



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE LOSA PREFABRICADA VIGUETA
BOVEDILLA, LOSACERO Y LOSA NERVADA CON MATERIAL DE RELLENO; PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**

Byron Eduardo Reyes Alvarez

Asesorado por el Ing. Carlos Manuel Divas Paiz

Guatemala, junio de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE LOSA PREFABRICADA VIGUETA
BOVEDILLA, LOSACERO Y LOSA NERVADA CON MATERIAL DE RELLENO; PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

BYRON EDUARDO REYES ALVAREZ
ASESORADO POR EL ING. CARLOS MANUEL DIVAS PAIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JUNIO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

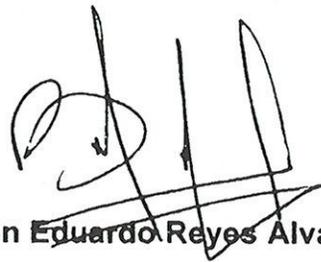
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Luis Manuel Sandoval Mendoza
EXAMINADOR	Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE LOSA PREFABRICADA VIGUETA BOVEDILLA, LOSACERO Y LOSA NERVADA CON MATERIAL DE RELLENO; PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 24 de agosto de 2012.



Byron Eduardo Reyes Alvarez

Guatemala, 7 de diciembre de 2012

Lic. Manuel María Guillén Salazar
Coordinador del Área de Planeamiento
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería

Licenciado Guillén:

Hago de su conocimiento que he asesorado y revisado totalmente el trabajo de graduación **"ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE LOSA PREFABRICADA VIGUETA BOVEDILLA, LOSACERO Y LOSA NERVADA CON MATERIAL DE RELLENO; PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA REPUBLICA DE GUATEMALA"**, desarrollado por el estudiante Byron Eduardo Reyes Alvarez,. Habiéndose efectuado las correcciones correspondientes, satisface los requisitos exigidos en el reglamento de graduación, recomiendo su aprobación, por lo que se le solicita continuar con los trámites correspondientes.

Sin otro particular, me despido.

Atentamente,


Ing. Carlos Manuel Divas Paiz
Colegiado 2186
Asesor

CARLOS MANUEL DIVAS PAIZ
Ingeniero Civil
Colegiado No. 2,186



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Carlos Manuel Divas Paiz y del Jefe del Departamento de Planeamiento, Lic. Manuel María Guillén Salazar, al trabajo de graduación del estudiante Byron Eduardo Reyes Alvarez, titulado **ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE LOSA PREFABRICADA VIGUETA BOVEDILLA, LOSACERO Y LOSA NERVADA CON MATERIAL DE RELLENO; PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, junio de 2013.

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
8 de marzo de 2013

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE LOSA PREFABRICADA VIGUETA BOVEDILLA, LOSACERO Y LOSA NERVADA CON MATERIAL DE RELLENO; PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA REPUBLICA DE GUATEMALA, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Byron Eduardo Reyes Alvarez, quien contó con la asesoría del Ing. Carlos Manuel Divas Paiz.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAR A TODOS

Lic. Manuel María Guillén Salazar
Jefe del Departamento de Plancamiento





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE LOSA PREFABRICADA, VIGUETA BOVEDILLA, LOSACERO Y LOSA NERVADA CON MATERIAL DE RELLENO; PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Byron Eduardo Reyes Alvarez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
Decano



Guatemala, junio de 2013

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la vida y las capacidades para este logro.
Mi madre	Ruth Álvarez, por su amor y apoyo incondicional.
Mi primo	Kevin Álvarez.

AGRADECIMIENTOS A:

Facultad de Ingeniería

Por la formación profesional y conocimientos adquiridos.

Mi asesor

Ing. Carlos Manuel Divas Paiz, por su apoyo en el trabajo de graduación.

Familia y amigos

Por ser parte de mi vida y compartir buenos y malos momentos.

1.2.3.3.	Sistema de losa nervada con material de relleno	22
1.2.3.3.1.	Características.....	23
1.2.3.3.2.	Proceso de armado	23
1.2.3.4.	Sistema de losacero	26
1.2.3.4.1.	Características.....	26
1.2.3.4.2.	Proceso de armado	28
2.	PARÁMETROS PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑOS DE LOSAS	31
2.1.	Tipos de cargas que afectarán el diseño de la losa	31
2.2.	Método 3, ACI 318 - 63	33
2.2.1.	Determinación de momentos negativos y positivos	34
2.2.2.	Distribución transversal de momentos en la losa.....	36
2.2.3.	Espesor mínimo de losas en 2 direcciones para controlar deflexiones	36
2.3.	Método del marco equivalente, ACI 318 - 2005.....	38
2.3.1.	Descripción general del método	39
2.3.2.	Aplicación para diseño	40
2.3.3.	Espesor mínimo de la losa para controlar deflexiones	41
3.	DISEÑO E INTEGRACIÓN DE COSTOS ENTRE LOS TIPOS DE LOSAS.....	43
3.1.	Distribución arquitectónica	43
3.1.1.	Vivienda popular tipo A.....	44

3.1.2.	Vivienda popular tipo B	45
3.1.3.	Vivienda clase media	46
3.2.	Diseño de losas	47
3.2.1.	Vivienda popular tipo A	50
3.2.1.1.	Losa prefabricada vigueta y bovedilla	50
3.2.1.2.	Losa nervada	54
3.2.1.3.	Losacero	57
3.2.2.	Vivienda popular tipo B	58
3.2.2.1.	Losa prefabricada vigueta y bovedilla	58
3.2.2.2.	Losa nervada	62
3.2.2.3.	Losacero	65
3.2.3.	Vivienda clase media	66
3.2.3.1.	Losa prefabricada vigueta y bovedilla	66
3.2.3.2.	Losa nervada	71
3.2.3.3.	Losacero	75
3.3.	Integración de costos.....	76
3.3.1.	Vivienda popular tipo A	77
3.3.1.1.	Losa prefabricada vigueta y bovedilla	77
3.3.1.2.	Losa nervada	81
3.3.1.3.	Losacero	85
3.3.2.	Vivienda popular tipo B	87
3.3.2.1.	Losa prefabricada vigueta y bovedilla	87
3.3.2.2.	Losa nervada	91
3.3.2.3.	Losacero	94

3.3.3.	Vivienda clase media.....	96
3.3.3.1.	Losa prefabricada vigueta y bovedilla	96
3.3.3.2.	Losa nervada.....	101
3.3.3.3.	Losacero.....	106
3.4.	Resumen y comparativa de integración de costos	108
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	113
4.1.	Ventajas y desventajas	113
4.1.1.	Ventajas	114
4.1.1.1.	Económicos	114
4.1.1.2.	Tiempo	114
4.1.1.3.	Diseño	115
4.1.2.	Desventajas.....	116
4.1.2.1.	Económicos	116
4.1.2.2.	Tiempo	116
4.1.2.3.	Diseño	117
4.2.	Reducción de recursos.....	117
4.3.	Comparación de los tipos de losas, para uso en edificios	119
	CONCLUSIONES	123
	RECOMENDACIONES	125
	BIBLIOGRAFÍA.....	127
	ANEXOS	129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Losa de concreto armado.....	9
2.	Sistema de losa prefabricada (vigüeta – bovedilla)	15
3.	Apuntalamiento para la colocación de losa de vigüeta y bovedilla	18
4.	Colocación de vigüetas	19
5.	Alineamiento de las vigüetas.....	20
6.	Colocación de las bovedillas	20
7.	Colado de la capa de concreto.....	22
8.	Encofrado de las vigas para losa nervada.....	24
9.	Instalación de los nervios	25
10.	Fundición de losa nervada	25
11.	Detalle del sistema losacero.....	27
12.	Colocación de las láminas.....	28
13.	Colado de concreto sobre losacero	29
14.	Vista en planta de vivienda popular tipo A.....	44
15.	Vista en planta de vivienda popular tipo B.....	45
16.	Vista en planta de vivienda clase media.....	46
17.	Elementos a diseñar en la losa de vigüeta y bovedilla	48
18.	Elementos a diseñar en losa nervada	48
19.	Elementos a diseñar en sistema losacero	49
20.	Componentes del sistema constructivo losacero.....	49
21.	Viga soporte en losacero, vivienda tipo A.....	58
22.	Viga soporte en losacero, vivienda tipo B.....	66
23.	Viga soporte en losacero, vivienda clase media	76

24.	Resumen costo / metro cuadrado de sistemas de losas en cada tipo de vivienda	110
25.	Comparación por porcentaje	111

TABLAS

I.	Sobrecargas admisibles en losacero	50
II.	Sobrecargas admisibles en losacero (calibre 22)	57
III.	Integración de costos de losa prefabricada vigueta bovedilla, de dormitorios de la vivienda popular tipo A.....	78
IV.	Integración de costos de losa prefabricada vigueta bovedilla, de sala-comedor y cocina de la vivienda popular tipo A.....	79
V.	Integración de costos de losa prefabricada vigueta bovedilla, de sanitario y pasillo de la vivienda popular tipo A	80
VI.	Integración de costos de losa nervada, de dormitorios de la vivienda popular tipo A.....	81
VII.	Integración de costos de losa nervada, sala-comedor y cocina de la vivienda popular tipo A.....	83
VIII.	Integración de costos de losa nervada, de sanitario y pasillo de la vivienda popular tipo A	84
IX.	Integración de costos de losacero, de todas las losas de la vivienda tipo A	85
X.	Integración de costos de losa prefabricada vigueta bovedilla, de dormitorios de la vivienda popular tipo B.....	87
XI.	Integración de costos de losa prefabricada vigueta bovedilla, de sala-comedor y cocina de la vivienda popular tipo B.....	88
XII.	Integración de costos de losa prefabricada vigueta bovedilla, de sanitario y pasillo de la vivienda popular tipo B	90

XIII.	Integración de costos de losa nervada, de dormitorios de la vivienda popular tipo B	91
XIV.	Integración de costos de losa nervada, sala-comedor y cocina de la vivienda popular tipo B	92
XV.	Integración de costos de losa nervada, de sanitario y pasillo de la vivienda popular tipo B.....	93
XVI.	Integración de costos de losacero, de todas las losas de la vivienda tipo B	95
XVII.	Integración de costos de losa prefabricada vigueta bovedilla, de dormitorios de la vivienda clase media	96
XVIII.	Integración de costos de losa prefabricada vigueta bovedilla, de sala-comedor, de la vivienda de clase media	97
XIX.	Integración de costos de losa prefabricada vigueta bovedilla, de cocina de la vivienda de clase media	99
XX.	Integración de costos de losa prefabricada vigueta bovedilla, de sanitarios, lavandería, pasillo y closet, de vivienda clase media	100
XXI.	Integración de costos de losa nervada, de dormitorios de la vivienda de clase media	101
XXII.	Integración de costos de losa nervada, de sanitarios lavandería, closet y pasillo, de la vivienda clase media	102
XXIII.	Integración de costos de losa nervada, de sala-comedor, de la vivienda clase media	104
XXIV.	Integración de costos de losa nervada, de cocina, de la vivienda de clase media	105
XXV.	Integración de costos de losacero, de todas las losas de la vivienda de clase media	106
XXVI.	Resumen del costo total de los diferentes sistemas de losas.....	108
XXVII.	Comparativa vivienda tipo A	108

XXVIII.	Comparativa vivienda tipo B	109
XXIX.	Comparativa vivienda clase media	109
XXX.	Comparativa de costo / metro cuadrado	110

GLOSARIO

Acero	Aleación o unión de hierro más carbono, que tiene mayor resistencia que el hierro.
Aditivo	Sustancia química que se le agrega al concreto u hormigón para cambiar sus propiedades. Ejemplo: aditivo para hacer el hormigón más resistente.
Hormigón	Comúnmente conocido como concreto, es una mezcla de cemento, arena, piedra triturada, agua y algunas veces un aditivo para cambiar su propiedad.
Losa	Estructura plana, horizontal, de hormigón reforzado, que separa un nivel de la edificación de otro o que puede ser utilizada como cubierta, y sirve para soportar las cargas de servicio en la estructura.
Vivienda	Es una edificación cuya principal función es ofrecer refugio y habitación a las personas, protegiéndoles de las inclemencias climáticas y de otras amenazas

RESUMEN

El presente trabajo de investigación contiene un análisis comparativo de costos entre 3 tipos de losas; vigueta bovedilla, losacero y nervada con material de relleno, que serán aplicadas en 3 diferentes clases de viviendas, con el fin de conocer, cuál es el sistema que mejor se adapta en precio, tiempo, uso de materiales y mano de obra, así como su calidad en la construcción; dependiendo de las distintas necesidades que requiera el proyecto constructivo en Guatemala

En el primer capítulo, se detalla la historia y generalidades sobre los diferentes sistemas de losas que se utilizan para la construcción de viviendas en Guatemala, los componentes que conforman cada tipo de losas, los diferentes materiales con que se construyen y sus respectivos procesos de armado, así como sus características al momento de utilizarlas en un proyecto.

En el segundo capítulo, se proporcionan los parámetros para el análisis y el diseño de los tipos de losas; se mencionan las diferentes cargas que el sistema estructural debe soportar para su correcta construcción, se detallan métodos para realizar el correcto cálculo de los momentos que afectan la losa, así también se brindan los procedimientos para conocer los espesores mínimos de losa que la vivienda puede utilizar.

En el tercer capítulo, se detallan los diferentes tipos de vivienda en que se aplicaran las losas, se realizará el análisis y diseño de las mismas, de acuerdo con las características de las viviendas; asimismo se integrarán los unitarios de

cada sistema de losas para conocer el costo que tendrá el uso de la misma en cada tipo de vivienda.

En el cuarto capítulo, se muestran los resultados que se obtendrán al momento de utilizar los 3 diferentes tipos de losas en cada clase de vivienda, buscando la reducción de recursos financieros, humanos, físicos, tiempo de construcción y la utilización de la menor cantidad de materiales en el proceso constructivo.

Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones que dicho trabajo de investigación proporcionan para conocer las características que cada tipo de losa tendrán al momento de utilizarlas en un proyecto de construcción de viviendas en Guatemala.

OBJETIVOS

General

Realizar un análisis comparativo de los 3 sistemas de construcción de losas con el fin de conocer las ventajas y desventajas técnicas y económicas entre los sistemas de losa prefabricada con vigueta y bovedilla, losa nervada con material de relleno y la losacero.

Específicos

1. Lograr identificar las ventajas y desventajas técnicas y económicas de los distintos sistemas de construcción seleccionados para su comparación.
2. Presentar a los profesionales de ingeniería civil, un documento que ayude a utilizar de forma eficiente y adecuada un sistema de losa idóneo a las necesidades técnicas y económicas de Guatemala.
3. Definir parámetros adecuados, para la correcta selección de losa en un proyecto.

INTRODUCCIÓN

Al momento de realizar la construcción de una vivienda; se buscará la eficiencia, excelencia y el uso correcto de la mano de obra disponible, desde el punto de vista de la ingeniería tomando como referencia el factor económico y sus distintas necesidades. En base a lo anterior, surgió la idea de realizar una comparación de costos entre 3 sistemas constructivos de losas; vigueta bovedilla, losacero y nervada con material de relleno, con el fin de llegar a establecer el sistema conveniente para la construcción de viviendas en el país.

Cuando se habla de conveniencia, se debe conocer detalladamente cada tipo de vivienda; como es el diseño, sus ventajas y desventajas, para luego ser comparadas y establecer cuál es la adecuada, según las necesidades del proyecto. Estas características implican el tiempo, cantidad de mano de obra, materiales a ser utilizados, la construcción entre otros. La cuantificación y valorización de este grupo de factores permitirá conocer cuál es el tipo de vivienda y sistema de losa conveniente para utilizar en el proyecto.

La comparación entre los sistemas constructivos de losas, servirá para que al momento de realizar un proyecto constructivo, se pueda implementar el diseño adecuado a cada necesidad, especificaciones técnicas y económicas.

1. LOSAS Y SUS GENERALIDADES

1.1. Aplicaciones en la ingeniería civil

Las losas, son el elemento estructural que se utilizan en la construcción para separar una superficie de otra, de manera que sirven para techos y pisos, estas superficies planas por lo general horizontales, pueden estar apoyadas perimetralmente, en voladizo, vigas de concreto, muros de mampostería o de concreto, en vigas de acero estructural, algunas veces directamente apoyadas sobre columnas o sobre el terreno en forma continua.

- **Función estructural:** las losas deben ser capaces de sostener las cargas de servicio como el mobiliario y las personas, al igual que su propio peso y el de los acabados. Además pueden formar algunas veces un diafragma rígido intermedio, para atender la función sísmica del conjunto.
- **Función arquitectónica:** separa los espacios verticales, formando los diferentes niveles de una construcción. Para que esta función se cumpla de una manera adecuada, la losa debe garantizar el aislamiento del ruido, calor y de visión directa, es decir, que no deje ver las cosas de un piso a otro.

La aplicación correcta de las losas en el proyecto, brindará una vivienda segura, y diseñada para soportar las cargas vivas y muertas que la afectarán en el transcurso de su vida útil, por lo que el éxito de su correcta construcción dependerá de la acertada elección de materiales y mano de obra, dependiendo el proyecto a construir.

1.1.1. Historia

Los romanos construyeron las primeras estructuras de hormigón en masa. Como el hormigón en masa no puede absorber grandes esfuerzos de tracción, estas primeras estructuras fueron arcos, bóvedas y cúpulas, que funcionan solamente a compresión. La estructura de hormigón más notable de esta etapa es la cúpula del Panteón de Roma.

Desde las primeras cabañas, uno de los procedimientos más sencillos para construir tejados, consistía en utilizar vigas de madera, colocadas en paralelo, cuyos extremos se apoyaban en los muros; sobre ellas se apoyaban tablas de madera que completaban una superficie plana que protegía de la lluvia.

Los techos de las antiguas haciendas, iglesias, conventos, casonas, etcétera, utilizaban el sistema de terrados, que consistía en un entrepiso formado por viguería de madera, loseta de barro tipo cuarterón hecho a mano y una capa de tierra limpia compactada que lograba un peralte aproximado de 40 a 80 centímetros, dependiendo del área de cada techo, finalmente se aplicaba una capa de ladrillo rojo recocido hecho a mano en forma de petatillo y finalmente se aplicaba una solución de alumbre que permitía lograr una superficie impermeable.

Cabe señalar que este tipo de techos no contaban con bajadas de agua pluvial y el desagüe generalmente se lograba basándose en gárgolas localizadas en el perímetro del techo y que por lo general vaciaban el agua de manera rápida para evitar el encharcamiento.

Es importante señalar que este sistema de protección para las losas, fue utilizado durante muchos años, más de 300 para ser precisos y que solo gracias a la revolución industrial y con el descubrimiento del petróleo se empiezan a inventar materiales hechos a base de este crudo y que van a revolucionar el mercado.

A principios del siglo XX, empiezan a aparecer sistemas de prefabricación de hormigón armado, que van sustituyendo las viguetas metálicas con bóvedas cerámicas hechas *in situ*, surgidas en la revolución industrial. Así, en la revista *Le Beton Armé*, 1902, se encuentra una tabla comparativa de patentes de hormigón armado, en la que aparecen incipientes modelos de placas nervadas, prelosas y placas aligeradas alveolares, conjuntamente con diferentes tipos de viguetas y semiviguetas, armadas y pretensadas.

En 1957, el arquitecto Orestes Depetris, construyó las primeras vigas postensadas de 20 metros de luz con el sistema *Freyssinet*, combinadas con losas prefabricadas con bovedilla cerámicas.

En los años 60, hubo un marcado desarrollo en el área de obras públicas, industriales, con la prefabricación de pilares estructurales, vigas postensadas por secciones, losas pretensadas de sección TT, cerchas de hormigón postensado, con cargas de losa, y luces hasta de 36 metros.

A principios de los años 70, se comenzaron a construir estructuras formadas por muros y losas macizas de hormigón armado, gracias a la combinación del uso de grandes encofrados con la utilización de técnicas de curado acelerado del hormigón, en un intento de disminuir la incidencia de la mano de obra en la construcción.

1.2. Tipos de losas y sus componentes

Dada la variedad existente en cuanto a tipos de losas que se pueden utilizar al momento de realizar un proyecto constructivo, hay una serie de aspectos y características que el ingeniero civil encargado del proyecto, debe considerar antes de tomar una decisión.

En primer lugar, se deben considerar aspectos del tipo estructural, como lo son la capacidad resistente que debe tener la losa, las luces de cálculo que se tienen, los usos y la importancia de la vivienda, la necesidad de soportar cargas dinámicas, la existencia de cargas concentradas, etcétera. Siempre debe prevalecer la seguridad estructural antes que cualquier otro aspecto al momento de la toma de decisiones, es por ello que se debe evaluar en detalle, cual es la opción que mejor se adecua al proyecto.

En segundo lugar, se deben evaluar los aspectos constructivos entre los que se puede mencionar como el más importante, el tiempo de ejecución requerido para la obra, ya que de esto va a depender los tiempos que se necesitan para encofrado y desencofrado, apuntalamiento de los elementos, la utilización de elementos vaciados en sitio o prefabricados, etcétera.

