciones sísmicas en los casos que establezca la NCS-94 Norma de Construcción Sismorresistente - Parte General y Edificación.

1.3 Autorización de uso.

El fabricante de elementos prefabricados con función resistente para forjados debe poseer la "Autorización de uso" para sus sistemas, concedida por la autoridad competente, de acuerdo con las disposiciones específicas sobre la materia.

En el caso de productos provenientes de países que sean miembros de la Unión Europea o bien que sean parte en el Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo, éstos estarán sujetos a lo previsto en el Real Decreto 1630/1992, de 29 de diciembre (RCL 1993, 413) (modificado por el Real Decreto 1328/1995, de 28 de julio (RCL 1995, 2447 y 2758)), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE (LCEur 1989, 134), y, en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, los productos estarán sujetos a lo dispuesto en el artículo 9 del citado Real Decreto.

Apartado 2.º Condiciones de las viguetas y las losas alveolares

2.1 Armaduras pasivas.

Las armaduras pasivas cumplirán las condiciones especificadas en el artículo 9 de la Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (EH-91).

Los alambres corrugados que cumplan las condiciones exigidas para ellos como componentes de mallas electrosoldadas podrán utilizarse como componentes de armaduras básicas electrosoldadas en celosía, tanto en los elementos longitudinales, superior e inferior, como en elementos de conexión (celosía), así como en armadura transversal en viguetas prefabricadas.

Se prohíbe la utilización de alambres lisos como armaduras pasivas, excepto como componentes de mallas electrosoldadas y en elementos de conexión en armaduras básicas electrosoldadas en celosía

En las viguetas armadas prefabricadas la armadura básica se dispondrá en toda su longitud (véase 4.2). La armadura complementaria inferior podrá disponerse solamente en parte de su longitud.

La separación entre barras y su distancia a los paramentos cumplirán las prescripciones del artículo 13 de la Instrucción EH-91 y del artículo 19 de la Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado (EP-93). Se permite reducir estas distancias a 15 mm para elementos prefabricados en instalación industrial fija.

2.2 Armaduras activas o tendones.

Los tendones pretensos de las viguetas y losas cumplirán las condiciones especificadas en el artículo 13 de la Instrucción EP-93.

La separación entre los tendones y su distancia a los paramentos cumplirán las prescripciones del artículo 20 de la Instrucción EP-93.

2.3 Viguetas pretensadas y losas alveolares pretensadas.

La armadura activa situada en la zona inferior de una vigueta pretensada estará constituida, al menos; por dos tendones en posición simétrica respecto al plano vertical medio. En las losas alveolares la distancia entre los tendones será menor que 40 cm y que dos veces el canto de la pieza.

La cuantía geométrica ρ de la armadura no será menor que el 1,5 por 1.000 del área de la sección total ni menor que el 5 por 1.000 del área cobaricéntrica con la armadura situada en la zona inferior de la misma.

La fuerza de pretensado inicial y sus valores sucesivos se podrán calcular con coeficiente de ponderación $\gamma_p = 1$. La fuerza de pretensado tras la transferencia será igual a la inicial menos la suma de las pérdidas originadas por:

- a) Penetración de cuñas.
- b) Relajación del tendón a temperatura ambiente hasta la transferencia.
- c) Relajación adicional del tendón por el proceso de curado térmico, en su caso.
- d) Dilatación térmica del tendón por el proceso de curado térmico.
- e) Retracción del hormigón hasta la transferencia.
- f) Acortamiento elástico instantáneo al transferir.

Las tensiones finales de las piezas que se requieren para el análisis de los forjados en estados límites últimos y de utilización incluirán, además, las pérdidas por:

- g) Relajación y retracción posteriores a la transferencia.
- h) Fluencia del hormigón.

Después de la transferencia las viguetas y losas alveolares no presentarán tracciones mayores que la resistencia a tracción del hormigón utilizado, ni compresiones mayores que el 62,5 por 100 de la resistencia a compresión, ambas en valores característicos a la edad en que se produce la transferencia (figura 2.3).

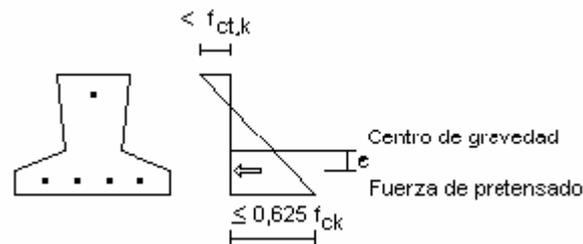


Figura 2.3 Tensiones después de la transferencia

siendo:

f_{ck} = Resistencia característica a compresión del hormigón de la pieza al transferir, en N/mm^2 .

$f_{ct,k}$ = Resistencia característica a tracción del hormigón de la pieza al transferir que puede tomarse igual a $0,21^3 \sqrt{f_{ck}^2}$, en N/mm^2 .

Las pérdidas totales se justificarán debidamente.

2.4 Hormigonado.

A los efectos de un correcto hormigonado, de los elementos prefabricados debe entenderse por paramento toda superficie límite de hormigonado, y a los efectos de protección de armaduras los paramentos que lo sean de modo definitivo.

Apartado 3.º Condiciones de las piezas de entrevigado.

3.1 Piezas aligerantes.

Las piezas de entrevigado aligerantes pueden ser de cerámica, hormigón, poliestireno expandido u otros materiales suficientemente rígidos que no produzcan daños al hormigón ni a las armaduras. Se considera que éstas no forman parte de la sección resistente del forjado.

Toda pieza de entrevigado será capaz de soportar una carga característica de 1,0 kN, repartida uniformemente en una placa de 200 x 75 x 25 mm, situada en la zona más desfavorable de la pieza y su comportamiento de reacción al fuego alcanzará, al menos, una clasificación M-1, de acuerdo con la norma UNE 23.727/90.

3.2 Piezas resistentes.

Las piezas de entrevigado resistentes pueden ser de cerámica o de hormigón y cumplirán las condiciones que para las piezas aligerantes se indican en 3.1.

Su resistencia característica a compresión no será menor que la resistencia de proyecto del hormigón de obra con que se ejecute el forjado. Puede considerarse que estas piezas forman parte de la sección resistente del forjado en las condiciones indicadas en 6.3.

Apartado 4.º Condiciones generales del forjado.

4.1 Condiciones geométricas.

La sección transversal del forjado cumplirá los requisitos siguientes [figura 4.1.a]):

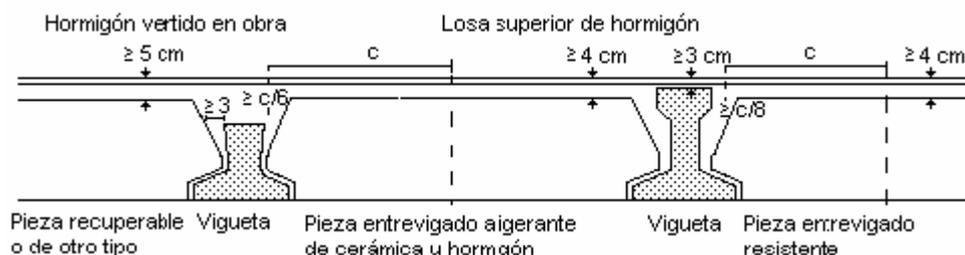


Figura 4.1.a Condiciones geométricas de los forjados

a) El espesor mínimo h_0 de la losa superior de hormigón, excepto en los forjados con losas alveolares sin capa de compresión de hormigón vertido en obra, será:

- 1.º 3 cm sobre viguetas.
- 2.º 4 cm sobre piezas de entreligado cerámicas o de hormigón y losas alveolares.
- 3.º 5 cm sobre piezas de entreligado de otro tipo o recuperables.

b) El perfil de la pieza de entreligado será tal que, a cualquier distancia c de su eje vertical de simetría, el espesor h de hormigón será mayor que $c/8$ en el caso de piezas de entreligado resistentes y que $c/6$ en el caso de piezas de entreligado aligerantes o cuando no existan piezas de entreligado.

c) En el caso de viguetas sin armaduras transversales de conexión con el hormigón vertido en obra, el perfil de la pieza de entreligado dejará a ambos lados de la cara superior de la vigueta un paso de 3 cm, como mínimo.

d) En el caso de losas alveolares, el espesor mínimo de las almas, de la losa superior y de la losa inferior, debe ser mayor que los valores siguientes:

- 1.º $\sqrt{(2h)}$, en mm, siendo h canto total de la pieza prefabricada, en mm.
- 2.º 20 mm.
- 3.º Tamaño máximo del árido más 10 mm.