Por último y que reviste mayor importancia es que, se debe considerar el factor económico, ya que en gran parte de los proyectos estructurales éste es un factor limitante en cuanto a la toma de decisiones. El costo de la losa incide en el valor total de la obra, por lo que si se elige una losa de alto costo, el ingeniero o empresa tendrá un proyecto con un alto precio, lo cual le afectará para ser competitivo, ya que el mejor ofertante tiene fortalezas que lo convierten en oportunidades y ventajas comparativas en el mercado.

En la construcción moderna para todos los materiales, se han desarrollado procedimientos que logran el trabajo integral de los diferentes elementos. Esto se obtiene de manera natural en estructuras de concreto armado, fabricadas en sitio, en las que la corrugación del refuerzo de acero permite una adherencia entre los 2 materiales que hace que trabajen en conjunto.

Mientras que en otras estructuras, se requieren elementos de conexión con capacidad de transmitir esfuerzos cortantes horizontales, basándose en los aspectos anteriores, las losas se clasificaran de la siguiente manera.

1.2.1. Según su constitución

Los componentes que conforman las losas, determinan al tipo de constitución al que son clasificadas. Los tipos de losas según su constitución son: losas macizas, losas aligeradas y losas combinadas o compuestas.

- Losas macizas: cuando el concreto es el material que ocupa todo el espesor de la losa, se le denomina a ésta losa densa o maciza. No utilizan ningún tipo de aligerante. Se usan con espesores hasta de 15 centímetros, generalmente utilizan doble armado de acero, una en la parte inferior y otra en la parte superior, ya que con esto cubren la necesidad de acero que es provocada por los momentos, tanto positivo como negativo.
- Losas aligeradas: las losas aligeradas son aquellas que forman vacíos en un patrón rectilíneo, los cuales aligeran la carga muerta debido al peso propio. En el caso de las losas aligeradas, el concreto no ocupa todo el espesor de la losa y esto es creado por elementos como lo son la bovedilla de material pómez o elementos de poliuretano, y estos se

denominan elementos aligerantes y también por elementos que sirven de formaleta temporal.

- Losas combinadas o compuestas: cuando se refiere a un sistema combinado de losas, es la combinación de un material como lo es el acero o la madera con el concreto. Una de estas combinaciones da un elemento estructural denominado sistema mixto, entre los cuales se encuentra el sistema de losa-acero.

1.2.2. Según su tipo de apoyo

El apoyo de las losas determina condiciones y especificaciones, para considerar el tipo de losa que se debe diseñar, con el fin que sea estructuralmente segura y adecuada al proyecto.

- Losa apoyada sobre vigas en 2 de sus lados opuestos: también conocidas como losas unidireccionales, son aquellas en la cuales la carga se transmite en una dirección hacia los muros portantes o vigas; son, generalmente losas rectangulares en las que un lado mide por lo menos 2 veces más que el otro. Es el sistema más utilizado en Guatemala.
- Losa apoyada sobre muros en 2 lados opuestos: son losas bidireccionales; cuando se dispone de muros portantes o vigas en los 4 costados de la losa y la relación entre la dimensión mayor y la menor del lado de la losa, es de 2 o menos, se utilizan losas reforzadas en 2 direcciones.

- Losa apoyada sobre 4 vigas en sus bordes: las losas apoyadas en 2 de sus lados, trabajan en una sola dirección, transmitiendo la carga en la dirección de los apoyos. Los otros tipos de losa, trabajan transmitiendo su carga en 2 direcciones perpendiculares entre sí, siempre y cuando la relación de largo/ancho de sus luces sea menor o igual que 2 y en el caso de losas nervadas, que se coloquen nervios en sus 2 direcciones perpendiculares.
- Losa apoyada sobre 4 muros en sus bordes: las losas que trabajan en una dirección o unidireccionales, se comportan básicamente como vigas anchas que se suelen diseñar tomando como referencia una franja de ancho unitario (un metro de ancho), en el diseño del sistema estructural de la vivienda.

Esto sucede cuando las losas rectangulares se apoyan en 2 extremos opuestos, careciendo de apoyos en los otros bordes restantes en la vivienda.

- Losa apoyada sobre columnas directamente: también, cuando las losas rectangulares se apoyan en sus 4 lados directamente a las columnas de la vivienda, y la relación largo/ancho, como ya se había mencionado, es mayor o igual a 2, la losa trabaja fundamentalmente en la dirección más corta.
- Losa reticular apoyada sobre columnas directamente: este tipo de losas reciben este nombre cuando las losas se sustentan en 2 direcciones ortogonales, se desarrollan esfuerzos y deformaciones en ambas direcciones, y es por eso que reciben el nombre de losas bidireccionales.

Siempre tomando en consideración que cuando las losas de este tipo están sustentadas en sus 4 lados, y la relación largo/ancho es menor a 2, se considera que este tipo de losa trabaja en ambos sentidos.

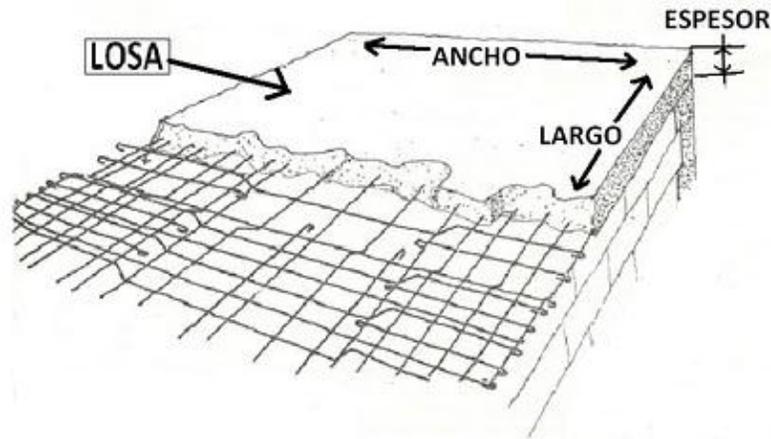
1.2.3. Según el tipo de materiales usados

La losa que se va a utilizar en el proyecto, determina los materiales necesarios para su fabricación, según el tipo de material usado se denominan los diferentes tipos de losas.

1.2.3.1. Concreto

Las losas de concreto armado, preferentemente se utilizaran para viviendas de medidas pequeñas para el uso de entresijos y azoteas, se dice que es armada porque en su interior está compuesta de concreto y una especie de red o malla de acero llamada parrilla, compuesta de varillas amarradas entre sí por alambre de amarre, las varillas que se colocan en ambos sentidos van desde el número 3 hasta denominaciones mayores, según las características de carga y luz que se requiera salvar en la vivienda, la distancia entre las varillas de refuerzo generalmente dependerán de las cargas de servicio con que se diseña la losa.

Figura 1. **Losa de concreto armado**



Fuente: <http://armadodelosa.blogspot.com>. Consulta: 25 de agosto de 2012.

1.2.3.1.1. Características

Su resistencia en tensión es baja, pero reforzándolo con acero y a través de un diseño adecuado, se puede lograr que la estructura sea tan resistente a las fuerzas a tensión como a las de compresión. Su larga duración se evidencia en la conservación de columnas construidas por los egipcios hace más de 3 600 años.

Los componentes principales del concreto son; pasta de cemento, agua y agregados, que puede entrar de forma natural y dejar unas pequeñas cavidades o se puede introducir artificialmente en forma de burbujas. Los agregados pueden dividirse en 2 grupos: materiales finos como la arena, y materiales gruesos como grava, piedras o escoria.

En general, se llaman materiales finos si sus partículas son menores que 6,4 milímetros y gruesos si son mayores, pero según el espesor de la estructura que se va a construir, el tamaño de los materiales varía mucho. En la

construcción de elementos de pequeño espesor se utilizan materiales con partículas pequeñas, de 6,4 milímetros o menos. En la construcción de presas, se utilizan piedras de 15 centímetros de diámetro o más. El tamaño de los materiales no debe exceder la quinta parte de la dimensión más pequeña de la pieza de concreto que se vaya a construir.

Agregados: normalmente constituyen el 60 - 70 por ciento del volumen total del concreto. Las variables del agregado son el tamaño, forma, porosidad, gravedad específica, absorción de la humedad, resistencia a la abrasión y estabilidad química.

Otros aditivos: se pueden agregar otros agentes al concreto, aparte de los ya mencionados, como:

- Los acelerantes: disminuyen el tiempo de fraguado, lo cual es necesario a bajas temperaturas. El cloruro de calcio es el más común.
- Los retardantes: aumentan el tiempo de fraguado necesario en un clima muy caliente.
- Los reductores de agua (plastificante): suministran una buena trabajabilidad para una buena relación agua-cemento.
- Las puzolanas: reaccionan con la cal, y se liberan durante el fraguado. La ceniza pulverizada del carbón quemado es la puzolana común.
- Los plastificantes: aumentan la trabajabilidad o fluidez de la mezcla del concreto.

1.2.3.1.2. Proceso de mezclado

El diseño de la mezcla de concreto se basa en los requerimientos de la estructura a ser fundida, ya que se toman los parámetros de diseño, colocación, ubicación, características del elemento a fundir, y algunas otras características solicitadas en los distintos casos.

Este proceso comienza con la elección de los materiales adecuados, ya que la materia prima del concreto, tiene que tener; tamaño, forma, densidad y peso específico adecuado para cada diseño. Esto porque dependiendo de dónde y cómo se coloque el concreto, exige algunas características especiales. Y estas van combinadas con las características técnicas que exige el elemento estructural que se fundirá.

Además de las características, el diseño de las mezclas de concreto se basa en la relación agua-cemento necesaria para obtener una mezcla plástica y manejable, según las condiciones específicas de colocación, de tal manera que se logre un concreto de durabilidad, impermeabilidad y resistencia que esté de acuerdo con los requisitos.

Esta relación agua-cemento tiene que lograr que el concreto sea una mezcla homogénea y que todos los materiales finos y gruesos estén cubiertos totalmente. Al mezclar el cemento con agua, los compuestos del cemento reaccionan y forman una pasta aglutinadora (como un tipo de gel). Si la mezcla está bien hecha, como debería de ser siempre, cada partícula de arena y cada trozo de grava queda envuelta por la pasta y todos los agujeros que existan entre ellas quedarán rellenos. Cuando la pasta se seca y se endurece, todos estos materiales quedan ligados, formando una masa sólida

El concreto de uso común o convencional, se produce mediante la mezcla de 3 componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que generalmente se designa como aditivo. Al mezclar estos componentes y producir lo que se conoce como una revoltura de concreto, se introduce de manera simultánea un quinto participante representado por el aire.

La mezcla íntima de los componentes de concreto convencional, produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad; pero gradualmente pierde estas características hasta que al cabo de algunas horas, se torna rígida y comienza a adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, para convertirse finalmente en el material mecánicamente resistente, que es el concreto endurecido.

1.2.3.1.3. Propiedades del concreto

Las características del concreto pueden variar en un grado considerable, mediante el control de sus componentes que compondrán la mezcla. Por tanto, para su uso en una losa armada, resultará económico utilizar un concreto que tenga las características exactas necesarias, para soportar las cargas de servicio de la vivienda.

- Resistencia a la compresión: la reacción de hidratación de la pasta de cemento, depende del tiempo. La resistencia a la compresión aumenta significativamente con la baja relación agua-cemento.
- Trabajabilidad: es una propiedad importante para muchas aplicaciones del concreto. En esencia, es la facilidad con la cual pueden mezclarse los

materiales y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad.

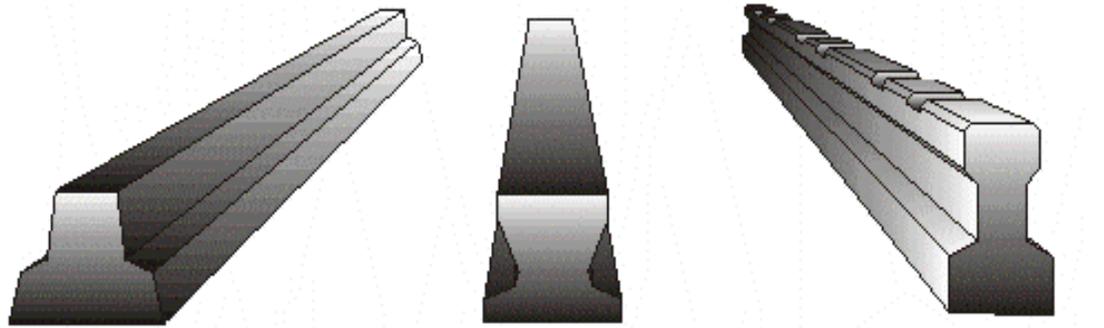
- Resistencia: es una propiedad del concreto que, casi siempre es motivo de preocupación. Por lo general se determina por la resistencia final de una probeta en compresión. Como el concreto suele aumentar su resistencia en un período largo, la resistencia a la compresión a los 28 días, es la medida más común de esta propiedad.
- Humedad: la reducción o remoción de la humedad superficial, disminuirá o frenará totalmente la reacción de hidratación. Si se interrumpe el curado húmedo y se deja la exposición al aire seco, frena completamente el curado. Es interesante observar que si se reestablece el curado con el aire húmedo, la resistencia aumentará.
- Impermeabilidad: es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla.
- Durabilidad: el concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgastes, a los cuales estará sometido en el servicio.
- Temperatura: el tipo correcto de pasta de cemento, la relación de agua cemento y el tratamiento para obtener una resistencia óptima, variará dependiendo de la temperatura ambiente.
- Contracción: la contracción se puede presentar en 2 etapas. En la primera, el concreto está en estado plástico. Esta etapa es dependiente del agua, tiempo y de la temperatura. Hay pérdida de agua en las

formaletas y también en la evaporación, además del consumo de agua de hidratación y el efecto neto, es de disminuir el volumen.

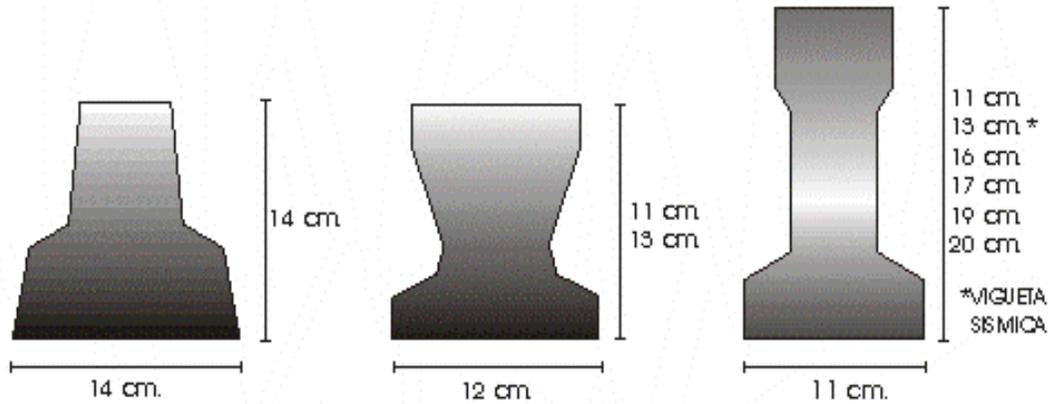
1.2.3.2. Sistema de losa prefabricada (vigüeta - bovedilla)

El sistema de losa prefabricada (vigüeta - bovedilla), está constituido por los elementos portantes que son las vigüetas de concreto presforzado y las bovedillas como elementos aligerantes. Las vigüetas se producen en diferentes tamaños (sección geométrica) y diferentes armados, así mismo las bovedillas tienen diferentes secciones, tanto en longitud, ancho y peralte, de tal forma que se tiene una gran variedad de combinaciones que pueden satisfacer cualquier necesidad.

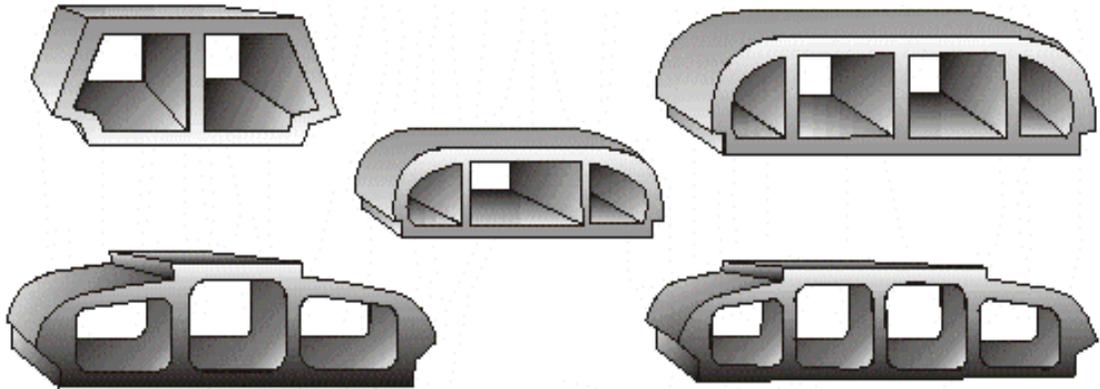
Figura 2. Sistema de losa prefabricada (vigüeta - bovedilla)



ACERO REFUERZO $f_s 17,500 \text{ Kg/cm}^2$ ACERO ESTRIBOS $f_y 4,000 \text{ Kg/cm}^2$ CONCRETO $f_c 350 \text{ Kg/cm}^2$



TIPOS DE VIGUETAS POR SU DISEÑO



TIPOS DE BOVEDILLAS CEMENTO Y ARENA

Fuente: <http://www.anippac.org.mx/2005/seccion04.html>. Consulta: 29 de agosto de 2012.

1.2.3.2.1. Características

Este novedoso sistema, funciona bajo el mismo criterio desarrollado para las losas pretensadas, con las variantes que se han optimizado, tanto el diseño de la vigueta como el uso de la obra falsa.

Las principales características de este sistema de losa, son las siguientes:

- La vigueta prefabricada pretensada, es un elemento prefabricado que consiste en una viga de sección trapezoidal, fabricada con concreto de alta resistencia ($f'c > 410 \text{ kg/cm}^2$) y con alambre de preesfuerzo con resistencia a la fluencia de 17 000 kilogramos por centímetro cuadrado, que al igual que una viga dependerá del tipo de carga y luz a cubrir, la cantidad de acero y la disposición de este en la sección.
- Las dimensiones principales de la vigueta, están en función del diseño específico de carga y luz a cubrir, la característica principal e innovación de este componente, lo constituye la posibilidad de apoyar la formaleta (o cimbra) directamente sobre este elemento; para ello se han diseñado agujeros que están distribuidos perpendicularmente a la longitud de la vigueta y permite la colocación de pines de sección cuadrada o redonda de fácil montaje y desmontaje para apoyar la formaleta a utilizar.
- Este sistema de losa, permite que la obra falsa utilizada sea la menor posible, que únicamente se debe apuntalar al centro del elemento para soportar la carga por el peso propio durante el proceso de fundición. Una vez que el concreto ha alcanzado un 60 por ciento de la resistencia nominal (nominal $\geq 210 \text{ kg/cm}^2$), se podrán quitar los parales y formaleta para reutilizarla.

- Con este sistema de losa, es posible utilizar casi cualquier formaleta disponible en el mercado, siempre que la misma cumpla con la especificación de poder soportar una carga de 72 kilogramos por centímetro cuadrado con apoyos a cada 60 centímetros, y que se indiquen anticipadamente las características de este producto. Sin embargo, se ofrece como elemento sugerido, la formaleta de madera con las siguientes dimensiones:
 - Ancho de 60 centímetros
 - Largo puede ser variable en múltiplos de 30 centímetros
 - Altura o espesor de 1 pulgada

- Por ser un sistema pre fabricado, solamente se necesita apuntalar las viguetas. En edificios de altura, el molde se acarrea de nivel a nivel y no desde el nivel de tierra como las bovedillas. Por ser elementos prefabricados y molde metálico recuperable, se minimiza el desperdicio de madera.

- Las viguetas y bovedillas, al ser productos prefabricados ligeros, son elementos muy sencillos de transportar, manejar acomodar y colocar, que se requieren menos mano de obra especializada por no llevar armados de refuerzo, lo que facilita su instalación. Así, puede decirse que este sistema representa ahorro en costos y tiempos de mano de obra en un 60 por ciento en comparación con los sistemas tradicionales.

- Este sistema de losa prefabricada puede utilizarse para entresijos y techos planos o inclinados, y puede cubrir luces hasta de 10 metros y cargas vivas de 1 000 kilogramos por centímetro cuadrado.

1.2.3.2.2. Proceso de armado

En la construcción de elementos estructurales, uno de los aspectos principales, es el procedimiento adecuado para efectuar el trabajo de la mejor manera, esto se consigue siguiendo los pasos adecuadamente.

- Apuntalamiento: se colocan puntales y largueros de apoyo y nivelación, y se retiran a los 7 días de la aplicación de la capa de concreto. Se colocan postes de 4 x 4 pulgadas a cada 1,50 metros y largueros de la misma sección a cada 1,60 metros para servir de apoyo provisional a las viguetas.

Figura 3. **Apuntalamiento para la colocación de losa de vigueta - bovedilla**



Fuente: <http://viguetaybovedilla31.blogspot.com/>. Consulta: 31 de agosto de 2012.

- Colocación de viguetas: colocar las viguetas apoyadas sobre los muros estructurales que soportaran el peso de la losa. Las viguetas se colocan de forma manual sobre los muros cargadores de la vivienda, a partir del

muro de arranque se colocan la primera vigueta, hasta colocar el resto de las mismas.

Figura 4. **Colocación de las viguetas**



Fuente: <http://viguetaybovedilla31.blogspot.com/>. Consulta: 31 de agosto de 2012.

- **Alinear viguetas:** se colocan bovedillas en los extremos de las viguetas para obtener la separación correcta, además de facilitar la posterior colocación de las demás bovedillas de forma alineada.

Figura 5. **Alineamiento de las viguetas**



Fuente: <http://viguetaybovedilla31.blogspot.com/>. Consulta: 31 de agosto de 2012.

- Colocar las bovedillas: se colocan las bovedillas, cuidando que queden bien asentadas y lo más juntas posible. La colocación también se hace de forma manual.

Figura 6. **Colocación de las bovedillas**



Fuente: <http://viguetaybovedilla31.blogspot.com/>. Consulta: 31 de agosto de 2012.

- Colocar electromalla: se presenta y corta al tamaño requerido y se ajusta con alambre de amarre a la varilla superior de las viguetas, y a las cadenas de cerramiento.

Para capas de 3 a 4 centímetros, se recomienda malla electro soldada de 66 x 10 x 10 y para capas de 5 centímetros malla electro soldada de 66 x 8 x 8. La malla electro soldada se corta en el piso al tamaño deseado, posteriormente se sube a la losa en construcción y se amarra con alambre con las viguetas, previo a la fundición de la capa de concreto.

- Colado de la capa de concreto: se tapan los huecos de las bovedillas con material en los extremos y/o aquellas que se hayan recortado para ajustar el claro. Se mojan perfectamente las viguetas y bovedillas y se vierte una capa de 3 a 5 centímetros de concreto, según la electromalla seleccionada.

Se recomienda mojar las bovedillas para una mayor adherencia con la capa de compresión. El concreto deberá de tener una resistencia mínima de $f'c = 200$ kilogramos por centímetro cuadrado. Este paso de colocar la capa de compresión (capa de concreto) se debe realizar en una sola operación, para evitar que la misma no se coloque de manera incorrecta, y lograr que las viguetas y bovedillas queden bien colocadas y como una sola estructura.

Figura 7. **Colado de la capa de concreto**



Fuente: <http://viguetaybovedilla31.blogspot.com/>. Consulta: 31 de agosto de 2012.

1.2.3.3. Sistema de losa nervada con material de relleno

Las losas nervadas, son un tipo de sistema que, como su nombre lo indica, están compuestas por vigas a modo de nervios que trabajan en colaboración, ofreciendo gran rigidez y enlazan los pies de los pilares de la construcción.

Las losas nervadas constituyen un arreglo lineal de nervios, que actuando como vigas soportan la carga de un plano horizontal, la equidistancia de los nervios, depende de los elementos que se utilicen como encofrado, y las áreas tributarias de cada elemento (nervio) son bastante más pequeñas que las de una viga.

1.2.3.3.1. Características

Este sistema, según el arreglo de sus nervios, es apropiada para cargas no equilibradas, se utiliza generalmente en sótanos, arquitectónicamente no son llamativas pero estructuralmente son efectivas.

- Las losas nervadas están constituidas por vigas longitudinales y transversales a modo de nervios, de gran rigidez, que enlazan los pies de los pilares.
- Estas losas se construyen para estructuras de cargas desequilibradas. Las vigas de unión de los pilares se calculan como zapatas continuas bidireccionales.
- Por lo general, el espesor mínimo de la losa es de 20 centímetros, estas losas nervadas definen los arranques de los pilares en los encuentros de las vigas bidireccionales.
- En la fachada de la construcción, conviene crear una zanja perimetral hormigonada en forma de zuncho o que las losas vuelen alrededor de línea de fachada.

1.2.3.3.2. Proceso de armado

El seguir el procedimiento de instalación de manera correcta, es uno de los aspectos importantes en la construcción, ya que esto reducirá costo, tiempo, etcétera y aumentara la seguridad de la estructura.

- Armado del encofrado: en este paso se arman las vigas de carga donde se apoyarán los nervios prefabricados que compondrán la losa

Figura 8. **Encofrado de las vigas para la losa nervada**



Fuente: http://biblioteca.unet.edu.ve/db/alexandr/db/bcunet/edocs/TEUNET/2010/prgrdo/Arquitectrua/PerezP_JoseG/Capitulo3.pdf/. Consulta: 3 de septiembre de 2012.

- Instalación de los nervios: estos se colocan de forma manual por su bajo peso, y se apoyan sobre los encofrados de la viga, el apuntalamiento entre los nervios se hace a 1 metro de separación, en tramos de losa cuya distancia es mayor a 6 metros entre ejes de columna.

Figura 9. Instalación de los nervios



Fuente: http://biblioteca.unet.edu.ve/db/alexandr/db/bcunet/edocs/TEUNET/2010/pregrado/Arquitectura/PerezP_JoseG/Capitulo3.pdf/. Consulta: 3 de septiembre de 2012.

- Fundición de losa nervada: en este paso se funde la losa con concreto, este se hace mediante bombeo y ayudado por el vibrador para esparcir de manera uniforme el concreto en los espacios entre los nervios.

Figura 10. Fundición de losa nervada



Fuente: http://biblioteca.unet.edu.ve/db/alexandr/db/bcunet/edocs/TEUNET/2010/pregrado/Arquitectura/PerezP_JoseG/Capitulo3.pdf/. Consulta: 3 de septiembre de 2012.

1.2.3.4. Sistema de losacero

Este sistema de losa utilizado en la construcción, está formado por una lámina corrugada de acero galvanizado estructural, que funciona como un encofrado colaborante, creada para conjugar las propiedades del concreto y la resistencia del acero, con un perfil que posee nervios de alta resistencia, diseñados para lograr una total adherencia (acero/concreto) y un consumo económico de concreto. Es producida a partir de acero laminado en frío, previamente galvanizado mediante un proceso continuo de inmersión en caliente.

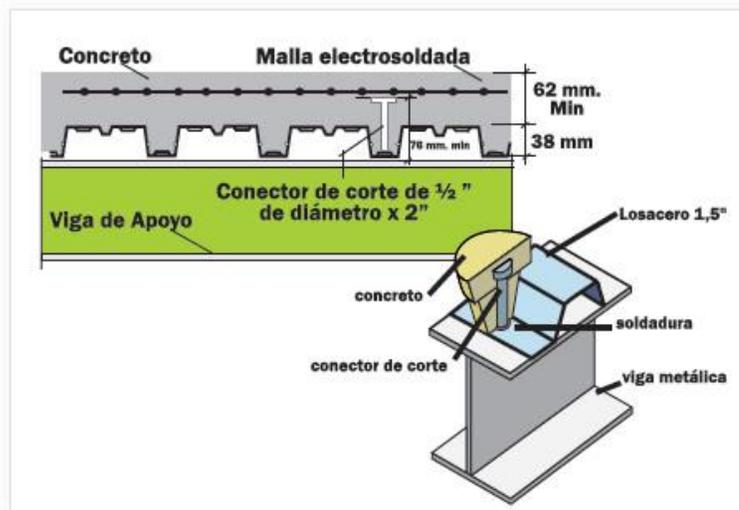
1.2.3.4.1. Características

Este es un sistema relativamente nuevo y aún muy poco utilizado en nuestro medio, una característica especial es que no necesita del apuntalamiento y que su diseño se basa en cargas admisibles.

- Sustituye al encofrado tradicional de madera. Durante la etapa de la construcción, formando una plataforma de trabajo estable y seguro, eliminando el trabajoso apuntalamiento, ocupando poco espacio en obra e instalándose de manera muy rápida, conservando la superficie de trabajo ordenada y permitiendo el avance de la obra.
- Actúa como el acero de refuerzo positivo. Una vez fraguado el concreto, la lámina actúa conjuntamente con el concreto para resistir sobrecargas, debido a que las características que presenta, garantizan la adherencia entre ambos materiales

- Elevada resistencia mecánica con posibilidad de mayor separación entre apoyo, óptimo aislamiento térmico y acústico, permite suprimir la instalación de cielo raso u otro detalle de acabado, excelente acabado interior y exterior.
- Debido a sus características, este sistema constructivo aumenta considerablemente la velocidad de construcción, logrando significativos ahorros de tiempo en la construcción, con lo cual se agiliza el inicio de la recuperación en la inversión.
- La ligereza de la losacero, da como resultado una menor inercia en el caso de fuerzas sísmica, pues al ser menor el peso de las masas en movimiento, se disminuye el efecto de las fuerzas horizontales en la vivienda.

Figura 11. **Detalle del sistema losacero**



Fuente: <http://www.lamigal.com/losacero/laminas-losacero-acero-galvanizado.html>. Consulta: 3 de septiembre de 2012.

1.2.3.4.2. Proceso de armado

El proceso de armado del sistema losacero es rápido, sin embargo hay que tomar en cuenta en donde estarán apoyadas las láminas galvanizadas. El proceso de armado tiene como ventaja el poco uso de madera.

- Colocación de la losacero: Para empezar, la estructura debe ser la indicada para este tipo de losa, en cuanto a resistencia y condiciones de los materiales, si la estructura es de concreto, deben empotrarse pletinas metálicas para la colocación de las láminas o fijarse por medio de soldadura

Figura 12. Colocación de las láminas



Fuente: <http://www.lamigal.com.ve/manual-instalacion-losacero-15.pdf>. Consulta: 3 de septiembre de 2012.

- Colado del concreto: en este paso, el concreto se vacía sobre las láminas, delimitadas por un encofrado que ayudará al proceso.

Figura 13. **Colado de concreto sobre losacero**



Fuente: <http://www.lamigal.com.ve/manual-instalacion-losacero-15.pdf>. Consulta: 3 de septiembre de 2012

2. PARAMETROS PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOSAS

2.1. Tipos de carga que afectarán el diseño de la losa

Debe entenderse como una carga estructural, aquella que debe ser incluida en el cálculo de los elementos estructurales de la vivienda (fuerzas, momentos, deformaciones, desplazamientos) como sistema y de los elementos que la componen. Las cargas estructurales son generalmente clasificadas como: cargas muertas; que actúan de forma continua y sin cambios significativos, pertenecen a este grupo el peso propio de la estructura; cargas vivas; que son aquellas que varían su intensidad con el tiempo por uso o exposición de la estructura, tales como el tránsito en puentes, cambios de temperatura, maquinaria (como una prensa); cargas accidentales que tienen su origen en acciones externas al uso de la estructura y cuya manifestación, es de corta duración como lo son los eventos sísmicos o ráfagas de viento.

- Cargas muertas: son aquellas que ocupan una posición fija y permanente en la estructura, estas cargas se refieren al peso propio de las losas, así como el de los elementos estructurales que se apoyen sobre estas, como muros y acabados arquitectónicos. La carga muerta cubre todas las cargas de elementos permanentes de construcción, incluyendo su estructura, los muros, pisos, cubiertas, cielos rasos, escaleras, equipos fijos y todas aquellas que no son causadas por la ocupación y uso de la vivienda. Las fuerzas netas de preesfuerzo deben incluirse dentro de la carga muerta.

La carga producida por los acabados de los pisos, debe evaluarse para los materiales que se van a utilizar en cada uno de los pisos de la vivienda. El valor que se utilice en terrazas y azoteas, deben tener en cuenta los pañuelos que se coloquen.

- Cargas vivas: son todas aquéllas que afectarán sobre la estructura con una intensidad variable en el tiempo. Se deben considerar para el análisis y diseño estructural de las losas.

Las cargas vivas son aquellas producidas por el uso y ocupación de la estructura y no deben incluir cargas ambientales tales como viento, sismo, empuje de agua, ni la carga muerta; este tipo de cargas en la estructura, son aquellas producidas por: materiales, equipos y trabajadores utilizados en el mantenimiento de la edificación, también las causadas por objetos móviles y por las personas que tengan acceso a esta durante su vida útil.

Las cargas vivas que se utilicen en el diseño de la estructura y sus elementos, deben ser las máximas cargas que se espera ocurran en la edificación debido al uso que este va recibir durante su utilidad. En ningún caso estas cargas pueden ser menores que las cargas vivas mínimas detalladas en los códigos de construcción.

- Carga sísmica: un sismo es un fenómeno natural impredecible, este a su vez repentinamente genera desplazamientos del terreno de la cimentación de la estructura debido a una brusca liberación de energía, producida en la corteza terrestre por fractura de las rocas que la componen y movimientos de placas tectónicas.

La carga sísmica actuará como una fuerza cortante que se desarrolla en la base de una estructura al ser desplazada por los movimientos sísmicos de un terremoto; este valor mínimo, se obtiene basado en códigos estructurales al multiplicar la carga muerta total de la estructura por varios coeficientes que presentan el carácter y la intensidad de los movimientos sísmicos, la masa y la rigidez de la estructura, etcétera.

2.2. Método 3, ACI 318 - 63

El método 3 del Código ACI de 1963, fue desarrollado originalmente por H. Marcus y publicado en el artículo *Die Vereinfachte Berechnung Biegsamer Platten*, en 1929. Posteriormente fue introducido en los Estados Unidos por P. Rogers en el artículo *Two-Way Reinforced Concrete Slabs*, en el *Journal* del ACI. Fue incluido en el código ACI 318 - 63 para ya no figurar luego en el código ACI 318- 71 ni en versiones posteriores.

El reglamento ACI – 63, dedica su capítulo 21 a las disposiciones sobre la descripción, análisis y diseño de losas planas, describe como diseñar una losa plana de concreto reforzado en 2 o más direcciones, dicha losa puede tener un espesor constante o bien se puede engrosar alrededor de la columna, formando lo que se conoce como ábaco, mismo que se usa para reducir el esfuerzo cortante de la losa en el área del apoyo.

En cuanto al análisis y diseño de las losas planas, el reglamento del ACI – 63 propone 2 métodos: el primero se aplica únicamente cuando se reúnen ciertas condiciones concernientes al número de tableros en cada dirección, las diferencias de tamaño en los de cada tablero y en tableros sucesivos. Estas limitaciones generalmente se cumplen en la práctica, por lo que este método es bastante aplicable.

Cuando alguna o algunas de las limitaciones no se cumplen al momento de diseñar una losa para una vivienda, se puede usar un segundo método de cálculo, que tiene un margen de aplicabilidad mayor al estar basado en el análisis elástico de la estructura, y que considera una serie de marcos rígidos en cada una de las direcciones principales.

La aplicación del método 3, es bastante simple y directa pero cuenta con una serie de limitaciones. Entre estas, las más importantes son:

- El método se aplica para cargas verticales solamente.
- La losa debe estar apoyada en todos sus bordes por muros, vigas de acero o vigas monolíticas de concreto.
- La altura total de las vigas de borde, no debe ser menor que aproximadamente tres veces el espesor de la losa.

La última de las restricciones es impuesta porque uno de los supuestos en que se basa el método, es que los apoyos son rígidos. Específicamente, el método asume que los apoyos no se deflectan bajo la acción de las cargas y toda la deformación ocurre en la losa únicamente.

2.2.1. Determinación de momentos negativos y positivos

Para determinar los momentos negativos y positivos actuantes en la losa, se utilizan tablas de coeficientes que consideran la relación de luces como las características de continuidad sobre los soportes. Estos coeficientes se basan en análisis elásticos, los cuales han sido modificados, tomando en consideración la capacidad de redistribución inelástica de la losa.

Para calcular los momentos en las franjas centrales de las losas a diseñar, se tiene:

$$M_a = C_a W l_a^2$$

$$M_b = C_b W l_b^2$$

Donde:

C_a y C_b = son coeficientes del momento tabulados en el código

W = es la carga uniforme factorada (lb/pie²)

l_a y l_b = son las longitudes de luz libre en direcciones cortas y largas respectivamente

Las tablas de coeficientes cubren varios casos de continuidad de la losa. Una losa es continua en un apoyo si se extiende un vano más allá del apoyo, o el apoyo tiene gran rigidez torsional o es un muro de concreto reforzado. Las tablas incluyen entonces, coeficientes para momentos negativos, los cuales se desarrollan en los bordes continuos de losa. Para bordes discontinuos, para efectos de diseño, los momentos negativos se suponen iguales a un tercio de los momentos positivos en la misma dirección.

Para momentos positivos, se utilizan 2 tablas de coeficientes, una para la carga muerta factorada en donde los bordes continuos se consideran empotrados y otra para carga viva aplicada únicamente en el panel analizado para obtener un momento positivo máximo, y en donde se supone que los bordes continuos ofrecen solo un 50 por ciento de restricción rotacional.

2.2.2. Distribución transversal de momentos en la losa

Para distribuir los momentos en la sección transversal de la losa, cada panel se divide en ambas direcciones en una franja central, cuyo ancho es la mitad del panel y en 2 franjas de borde o franjas de columna, cuyo ancho es igual a un cuarto del ancho del panel.

Según el método, los momentos en las franjas de borde se supone que disminuyen desde el momento total calculado a partir de los coeficientes para la franja central hasta un tercio de su valor en el borde del panel.

Luego de determinar los momentos que actúan en la viga losa, estos son distribuidos en la sección transversal de la viga losa en la franja de columna y medias franjas centrales adyacentes a la franja de la columna.

2.2.3. Espesor mínimo de losas en 2 direcciones para controlar deflexiones

El código ACI proporciona espesores mínimos para las losas en 2 direcciones, con el fin de controlar las deflexiones. Para lograr esto, el código provee 3 ecuaciones basadas en datos de pruebas realizadas en losas en 2 direcciones.

Estas ecuaciones toman en cuenta; la influencia en las deflexiones del tamaño de la luz, la forma del panel, continuidad en los bordes, rigidez de flexión de las vigas (si es que se usan) y el esfuerzo de fluencia del acero. El espesor mínimo, h , está dado como:

$$h = \frac{I_n(0,8 + f_y/200\,000)}{36 + 5\beta[\alpha_m - 0,12(1 + 1/\beta)]}$$

Pero no menor a

$$h = \frac{I_n(0,8 + f_y/200\,000)}{26 + 9\beta}$$

Además, el espesor no necesita ser mayor a

$$h = \frac{I_n(0,8 + f_y/200\,000)}{36}$$

Donde:

I_n = es el tamaño de la luz en la dirección larga

β = es la razón de luz larga a luz corta

α_m = es el valor promedio de α , y α es la razón de rigidez a flexión de la viga efectiva a la rigidez a flexión de una región de losa limitada lateralmente por las líneas centrales de los paneles adyacentes (si existen), a cada lado de la viga.

2.3. Método del marco equivalente, ACI 318 – 2005

El método del marco equivalente, es de análisis elástico para losas en 2 direcciones. Aunque dicho análisis en losas en 2 direcciones es muy complicado, por ser elementos altamente indeterminados, se han realizado estudios experimentales que indican que una losa puede ser analizada como una viga ancha de poco peralte. Es en estos resultados que se basa el método del marco equivalente para determinar las principales fuerzas internas que actúan en ésta.

Este tipo de análisis aproximado para una losa, en el cual se le trata como a una viga, da valores razonables para los momentos internos, pero no proporciona información sobre las fuerzas coplanares conocidas como fuerzas de membrana que se desarrollan en la losa; esto conduce a un diseño más bien conservador.

Una característica importante de este método, es la facilidad con que puede lograrse la continuidad en la estructura, con todas las ventajas que esto supone. Mientras que en estructuras metálicas, el logro de continuidad en las conexiones entre los elementos, implica un serio problema en el diseño y en la ejecución, en las de concreto reforzado el monolitismo es consecuencia natural de las características de construcción.

Para marcos de concreto en regiones de riesgo sísmico moderado, o para estructuras a las que se les ha asignado un comportamiento sísmico o categoría de diseño intermedio, deben usarse pórticos intermedios o especiales resistentes a momento, o muros estructurales especiales, intermedios u ordinarios para resistir las fuerzas inducidas por los movimientos sísmicos.

2.3.1. Descripción general del método

El método del marco equivalente, es mucho más general y versátil que el método 3. Puede ser aplicado en el diseño de placas planas, de losas planas y losas con vigas en los bordes e internas, mientras que el método 3 sólo es aplicable a losas con apoyos (vigas o muros) en los cuatro bordes y con la restricción adicional de que estas vigas deben tener cierto peralte mínimo.

A diferencia del método 3 y del método de análisis directo que también es presentado en el capítulo 13 del código ACI, no existen restricciones en el uso del método del marco equivalente relacionadas con:

- El peralte de las vigas
- El número de luces en cada dirección
- Longitudes de las luces
- Magnitud máxima de la carga viva relativa a la carga muerta
- Relación de luces en los paneles
- Relación de rigideces entre vigas longitudinales y transversales.

Siendo este método el más versátil y general de los 2 métodos analizados, será el que se utilice para cuestionar o validar los resultados obtenidos por el método 3 en diferentes situaciones.

Si una losa tiene una configuración geométrica inusual (no rectangular), si sus soportes están espaciados a intervalos muy irregulares o si la continuidad de la losa se ve interrumpida por aberturas grandes, el método del marco equivalente no es aplicable. En este caso, tampoco es aplicable el método 3.