La forma de la junta será la adecuada para permitir el paso de hormigón de relleno, para crear un núcleo capaz de transmitir el esfuerzo cortante entre losas colaterales y para, en el caso de situar en ella armaduras, facilitar su colocación y asegurar una buena adherencia.

Los recubrimientos de las armaduras serán en todos los casos superiores a 15 mm, cumpliendo además las condiciones exigidas por el ambiente a que en cada caso vaya a estar expuesta la superficie, de acuerdo con el artículo 20 de la EP-93.

e) En las losas alveolares con extremos cerrados se considera que el paramento interior de los alvéolos limita con ambiente I a efectos de recubrimiento de armaduras con respecto a ese paramento.

4.2 Armaduras longitudinales.

La armadura longitudinal inferior en todo punto de cada vigueta de un forjado de hormigón armado se compondrá, al menos, de dos barras, y su sección A_s cumplirá las condiciones siguientes:

$$A_s \geq 0,08 \frac{b_w \cdot h \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_s \geq \beta \cdot b_w \cdot h$$

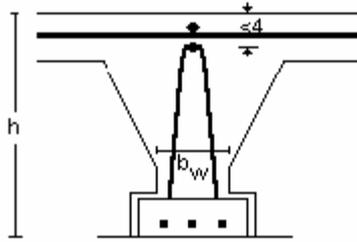


Figura 4.2 Ancho mínimo del nervio

siendo:

- b_w = Ancho mínimo del nervio (figura 4.2).
- h = Canto total del forjado.
- f_{cd} = Resistencia de cálculo a compresión del hormigón de obra.
- f_{yd} = Resistencia de cálculo del acero de la armadura.
- β = Coeficiente cuyo valor es 0,004 para acero AEH-400 y 0,003 para acero AEH-500.

Al menos la tercera parte de la armadura del centro del vano se llevará hasta los extremos.

La armadura longitudinal superior sobre los apoyos de un forjado, compuesta al menos de una barra, cumplirá la misma condición de cuantía antes indicada.

En las losas alveolares, cuando sea necesario disponer armadura pasiva para resistir momentos negativos sobre los apoyos interiores en continuidad, la cuantía mínima será la indicada en este apartado, en cuyo caso b_w , será la suma de los espesores de las almas, y f_{cd} , la resistencia de cálculo del hormigón de la losa alveolar.

4.3 Armaduras transversales.

Los forjados pueden realizarse sin armadura transversal si el esfuerzo cortante último de sus nervios, calculado según 6.3.3, es mayor o igual que el esfuerzo cortante de cálculo. Si no es así pueden aumentarse las dimensiones de los nervios o colocar armadura transversal, de estribos o de celosía, en las zonas que lo requieran.

En las viguetas prefabricadas que llevan una celosía soldada a una barra superior puede considerarse la colaboración de la celosía para el esfuerzo cortante cuando la barra está situada a menos de 4 cm de la superficie superior del forjado y estas armaduras cumplan las especificaciones de la norma UNE 36.739/95 Exp.

4.4 Armaduras de reparto.

En la losa superior de hormigón vertido en obra se dispondrá una armadura de reparto de al menos 4 mm de diámetro en las dos direcciones, a intervalos no mayores que 35 cm en las direcciones perpendicular a los nervios y paralela a los mismos, y tales que la sección total de esta armadura, en cm^2/m sea:

- a) En la dirección perpendicular a los nervios:

$$A_1 \geq \frac{50 h_o}{f_{yd}}$$

- b) En la dirección paralela a los nervios:

$$A_2 \geq \frac{25 h_o}{f_{yd}}$$

siendo:

- h_o = Espesor mínimo de la losa superior sobre piezas de entrevigado en cm.

f_{yd} = Resistencia de cálculo del acero, en N/mm².

Apartado 5.º Comprobaciones previas al hormigonado en obra.

5.1 Generalidades.

En los planos del forjado se consignará si las viguetas requieren o no apuntalamiento, y, en su caso, la separación máxima entre sopandas, que se calculará teniendo en cuenta lo siguiente:

a) Durante el hormigonado en obra, la acción característica de ejecución sobre las viguetas es el peso propio total del forjado y una sobrecarga de ejecución no menor que 1 kN/m².

b) La luz de cálculo de cada tramo l_a se medirá entre los apoyos extremos de las viguetas y los ejes de sopandas (figura 5.1).

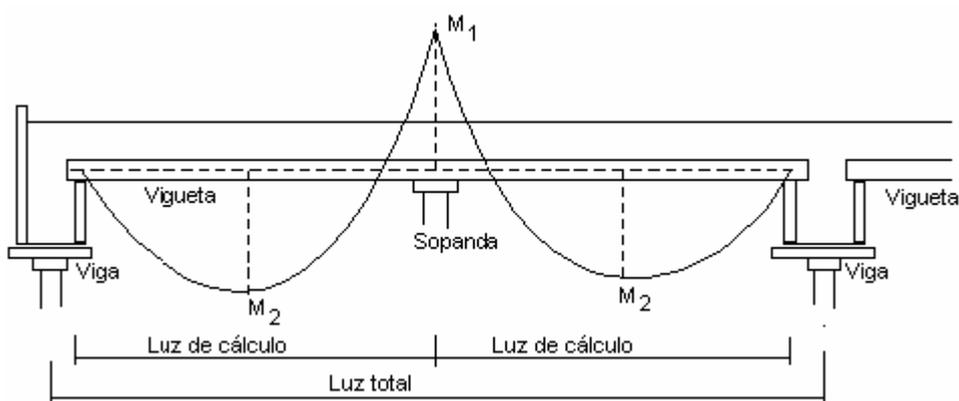


Figura 5.1 Solicitaciones del forjado durante el hormigonado

c) Las solicitaciones se calcularán por el método lineal, en la hipótesis de rigidez constante de la viga.

d) El coeficiente de mayoración γ_f sobre las acciones de ejecución puede ser menor que el indicado en el artículo 31 de la Instrucción EH-91 y el artículo 41 de la EP-93, pero en ningún caso menor que 1,25.

5.2 Comprobaciones de las viguetas y losas.

En las viguetas de hormigón armado o pretensado, en estado límite último se verificará:

$$\gamma_f \cdot M_1 \leq M_{u1} \quad \gamma_f \cdot M_2 \leq M_{u2} \quad \gamma_f \cdot V \leq V_u$$

En estado límite de servicio, bajo la acción característica de peso propio del forjado, la flecha w de todo tramo de viga cumplirá:

$$w \leq l_a / 1.000 \geq 3 \text{ mm}$$

Siendo l_a la luz de cálculo de acuerdo con 5.1.b).

Además en las viguetas de hormigón pretensado se cumplirá en estado límite último:

Sobre las sopandas:

En la fibra inferior:

$$\sigma'_c + \gamma_f \cdot M_1 / W_1 \leq 0,625 \cdot f_{ck}$$

En la fibra superior:

$$\sigma''_c - \gamma_f \cdot M_1/W_2 \geq f_{cf}$$

En los vanos:

En la fibra inferior:

$$\sigma'_c - \gamma_f \cdot M_2/W_1 \geq 0$$

En la fibra superior:

$$\sigma''_c + \gamma_f \cdot M_2/W_2 \leq 0,625 \cdot f_{ck}$$

siendo:

- M_1, M_2 = Momentos flectores en la viga debidos a las acciones de ejecución, sobre sopanda y en vano, respectivamente.
- M_{u1}, M_{u2} = Momentos flectores últimos que resiste la viga a flexión negativa y a flexión positiva, respectivamente.
- V = Esfuerzo cortante máximo en la viga, debido a las acciones de ejecución.
- V_u = Esfuerzo cortante último que resiste la viga.
- f_{ck} = Resistencia característica a compresión del hormigón de la viga, en N/mm².
- f_{cf} = Resistencia a flexotracción del hormigón de la viga, en N/mm². Igual a $0,37^3 \sqrt{f_{ck}^2}$.
- σ'_c, σ''_c = Tensiones del hormigón en las fibras inferior y superior de la viga después de la transferencia, deducidas todas las pérdidas hasta la fecha de ejecución del forjado.
- W_1, W_2 = Módulos resistentes de la sección homogeneizada de la viga, correspondientes a la fibra inferior y superior, respectivamente.
- γ_f = Coeficiente de mayoración de cargas que de acuerdo con 5.1 se tomará mayor o igual a 1,25.

Apartado 6.º Cálculo del forjado.

6.1 Acciones e hipótesis de carga.

Las acciones características se establecerán en el Proyecto de acuerdo con los valores establecidos en la Norma Básica de la Edificación NBE-AE-88, o la norma específica correspondiente.

Cuando tengan influencia apreciable, se considerarán las cargas derivadas del proceso de ejecución del edificio, en particular las procedentes del apuntalamiento y desapuntalamiento de las plantas superiores que, en ocasiones, pueden producir la hipótesis de carga más desfavorable.

Las acciones de cálculo se obtendrán multiplicando las acciones características por los coeficientes de ponderación que se establecen en el artículo 31 de la Instrucción EH-91 y en el artículo 41 de la Instrucción EP-93. En los forjados totalmente ejecutados en obra sin viguetas prefabricadas, salvo condiciones particulares, se tomarán los coeficientes de ponderación de cargas correspondientes al control de ejecución a nivel reducido.

En el caso de que los elementos prefabricados posean un distintivo de calidad reconocido por el Ministerio de Fomento, o por la Administración competente de países que sean miembros de la Unión Europea, o bien que sean parte en el Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo, que tengan un nivel de seguridad equivalente, el valor del coeficiente de ponderación de cargas γ_f podrá reducirse en 0,1 en los forjados de viguetas y en 0,15 en las losas alveolares.

En general, se considerará la alternancia de sobrecargas en los vanos contiguos.

6.2 Análisis de las solicitaciones.

La luz de cálculo de cada tramo de forjado se medirá, en general, entre ejes de los elementos de apoyo. Cuando el forjado se apoye en vigas planas o mixtas no centradas con los soportes, se tomará como eje el que pasa por los centros de éstos.

Cuando el canto del forjado sea menor que el espesor del muro en que se sustenta, podrá tomarse como luz de cálculo la luz libre más el canto del forjado.

El análisis de solicitaciones, en estados límites últimos, puede hacerse de acuerdo con los métodos de cálculo lineal en la hipótesis de viga continua con inercia constante, apoyada en las vigas o los muros sobre los que descansa.

También puede considerarse una redistribución plástica de momentos, que puede ser, la del 15 por 100 considerada en el artículo 52 de la Instrucción EH-91 o, como máximo, la que resulte de igualar los momentos en los apoyos y en el vano.

Los estados límites de utilización, fisuración y deformación, se estudiarán siguiendo el cálculo lineal.

En los apoyos sin continuidad se considerará un momento flector negativo no menor que 1/4 del momento flector máximo positivo del tramo adyacente. En el caso de losas alveolares sin continuidad y con apoyo directo, no será preciso considerar este momento.

Todos los vanos deberán resistir, como mínimo, un momento positivo igual a 1/2 de su momento isostático.

6.3 Comprobación de estados límites.

6.3.1 Secciones para el cálculo.

En el cálculo de los forjados con piezas de entrevigado resistentes, tanto para los estados límites últimos, como para los de utilización, puede considerarse que forman parte de la sección resistente los tabiquillos de las piezas en contacto con el hormigón.

Las zonas de hormigón vertido en obra, situadas bajo un ancho de paso menor de 2 centímetros, no se considerarán en el cálculo [figura 6.3.3.b)].

De acuerdo con 5.2, en el caso de forjados y losas alveolares sin sopandas, deberá considerarse solamente la sección de las viguetas o losas para los esfuerzos producidos por el peso propio más la sobrecarga de ejecución y la sección completa para la carga total.

6.3.2 Estado límite último bajo solicitaciones normales.

En los forjados con nervios o viguetas armadas, las secciones sometidas a solicitaciones normales, momentos positivos o negativos, se calcularán según lo establecido en los artículos 36 y 50 de la Instrucción EH-91. Si existe además un esfuerzo axial se considerará en el cálculo.

En los forjados con viguetas pretensadas y losas alveolares las secciones sometidas a momentos positivos se calcularán según el artículo 47 de la Instrucción EP-93. Las sometidas a momentos negativos se pueden calcular como las de los forjados con viguetas armadas.

6.3.3 Estado límite último bajo solicitaciones tangenciales.

6.3.3.1- Forjados de viguetas.

En todo forjado de viguetas armadas, el esfuerzo cortante de cálculo V_d , por nervio cumplirá:

a) Agotamiento por compresión oblicua del nervio:

$$V_d \leq V_{u1} = 0,3 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

b) Agotamiento por tracción oblicua del nervio:

Sin armadura transversal:

$$V_d \leq V_{u2} = 2 \cdot f_{cv} \cdot b_w \cdot d$$

Previa justificación experimental puede aumentarse V_{u2} hasta el valor:

$$V_d \leq V_{u2} = \xi \cdot \zeta \cdot f_{cv} \cdot b_w \cdot d$$

Con armadura transversal:

$$V_d \leq V_{u3} = f_{cv} \cdot b_w \cdot d + 0,9 \cdot d \cdot f_{td} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} A_{ti} (\text{sen } \alpha_i + \text{cos } \alpha_i)$$

siendo:

- b_w = Anchura mínima del nervio.
- d = Canto útil del forjado.
- f_{cd} = Resistencia de cálculo del hormigón a compresión.
- f_{cv} = Resistencia virtual de cálculo del hormigón a esfuerzo cortante. Igual a $0,16\sqrt{f_{cd}}$, con f_{cd} expresado en N/mm².
- ξ = Factor adimensional, con d en metros. Igual a $1,6 - d \geq 1$.
- ζ = Factor adimensional, igual a $(1 + 50\rho) \leq 2$, función de la cuantía geométrica de la armadura:

$$\rho = \frac{A_s}{b_w \cdot d} \cdot \frac{f_{yk}}{400}$$

siendo:

- A_s = Área de la armadura de tracción.
- f_{yk} = Límite elástico característico del acero traccionado, en N/mm².

- f_{td} = Resistencia de cálculo a tracción del acero de la armadura transversal. Igual a $f_{yk}/\gamma_s \leq 420$ N/mm².
- A_t = Área de la armadura transversal, por unidad de longitud de nervio.
- α = Ángulo que forma la armadura transversal con el eje del nervio, tal como se define en la fig. 39.1.2 de la Instrucción EH-91.

En la comprobación a un nivel con un ancho b se adoptará como resistencia la que corresponde al hormigón de dicho nivel, y cuando la sección corte a dos hormigones se tomará, bien el ancho del prefabricado con su resistencia, bien el ancho total con la resistencia del hormigón *in situ* [figuras 6.3.3.a) y 6.3.3.b)].