Para estos casos especiales, se puede realizar un análisis de elementos finitos, un análisis plástico o un análisis mediante un modelo para pruebas de laboratorio. El código ACI permite en cualquier caso, diseñar una losa por cualquier método que satisfaga las condiciones de equilibrio y compatibilidad geométrica, si se demuestra que la resistencia de diseño en cada sección, es por lo menos igual a la resistencia requerida en las secciones 9.2 y 9.3 del código, y se cumplen todas las condiciones de servicio incluyendo los límites especificados para las deformaciones.

2.3.2. Aplicación para diseño

El análisis de losas en 2 direcciones, ha sido simplificado al asumirse que las losas se comportan como vigas y que forman un sistema de marcos rígidos con las columnas arriba y debajo de la losa.

Como el análisis de un entrepiso, considerándolo una estructura tridimensional es muy complejo, el código ACI permite que el piso entero sea subdividido por cortes imaginarios a través de las líneas centrales de los paneles de losas para formar marcos bidimensionales. La viga resultante se extiende hasta las líneas centrales de los paneles a cada lado de la línea central del eje de columnas.

Cada panel de losa es dividido en franjas de columna y en franjas medias para cada dirección. El sistema de viga losa que se forma al dividir los paneles a través de sus líneas centrales, está formado por una franja de columna en el centro de la viga losa y 2 medias franjas centrales a los lados, para marcos interiores; y por media franja de columna y media franja central si el marco es de borde.

2.3.3. Espesor mínimo de la losa para controlar deflexiones

El ACI limita la separación a un máximo de 3 veces el espesor de la losa, no existe una separación mínima, aparte de la que se requiere para el fundido apropiado del concreto; una separación pequeña indica un número grande de varilla, lo que hace que su instalación sea laboriosa.

Cada losa debe estar provista de refuerzo en 2 direcciones, no importa cuáles sean sus funciones estructurales. Esto es necesario para satisfacer los requisitos de resistencia a efectos de contracción, producida por reducción de la humedad y de la temperatura.

Para determinar los espesores mínimos de losas en 2 direcciones, diseñadas por el método del marco equivalente, deben utilizarse las mismas ecuaciones presentadas en la sección 2.2.3.

3. DISEÑO E INTEGRACIÓN DE COSTOS ENTRE LOS TIPOS DE LOSAS

3.1. Distribución arquitectónica

Existen normas que contienen requisitos mínimos obligatorios y recomendaciones de conveniencia práctica. Los requisitos mínimos solo tienen por objeto prevenir o evitar riesgos o construcciones de viviendas defectuosas, sin que necesariamente representen las condiciones más adecuadas desde un punto de vista de conveniencia y eficacia.

Por lo tanto, estas normas no deben considerarse como un manual de especificaciones para proyectos, ya que generalmente se encontrará conveniente usar o especificar requisitos mayores a los aquí establecidos, tanto para la planificación como para la construcción de las viviendas.

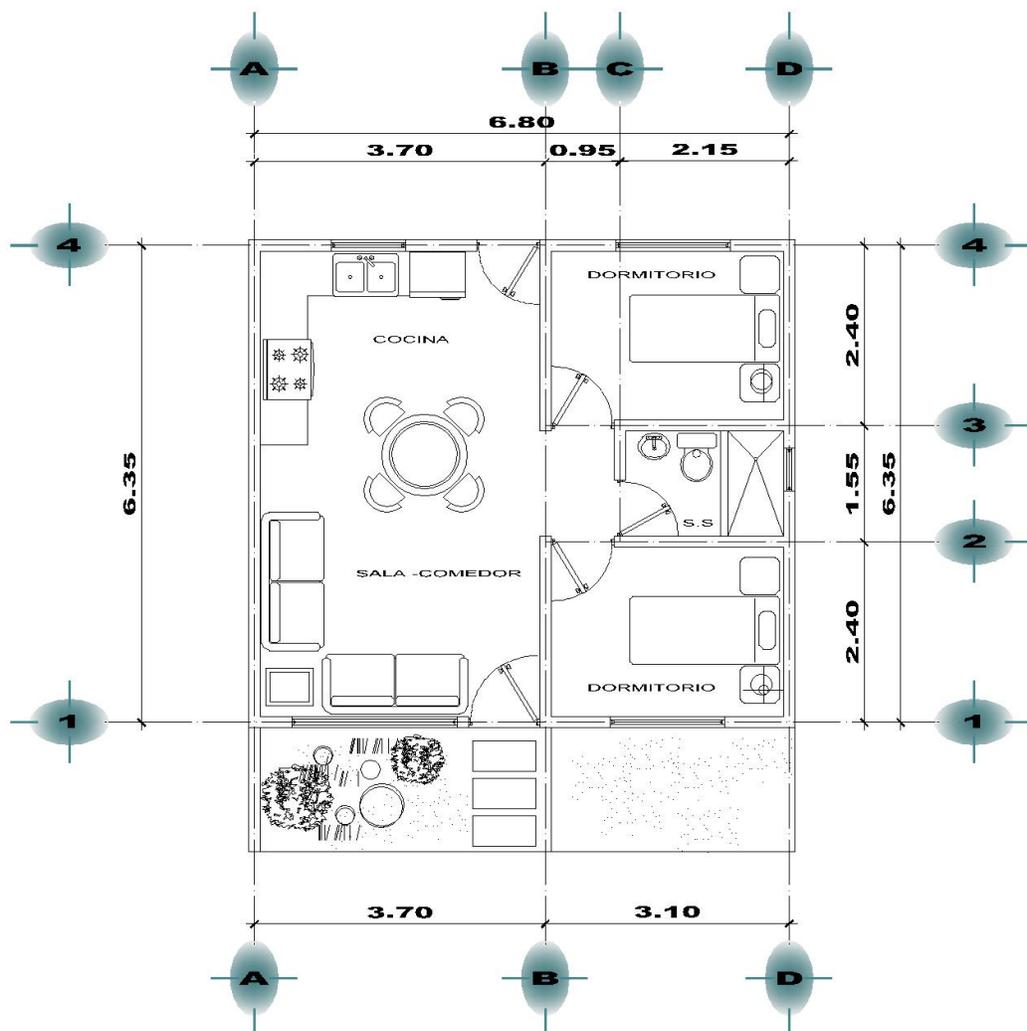
La distribución arquitectónica correcta para la construcción de la vivienda, comprenderá 2 tipos de viviendas populares, y una de clase media, dentro de la escala de ingresos de nuestro país y considerada para una determinada población objetivo para este tipo de construcción.

Las viviendas podrán desarrollarse progresivamente: desde el lote urbanizado, en el cual las instalaciones de agua y drenaje se llevaran hasta el punto donde se ubicará la batería sanitaria o unidad básica de servicio, hasta la vivienda completa de 1 o 2 niveles.

3.1.1. Vivienda popular tipo A

Este tipo de vivienda, tendrá un área menor a 45 metros cuadrados, distribuidos en 5 ambientes; cocina, sala-comedor, 2 dormitorios, y 1 sanitario, a su vez podrá ser utilizada por un máximo de 2 personas.

Figura 14. Vista en planta de vivienda popular tipo A

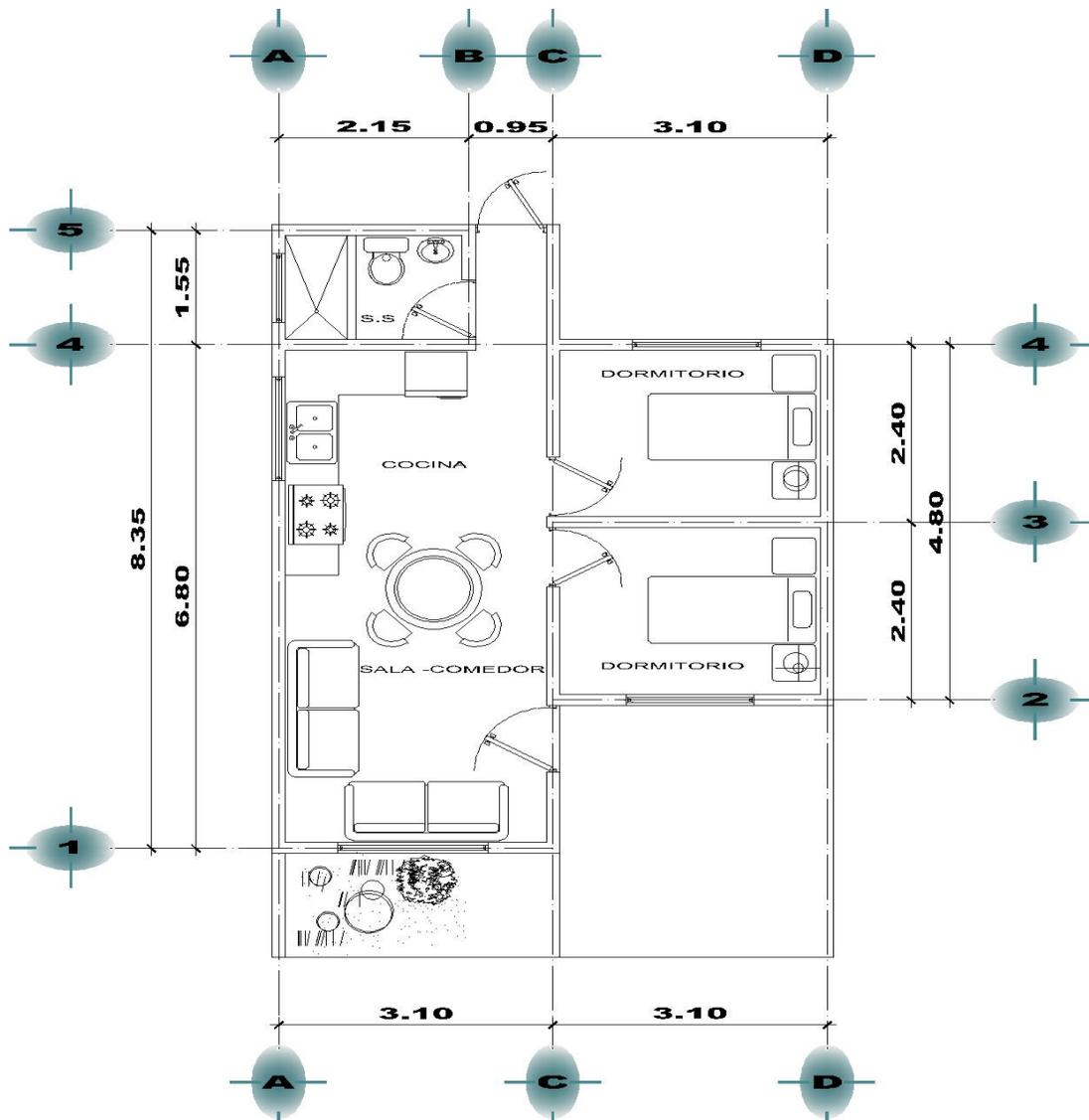


Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2008.

3.1.2. Vivienda popular tipo B

Este tipo de vivienda tendrá un área menor a 55 metros cuadrados, distribuidos en 5 ambientes; cocina, sala-comedor, 2 dormitorios, y 1 sanitario, a su vez podrá ser utilizada por un máximo de 3 personas.

Figura 15. Vista en planta de vivienda popular tipo B

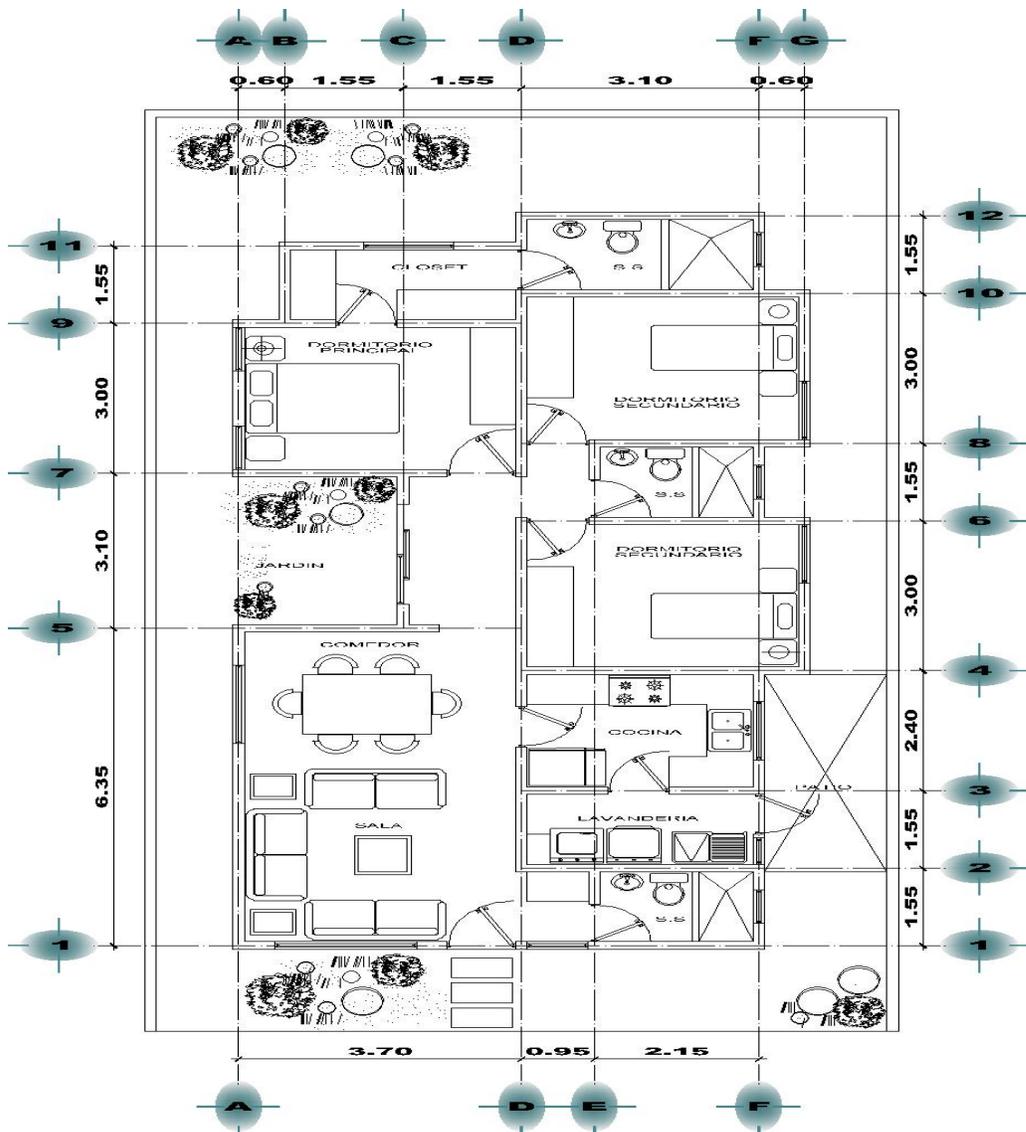


Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2008.

3.1.3. Vivienda clase media

Este tipo de vivienda tendrá un área menor a 100 metros cuadrados, distribuida entre 10 y 15 ambientes; a su vez podrá ser utilizada por un número de 4 personas.

Figura 16. Vista en planta de vivienda clase media



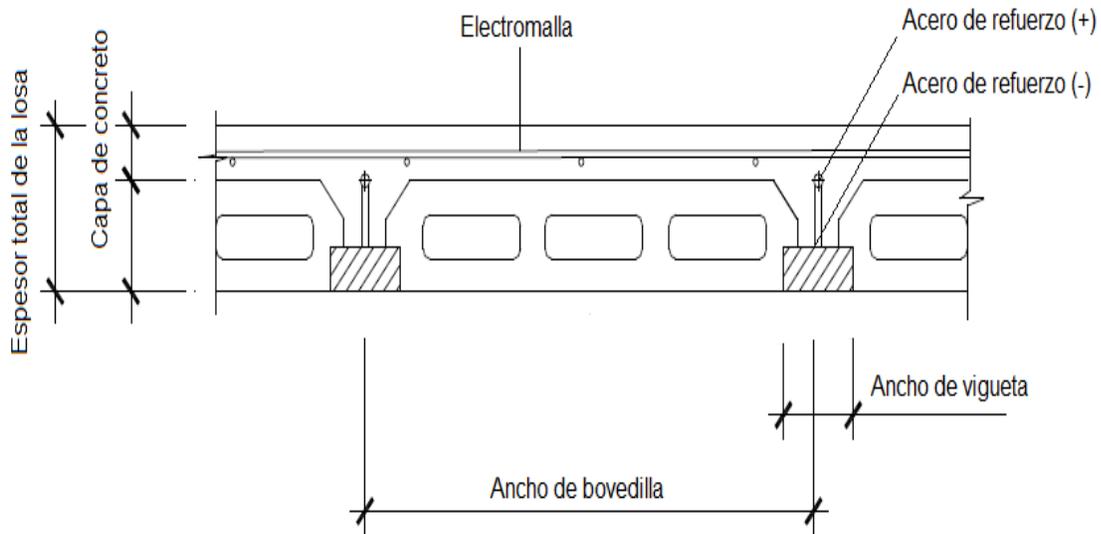
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2008.

3.2. Diseño de losas

Para el diseño de los 3 sistemas de construcción de losas que se analizarán en este capítulo, se han tomado varias consideraciones de diseño, las cuales se describen a continuación:

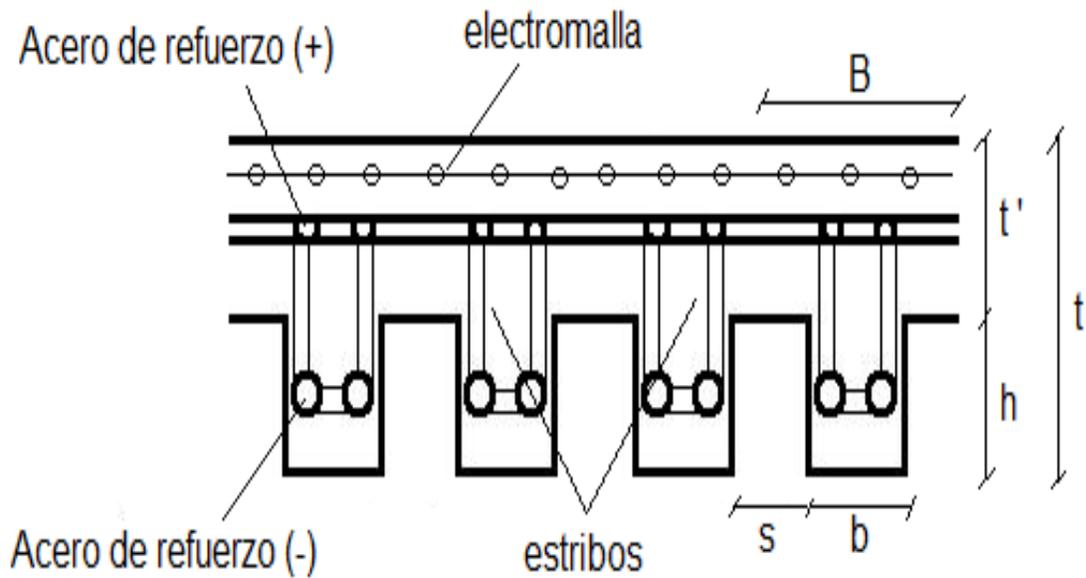
- Se diseñaran todas las losas que componen cada uno de los tipos de viviendas, para cada sistema constructivo de losa.
- Se utilizara una carga viva de 200 kg/m^2 .
- La sobrecarga de diseño será de 75 kg/m^2 .
- La resistencia a compresión del concreto será de 250 kg/cm^2 .
- La resistencia a fluencia del acero será de 4200 kg/cm^2 .
- El peso de cada bovedilla será de 14 kg .
- El peso de cada vigueta será de 19 kg/m .

Figura 17. **Elementos a diseñar en la losa de vigueta y bovedilla**



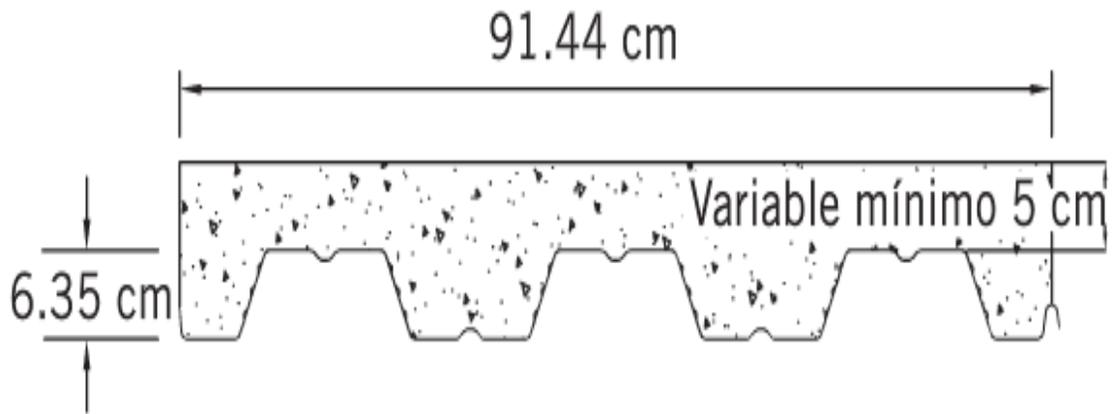
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2008.

Figura 18. **Elementos a diseñar en losa nervada**



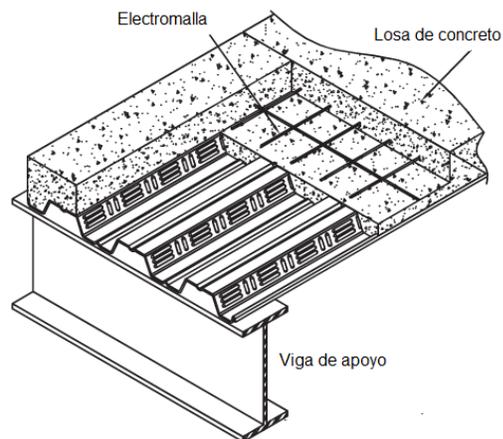
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2008.

Figura 19. **Elementos a diseñar en sistema losacero**



Fuente: <http://www.ternium.com.mx/productos/acerosrecubiertos/113>. Consulta: 23 de septiembre de 2012

Figura 20. **Componentes del sistema constructivo losacero**



Fuente: <http://www.ternium.com.mx/productos/acerosrecubiertos/113>. Consulta: 23 de septiembre de 2012.

Tabla I. **Sobrecargas admisibles en losacero**

		Losacero Sección 4 Sobrecarga admisible (kg/m ²)														
	Calibre	Espesor de concreto (cm)	Separación entre apoyos (m)													
			1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.8	4	
Sin conectores	24	5	1537	1313	984	741	556	412	298	206	130					
		6	1653	1429	1058	783	574	411	282	178						
		8	1842	1640	1179	838	579	337	217							
		10	2000	1812	1257	847	535	292	100							
		12	2000	1937	1286	805	439	154								
	22	5	2000	1533	1126	1044	815	637	496	382	289	211	146			
		6	2000	1653	1194	1129	871	670	510	381	276	189	116			
		8	2000	1858	1698	1277	857	707	510	350	219	111				
		10	2000	2000	1895	1388	1003	703	465	273	116					
		12	2000	2000	2000	1456	1003	652	372	147						
	20	5	2000	2008	1474	1120	851	845	679	544	435	343	267	203	147	
		6	2000	2008	1591	1192	888	907	720	568	444	342	255	183		
		8	2000	2008	1791	1300	1304	1011	778	591	437	310	203	113		
		10	2000	2008	2000	1886	1432	1079	799	514	389	176				
		12	2000	2008	2000	2000	1521	1107	778	513	296	116				
	18	5	2000	2000	2000	1657	1305	1032	815	835	692	574	474	390	318	
		6	2000	2000	2000	1803	1407	1098	853	900	739	605	492	397	316	
		8	2000	2000	2000	2000	1582	1198	1258	1012	811	645	506	388	287	
		10	2000	2000	2000	2000	1707	1755	1388	1093	851	650	482	340	218	
		12	2000	2000	2000	2000	2000	1914	1483	1135	851	615	417	249	107	

Fuente: Ingasa.

3.2.1. Vivienda popular tipo A

A continuación, se presentan los cálculos de diseño y cantidad de materiales necesarios, para cada uno de los sistemas de losas, para la vivienda popular tipo A.

3.2.1.1. Losa prefabricada vigueta y bovedilla

Calculo y diseño de losa prefabricada vigueta bovedilla, para la vivienda popular tipo A, que se conforma de 4 ambientes; sala-comedor, 2 dormitorios y 1 sanitario.

- Losas de los dormitorios
 - Datos para el diseño de la losa:

Largo (m):	3,10	Ancho (m):	2,40
Largo de la vigueta (m):	2,40	Medidas de bovedilla a utilizar:	60x10x20
Espesor de la losa (m):	0,15	f'c (kg/cm ²):	210 fy (kg/cm ²): 4 200
Peso de bovedilla (kg):	14	Peso propio de vigueta (kg/m):	19
Carga viva (kg/m ²):	200	Espeso concreto (m):	0,05
Numero de viguetas:	5	Numero de bovedillas:	60

- Integración de cargas: (metro lineal de losa)

Carga viva: $200 \text{ kg/m}^2 \times 0,6 = 120 \text{ kg/m}$

Capa concreto = $2\ 400 \text{ kg/m}^3 \times 0,6 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} = 72 \text{ kg/m}$

Sobrecarga de diseños = $75 \text{ kg/m}^2 \times 0,6 = 45 \text{ kg/m}$

Peso propio bovedillas = $14 \text{ kg/uni} \times 5 \text{ uni/m} = 70 \text{ kg/m}$

Carga muerta total = $72 \text{ kg/m} + 45 \text{ kg/m} + 70 \text{ kg/m} + 19 \text{ kg/m} = 206 \text{ kg/m}$

C. última = $1,7 (120 \text{ kg/m}) + 1,4 (206 \text{ kg/m}) = 492,4 \text{ kg/m}$

Mu (+) = $(492,4 \text{ kg/m} \times 2,4^2) / 8 = 354,528 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Mu (-) = $(492,4 \text{ kg/m} \times 3,1^2) / 12 = 394,33 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Con estos momentos se calculó el acero de refuerzo en las viguetas, según fórmula para área de acero de momentos positivos y negativos de anexo 1.

As (+) = $0,1681679 \text{ cm}^2$

As (-) = $0,3447883 \text{ cm}^2$

As (+) = 1 varilla no. 3

As (-) = 1 varilla no. 3

Se utilizaran eslabones no. 2 @ 25 centímetros, y electromalla 6 x 6, 9 / 9

- Losa sala-comedor y cocina

- Datos para el diseño de la losa:

Largo (m):	6,35	Ancho (m):	3,70
Largo de la vigueta (m):	3,70	Medidas de bovedilla a utilizar:	60x10x20
Espesor de la losa (m):	0,15	f'c (kg/cm ²):	210 fy (kg/cm ²): 4 200
Peso de bovedilla (kg):	14	Peso propio de vigueta (kg/m):	19
Carga viva (kg/m ²):	200	Espeso concreto (m):	0,05
Numero de viguetas:	11	Numero de bovedillas:	204

- Integración de cargas: (metro lineal de losa)

Carga viva: $200 \text{ kg/m}^2 \times 0,6 = 120 \text{ kg/m}$

Capa concreto = $2\ 400 \text{ kg/m}^3 \times 0,6 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} = 72 \text{ kg/m}$

Sobrecarga de diseños = $75 \text{ kg/m}^2 \times 0,6 = 45 \text{ kg/m}$

Peso propio bovedillas = $14 \text{ kg/uni} \times 5 \text{ uni/m} = 70 \text{ kg/m}$

Carga muerta total = $72 \text{ kg/m} + 45 \text{ kg/m} + 70 \text{ kg/m} + 19 \text{ kg/m} = 206 \text{ kg/m}$

C. última = $1,7 (120 \text{ kg/m}) + 1,4 (206 \text{ kg/m}) = 492,4 \text{ kg/m}$

Mu (+) = $(492,4 \text{ kg/m} \times 3,7^2) / 8 = 842,619 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Mu (-) = $(492,4 \text{ kg/m} \times 6,35^2) / 12 = 1\ 654,5 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Con estos momentos se calculó el acero de refuerzo en las viguetas, según fórmula para área de acero de momentos positivos y negativos de anexo 1.

As (+) = $0,745983 \text{ cm}^2$ As (-) = $1,5001253 \text{ cm}^2$

As (+) = 1 varilla no. 3 As (-) = 2 varillas no. 3

Se utilizaran eslabones no. 2 @ 25 centímetros, 2 electromalla 6 x 6, 9 / 9 y 2 rigidizantes con bastones a 60 centímetros.

- Losa del baño y pasillo
 - Datos para el diseño de la losa:

Largo (m):	3,10	Ancho (m):	1,55
Largo de la vigueta (m):	1,55	Medidas de bovedilla a utilizar:	60x10x20
Espesor de la losa (m):	0,15	f'c (kg/cm ²):	210 fy (kg/cm ²): 4 200
Peso de bovedilla (kg):	14	Peso propio de vigueta (kg/m):	19
Carga viva (kg/m ²):	200	Espeso concreto (m):	0,05
Numero de viguetas:	5	Numero de bovedillas:	39

- Integración de cargas: (metro lineal de losa)

Carga viva: $200 \text{ kg/m}^2 \times 0,6 = 120 \text{ kg/m}$

Capa concreto = $2\,400 \text{ kg/m}^3 \times 0,6 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} = 72 \text{ kg/m}$

Sobrecarga de diseños = $75 \text{ kg/m}^2 \times 0,6 = 45 \text{ kg/m}$

Peso propio bovedillas = $14 \text{ kg/uni} \times 5 \text{ uni/m} = 70 \text{ kg/m}$

Carga muerta total = $72 \text{ kg/m} + 45 \text{ kg/m} + 70 \text{ kg/m} + 19 \text{ kg/m} = 206 \text{ kg/m}$

C. última = $1,7 (120 \text{ kg/m}) + 1,4 (206 \text{ kg/m}) = 492,4 \text{ kg/m}$

Mu (+) = $(492,4 \text{ kg/m} \times 1,55^2) / 8 = 147,87 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Mu (-) = $(492,4 \text{ kg/m} \times 3,1^2) / 12 = 394,33 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Con estos momentos se calculó el acero de refuerzo en las viguetas, según fórmula para área de acero de momentos positivos y negativos de anexo 1.

As (+) = $0,5137558 \text{ cm}^2$ As (-) = $1,3791533 \text{ cm}^2$

As (+) = 1 varilla no. 3 As (-) = 2 varillas no. 3

Se utilizaran eslabones no. 2 @ 25 centímetros, 1 electromalla 6 x 6, 9 / 9 y 2 rigidizantes con bastones a 60 centímetros.

3.2.1.2. Losa nervada

Calculo y diseño de nervios de losa nervada, para la vivienda popular tipo A, que se conforma de 4 ambientes; sala-comedor, 2 dormitorios y 1 sanitario.

- Losas de los dormitorios
 - Datos para el diseño de la losa:

Largo (m):	3,10	Ancho (m):	2,40
La losa trabaja en dos sentidos	$f'c$ (kg/cm ²): 210	f_y (kg/cm ²):	4 200
Espesor de la losa (m):	0,15	Carga viva (kg/m ²):	200
Peso concreto (kg/m ³):	2 300	Peso de instalaciones:	50 kg/m ²

- Dimensiones de los nervios (m)

<p>Lado largo:</p> <p>Numero de nervios: 4</p> <p>$B = 0,78$ $b = 0,15$ $s / 2 = 0,32$</p> <p>$t' = 0,05$ $t = 0,15$ $h = 0,10$</p> <p>Integración de cargas</p> <p>Carga viva = 156,0 kg/m</p> <p>C. muerta = 163,2 kg/m</p> <p>C. última = 493,68 kg/m</p> <p>M (-) = 309,56328 kg - m</p> <p>M (+) c.m. = 35,131085 kg - m</p> <p>M (+) c.v. = 50,97144 kg - m</p>	<p>Lado corto:</p> <p>Numero de nervios: 3</p> <p>$B = 0,8$ $b = 0,15$ $s / 2 = 0,33$</p> <p>$t' = 0,05$ $t = 0,15$ $h = 0,10$</p> <p>Carga viva = 160,0 kg/m</p> <p>C. muerta = 166,5 kg/m</p> <p>C. última = 505,10 kg/m</p> <p>M (-) = 206,5657 kg - m</p> <p>M (+) c.m. = 52,363584 kg - m</p> <p>M (+) c.v. = 75,20256 kg - m</p>
---	--

Acero (+) = 3,142 cm ² 2 var no. 4	Acero (+) = 3,223 cm ² 3 var no. 4
Acero (-) = 2,31 cm ² 2 var no. 4	Acero (-) = 2,06 cm ² 2 var no. 4

As (temp) = 1 electromalla 9 / 9 (m). Se utilizaran estribos no. 2 @ 20 centímetros.

- Losa sala-comedor y cocina
 - Datos para el diseño de la losa:

Largo (m):	6,35	Ancho (m):	3,70
La losa trabaja en dos sentidos	f'c (kg/cm ²): 210	fy (kg/cm ²):	4 200
Espesor de la losa (m):	0,15	Carga viva (kg/m ²):	200
Peso concreto (kg/m ³):	2 300	Peso de instalaciones:	50 kg/m ²

- Dimensiones de los nervios (m)

Lado largo:	Lado corto:
Numero de nervios: 9	Numero de nervios: 5
B = 0,71 b = 0,12 s / 2 = 0,30	B = 0,74 b = 0,12 s / 2 = 0,31
t' = 0,05 t = 0,15 h = 0,10	t' = 0,05 t = 0,15 h = 0,10

Integración de cargas

Carga viva = 142,0 kg/m
 C. muerta = 144,75 kg/m
 C. última = 444,05 kg/m

M (-) = 443,15385 kg - m
 M (+) c.m. = 57,199482 kg - m
 M (+) c.v. = 87,604664 kg - m

Carga viva = 148 kg/m
 C. muerta = 149,7 kg/m
 C. última = 461,18 kg/m

M (-) = 561,90632 kg - m
 M (+) c.m. = 152,06496 kg - m
 M (+) c.v. = 230,77507 kg - m

Acero (+) = 2,86 cm ² 2 var No 4	Acero (+) = 2,981 cm ² 2 var No 4
Acero (-) = 2,35 cm ² 2 var No 4	Acero (-) = 2,67 cm ² 2 var No 4

As (temp) = 1 electromalla 9 / 9 (m). Se utilizaran estribos no. 2 @ 20 centímetros.

- Losa del baño y pasillo

- Datos para el diseño de la losa:

Largo (m):	3,10	Ancho (m):	1,55
La losa trabaja en dos sentidos	f'c (kg/cm ²): 210	fy (kg/cm ²):	4 200
Espesor de la losa (m):	0,15	Carga viva (kg/m ²):	200
Peso concreto (kg/m ³):	2 300	Peso de instalaciones:	50 kg/m ²

- Dimensiones de los nervios (m)

Lado largo:	Lado corto:
Numero de nervios: 4	Numero de nervios: 2
B = 0,78 b = 0,10 s / 2 = 0,34	B = 0,78 b = 0,10 s / 2 = 0,34
t' = 0,05 t = 0,15 h = 0,10	t' = 0,05 t = 0,15 h = 0,10

Integración de cargas

Carga viva = 156 kg/m
 C. muerta = 151,7 kg/m
 C. última = 477,58 kg/m

M (-) = 61,958841 kg - m
 M (+) c.m. = 8,1638872 kg - m
 M (+) c.v. = 12,74286 kg - m

Carga viva = 156 kg/m
 C. muerta = 151,7 kg/m
 C. última = 477,58 kg/m

M (-) = 107,85428 kg - m
 M (+) c.m. = 30,104334 kg - m
 M (+) c.v. = 49,060011 kg - m

Acero (+) = 2,36 cm² 2 var no. 4 | Acero (+) = 2,357 cm² 2 var no. 4
 Acero (-) = 1,2 cm² 2 var no. 4 | Acero (-) = 1,31 cm² 2 var no. 4
 As (temp) = 1 electromalla 9 / 9 (m). Se utilizaran estribos no. 2 @ 20 centímetros.

3.2.1.3. Losacero

Calculo y diseño del calibre de lámina, para la losacero de la vivienda popular tipo A, que se conforma de 4 ambientes; sala-comedor, 2 dormitorios y 1 sanitario.

- Diseño de todas las losas

Ancho losacero 22 (cm): 91,4 f'c (kg/cm²): 210 fy (kg/cm²): 4 200
 Espesor de concreto (m): 0,05 Carga viva (kg/m²): 200
 Peso concreto (kg/m³): 2 300 Carga muerta (kg/m²): 100

Tabla II. **Sobrecargas admisibles en losacero (calibre 22)**

Losacero Sección 4 Sobrecarga admisible (kg/m ²)														
Calibre	Espesor de concreto (cm)	Separación entre apoyos (m)												
		1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.8	4
22	5	2000	2008	1474	1120	851	845	679	544	435	343	267	203	147

Fuente: Ingasa.

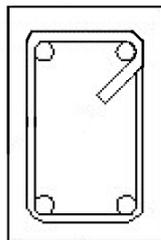
Integrando la sobrecarga admisible

Peso capa concreto = 115,00 kg/m²

Sobrecarga total = 115 kg/m² + 200 kg/m² + 100 kg/m² = 415 kg/m²

La luz de la losa perteneciente a la sala-comedor, no soportará la sobrecarga calculada, por lo que será necesario incluir la siguiente viga de soporte.

Figura 21. **Viga soporte en losacero, vivienda tipo A**



Viga soporte de 0.35 m x 0.15
4 var no 4, estribos no 3 @ 15 cm

Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2008.

3.2.2. Vivienda popular tipo B

A continuación, se presentan los cálculos de diseño y cantidad de materiales necesarios, para cada uno de los sistemas de losas, para la vivienda popular tipo B.

3.2.2.1. Losa prefabricada vigueta y bovedilla

Calculo y diseño de losa prefabricada vigueta bovedilla, para la vivienda popular tipo B, que se conforma de 4 ambientes; sala-comedor-cocina, 2 dormitorios y 1 sanitario.

- Losas de los dormitorios

- Datos para el diseño de la losa:

Largo (m):	3,10	Ancho (m):	2,40
Largo de la vigueta (m):	2,40	Medidas de bovedilla a utilizar:	60x10x20
Espesor de la losa (m):	0,15	f'c (kg/cm ²):	210 fy (kg/cm ²): 4 200
Peso de bovedilla (kg):	14	Peso propio de vigueta (kg/m):	19
Carga viva (kg/m ²):	200	Espeso concreto (m):	0,05
Numero de viguetas:	5	Numero de bovedillas:	60

- Integración de cargas: (metro lineal de losa)

Carga viva: $200 \text{ kg/m}^2 \times 0,6 = 120 \text{ kg/m}$

Capa concreto = $2\ 400 \text{ kg/m}^3 \times 0,6 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} = 72 \text{ kg/m}$

Sobrecarga de diseños = $75 \text{ kg/m}^2 \times 0,6 = 45 \text{ kg/m}$

Peso propio bovedillas = $14 \text{ kg/uni} \times 5 \text{ uni/m} = 70 \text{ kg/m}$

Carga muerta total = $72 \text{ kg/m} + 45 \text{ kg/m} + 70 \text{ kg/m} + 19 \text{ kg/m} = 206 \text{ kg/m}$

C. última = $1,7 (120 \text{ kg/m}) + 1,4 (206 \text{ kg/m}) = 492,4 \text{ kg/m}$

$M_u (+) = (492,4 \text{ kg/m} \times 2,4^2) / 8 = 354,528 \text{ kg} \cdot \text{m}$

$M_u (-) = (492,4 \text{ kg/m} \times 3,1^2) / 12 = 394,33 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Con estos momentos se calculó el acero de refuerzo en las viguetas, según fórmula para área de acero de momentos positivos y negativos de anexo 1.

$A_s (+) = 0,3096512 \text{ cm}^2$

$A_s (-) = 0,3447883 \text{ cm}^2$

$A_s (+) = 1 \text{ varilla no. 3}$

$A_s (-) = 1 \text{ varilla no. 3}$

Se utilizaran eslabones no. 2 @ 25 centímetros, electromalla 6 x 6, 9 / 9 y 2 rigidizantes con bastones a 60 centímetros.

- Losa sala-comedor y cocina

- Datos para el diseño de la losa:

Largo (m):	6,80	Ancho (m):	3,10
Largo de la vigueta (m):	3,10	Medidas de bovedilla a utilizar:	60x10x20
Espesor de la losa (m):	0,15	f'c (kg/cm ²):	210 fy (kg/cm ²): 4 200
Peso de bovedilla (kg):	14	Peso propio de vigueta (kg/m):	19
Carga viva (kg/m ²):	200	Espeso concreto (m):	0,05
Numero de viguetas:	11	Numero de bovedillas:	171

- Integración de cargas: (metro lineal de losa)

Carga viva: $200 \text{ kg/m}^2 \times 0,6 = 120 \text{ kg/m}$

Capa concreto = $2\ 400 \text{ kg/m}^3 \times 0,6 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} = 72 \text{ kg/m}$

Sobrecarga de diseños = $75 \text{ kg/m}^2 \times 0,6 = 45 \text{ kg/m}$

Peso propio bovedillas = $14 \text{ kg/uni} \times 5 \text{ uni/m} = 70 \text{ kg/m}$

Carga muerta total = $72 \text{ kg/m} + 45 \text{ kg/m} + 70 \text{ kg/m} + 19 \text{ kg/m} = 206 \text{ kg/m}$

C. última = $1,7 (120 \text{ kg/m}) + 1,4 (206 \text{ kg/m}) = 492,4 \text{ kg/m}$

Mu (+) = $(492,4 \text{ kg/m} \times 3,1^2) / 8 = 591,495 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Mu (-) = $(492,4 \text{ kg/m} \times 6,8^2) / 12 = 1\ 897,3 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Con estos momentos se calculó el acero de refuerzo en las viguetas, según fórmula para área de acero de momentos positivos y negativos de anexo 1.

As (+) = $0,5199912 \text{ cm}^2$ As (-) = $1,7331882 \text{ cm}^2$

As (+) = 1 varilla no. 3 As (-) = 2 varillas no. 3

Se utilizaran eslabones no. 2 @ 25 centímetros, 2 electromalla 6 x 6, 9 / 9 y 2 rigidizantes con bastones a 60 centímetros.