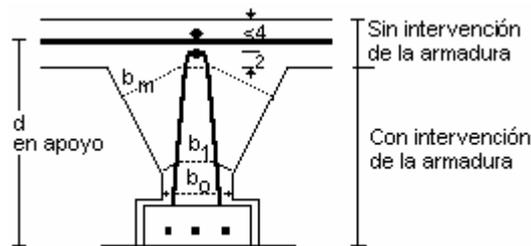


Figura 6.3.3.a Comprobación de esfuerzo cortante con piezas aligerantes

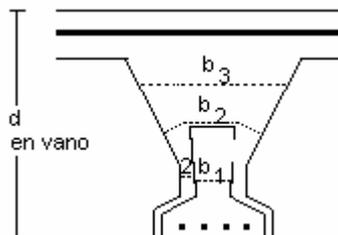


Figura 6.3.3.b Comprobación de esfuerzo cortante con piezas resistentes

En los forjados de viguetas armadas con celosía podrá considerarse que ésta colabora en la resistencia a esfuerzo cortante, si el redondo superior se encuentra situado a una

distancia de la cara superior del forjado menor que 4 centímetros, para comprobaciones de secciones situadas por debajo del redondo superior y, al menos, a 2 centímetros de éste.

Los forjados con viguetas pretensadas se comprobarán según el artículo 48 de la Instrucción EP-93, aunque puede utilizarse la misma expresión que para los forjados con viguetas armadas y en zonas de momentos positivos las fórmulas de las losas alveolares pretensadas de 6.3.3.2.

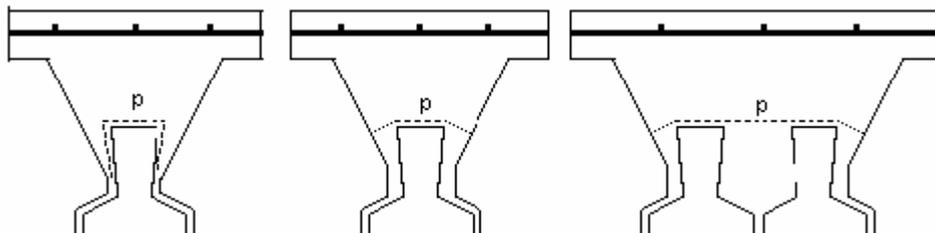


Figura 6.3.3.c Comprobación en el perímetro de contacto entre hormigones

Además, tanto en los forjados con viguetas armadas como con pretensadas, en secciones que sólo contengan superficies de contacto entre hormigón vertido en obra y hormigón prefabricado [figura 6.3.3.c)] debe comprobarse también que:

$$V_d \leq V_{u2} = \beta \cdot p \cdot d \cdot f_{cv}$$

siendo:

- f_{cv} = Resistencia virtual de cálculo del hormigón vertido en obra a esfuerzo cortante.
- p = Perímetro crítico a rasante de la superficie de contacto [figura 6.3.3.c)], incluyendo, si es preciso, zonas de hormigón vertido en obra.
- β = Coeficiente de valor 1,2 para superficies rugosas eficazmente engarzadas en cola de milano, y de valor 0,6 para el resto de los casos, en particular, para superficies encofradas con molde liso.
- d = Canto útil de la sección [figuras 6.3.3.a) y 6.3.3.b)].

Podrán admitirse valores de V_{u2} mayores que los indicados, justificándolos mediante resultados de ensayo que reproduzcan las peores condiciones que puedan presentarse dentro del campo de utilización del forjado en cuestión.

6.3.3.2 Forjados de losas alveolares pretensadas.

En las losas alveolares la verificación a esfuerzo cortante se efectuará según 48.1.4.2.2 de la EP-93.

a) Zona en la que $M_d \geq M_o$

$$V_d \leq V_u = 0,5 \cdot \xi \cdot \zeta \cdot f_{cv} \cdot b_w \cdot d \cdot (1 + M_o/M_d)$$

siendo:

- $1 + M_o/M_d \leq 2$.
- $\xi = 1,6 - d \geq 1$.
 d = Canto útil de la sección expresado en metros.
- $\zeta =$ Factor adimensional, igual a $(1 + 50p) \leq 2$, función de la cuantía geométrica.

$$p = [(A_s + A_p \cdot f_{yp}/f_{yk}) / (b_w \cdot d)] \cdot (f_{yk}/400) \leq 0,02.$$

A_p = Área de los tendones situados en la zona de tracción, en mm².

f_{yp} = Resistencia de cálculo del acero de pretensado, en N/mm².

A_s = Área de la armadura pasiva, en mm².

f_{yk} = Resistencia característica del acero de las armaduras pasivas, en

- N/mm^2 .
- f_{cv} = Resistencia virtual de cálculo del hormigón a esfuerzo cortante. Igual a $0,16\sqrt{f_{cd}}$, con f_{cd} expresado en N/mm^2 .
- b_w = Suma de los anchos de los nervios.
- d = Canto útil de la sección.
- M_o = Momento de descompresión de la sección.
- M_d = Momento de cálculo de la sección.

b) Zona en la que $M_d \leq M_o$

$$V_d \leq V_u = (I \cdot b_w/S) \sqrt{(f_{ct,d}^2 + \alpha \cdot \sigma_{cpm} \cdot f_{ct,d})}$$

siendo:

- I = Momento de inercia de la sección transversal.
- S = Momento estático de la sección transversal.
- $f_{ct,d}$ = Resistencia de cálculo a tracción del hormigón.
- α = Coeficiente igual a $x/(1,2 \cdot l_{bd}) \leq 1$.

x = Distancia de la sección al extremo.

l_{bd} = Longitud de transferencia del cable de pretensado, que puede tomarse como $l_{bd} = \phi \cdot \sigma_p/21$. Siendo:

σ_p = Tensión de pretensado, en kN/mm^2 , después de las pérdidas.

ϕ = Diámetro del cable, en milímetros.

σ_{cpm} = Tensión media en el hormigón debida a la fuerza de pretensado.

En las losas alveolares con capa de compresión o con alveolos macizados de hormigón deben considerarse dos situaciones de carga:

Esfuerzos cortantes resultantes del peso propio de la losa prefabricada y del hormigón vertido en obra, que son resistidos exclusivamente por la losa prefabricada.

Esfuerzos cortantes resultantes del resto de las cargas permanentes y sobrecargas, que son resistidos por la sección compuesta.

En estos casos también serán precisas las comprobaciones de la superficie de contacto entre hormigón vertido en obra y hormigón prefabricado indicadas para viguetas en 6.3.3.1.

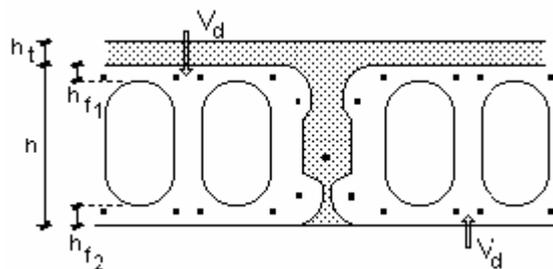


Figura 6.3.3.d Esfuerzo cortante en las juntas entre losas alveolares

El esfuerzo cortante vertical en las juntas longitudinales V_d no será mayor que el esfuerzo cortante resistido V_u calculado como el menor de los valores siguientes:

$$V_u = 0,25 \cdot f_{bt,d} \cdot \Sigma h_f$$

$$V_u = 0,15 \cdot (f_{ct,d} \cdot h + f_{ct,d} \cdot h_t)$$

siendo:

- $f_{bt,d}$ = Resistencia de cálculo a tracción del hormigón de la losa prefabricada.
- $f_{ct,d}$ = Resistencia de cálculo a tracción del hormigón vertido en obra.