- Losa del baño y pasillo
 - Datos para el diseño de la losa:

Largo (m):	3,10	Ancho (m):	1,55
Largo de la vigueta (m):	1,55	Medidas de bovedilla a utilizar:	60x10x20
Espesor de la losa (m):	0,15	f'c (kg/cm ²):	210 fy (kg/cm ²): 4 200
Peso de bovedilla (kg):	14	Peso propio de vigueta (kg/m):	19
Carga viva (kg/m ²):	200	Espeso concreto (m):	0,05
Numero de viguetas:	5	Numero de bovedillas:	39

- Integración de cargas: (metro lineal de losa)

Carga viva: $200 \text{ kg/m}^2 \times 0,6 = 120 \text{ kg/m}$

Capa concreto = $2\,400 \text{ kg/m}^3 \times 0,6 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} = 72 \text{ kg/m}$

Sobrecarga de diseños = $75 \text{ kg/m}^2 \times 0,6 = 45 \text{ kg/m}$

Peso propio bovedillas = $14 \text{ kg/uni} \times 5 \text{ uni/m} = 70 \text{ kg/m}$

Carga muerta total = $72 \text{ kg/m} + 45 \text{ kg/m} + 70 \text{ kg/m} + 19 \text{ kg/m} = 206 \text{ kg/m}$

C. última = $1,7 (120 \text{ kg/m}) + 1,4 (206 \text{ kg/m}) = 492,4 \text{ kg/m}$

Mu (+) = $(492,4 \text{ kg/m} \times 1,55^2) / 8 = 147,87 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Mu (-) = $(492,4 \text{ kg/m} \times 3,1^2) / 12 = 394,33 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Con estos momentos se calculó el acero de refuerzo en las viguetas, según fórmula para área de acero de momentos positivos y negativos de anexo 1.

As (+) = $0,128439 \text{ cm}^2$

As (-) = $0,3447883 \text{ cm}^2$

As (+) = 1 varilla no. 3

As (-) = 1 varilla no. 3

Se utilizaran eslabones no. 2 @ 25 centímetros, 1 electromalla 6 x 6, 9 / 9 y 2 rigidizantes con bastones a 60 centímetros.

3.2.2.2. Losa nervada

Calculo y diseño de nervios de losa nervada, para la vivienda popular tipo B, que se conforma de 4 ambientes; sala-comedor-cocina, 2 dormitorios y 1 sanitario.

- Losas de los dormitorios
 - Datos para el diseño de la losa:

Largo (m):	3,10	Ancho (m):	2,40
La losa trabaja en dos sentidos	$f'c$ (kg/cm ²): 210	f_y (kg/cm ²):	4 200
Espesor de la losa (m):	0,15	Carga viva (kg/m ²):	200
Peso concreto (kg/m ³):	2 300	Peso de instalaciones:	50 kg/m ²

- Dimensiones de los nervios (m)

Lado largo:

Numero de nervios: 4

$B = 0,78$ $b = 0,15$ $s / 2 = 0,32$

$t' = 0,05$ $t = 0,15$ $h = 0,10$

Integración de cargas

Carga viva = 156,0 kg/m

C. muerta = 163,2 kg/m

C. última = 493,68 kg/m

$M (-)$ = 309,56328 kg - m

$M (+)$ c.m. = 35,131085 kg - m

Lado corto:

Numero de nervios: 3

$B = 0,8$ $b = 0,15$ $s / 2 = 0,33$

$t' = 0,05$ $t = 0,15$ $h = 0,10$

Carga viva = 160,0 kg/m

C. muerta = 166,5 kg/m

C. última = 505,10 kg/m

$M (-)$ = 206,5657 kg - m

$M (+)$ c.m. = 52,363584 kg - m

M (+) c.v. = 50,97144 kg - m

M (+) c.v. = 75,20256 kg - m

Acero (+) = 3,142 cm² 2 var no. 4

Acero (+) = 3,223 cm² 3 var no. 4

Acero (-) = 2,31 cm² 2 var no. 4

Acero (-) = 2,06 cm² 2 var no. 4

As (temp) = 1 electromalla 9 / 9 (m). Se utilizaran estribos no. 2 @ 20 centímetros.

- Losa sala-comedor y cocina

- Datos para el diseño de la losa:

Largo (m): 6,80

Ancho (m): 3,10

La losa trabaja en dos sentidos

f'c (kg/cm²): 210

fy (kg/cm²): 4 200

Espesor de la losa (m): 0,15

Carga viva (kg/m²): 200

Peso concreto (kg/m³): 2 300

Peso de instalaciones: 50 kg/m²

- Dimensiones de los nervios (m)

Lado largo:

Numero de nervios: 9

B = 0,76 b = 0,12 s / 2 = 0,32

t' = 0,05 t = 0,15 h = 0,10

Lado corto:

Numero de nervios: 4

B = 0,78 b = 0,12 s / 2 = 0,33

t' = 0,05 t = 0,15 h = 0,10

Integración de cargas

Carga viva = 152 kg/m

C. muerta = 153 kg/m

C. última = 472,6 kg/m

Carga viva = 156 kg/m

C. muerta = 156,3 kg/m

C. última = 484,02 kg/m

M (-) = 295,01582 kg - m

M (-) = 437,23463 kg - m

M (+) c.m. = 39,618432 kg - m

M (+) c.v. = 59,74208 kg - m

Acero (+) = 3,06 cm² 2 var no. 4

Acero (-) = 1,96 cm² 3 var no. 4

As (temp) = 1 electromalla 9 / 9 (m). Se utilizaran estribos no. 2 @ 20 centímetros.

M (+) c.m. = 124,06875 kg - m

M (+) c.v. = 196,24004 kg - m

Acero (+) = 3,142 cm² 2 var no. 4

Acero (-) = 2,33 cm² 2 var no. 4

- Losa del baño y pasillo

- Datos para el diseño de la losa:

Largo (m): 3,10

Ancho (m): 1,55

La losa trabaja en dos sentidos

f'c (kg/cm²): 210

fy (kg/cm²): 4 200

Espesor de la losa (m): 0,15

Carga viva (kg/m²): 200

Peso concreto (kg/m³): 2 300

Peso de instalaciones: 50 kg/m²

- Dimensiones de los nervios (m)

Lado largo:

Numero de nervios: 4

B = 0,78 b = 0,10 s / 2 = 0,34

t' = 0,05 t = 0,15 h = 0,10

Lado corto:

Numero de nervios: 2

B = 0,78 b = 0,10 s / 2 = 0,34

t' = 0,05 t = 0,15 h = 0,10

Integración de cargas

Carga viva = 156 kg/m

C. muerta = 151,7 kg/m

C. última = 477,58 kg/m

Carga viva = 156 kg/m

C. muerta = 151,7 kg/m

C. última = 477,58 kg/m

$$M (-) = 61,958841 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M (+) \text{ c.m.} = 8,1638872 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M (+) \text{ c.v.} = 12,74286 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M (-) = 107,85428 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M (+) \text{ c.m.} = 30,104334 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M (+) \text{ c.v.} = 49,060011 \text{ kg} - \text{m}$$

$$\text{Acero (+)} = 2,36 \text{ cm}^2 \quad 2 \text{ var no. 4}$$

$$\text{Acero (-)} = 1,2 \text{ cm}^2 \quad 2 \text{ var no. 3}$$

$$\text{Acero (+)} = 2,357 \text{ cm}^2 \quad 2 \text{ var no. 4}$$

$$\text{Acero (-)} = 1,31 \text{ cm}^2 \quad 2 \text{ var no. 3}$$

As (temp) = 1 electromalla 9 / 9 (m). Se utilizaran estribos no. 2 @ 20 centímetros.

3.2.2.3. Losacero

Calculo y diseño del calibre de lámina, para la losacero de la vivienda popular tipo B, que se conforma de 4 ambientes; sala-comedor, 2 dormitorios y 1 sanitario.

- Diseño de todas las losas

Se diseña con datos de la tabla II.

$$\text{Ancho losacero 22 (cm): } 91,4$$

$$\text{Espesor de concreto (m): } 0,05$$

$$\text{Peso concreto (kg/m}^3\text{): } 2\ 300$$

$$f'c \text{ (kg/cm}^2\text{): } 210$$

$$\text{Carga viva (kg/m}^2\text{): } 200$$

$$\text{Carga muerta (kg/m}^2\text{): } 100$$

$$f_y \text{ (kg/cm}^2\text{): } 4\ 200$$

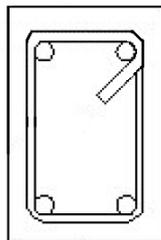
Integrando la sobrecarga admisible

$$\text{Peso capa concreto} = 115,00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Sobrecarga total} = 115 \text{ kg/m}^2 + 200 \text{ kg/m}^2 + 100 \text{ kg/m}^2 = 415 \text{ kg/m}^2$$

La luz de la losa perteneciente a la sala-comedor, no soportará la sobrecarga calculada, por lo que será necesario incluir la siguiente viga de soporte.

Figura 22. **Viga soporte en losacero, vivienda tipo B**



Viga soporte de 0.35 m x 0.15
4 var no 4, estribos no 3 @ 15 cm

Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2008.

3.2.3. Vivienda clase media

A continuación, se presentan los cálculos de diseño y cantidad de materiales necesarios, para cada uno de los sistemas de losas, para la vivienda de clase media.

3.2.3.1. Losa prefabricada vigueta y bovedilla

Calculo y diseño de losa prefabricada vigueta bovedilla, para la vivienda de clase media, que se conforma de 10 ambientes; sala-comedor, cocina, 3 dormitorios, 1 closet, lavandería y 3 sanitarios.

- Losas del dormitorio principal y de 2 secundarios

- Datos para el diseño de la losa:

Largo (m):	3,70	Ancho (m):	3,00
Largo de la vigueta (m):	3,00	Medidas de bovedilla a utilizar:	60x10x20
Espesor de la losa (m):	0,15	f'c (kg/cm ²):	210
Peso de bovedilla (kg):	14	fy (kg/cm ²):	4 200
Carga viva (kg/m ²):	200	Peso propio de vigueta (kg/m):	19
Numero de viguetas:	6	Espeso concreto (m):	0,05
		Numero de bovedillas:	90

- Integración de cargas: (metro lineal de losa)

$$\text{Carga viva: } 200 \text{ kg/m}^2 \times 0,6 = 120 \text{ kg/m}$$

$$\text{Capa concreto} = 2\,400 \text{ kg/m}^3 \times 0,6 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} = 72 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sobrecarga de diseños} = 75 \text{ kg/m}^2 \times 0,6 = 45 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso propio bovedillas} = 14 \text{ kg/uni} \times 5 \text{ uni/m} = 70 \text{ kg/m}$$

$$\text{Carga muerta total} = 72 \text{ kg/m} + 45 \text{ kg/m} + 70 \text{ kg/m} + 19 \text{ kg/m} = 206 \text{ kg/m}$$

$$\text{C. última} = 1,7 (120 \text{ kg/m}) + 1,4 (206 \text{ kg/m}) = 492,4 \text{ kg/m}$$

$$\text{Mu (+)} = (492,4 \text{ kg/m} \times 3,0^2) / 8 = 553,95 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$\text{Mu (-)} = (492,4 \text{ kg/m} \times 3,7^2) / 12 = 561,74 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Con estos momentos se calculó el acero de refuerzo en las viguetas, según fórmula para área de acero de momentos positivos y negativos de anexo 1.

$$\text{As (+)} = 0,3362687 \text{ cm}^2$$

$$\text{As (-)} = 0,3410516 \text{ cm}^2$$

$$\text{As (+)} = 1 \text{ varilla no. 3}$$

$$\text{As (-)} = 1 \text{ varilla no. 3}$$

Se utilizaran eslabones no. 2 @ 25 centímetros, y electromalla 6 x 6, 9 / 9 y 2 rigidizantes con bastones a 60 centímetros.

- Losas de los 3 sanitarios, lavandería, pasillo y closet

- Datos para el diseño de la losa:

Largo (m):	3,10	Ancho (m):	1,55
Largo de la vigueta (m):	1,55	Medidas de bovedilla a utilizar:	60x10x20
Espesor de la losa (m):	0,15	f'c (kg/cm ²):	210 fy (kg/cm ²): 4 200
Peso de bovedilla (kg):	14	Peso propio de vigueta (kg/m):	19
Carga viva (kg/m ²):	200	Espeso concreto (m):	0,05
Numero de viguetas:	5	Numero de bovedillas:	39

- Integración de cargas: (metro lineal de losa)

$$\text{Carga viva: } 200 \text{ kg/m}^2 \times 0,6 = 120 \text{ kg/m}$$

$$\text{Capa concreto} = 2\,400 \text{ kg/m}^3 \times 0,6 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} = 72 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sobrecarga de diseños} = 75 \text{ kg/m}^2 \times 0,6 = 45 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso propio bovedillas} = 14 \text{ kg/uni} \times 5 \text{ uni/m} = 70 \text{ kg/m}$$

$$\text{Carga muerta total} = 72 \text{ kg/m} + 45 \text{ kg/m} + 70 \text{ kg/m} + 19 \text{ kg/m} = 206 \text{ kg/m}$$

$$\text{C. última} = 1,7 (120 \text{ kg/m}) + 1,4 (206 \text{ kg/m}) = 492,4 \text{ kg/m}$$

$$\text{Mu (+)} = (492,4 \text{ kg/m} \times 1,55^2) / 8 = 147,87 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$\text{Mu (-)} = (492,4 \text{ kg/m} \times 3,1^2) / 12 = 394,33 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Con estos momentos se calculó el acero de refuerzo en las viguetas, según fórmula para área de acero de momentos positivos y negativos de anexo 1.

$$\text{As (+)} = 0,5137558 \text{ cm}^2 \qquad \text{As (-)} = 0,3420542 \text{ cm}^2$$

$$\text{As (+)} = 1 \text{ varilla no. 3} \qquad \text{As (-)} = 1 \text{ varilla no. 3}$$

Se utilizaran eslabones no. 2 @ 25 centímetros, 1 electromalla 6 x 6, 9 / 9 y 2 rigidizantes con bastones a 60 centímetros.

- Losas de la sala y el comedor

- Datos para el diseño de la losa:

Largo (m):	6,35	Ancho (m):	3,70
Largo de la vigueta (m):	3,70	Medidas de bovedilla a utilizar:	60x10x20
Espesor de la losa (m):	0,15	f'c (kg/cm ²):	210 fy (kg/cm ²): 4 200
Peso de bovedilla (kg):	14	Peso propio de vigueta (kg/m):	19
Carga viva (kg/m ²):	200	Espeso concreto (m):	0,05
Numero de viguetas:	11	Numero de bovedillas:	204

- Integración de cargas: (metro lineal de losa)

Carga viva: $200 \text{ kg/m}^2 \times 0,6 = 120 \text{ kg/m}$

Capa concreto = $2\ 400 \text{ kg/m}^3 \times 0,6 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} = 72 \text{ kg/m}$

Sobrecarga de diseños = $75 \text{ kg/m}^2 \times 0,6 = 45 \text{ kg/m}$

Peso propio bovedillas = $14 \text{ kg/uni} \times 5 \text{ uni/m} = 70 \text{ kg/m}$

Carga muerta total = $72 \text{ kg/m} + 45 \text{ kg/m} + 70 \text{ kg/m} + 19 \text{ kg/m} = 206 \text{ kg/m}$

C. última = $1,7 (120 \text{ kg/m}) + 1,4 (206 \text{ kg/m}) = 492,4 \text{ kg/m}$

Mu (+) = $(492,4 \text{ kg/m} \times 3,7^2) / 8 = 842,619 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Mu (-) = $(492,4 \text{ kg/m} \times 6,35^2) / 12 = 1\ 654,5 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Con estos momentos se calculó el acero de refuerzo en las viguetas, según fórmula para área de acero de momentos positivos y negativos de anexo 1.

As (+) = $0,745983 \text{ cm}^2$

As (-) = $1,5001253 \text{ cm}^2$

As (+) = 1 varilla no. 3

As (-) = 2 varillas no. 3

Se utilizaran eslabones no. 2 @ 25 centímetros, 2 electromalla 6 x 6, 9 / 9 y 2 rigidizantes con bastones a 60 centímetros.

- Losa de la cocina

- Datos para el diseño de la losa:

Largo (m):	3,10	Ancho (m):	2,40
Largo de la vigueta (m):	2,40	Medidas de bovedilla a utilizar:	60x10x20
Espesor de la losa (m):	0,15	f'c (kg/cm ²):	210 fy (kg/cm ²): 4 200
Peso de bovedilla (kg):	14	Peso propio de vigueta (kg/m):	19
Carga viva (kg/m ²):	200	Espeso concreto (m):	0,05
Numero de viguetas:	5	Numero de bovedillas:	60

- Integración de cargas: (metro lineal de losa)

Carga viva: $200 \text{ kg/m}^2 \times 0,6 = 120 \text{ kg/m}$

Capa concreto = $2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,6 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} = 72 \text{ kg/m}$

Sobrecarga de diseños = $75 \text{ kg/m}^2 \times 0,6 = 45 \text{ kg/m}$

Peso propio bovedillas = $14 \text{ kg/uni} \times 5 \text{ uni/m} = 70 \text{ kg/m}$

Carga muerta total = $72 \text{ kg/m} + 45 \text{ kg/m} + 70 \text{ kg/m} + 19 \text{ kg/m} = 206 \text{ kg/m}$

C. última = $1,7 (120 \text{ kg/m}) + 1,4 (206 \text{ kg/m}) = 492,4 \text{ kg/m}$

Mu (+) = $(492,4 \text{ kg/m} \times 2,4^2) / 8 = 354,528 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Mu (-) = $(492,4 \text{ kg/m} \times 3,1^2) / 12 = 394,33 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Con estos momentos se calculó el acero de refuerzo en las viguetas, según fórmula para área de acero de momentos positivos y negativos de anexo 1.

As (+) = $0,3096512 \text{ cm}^2$ As (-) = $0,3447883 \text{ cm}^2$

As (+) = 1 varilla no. 3 As (-) = 1 varilla no. 3

Se utilizaran eslabones no. 2 @ 25 centímetros, electromalla 6 x 6, 9 / 9 y 2 rigidizantes co bastones a 60 centímetros.

3.2.3.2. Losa nervada

Calculo y diseño de losa nervada, para la vivienda de clase media, que se conforma de 10 ambientes; sala-comedor, cocina, 3 dormitorios, 1 closet, lavandería y 3 sanitarios.

- Losas del dormitorio principal y de 2 secundarios

- Datos para el diseño de la losa:

Largo (m):	3,70	Ancho (m):	3,00
La losa trabaja en dos sentidos	$f'c$ (kg/cm ²): 210	f_y (kg/cm ²):	4 200
Espesor de la losa (m):	0,15	Carga viva (kg/m ²):	200
Peso concreto (kg/m ³):	2 300	Peso de instalaciones:	50 kg/m ²

- Dimensiones de los nervios (m)

Lado largo:

Numero de nervios: 4

$B = 0,74$ $b = 0,15$ $s / 2 = 0,30$

$t' = 0,05$ $t = 0,15$ $h = 0,10$

Integración de cargas

Carga viva = 148 kg/m

C. muerta = 156,6 kg/m

C. última = 470,84 kg/m

$M (-)$ = 493,10367 kg - m

$M (+)$ c.m. = 57,026516 kg - m

Lado corto:

Numero de nervios: 2

$B = 0,75$ $b = 0,15$ $s / 2 = 0,30$

$t' = 0,05$ $t = 0,15$ $h = 0,10$

Carga viva = 150 kg/m

C. muerta = 158,25 kg/m

C. última = 476,55 kg/m

$M (-)$ = 283,0707 kg - m

$M (+)$ c.m. = 71,7822 kg - m

M (+) c.v. = 79,221292 kg - m

M (+) c.v. = 98,685 kg - m

Acero (+) = 2,981 cm² 2 var no. 4

Acero (+) = 3,021 cm² 2 var no. 4

Acero (-) = 2,77 cm² 2 var no. 4

Acero (-) = 2,25 cm² 2 var no. 3

As (temp) = 1 electromalla 9 / 9 (m). Se utilizaran estribos no. 2 @ 20 centímetros.

- Losas de los 3 sanitarios, lavandería, pasillo y closet

- Datos para el diseño de la losa:

Largo (m): 3,10

Ancho (m): 1,55

La losa trabaja en dos sentidos

f'c (kg/cm²): 210

fy (kg/cm²): 4 200

Espesor de la losa (m): 0,15

Carga viva (kg/m²): 200

Peso concreto (kg/m³): 2 300

Peso de instalaciones: 50 kg/m²

- Dimensiones de los nervios (m)

Lado largo:

Lado corto:

Numero de nervios: 4

Numero de nervios: 2

B = 0,78 b = 0,10 s / 2 = 0,34

B = 0,78 b = 0,10 s / 2 = 0,34

t' = 0,05 t = 0,15 h = 0,10

t' = 0,05 t = 0,15 h = 0,10

Integración de cargas

Carga viva = 156 kg/m

Carga viva = 156 kg/m

C. muerta = 151,7 kg/m

C. muerta = 151,7 kg/m

C. última = 477,58 kg/m

C. última = 477,58 kg/m

M (-) = 61,958841 kg - m

M (-) = 107,85428 kg - m

M (+) c.m. = 8,1638872 kg - m

M (+) c.v. = 12,74286 kg - m

Acero (+) = 2,36 cm² 2 var no. 4

Acero (-) = 1,2 cm² 2 var no. 3

As (temp) = 1 electromalla 9 / 9 (m). Se utilizaran estribos no. 2 @ 20 centímetros.

M (+) c.m. = 30,104334 kg - m

M (+) c.v. = 49,060011 kg - m

Acero (+) = 2,357 cm² 2 var no. 4

Acero (-) = 1,31 cm² 2 var no. 3

- Losas de la sala y el comedor

- Datos para el diseño de la losa:

Largo (m): 6,35

Ancho (m): 3,70

La losa trabaja en dos sentidos

f'c (kg/cm²): 210

fy (kg/cm²): 4 200

Espesor de la losa (m): 0,15

Carga viva (kg/m²): 200

Peso concreto (kg/m³): 2 300

Peso de instalaciones: 50 kg/m²

- Dimensiones de los nervios (m)

Lado largo:

Numero de nervios: 9

B = 0,71 b = 0,15 s / 2 = 0,28

t' = 0,05 t = 0,15 h = 0,10

Integración de cargas

Carga viva = 142,0 kg/m

C. muerta = 151,65 kg/m

C. última = 453,71 kg/m

Lado corto:

Numero de nervios: 5

B = 0,74 b = 0,15 s / 2 = 0,30

t' = 0,05 t = 0,15 h = 0,10

Carga viva = 148,0 kg/m

C. muerta = 156,6 kg/m

C. última = 470,84 kg/m

M (-) = 452,79436 kg - m
M (+) c.m. = 59,92609 kg - m
M (+) c.v. = 87,604664 kg - m

M (-) = 573,67616 kg - m
M (+) c.m. = 159,07397 kg - m
M (+) c.v. = 230,77507 kg - m

Acero (+) = 2,86 cm² 2 var No 4

Acero (+) = 2,981 cm² 2 var No 4

Acero (-) = 2,67 cm² 2 var No 4

Acero (-) = 2,98 cm² 2 var No 4

As (temp) = 1 electromalla 9 / 9 (m). Se utilizaran estribos no. 2 @ 20 centímetros.

- Losa de la cocina

- Datos para el diseño de la losa:

Largo (m): 3,10 Ancho (m): 2,40
La losa trabaja en dos sentidos f'c (kg/cm²): 210 fy (kg/cm²): 4 200
Espesor de la losa (m): 0,15 Carga viva (kg/m²): 200
Peso concreto (kg/m³): 2 300 Peso de instalaciones: 50 kg/m²

- Dimensiones de los nervios (m)

Lado largo:

Numero de nervios: 4

B = 0,78 b = 0,15 s / 2 = 0,32

t' = 0,05 t = 0,15 h = 0,10

Lado corto:

Numero de nervios: 3

B = 0,8 b = 0,15 s / 2 = 0,33

t' = 0,05 t = 0,15 h = 0,10

Integración de cargas

Carga viva = 156,0 kg/m

C. muerta = 163,2 kg/m

C. última = 493,68 kg/m

Carga viva = 160,0 kg/m

C. muerta = 166,5 kg/m

C. última = 505,10 kg/m

$$M (-) = 309,56328 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M (+) \text{ c.m.} = 35,131085 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M (+) \text{ c.v.} = 50,97144 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M (-) = 206,5657 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M (+) \text{ c.m.} = 52,363584 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M (+) \text{ c.v.} = 75,20256 \text{ kg} - \text{m}$$

$$\text{Acero (+)} = 3,142 \text{ cm}^2 \quad 2 \text{ var no. } 4$$

$$\text{Acero (-)} = 2,31 \text{ cm}^2 \quad 2 \text{ var no. } 4$$

$$\text{Acero (+)} = 3,223 \text{ cm}^2 \quad 3 \text{ var no. } 4$$

$$\text{Acero (-)} = 2,06 \text{ cm}^2 \quad 2 \text{ var no. } 4$$

As (temp) = 1 electromalla 9 / 9 (m). Se utilizaran estribos no. 2 @ 20 centímetros.

3.2.3.3. Losacero

Calculo y diseño de losacero, para la vivienda de clase media, que se conforma de 10 ambientes; sala-comedor, cocina, 3 dormitorios, 1 closet, lavandería y 3 sanitarios.

- Diseño de todas las losas

Se diseña con datos de la tabla II.

$$\text{Ancho losacero } 22 \text{ (cm): } 91,4 \quad f'c \text{ (kg/cm}^2\text{): } 210 \quad fy \text{ (kg/cm}^2\text{): } 4 \ 200$$

$$\text{Espesor de concreto (m): } 0,05 \quad \text{Carga viva (kg/m}^2\text{): } 200$$

$$\text{Peso concreto (kg/m}^3\text{): } 2 \ 300 \quad \text{Carga muerta (kg/m}^2\text{): } 100$$

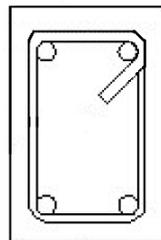
Integrando la sobrecarga admisible

$$\text{Peso capa concreto} = 115,00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Sobrecarga total} = 115 \text{ kg/m}^2 + 200 \text{ kg/m}^2 + 100 \text{ kg/m}^2 = 415 \text{ kg/m}^2$$

La luz de la losa perteneciente a la sala-comedor, no soportará la sobrecarga calculada, por lo que será necesario incluir la siguiente viga de soporte.

Figura 23. **Viga soporte en losacero, vivienda clase media**



Viga soporte de 0.35 m x 0.15
4 var no 4, estribos no 3 @ 15 cm

Fuente: elaboración propia. AutoCAD 2008.

3.3. Integración de costos

Para la integración y análisis de los costos, se tomará el diseño de cada uno de los sistemas utilizados, se calculará su costo de construcción, incluyendo en éste la mano de obra y los materiales de construcción, los factores de utilidades, imprevistos, desperdicio y algún otro factor que sea necesario aplicar.

Los costos de las losas fueron integrados utilizando las dimensiones de las mismas y los parámetros de diseño obtenidos anteriormente en este documento, así como también se utilizó una cotización de precios de mano de obra y materiales de construcción de las empresas encargadas en la venta de materiales de construcción más populares del país, dando los parámetros para la correcta integración de precios en los 3 sistemas de losas para las viviendas bajo análisis.

El análisis de costo, es aproximado. El no existir 2 procesos constructivos iguales, el intervenir la habilidad del personal (mano de obra) y el basarse en condiciones promedio de consumos, insumos y desperdicios, permite asegurar que la evaluación monetaria del costo no puede ser matemáticamente exacta.

Si al realizar la integración de los costos se inicia por sus partes conocidas, si de los hechos se infiere el resultado, se estará analizando el costo de manera inductiva. Si a través de razonamiento se parte del todo conocido para llegar a las partes desconocidas, se estará analizando el costo de manera deductiva.

3.3.1. Vivienda popular tipo A

Integración de costos de mano de obra y materiales de construcción, para cada uno de los sistemas de losas, para la construcción de la vivienda popular tipo A.

3.3.1.1. Losa prefabricada vigueta y bovedilla

Integración de costos de mano de obra y materiales de construcción, para la losa prefabricada vigueta y bovedilla, para la construcción de la vivienda popular tipo A.

- Losas de los dormitorios, medidas: 3,10 x 2,40 metros, cantidad: 2 losas

Tabla III. **Integración de costos de losa prefabricada vigueta bovedilla, de dormitorios de la vivienda popular tipo A**

Mano de obra para la construcción de la losa					
No.	Reglón	unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Encofrado y entarimado	m ²	7,44	Q 6,50	Q 48,36
2	Colocación de vigueta y bovedilla	m ²	7,44	Q 22,0	Q 163,68
3	Colocación de electromalla	unidad	1	Q 7,00	Q 7,00
4	Colocación de rigidizantes	unidad	1	Q 5,00	Q 5,00
5	Fundición de losa (5cm)	m ³	0,372	Q 19,0	Q 7,07
6	Desencofrado	m ²	7,44	Q 6,50	Q 48,36
7	Factor ayudante	%	45		Q 125,76
8	Prestaciones	%	66		Q 267,45
Total mano de obra				Q.	672,68
Materiales a utilizar para la construcción de la losa					
No.	Reglón	unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Hierro no. 3	quintal	0,35	Q 265,50	Q 92,93
2	Hierro no. 2	quintal	0,50	Q 237,50	Q 118,75
3	Electromalla	unidad	1	Q 274,50	Q 274,50
4	Alambre de amarre	lb	1,5	Q 4,75	Q 7,13
5	Bovedillas 60x10x10 cm	unidad	60	Q 3,90	Q 234,00
6	Viguetas 10 cm, de patin	unidad	5	Q 95,50	Q 477,50
7	Madera	pie-tabla	250	Q 4,50	Q 1 125,0
8	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m ³	0,372	Q 745,00	Q 277,10
Total materiales de construcción				Q	2 606,90
Sub-total				Q	3 279,60
TOTAL PARA LAS 2 LOSAS				Q	6 559,20

Fuente: elaboración propia

- Losa sala-comedor y cocina, medidas: 6,35 x 3,70 metros, cantidad 1 losa.

Tabla IV. **Integración de costos de losa prefabricada vigueta bovedilla, de sala-comedor y cocina de la vivienda popular tipo A**

Mano de obra para la construcción de la losa					
No.	Renglón	unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Encofrado y entarimado	m ²	23,5	Q 6,50	Q 152,75
2	Colocación de vigueta y bovedilla	m ²	23,5	Q 22,0	Q 517,00
3	Colocación de electromalla	unidad	2	Q 7,00	Q 14,00
4	Colocación de rigidizantes	unidad	2	Q 5,00	Q 10,00
5	Fundición de losa (5cm)	m ³	0,98	Q 19,0	Q 18,62
6	Desencofrado	m ²	23,5	Q 6,50	Q 152,75
7	Factor ayudante	%	45		Q 389,30
8	Prestaciones	%	66		Q 827,92
Total mano de obra				Q.	2 082,30
Materiales a utilizar para la construcción de la losa					
No.	Renglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Hierro no. 3	Quintal	1,5	Q 265,50	Q 398,3
2	Hierro no. 2	Quintal	1,9	Q 237,50	Q 451,3
3	Electromalla	Unidad	2	Q 274,50	Q 549,0
4	Alambre de amarre	Lb	3	Q 4,75	Q 14,3
5	Bovedillas 60x10x10 cm	Unidad	204	Q 3,90	Q 795,6
6	Viguetas 10 cm, de patin	Unidad	11	Q 95,50	Q 1 050,5
7	Madera	pie-tabla	350	Q 4,50	Q 1 575,0
8	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m ³	1,17	Q 745,00	Q 871,7

Continuación de la tabla IV.

Total materiales de construcción	Q	5 705,5
Sub-total	Q	7 787,8
TOTAL PARA LA ÚNICA LOSA	Q	7 787,8

Fuente: elaboración propia

- Losa sanitario y pasillo, medidas: 3,10 x 1,55 metros, cantidad: 1 losa.

Tabla V. **Integración de costos de losa prefabricada vigueta bovedilla, de sanitario y pasillo de la vivienda popular tipo A**

Mano de obra para la construcción de la losa					
No.	Reglón	unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Encofrado y entarimado	m ²	4,81	Q 6,50	Q 31,27
2	Colocación de vigueta y bovedilla	m ²	4,81	Q 22,0	Q 105,82
3	Colocación de electromalla	unidad	1	Q 7,00	Q 7,00
4	Colocación de rigidizantes	unidad	1	Q 5,00	Q 5,00
5	Fundición de losa (5cm)	m ³	0,24	Q 19,0	Q 4,56
6	Desencofrado	m ²	4,81	Q 6,50	Q 31,27
7	Factor ayudante	%	45		Q 83,21
8	Prestaciones	%	66		Q 176,96
Total mano de obra				Q	445,08
Materiales a utilizar para la construcción de la losa					
No.	Reglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Hierro no. 3	quintal	0,33	Q 265,50	Q 87,6
2	Hierro no. 2	quintal	0,45	Q 237,50	Q 106,9
3	Electromalla	unidad	1	Q 274,50	Q 274,5
4	Alambre de amarre	lb	1,3	Q 4,75	Q 6,2

Continuación de la tabla V.

5	Bovedillas 60x10x10 cm	Unidad	39	Q 3,90	Q 152,1
6	Viguetas 10 cm, de patin	Unidad	5	Q 95,50	Q 477,5
7	Madera	pie-tabla	225	Q 4,50	Q 1 012,5
8	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m ³	0,24	Q 745,00	Q 178,8
Total materiales de construcción				Q	2 296,1
Sub-total				Q	2 741,1
TOTAL PARA LA ÚNICA LOSA				Q	2 741,1

Fuente: elaboración propia

El valor total de la losa vigueta y bovedilla para el tipo de vivienda A es de Q. 17 088,10

3.3.1.2. Losa nervada

A continuación se presenta la integración de costos de mano de obra y materiales de construcción, para la losa nervada, para la construcción de la vivienda popular tipo A.

- Losa de los dormitorios, medidas: 3,10 x 2,40 metros, cantidad: 2 losas.

Tabla VI. **Integración de costos de losa nervada, de dormitorios de la vivienda popular tipo A**

Mano de obra para la construcción de la losa					
No.	Reglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Encofrado y entarimado	m ²	7,44	Q 6,50	Q 48,36
2	Armado de la estructura	ml	18,9	Q 2,25	Q 42,53

Continuación de la tabla VI.

3	Colocación de electromalla	unidad	2	Q 7,00	Q 14,00
4	Fundición de losa (15cm)	m ³	0,51	Q 19,0	Q 9,69
5	Desencofrado	m ²	7,44	Q 6,50	Q 48,36
6	Factor ayudante	%	45		Q 73,32
7	Prestaciones	%	66		Q 155,93
Total mano de obra				Q	392,18
Materiales a utilizar para la construcción de la losa					
No.	Renglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Hierro no. 4	Quintal	1,2	Q 292,50	Q 351,00
2	Hierro no. 2	Quintal	0,79	Q 237,50	Q 187,63
3	Electromalla	Unidad	2	Q 274,50	Q 549,00
4	Alambre de amarre	Lb	2,5	Q 4,75	Q 11,88
5	Clavos	Lb	5	Q 3,90	Q 19,50
6	Madera	pie-tabla	275	Q 4,50	Q 1 237,5
7	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m ³	0,51	Q 745,00	Q 380,00
8	Herramientas	%	5		Q 136,80
Total materiales de construcción				Q	2 873,3
Sub-total				Q	3 265,5
TOTAL PARA LAS 2 LOSAS				Q	6 530,9

Fuente: elaboración propia

- Losa sala-comedor y cocina, medidas: 6,35 x 3,70 metros, cantidad 1 losa.

Tabla VII. **Integración de costos de losa nervada, sala-comedor y cocina de la vivienda popular tipo A**

Mano de obra para la construcción de la losa					
No.	Renglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Encofrado y entarimado	m ²	23,5	Q 6,50	Q 152,75
2	Armado de la estructura	ml	65,05	Q 2,25	Q 146,36
3	Colocación de electromalla	unidad	2	Q 7,00	Q 14,00
4	Fundición de losa (15cm)	m ³	1,56	Q 19,0	Q 29,64
5	Desencofrado	m ²	23,5	Q 6,50	Q 152,75
6	Factor ayudante	%	45		Q 222,98
7	Prestaciones	%	66		Q 474,20
Total mano de obra				Q	1 192,70
Materiales a utilizar para la construcción de la losa					
No.	Renglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Hierro no. 4	Quintal	1,01	Q 292,50	Q 295,43
2	Hierro no. 2	Quintal	2,7	Q 237,50	Q 641,25
3	Electromalla	Unidad	2	Q 274,50	Q 549,00
4	Alambre de amarre	Lb	4	Q 4,75	Q 19,00
5	Clavos	Lb	7,5	Q 3,90	Q 29,25
6	Madera	pie-tabla	325	Q 4,50	Q 1 462,5
7	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m ³	1,56	Q 745,00	Q 1 162,2
8	Herramientas	%	5		Q 207,90

Continuación de la tabla VII.

Total materiales de construcción	Q	4 366,6
Sub-total	Q	5 559,2
TOTAL PARA LA ÚNICA LOSA	Q	5 559,2

Fuente: elaboración propia

- Losa sanitario y pasillo, medidas: 3,10 x 1,55 metros, cantidad: 1 losa.

Tabla VIII. **Integración de costos de losa nervada, de sanitario y pasillo de la vivienda popular tipo A**

Mano de obra para la construcción de la losa					
No.	Reglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Encofrado y entarimado	m ²	4,81	Q 6,50	Q 31,27
2	Armado de la estructura	ml	12,4	Q 2,25	Q 27,90
3	Colocación de electromalla	unidad	2	Q 7,00	Q 14,00
4	Fundición de losa (15cm)	m ³	0,3	Q 19,0	Q 5,70
5	Desencofrado	m ²	4,81	Q 6,50	Q 31,27
6	Factor ayudante	%	45		Q 49,56
7	Prestaciones	%	66		Q 105,39
Total mano de obra				Q	265,08
Materiales a utilizar para la construcción de la losa					
No.	Reglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Hierro no. 4	Quintal	0,54	Q 292,50	Q 157,95
2	Hierro no. 3	Quintal	0,30	Q 265,50	Q 79,65
3	Hierro no. 2	Quintal	0,53	Q 237,50	Q 125,88
4	Electromalla	Unidad	2	Q 274,50	Q 549,00
5	Alambre de amarre	Lb	3,5	Q 4,75	Q 16,63

Continuación de la tabla VIII.

6	Clavos	Lb	4	Q 3,90	Q 15,60
7	Madera	pie-tabla	280	Q 4,50	Q 1 260,0
8	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m ³	0,3	Q 745,00	Q 223,50
9	Herramientas	%	5		Q 121,41
Total materiales de construcción				Q	2 549,61
Sub-total				Q	2 814,69
TOTAL PARA LA ÚNICA LOSA				Q	2 814,69

Fuente: elaboración propia

El valor total de la losa nervada para el tipo de vivienda A es de Q. 14 904,79

3.3.1.3. Losacero

Calculo e integración de costos, de mano de obra y materiales de construcción, para la losacero, para la construcción de la vivienda popular tipo A.

- Todas las losas de la vivienda

Tabla IX. **Integración de costos de losacero, de todas las losas de la vivienda tipo A**

Mano de obra para la construcción de la losa					
No.	Renglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Encofrado y entarimado	m ²	43,18	Q 6,50	Q 280,67
2	Armado de la viga soporte	ml	6,35	Q 2,25	Q 14,29
3	Colocación de losacero	m ²	43,18	Q 13,50	Q 582,9

Continuación de la tabla IX.

4	Colocación de electromalla	unidad	3	Q 7,00	Q 21,00
5	Fundición de capa de concreto (5cm)	m ³	2,5	Q 19,0	Q 47,50
6	Desencofrado	m ²	43,18	Q 6,50	Q 280,67
7	Factor ayudante	%	45		Q 552,2
8	Prestaciones	%	66		Q 1 174,3
Total mano de obra				Q	2 953,5
Materiales a utilizar para la construcción de la losa					
No.	Renglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Hierro no. 4	Quintal	0,57	Q 292,50	Q 166,72
2	Hierro no. 3	Quintal	0,45	Q 265,50	Q 119,47
4	Electromalla	Unidad	3	Q 274,50	Q 823,50
5	Alambre de amarre	Lb	10	Q 4,75	Q 47,50
6	Losacero calibre 22	Unidad	8	Q 425,00	Q 3 400,0
7	Madera	pie-tabla	415	Q 4,50	Q 1 867,5
8	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m ³	2,5	Q 745,00	Q 1 862,5
9	Herramientas	%	5		Q 414,36
Total materiales de construcción				Q	8 701,60
Sub-total				Q	11 655,10
TOTAL PARA TODAS LAS LOSAS				Q	11 655,10

Fuente: elaboración propia

El valor total de la losacero para el tipo de vivienda A es de Q. 11 655,10

3.3.2. Vivienda popular tipo B

Integración de costos de mano de obra y materiales de construcción, para cada uno de los sistemas de losas, para la construcción de la vivienda popular tipo B.

3.3.2.1. Losa prefabricada vigueta y bovedilla

Integración de costos de mano de obra y materiales de construcción, para la losa prefabricada vigueta y bovedilla, para la construcción de la vivienda popular tipo B

- Losas de los dormitorios, medidas: 3,10 x 2,40 metros, cantidad: 2 losas.

Tabla X. **Integración de costos de losa prefabricada vigueta bovedilla, de dormitorios de la vivienda popular tipo B**

Mano de obra para la construcción de la losa					
No.	Reglón	unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Encofrado y entarimado	m ²	7,44	Q 6,50	Q 48,36
2	Colocación de vigueta y bovedilla	m ²	7,44	Q 22,0	Q 163,68
3	Colocación de electromalla	unidad	1	Q 7,00	Q 7,00
4	Colocación de rigidizantes	unidad	1	Q 5,00	Q 5,00
5	Fundición de losa (5cm)	m ³	0,372	Q 19,0	Q 7,07
6	Desencofrado	m ²	7,44	Q 6,50	Q 48,36
7	Factor ayudante	%	45		Q 125,76
8	Prestaciones	%	66		Q 267,45
Total mano de obra				Q.	672,68

Continuación de la tabla X.