- Σh_f = Suma de los menores espesores del ala superior e inferior de la losa prefabricada (figura 6.3.3.d).
 h = Altura neta de la junta.
 h_t = Espesor del hormigón de la losa superior.

6.3.4 Estado límite último de punzonamiento.

Si existen cargas concentradas importantes debe comprobarse la resistencia a punzonamiento del forjado.

En las losas alveolares sin capa de hormigón vertido en obra la carga puntual sobre la losa prefabricada no será mayor que:

$$V_u = b_w \cdot h \cdot f_{ct,d} \cdot (1 + 0,3 \cdot \alpha \cdot \sigma_{cpm}/f_{ct,d})$$

siendo:

- b_w = Ancho efectivo obtenido como suma de las almas afectadas de acuerdo con la figura 6.3.4.
 h = Altura total de la losa.
 $f_{ct,d}$ = Resistencia de cálculo a tracción del hormigón de la losa prefabricada.
 σ_{cpm} = Tensión media en el hormigón debida a la fuerza de pretensado.
 α = Coeficiente igual a $[x/(1,2 \cdot l_{bd})] \leq 1$.

x = Distancia desde la sección al extremo.

l_{bd} = Longitud de transferencia del cable de pretensado.

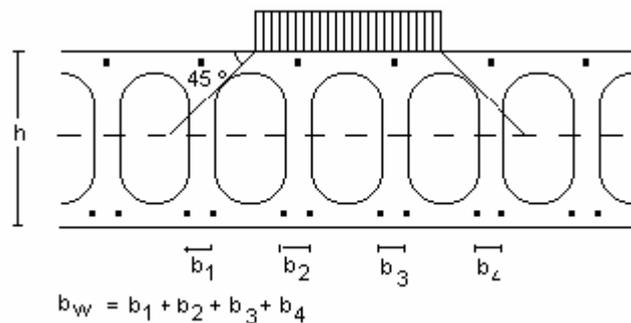


Figura 6.3.4 Ancho efectivo en losas alveolares

6.3.5 Estado límite de fisuración.

En los forjados con viguetas armadas, y en la losa superior de los forjados con piezas pretensadas, la comprobación de las condiciones de fisuración se realizará según lo establecido en el artículo 44 de la Instrucción EH-91.

Los forjados con viguetas pretensadas y las losas alveolares, para prevenir los efectos de la fisuración, se diseñarán de tal forma que, bajo carga total y en la hipótesis de no colaboración del hormigón vertido en obra por debajo de la línea neutra, se verifiquen las condiciones siguientes (figura 6.3.5), según las clases establecidas en los artículos 3 y 4 de la EP-93:

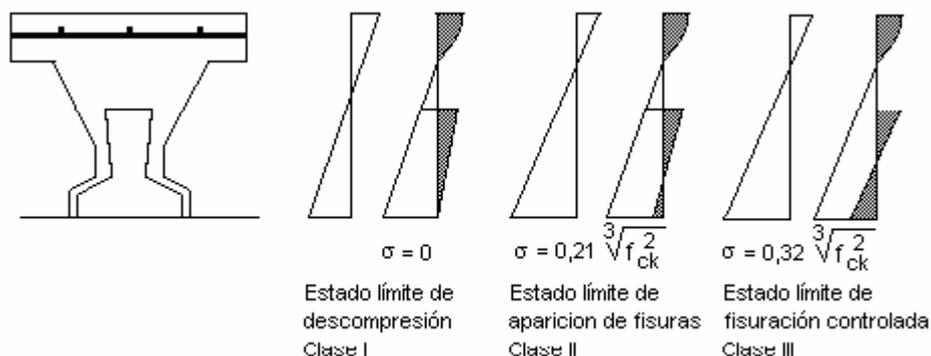


Figura 6.3.5 Estados límites de fisuración en forjados con viguetas o losas pretensadas

1. En clase I no se sobrepasa el estado límite de descompresión, caracterizado por la existencia de tensión nula en la fibra menos comprimida de la sección.

2. En la clase II, no se sobrepasa el estado límite de aparición de fisuras, caracterizado por la aparición de una tracción de valor $0,21 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2}$ en la fibra más traccionada de la sección.

3. En clase III, no se llega al estado de fisuración controlada, caracterizado por la aparición de una tracción de valor $0,32 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2}$ en la fibra más traccionada de la sección.

6.3.6 Estado límite de deformación.

6.3.6.1 Cálculo de la flecha.

El cálculo de las deformaciones de los forjados se hará atendiendo a los criterios establecidos en el artículo 45 de la EH-91 y en el artículo 55 de la EP-93, teniendo en cuenta tanto los efectos instantáneos como los diferidos, de acuerdo con las características de los materiales y de las secciones y los efectos de retracción y de fluencia correspondientes.

Dentro del cálculo de la flecha debe distinguirse:

a) Flecha total a plazo infinito, producida por la totalidad de las cargas actuantes, tanto las permanentes como las sobrecargas. Está formada por la flecha instantánea producida por todas las cargas, mas la flecha diferida producida por las cargas permanentes a partir de su actuación.

b) Flecha activa respecto a un elemento dañable, producida a partir del instante en que se construye dicho elemento. Su valor es igual, por tanto, a la flecha total a plazo infinito menos la que ya se ha producido en el instante en que se construye el elemento.

6.3.6.2 Deformaciones admisibles.

Las deformaciones calculadas deben cumplir las condiciones siguientes:

a) La flecha total a plazo infinito no excederá al menor de los valores $L/250$ y $L/500 + 1$ cm.

b) Para forjados que sustentan tabiques: La flecha activa no excederá al menor de los valores $L/400$ y $L/800 + 0,6$ cm.

c) Para forjados que sustentan tabiques muy rígidos o muros de cerramiento de fábrica: La flecha activa no excederá al menor de los valores $L/500$ y $L/1.000 + 0,5$ cm.

En las expresiones anteriores L es la luz del vano y, en el caso de voladizo, 1,6 veces el vuelo.

6.3.6.3 Canto del forjado.

En los forjados de viguetas con luces menores que 7 metros y en los forjados de losas alveolares pretensadas con luces menores que 12 metros, y sobrecargas no mayores que 4 kN/m^2 , no es preciso comprobar la flecha prescrita en el articulado si el canto total es mayor que h siendo:

$$h = \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot L / C$$

donde:

- δ_1 = Factor que depende de la carga total y que tiene el valor de $\sqrt{(q/7)}$. Siendo q la carga total en kN/mm².
- δ_2 = Factor que tiene el valor de $\sqrt[4]{(L/6)}$. Siendo L la luz del forjado en m.
- L = Luz de cálculo del forjado.
- C = Coeficiente cuyo valor se toma de la tabla adjunta.

Tabla de coeficientes C

		Tipo de tramo		
		Aislado	Extremo	Interior
Forjados armados	Con tabiques.	18	22	25
	Con muros.	17	21	24
	Cubiertas.	20	24	27
Forjados pretensados *	Con tabiques.	20	24	27
	Con muros.	19	23	26
Losas alveolares *	Con tabiques.	40	-	-
	Con muros.	36	-	-
	Cubiertas.	45	-	-

* Piezas pretensadas proyectadas en clase I o clase II (véanse artículos 3 y 4 de la EP-93)

Apartado 7.º Disposiciones constructivas.

7.1 Enlace de los nervios con el apoyo.

7.1.1 Forjados de viguetas.

Los nervios de un forjado pueden apoyarse sobre un muro o una viga de canto netamente superior al del forjado, denominándose apoyo directo [figura 7.1.a) y figura 7.1.b)], o prolongarse en una viga plana, cabeza de viga mixta, brochal, etc. del mismo canto que el forjado denominándose apoyo indirecto [figura 7.1.c) y figura 7.1.d)].

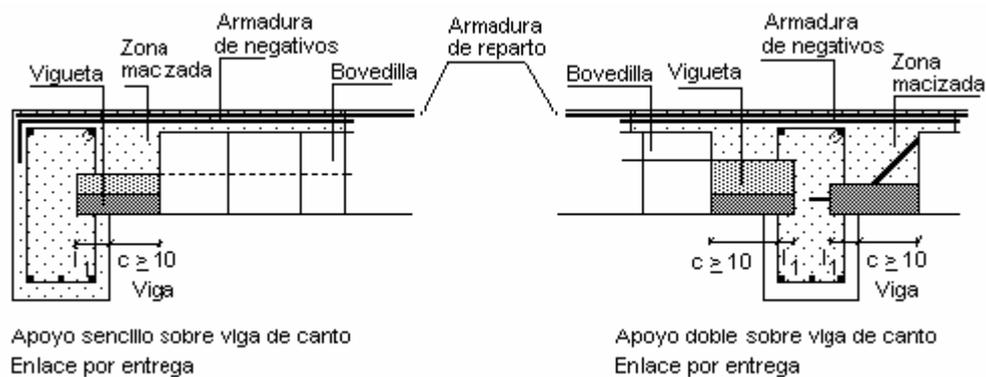


Figura 7.1.a Apoyo directo sobre vigas

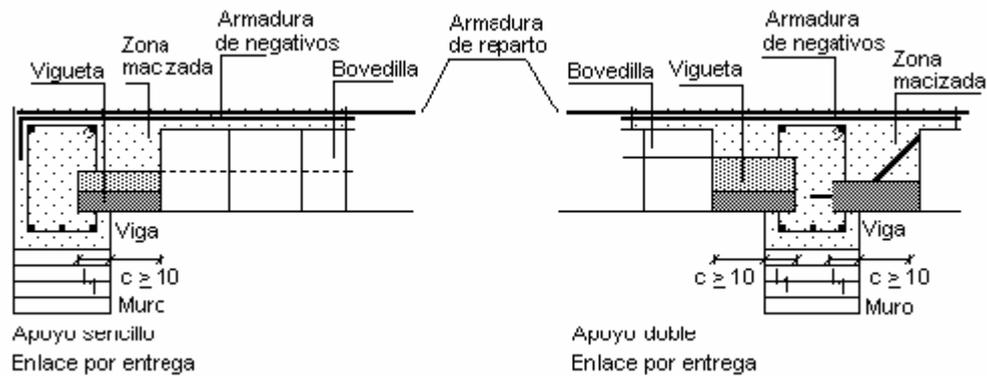
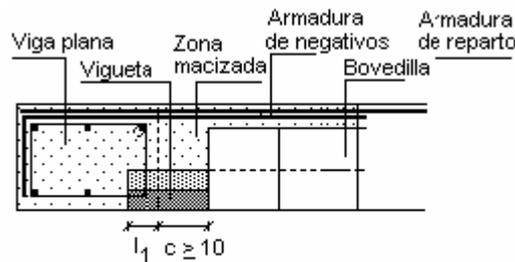


Figura 7.1.b Apoyo directo sobre muros



Apoyo sencillo sobre viga plana

Figura 7.1.c Apoyo indirecto. Enlace por entrega

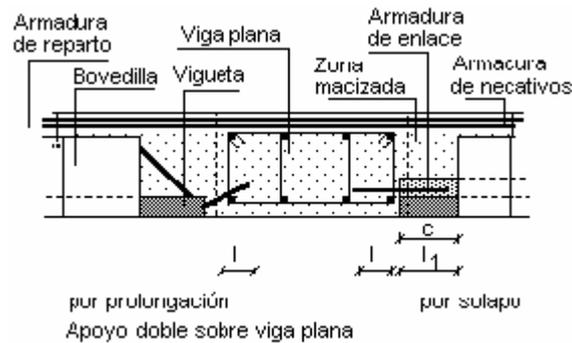


Figura 7.1.d Apoyo indirecto. Enlace por prolongación y enlace por solapo

En los forjados con nervios armados ejecutados en obra, el apoyo en vigas, muros, etc., requiere que las armaduras longitudinales, inferiores y superiores de éstos, tengan las longitudes de anclaje que se prescriben en el artículo 40 de la Instrucción EH-91.

Los enlaces de las viguetas prefabricadas con los apoyos pueden ser: Por entrega, por prolongación o por solapo.

a) Por entrega.

Se produce mediante la penetración de la vigueta armada o pretensada en el hormigón del apoyo, tenga o no armadura saliente en su testa [figura 7.1.a), figura 7.1.b) y figura 7.1.c)].

La longitud de penetración l_1 , en centímetros, de la vigueta será:

$$l_1 = \frac{V_d \cdot s}{20 \cdot p \cdot f_{cv}} \geq 10 \text{ cm}$$

siendo:

- V_d = Esfuerzo cortante de cálculo, en kN/m.
- s = Separación entre ejes de viguetas, en m.
- P = Perímetro de la vigueta en contacto con el hormigón vertido en obra, en m.
- f_{cv} = Resistencia virtual a esfuerzo cortante del hormigón vertido en obra, en N/mm².

b) Por prolongación.

La armadura inferior de la vigueta debe prolongarse una longitud l en el apoyo (fig. 7.1.d), igual a la longitud de anclaje necesaria para resistir una tracción de valor igual al esfuerzo cortante, en el caso de apoyos exteriores y de valor igual a la mitad del esfuerzo cortante de la vigueta en el caso de apoyos interiores sometidos a momentos negativos.

Dicha longitud se medirá desde la cara del apoyo en los casos de apoyo directo, y desde el estribo de la viga, zuncho o cabeza de la viga mixta en los casos de apoyo indirecto.

La longitud l debe ser mayor que 10 cm en apoyos exteriores y mayor que 6 cm en apoyos interiores.

Si el nervio o vigueta posee armadura transversal (estribo o celosía) ésta llegará, al menos, hasta la cara del apoyo en caso de apoyo directo, o hasta el estribo de la viga plana o mixta si el apoyo es indirecto (fig. 7.1.d).

c) Por solapo.

Para viguetas cuya armadura longitudinal no penetre en el apoyo, se dispondrá de una armadura de enlace, capaz de absorber los esfuerzos definidos en el enlace por prolongación.

La armadura de enlace deberá entrar en el apoyo la longitud l definida para el enlace por prolongación y dentro del nervio una longitud l_s igual o mayor que l , equivalente a la longitud de anclaje de la armadura correspondiente.

7.1.2 Forjado de losas alveolares pretensadas.

El apoyo de las losas alveolares en vigas o muros puede ser directo o indirecto por solapo. El apoyo indirecto por solapo se ejecutará macizando los alvéolos previamente abiertos eliminando parcialmente el hormigón de la parte superior y colocando en ellos la armadura necesaria.

Las longitudes de anclaje serán las indicadas en 7.1.1, salvo en el apoyo por entrega que no será menor que 4 cm y debiendo comprobarse la tensión en la zona de contacto.

7.1.3 Zona macizada.

En los forjados con viguetas, en todos los apoyos tanto interiores como exteriores, la zona macizada eliminando las bovedillas tendrá como mínimo una anchura de 10 cm.

En el caso de viguetas pretensadas, en los apoyos indirectos por prolongación, la zona macizada tendrá como mínimo una anchura:

$$a = \frac{V_d \cdot s}{20 \cdot h_1 \cdot \tau} \geq 10 \text{ cm}$$

siendo:

- a = Anchura, en cm.
- V_d = Esfuerzo cortante de cálculo, en kN/m.
- s = Separación entre ejes de viguetas, en m.
- h_1 = Canto total de la vigueta, en m.
- τ = Resistencia del hormigón a rasante, en N/mm² que, para piezas en cola de milano o engarzadas eficazmente al hormigón, puede suponerse igual al valor f_{cv} , correspondiente al hormigón vertido en obra.

En el caso de apoyos indirectos por solapo la zona macizada será mayor que la l definida para el enlace por prolongación, y que l_s definida para el enlace por solapo (figura 7.1.d).

7.2 Armadura superior.

En los forjados de viguetas en los apoyos se colocará, como armadura para los momentos negativos, al menos una barra sobre cada nervio. En el caso de que haya que colocar más de dos por nervio, se distribuirán sobre la línea de apoyo para no impedir que el hormigón rellene bien el nervio, anclándose adecuadamente en ambos lados del mismo.

En los apoyos exteriores de vano extremo, de acuerdo con 6.2, se dispondrá una armadura superior capaz de resistir un momento flector, al menos igual a la cuarta parte del momento del vano. Tal armadura se extenderá desde la cara exterior del apoyo en una longitud no menor que el décimo de la luz más el ancho del apoyo. En el extremo exterior la armadura se prolongará verticalmente una longitud igual al canto del forjado (figura 7.2.a).

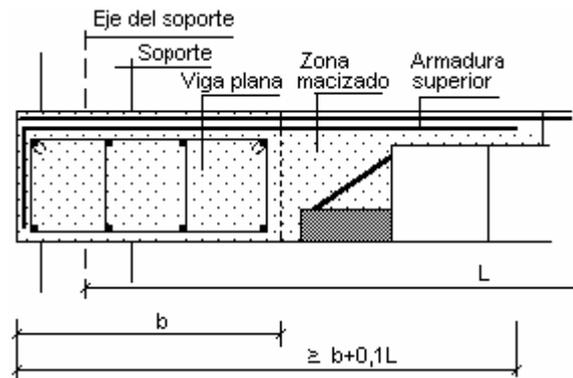


Figura 7.2.a Anclaje de armadura superior en extremo

En los forjados de losas alveolares sin losa superior de hormigón vertido en obra se dispondrá, cuando sea necesaria, la armadura superior en los alvéolos que habrán sido preparados adecuadamente eliminando el hormigón de la parte superior en una longitud igual o mayor que la de las barras y posteriormente rellenos (figura 7.2.b).

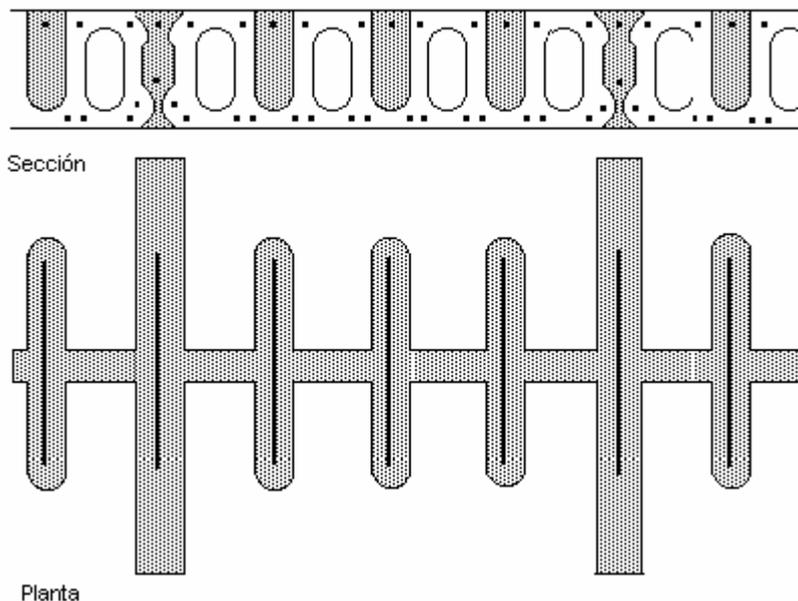


Figura 7.2.b Armadura superior en losas alveolares

7.3 Enfrentamiento de nervios.

Cuando se tenga en cuenta la continuidad de los forjados conviene que los nervios o viguetas se dispongan enfrentados, pero puede admitirse una desviación c inferior a la distancia recta entre testas s en apoyos interiores, y hasta 5 cm en apoyos de voladizo (figura 7.3.a).

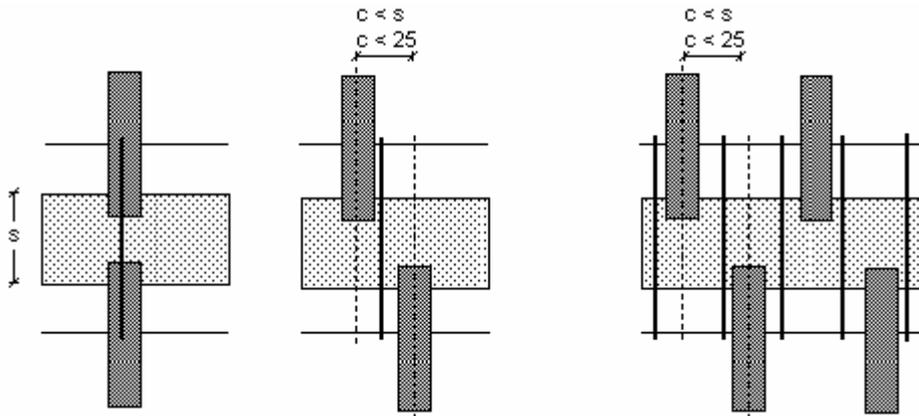


Figura 7.3.a Enfrentamiento de nervios

En los casos en los que un forjado acomete a otro perpendicularmente, su armadura superior se anclará por prolongación recta (figura 7.3.b). Cuando un voladizo tiene nervios perpendiculares a los del tramo adyacente, su armadura superior se anclará por prolongación recta una longitud no inferior a la longitud del voladizo ni a dos veces el intereje.

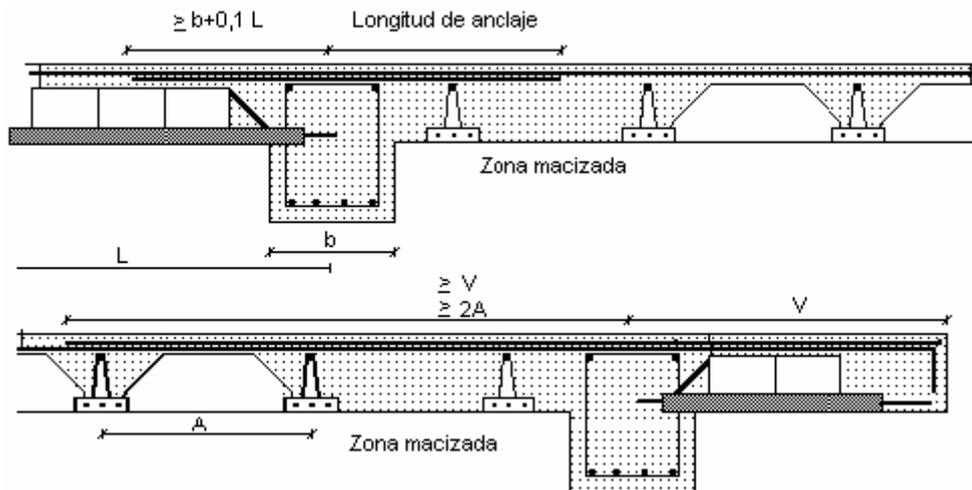


Figura 7.3.b Encuentro entre forjados perpendiculares

En ambos casos, se garantizará la resistencia a compresión de la parte inferior del forjado macizando las partes necesarias o con disposiciones equivalentes (figura 7.3.b).

Apartado 8.º Ejecución.

8.1 Transporte, descarga y manipulación.

Se seguirán las instrucciones indicadas por cada fabricante para la manipulación, a mano o con grúa, de las viguetas y losas alveolares. Si alguna resulta dañada afectando a su capacidad portante deberá desecharse.

8.2 Acopio en obra.

Las viguetas o losas alveolares se apilarán limpias sobre durmientes, que coincidan en la misma vertical.

No se permitirán vuelos mayores que 0,50 m, ni alturas de pilas mayores que 1,50 m, salvo que el fabricante indique otro valor.

8.3 Apeos.

Se dispondrán durmientes de reparto para el apoyo de los puntales.

Si los durmientes de reparto descansan directamente sobre el terreno, habrá que cerciorarse de que no puedan asentar en él.

En los puntales se colocarán arriostramientos en dos direcciones, para conseguir un apuntalamiento capaz de resistir los esfuerzos horizontales que puedan producirse durante el montaje de los forjados.

En caso de forjados de peso propio mayor que 3kN/m² o cuando la altura de los puntales sea mayor que 3 m, se realizará un estudio detallado de los apeos.

Las sopandas se colocarán a las distancias indicadas en los planos de ejecución del forjado de acuerdo con lo indicado en 5.1.

En los forjados de viguetas armadas se colocan los apeos nivelados con los apoyos y sobre ellos se colocan las viguetas. En los forjados de viguetas pretensadas se colocan las viguetas ajustando a continuación los apeos. Los puntales deberán poder transmitir la fuerza que reciban y, finalmente, permitir desapuntalar con facilidad.

8.4 Colocación de las viguetas y bovedillas.

Una vez niveladas las sopandas, se procederá a la colocación de las viguetas con el interje que se indica en los planos. Finalizada esta fase, se ajustaran los puntales y se procederá a la colocación de las bovedillas.

8.5 Colocación de las armaduras.

La armadura de negativos se colocará preferentemente sobre la armadura de reparto, a la cual se fijará para que mantenga su posición.

En las losas alveolares sin losa superior de hormigón vertido en obra la armadura se mantendrá en su posición mediante las piezas auxiliares necesarias.

8.6 Hormigonado.

En los forjados de viguetas la resistencia característica del hormigón, vertido en obra, tanto en la losa superior como en el relleno de los nervios, será la indicada en los planos del proyecto de ejecución, no inferior a la indicada en la autorización de uso.

El hormigonado de los nervios y la losa superior deberá realizarse simultáneamente.

El tamaño máximo del árido no será mayor que 20 mm.

En las losas alveolares el relleno de las juntas entre las piezas y la capa de compresión, si existe, se hará con hormigón de $f_{ck} \geq 25$ N/mm² y con el tamaño máximo del árido, adecuado al espesor de la junta. La relación agua cemento será igual o menor que 0,50. Se garantizará que la junta quede totalmente rellena, compactando con medios adecuados a su consistencia.

8.7 Curado.

Debe realizarse de acuerdo con el artículo 20 de la EH-91.

8.8 Desapuntalamiento.

No se entresacarán ni retirarán puntales sin la autorización previa del Director de obra.

No se desapuntalará de forma súbita y se adoptarán precauciones para impedir el impacto de los encofrados sobre el forjado.

Apartado 9.º Control.

9.1 Control de recepción de los elementos resistentes y piezas de entrevigado.

En cada suministro que llegue a obra se realizarán las comprobaciones siguientes:

Que los elementos y piezas están legalmente fabricados y comercializados.

Que el sistema dispone de la "autorización de uso" en vigor, de acuerdo con 1.3 de esta Instrucción.

Que cada vigueta o losa alveolar lleva una marca que permite la identificación del fabricante y el tipo de elemento.

Que las características geométricas y de armado del elemento resistente y características geométricas de la pieza de entrevigado cumplen las condiciones reflejadas en la "autorización de uso".

Que la justificación documental, aportada por el fabricante, permite garantizar las características especificadas para el producto en la "autorización de uso". No es necesario esta comprobación en el caso de productos que posean un distintivo de calidad reconocido por el Ministerio de Fomento o por la Administración competente de un país miembro de la Unión Europea o bien que sean parte en el Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo que tenga un nivel de seguridad equivalente.

Lo anterior se entenderá sin perjuicio de las facultades del Director de obra para exigir cualquier tipo de comprobación que estime conveniente.

9.2 Control del hormigón y armaduras colocados en obra.

El control de estos materiales se efectuará según el nivel previsto en el proyecto, de acuerdo con las prescripciones de la EH-91, considerando estos materiales incluidos en los correspondientes lotes de la estructura.

Si el hormigón se elabora a pie de obra, el control de sus componentes (cemento, agua, áridos y aditivos) se realizará de acuerdo con las prescripciones de la Instrucción EH-91.

Los niveles de control establecidos para la recepción de los materiales y ejecución del forjado serán los mismos que los del resto de la estructura.

9.3 Control de la ejecución.

Durante la ejecución del forjado se comprobarán, al menos:

- a) Los acopios cumplen las especificaciones de 8.2.
- b) Las viguetas o losas no presentan daños.
- c) La correcta ejecución de los apeos, con especial atención a la distancia entre sopandas, diámetros y resistencia de los puntales.
- d) La colocación de viguetas con el intereje previsto en los planos.
- e) La longitud y diámetro, de las armaduras colocadas en obra.
- f) La posición y fijación de las armaduras mediante la utilización de los separadores adecuados.
- g) Las disposiciones constructivas previstas en el proyecto.
- h) La limpieza y regado de las superficies antes del vertido del hormigón.
- i) El espesor de la losa superior de hormigón.
- j) La compactación y curado del hormigón.
- k) Las condiciones para proceder al desapuntalamiento.

Apartado 10.º Documentación del forjado.

10.1 Documentación del forjado para su ejecución.

En los planos de la estructura incluidos en el proyecto de ejecución debe figurar, al menos, la información siguiente:

- a) Las cargas consideradas en el cálculo, especificando al menos las sobrecargas previstas del forjado y la carga total.
- b) Las características del hormigón y del acero, y los coeficientes de seguridad adoptados, de acuerdo con los niveles de control establecidos.
- c) Las solicitaciones más desfavorables en cada tipo de nervio del forjado.
- d) El canto total del forjado y espesor de la losa de hormigón vertido en obra.
- e) Los huecos para el paso de instalaciones.

Los planos de ejecución del forjado, firmados, o en su caso conformados, por el Director de obra incluirán, además de los datos exigidos en el apartado anterior, los que a continuación se enumeran, e irán unidos a la copia de las fichas de características técnicas de la "autorización de uso" del forjado utilizado.

- a) Referencia de la "autorización de uso" concedida para el forjado utilizado.
- b) Indicación expresa en su caso, de que está en posesión de un distintivo de calidad reconocido por el Ministerio de Fomento o por la Administración competente de un país miembro de la Unión Europea o bien que sea parte en el acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo (RCL 1994, 943), que tenga un nivel de seguridad equivalente.
- c) Tipo de vigueta o losa alveolar que debe colocarse en cada zona, indicando, si procede, separaciones entre viguetas, forma, dimensiones y material de las piezas de entrevigado y espesor de la losa superior de hormigón vertido en obra.
- d) Longitud, posición y diámetros de las armaduras que deben colocarse en obra.
- e) Apeos necesarios en cada crujía.
- f) Detalles de los enlaces del forjado con la estructura principal y de las zonas macizadas.

10.2 Documentación final de obra.

La documentación final de obra incluirá referente al forjado:

- a) Copia de las fichas de características técnicas del forjado utilizado, en las que figure el sellado de la "autorización de uso" concedida.
- b) Planos actualizados de los forjados realmente ejecutados, en los que se reflejen, en su caso, las modificaciones introducidas durante la ejecución.
- c) Resultados del control realizado.
- d) Justificación documental aportada por el fabricante de acuerdo con 9.1.

APÉNDICE

Normas UNE referenciadas

- 36.739/95 Exp. Armaduras básicas de acero electrosoldadas en celosía para armaduras de hormigón armado.
- 23.727/90 Ensayos de reacción al fuego de materiales de construcción. Clasificación de los materiales en la construcción.