Materiales a utilizar para la construcción de la losa					
No.	Reglón	unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Hierro no. 3	quintal	0,34	Q 265,50	Q 90,27
2	Hierro no. 2	quintal	0,50	Q 237,50	Q 118,75
3	Electromalla	unidad	1	Q 274,50	Q 274,50
4	Alambre de amarre	lb	1,5	Q 4,75	Q 7,13
5	Bovedillas 60x10x10 cm	unidad	60	Q 3,90	Q 234,00
6	Viguetas 10 cm, de patin	unidad	5	Q 95,50	Q 477,50
7	Madera	pie-tabla	250	Q 4,50	Q 1 125,0
8	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m ³	0,372	Q 745,00	Q 277,10
Total materiales de construcción				Q	2 604,30
Sub-total				Q	3 277,00
TOTAL PARA LAS 2 LOSAS				Q	6 553,90

Fuente: elaboración propia

- Losa sala-comedor y cocina, medidas: 6,80 x 3,10 metros, cantidad 1 losa.

Tabla XI. **Integración de costos de losa prefabricada vigueta bovedilla, de sala-comedor y cocina de la vivienda popular tipo B**

Mano de obra para la construcción de la losa					
No.	Reglón	unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Encofrado y entarimado	m ²	21,08	Q 6,50	Q 137,02
2	Colocación de vigueta y bovedilla	m ²	21,08	Q 22,0	Q 463,76
3	Colocación de electromalla	unidad	2	Q 7,00	Q 14,00
4	Colocación de rigidizantes	unidad	2	Q 5,00	Q 10,00

Continuación de la tabla XI.

5	Fundición de losa (5cm)	m ³	1,05	Q 19,0	Q 19,95
6	Desencofrado	m ²	21,08	Q 6,50	Q 137,02
7	Factor ayudante	%	45		Q 351,79
8	Prestaciones	%	66		Q 748,13
Total mano de obra				Q.	1 881,70
Materiales a utilizar para la construcción de la losa					
No.	Renglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Hierro no. 3	Quintal	1,5	Q 265,50	Q 398,3
2	Hierro no. 2	Quintal	1,75	Q 237,50	Q 415,6
3	Electromalla	Unidad	2	Q 274,50	Q 549,0
4	Alambre de amarre	Lb	3	Q 4,75	Q 14,3
5	Bovedillas 60x10x10 cm	Unidad	171	Q 3,90	Q 666,9
6	Viguetas 10 cm, de patin	Unidad	11	Q 95,50	Q 1 050,5
7	Madera	pie-tabla	325	Q 4,50	Q 1 462,5
8	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m ³	1,05	Q 745,00	Q 782,3
Total materiales de construcción				Q	5 339,3
Sub-total				Q	7 220,9
TOTAL PARA LA ÚNICA LOSA				Q	7 220,9

Fuente: elaboración propia

- Losa sanitario y pasillo, medidas: 3,10 x 1,55 metros, cantidad: 1 losa

Tabla XII. **Integración de costos de losa prefabricada vigueta bovedilla, de sanitario y pasillo de la vivienda popular tipo B**

Mano de obra para la construcción de la losa					
No.	Renglón	unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Encofrado y entarimado	m ²	4,81	Q 6,50	Q 31,27
2	Colocación de vigueta y bovedilla	m ²	4,81	Q 22,0	Q 105,82
3	Colocación de electromalla	unidad	1	Q 7,00	Q 7,00
4	Colocación de rigidizantes	unidad	1	Q 5,00	Q 5,00
5	Fundición de losa (5cm)	m ³	0,24	Q 19,0	Q 4,56
6	Desencofrado	m ²	4,81	Q 6,50	Q 31,27
7	Factor ayudante	%	45		Q 83,21
8	Prestaciones	%	66		Q 176,96
Total mano de obra				Q	445,08
Materiales a utilizar para la construcción de la losa					
No.	Renglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Hierro no. 3	quintal	0,36	Q 265,50	Q 95,6
2	Hierro no. 2	quintal	0,45	Q 237,50	Q 106,9
3	Electromalla	unidad	1	Q 274,50	Q 274,5
4	Alambre de amarre	lb	1,3	Q 4,75	Q 6,2
5	Bovedillas 60x10x10 cm	unidad	39	Q 3,90	Q 152,1
6	Viguetas 10 cm, de patin	unidad	5	Q 95,50	Q 477,5
7	Madera	pie-tabla	225	Q 4,50	Q 1 012,5
8	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m ³	0,24	Q 745,00	Q 178,8
Total materiales de construcción				Q	2 304,0
Sub-total				Q	2 749,1
TOTAL PARA LA ÚNICA LOSA				Q	2 749,1

Fuente: elaboración propia

El valor total de la losa vigueta y bovedilla para el tipo de vivienda A es de Q. 16 523,90

3.3.2.2. Losa nervada

Integración de costos de mano de obra y materiales de construcción, para la losa nervada, para la construcción de la vivienda popular tipo B.

- Losa de los dormitorios, medidas: 3,10 x 2,40 metros, cantidad: 2 losas

Tabla XIII. **Integración de costos de losa nervada, de dormitorios de la vivienda popular tipo B**

Mano de obra para la construcción de la losa					
No.	Renglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Encofrado y entarimado	m ²	7,44	Q 6,50	Q 48,36
2	Armado de la estructura	ml	18,9	Q 2,25	Q 42,53
3	Colocación de electromalla	unidad	2	Q 7,00	Q 14,00
4	Fundición de losa (15cm)	m ³	0,51	Q 19,0	Q 9,69
5	Desencofrado	m ²	7,44	Q 6,50	Q 48,36
6	Factor ayudante	%	45		Q 73,32
7	Prestaciones	%	66		Q 155,93
Total mano de obra				Q	392,18
Materiales a utilizar para la construcción de la losa					
No.	Renglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Hierro no. 4	Quintal	1,2	Q 292,50	Q 351,00
2	Hierro no. 2	Quintal	0,79	Q 237,50	Q 187,63
3	Electromalla	Unidad	2	Q 274,50	Q 549,00
4	Alambre de amarre	Lb	2,5	Q 4,75	Q 11,88
5	Clavos	Lb	5	Q 3,90	Q 19,50

Continuación de la tabla XIII.

6	Madera	pie-tabla	275	Q 4,50	Q 1 237,5
7	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m ³	0,51	Q 745,00	Q 380,00
8	Herramientas	%	5		Q 136,80
Total materiales de construcción				Q	2 873,3
Sub-total				Q	3 265,5
TOTAL PARA LAS 2 LOSAS				Q	6 530,9

Fuente: elaboración propia

- Losa sala-comedor y cocina, medidas: 6,80 x 3,10 metros, cantidad 1 losa.

Tabla XIV. **Integración de costos de losa nervada, sala-comedor y cocina de la vivienda popular tipo B**

Mano de obra para la construcción de la losa					
No.	Renglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Encofrado y entarimado	m ²	21,10	Q 6,50	Q 137,15
2	Armado de la estructura	ml	55,1	Q 2,25	Q 123,98
3	Colocación de electromalla	unidad	2	Q 7,00	Q 14,00
4	Fundición de losa (15cm)	m ³	1,30	Q 19,0	Q 24,70
5	Desencofrado	m ²	21,1	Q 6,50	Q 137,15
6	Factor ayudante	%	45		Q 196,64
7	Prestaciones	%	66		Q 418,19
Total mano de obra				Q	1 051,80
Materiales a utilizar para la construcción de la losa					
No.	Renglón	unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Hierro no. 4	quintal	0,80	Q 292,50	Q 234,00

Continuación de la tabla XIV.

2	Hierro no. 3	quintal	0,23	Q 265,50	Q 61,06
3	Hierro no. 2	quintal	2,23	Q 237,50	Q 529,63
4	Electromalla	unidad	2	Q 274,50	Q 549,00
5	Alambre de amarre	lb	4	Q 4,75	Q 19,00
6	Clavos	lb	7,5	Q 3,90	Q 29,25
7	Madera	pie-tabla	325	Q 4,50	Q 1 462,5
8	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m ³	1,30	Q 745,00	Q 968,5
9	Herramientas	%	5		Q 192,6
Total materiales de construcción				Q	4 045,6
Sub-total				Q	5 097,4
TOTAL PARA LA ÚNICA LOSA				Q	5 097,4

Fuente: elaboración propia

- Losa sanitario y pasillo, medidas: 3,10 x 1,55 metros, cantidad: 1 losa.

Tabla XV. **Integración de costos de losa nervada, de sanitario y pasillo de la vivienda popular tipo B**

Mano de obra para la construcción de la losa					
No.	Reglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Encofrado y entarimado	m ²	4,81	Q 6,50	Q 31,27
2	Armado de la estructura	ml	12,4	Q 2,25	Q 27,90
3	Colocación de electromalla	unidad	2	Q 7,00	Q 14,00
4	Fundición de losa (15cm)	m ³	0,3	Q 19,0	Q 5,70
5	Desencofrado	m ²	4,81	Q 6,50	Q 31,27
6	Factor ayudante	%	45		Q 49,56
7	Prestaciones	%	66		Q 105,39

Continuación de la tabla XV.

Total mano de obra					Q	265,08
Materiales a utilizar para la construcción de la losa						
No.	Reglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total	
1	Hierro no. 4	Quintal	0,54	Q 292,50	Q 157,95	
2	Hierro no. 3	Quintal	0,30	Q 265,50	Q 79,65	
3	Hierro no. 2	Quintal	0,53	Q 237,50	Q 125,88	
4	Electromalla	Unidad	2	Q 274,50	Q 549,00	
5	Alambre de amarre	Lb	3,5	Q 4,75	Q 16,63	
6	Clavos	Lb	4	Q 3,90	Q 15,60	
7	Madera	pie-tabla	280	Q 4,50	Q 1 260,0	
8	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m ³	0,3	Q 745,00	Q 223,50	
9	Herramientas	%	5		Q 121,41	
Total materiales de construcción				Q	2 549,61	
Sub-total				Q	2 814,69	
TOTAL PARA LA ÚNICA LOSA				Q	2 814,69	

Fuente: elaboración propia

El valor total de la losa nervada para el tipo de vivienda B es de Q. 14 442,99

3.3.2.3. Losacero

Cálculo e integración de costos, de mano de obra y materiales de construcción, para la losacero, para la construcción de la vivienda popular tipo B.

- Todas las losas de la vivienda

Tabla XVI. **Integración de costos de losacero, de todas las losas de la vivienda tipo B**

Mano de obra para la construcción de la losa					
No.	Reglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Encofrado y entarimado	m ²	51,77	Q 6,50	Q 336,51
2	Colocación de losacero	m ²	51,77	Q 13,50	Q 698,9
3	Colocación de electromalla	unidad	4	Q 7,00	Q 28,00
4	Fundición de capa de concreto (5cm)	m ³	2,59	Q 19,0	Q 49,21
5	Desencofrado	m ²	51,77	Q 6,50	Q 336,51
6	Factor ayudante	%	45		Q 652,1
7	Prestaciones	%	66		Q 1 386,8
Total mano de obra				Q	3 488,0

Materiales a utilizar para la construcción de la losa					
No.	Reglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Hierro no. 4	Quintal	0,45	Q 292,50	Q 131,62
2	Electromalla	Unidad	4	Q 274,50	Q 1 098,0
3	Alambre de amarre	Lb	9	Q 4,75	Q 42,75
4	Losacero calibre 22	Unidad	10	Q 425,00	Q 4 250,0
5	Madera	pie-tabla	400	Q 4,50	Q 1 800,0
6	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m ³	2,59	Q 745,00	Q 1 929,6
7	Herramientas	%	5		Q 462,60
Total materiales de construcción				Q	9 714,50
Sub-total				Q	13 202,50
TOTAL PARA TODAS LAS LOSAS				Q	13 202,50

Fuente: elaboración propia

El valor total de la losacero para el tipo de vivienda B es de Q. 13 202,50

3.3.3. Vivienda clase media

Integración de costos de mano de obra y materiales de construcción, para cada uno de los sistemas de losas, para la construcción de la vivienda de clase media.

3.3.3.1. Losa prefabricada vigueta y bovedilla

Integración de costos de mano de obra y materiales de construcción, para la losa prefabricada vigueta y bovedilla, para la construcción de la vivienda de clase media.

- Losas de los dormitorios, medidas: 3,70 x 3,00 metros, cantidad: 3 losas.

Tabla XVII. **Integración de costos de losa prefabricada vigueta bovedilla, de dormitorios de la vivienda clase media**

Mano de obra para la construcción de la losa					
No.	Reglón	unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Encofrado y entarimado	m ²	11,1	Q 6,50	Q 72,15
2	Colocación de vigueta y bovedilla	m ²	11,1	Q 22,0	Q 244,20
3	Colocación de electromalla	unidad	1	Q 7,00	Q 7,00
4	Colocación de rigidizantes	unidad	1	Q 5,00	Q 5,00
5	Fundición de losa (5cm)	m ³	0,56	Q 19,0	Q 10,64
6	Desencofrado	m ²	11,1	Q 6,50	Q 72,15
7	Factor ayudante	%	45		Q 185,01
8	Prestaciones	%	66		Q 393,46
Total mano de obra				Q.	989,61

Continuación de la tabla XVII.

Materiales a utilizar para la construcción de la losa					
No.	Renglón	unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Hierro no. 3	quintal	0,5	Q 265,50	Q 132,75
2	Hierro no. 2	quintal	0,69	Q 237,50	Q 163,88
3	Electromalla	unidad	1	Q 274,50	Q 274,50
4	Alambre de amarre	lb	1,5	Q 4,75	Q 7,13
5	Bovedillas 60x10x10 cm	unidad	90	Q 3,90	Q 351,00
6	Viguetas 10 cm, de patin	unidad	6	Q 95,50	Q 573,00
7	Madera	pie-tabla	280	Q 4,50	Q 1 260,0
8	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m ³	0,56	Q 745,00	Q 417,20
Total materiales de construcción				Q	3 179,50
Sub-total				Q	4 169,10
TOTAL PARA LAS 3 LOSAS				Q	12 507,20

Fuente: elaboración propia

- Losa sala-comedor, medidas: 6,35 x 3,70 metros, cantidad 1 losa.

Tabla XVIII. **Integración de costos de losa prefabricada vigueta bovedilla, de sala-comedor, de la vivienda de clase media**

Mano de obra para la construcción de la losa					
No.	Renglón	unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Encofrado y entarimado	m ²	23,5	Q 6,50	Q 152,75
2	Colocación de vigueta y bovedilla	m ²	23,5	Q 22,0	Q 517,00
3	Colocación de electromalla	unidad	2	Q 7,00	Q 14,00
4	Colocación de rigidizantes	unidad	2	Q 5,00	Q 10,00
5	Fundición de losa (5cm)	m ³	1,17	Q 19,0	Q 22,23

Continuación de la tabla XVIII.

6	Desencofrado	m ²	23,5	Q 6,50	Q 152,75
7	Factor ayudante	%	45		Q 390,93
8	Prestaciones	%	66		Q 831,37
Total mano de obra				Q.	2 091,00
Materiales a utilizar para la construcción de la losa					
No.	Reglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Hierro no. 3	Quintal	1,8	Q 265,50	Q 477,9
2	Hierro no. 2	Quintal	1,9	Q 237,50	Q 451,3
3	Electromalla	Unidad	2	Q 274,50	Q 549,0
4	Alambre de amarre	Lb	3	Q 4,75	Q 14,3
5	Bovedillas 60x10x10 cm	Unidad	204	Q 3,90	Q 795,6
6	Viguetas 10 cm, de patin	Unidad	11	Q 95,50	Q 1 050,5
7	Madera	pie-tabla	350	Q 4,50	Q 1 575,0
8	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m ³	1,17	Q 745,00	Q 871,7
Total materiales de construcción				Q	5 785,2
Sub-total				Q	7 876,2
TOTAL PARA LA ÚNICA LOSA				Q	7 876,2

Fuente: elaboración propia

- Losas de cocina, medidas: 3,10 x 2,40 metros, cantidad: 1 losa.

Tabla XIX. **Integración de costos de losa prefabricada vigueta bovedilla, de cocina de la vivienda de clase media**

Mano de obra para la construcción de la losa					
No.	Reglón	unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Encofrado y entarimado	m ²	7,44	Q 6,50	Q 48,36
2	Colocación de vigueta y bovedilla	m ²	7,44	Q 22,0	Q 163,68
3	Colocación de electromalla	unidad	1	Q 7,00	Q 7,00
4	Colocación de rigidizantes	unidad	1	Q 5,00	Q 5,00
5	Fundición de losa (5cm)	m ³	0,372	Q 19,0	Q 7,07
6	Desencofrado	m ²	7,44	Q 6,50	Q 48,36
7	Factor ayudante	%	45		Q 125,76
8	Prestaciones	%	66		Q 267,45
Total mano de obra				Q.	672,68
Materiales a utilizar para la construcción de la losa					
No.	Reglón	unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Hierro no. 3	quintal	0,38	Q 265,50	Q 100,89
2	Hierro no. 2	quintal	0,50	Q 237,50	Q 118,75
3	Electromalla	unidad	1	Q 274,50	Q 274,50
4	Alambre de amarre	lb	1,5	Q 4,75	Q 7,13
5	Bovedillas 60x10x10 cm	unidad	60	Q 3,90	Q 234,00
6	Viguetas 10 cm, de patin	unidad	5	Q 95,50	Q 477,50
7	Madera	pie-tabla	250	Q 4,50	Q 1 125,0
8	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m ³	0,372	Q 745,00	Q 277,10
Total materiales de construcción				Q	2 614,90
Sub-total				Q	3 287,60
TOTAL PARA LAS 1 LOSA				Q	3 287,60

Fuente: elaboración propia

- Losa sanitarios, lavandería, pasillo y closet; medidas: 3,10 x 1,55 metros, cantidad: 6 losas.

Tabla XX. **Integración de costos de losa prefabricada vigueta bovedilla, de sanitarios, lavandería, pasillo y closet, de vivienda clase media**

Mano de obra para la construcción de la losa					
No.	Reglón	unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Encofrado y entarimado	m ²	4,81	Q 6,50	Q 31,27
2	Colocación de vigueta y bovedilla	m ²	4,81	Q 22,0	Q 105,82
3	Colocación de electromalla	unidad	1	Q 7,00	Q 7,00
4	Colocación de rigidizantes	unidad	1	Q 5,00	Q 5,00
5	Fundición de losa (5cm)	m ³	0,24	Q 19,0	Q 4,56
6	Desencofrado	m ²	4,81	Q 6,50	Q 31,27
7	Factor ayudante	%	45		Q 83,21
8	Prestaciones	%	66		Q 176,96
Total mano de obra				Q	445,08
Materiales a utilizar para la construcción de la losa					
No.	Reglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Hierro no. 3	Quintal	0,36	Q 265,50	Q 95,6
2	Hierro no. 2	Quintal	0,45	Q 237,50	Q 106,9
3	Electromalla	Unidad	1	Q 274,50	Q 274,5
4	Alambre de amarre	Lb	1,3	Q 4,75	Q 6,2
5	Bovedillas 60x10x10 cm	Unidad	39	Q 3,90	Q 152,1
6	Viguetas 10 cm, de patin	Unidad	5	Q 95,50	Q 477,5
7	Madera	pie-tabla	225	Q 4,50	Q 1 012,5
8	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m ³	0,24	Q 745,00	Q 178,8

Continuación de la tabla XX.

Total materiales de construcción	Q	2 304,0
Sub-total	Q	2 749,1
TOTAL PARA LAS 6 LOSAS	Q	16 494,7

Fuente: elaboración propia

El valor total de la losa vigueta y bovedilla para el tipo de vivienda A es de Q. 40 165,7

3.3.3.2. Losa nervada

Integración de costos, de mano de obra y materiales de construcción, para la losa nervada, para la construcción de la vivienda de clase media.

- Losa de los dormitorios, medidas: 3,70 x 3,00 metros, cantidad: 3 losas.

Tabla XXI. **Integración de costos de losa nervada, de dormitorios de la vivienda de clase media**

Mano de obra para la construcción de la losa					
No.	Renglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Encofrado y entarimado	m ²	11,1	Q 6,50	Q 72,15
2	Armado de la estructura	ml	29,8	Q 2,25	Q 67,05
3	Colocación de electromalla	unidad	2	Q 7,00	Q 14,00
4	Fundición de losa (15cm)	m ³	0,78	Q 19,0	Q 14,82
5	Desencofrado	m ²	11,1	Q 6,50	Q 72,15
6	Factor ayudante	%	45		Q 108,08
7	Prestaciones	%	66		Q 229,84

Continuación de la tabla XXI.

Total mano de obra					Q	578,09
Materiales a utilizar para la construcción de la losa						
No.	Reglón	unidad	cant.	P. unit.	Total	
1	Hierro no. 4	quintal	1,01	Q 292,50	Q 295,42	
2	Hierro no. 2	quintal	1,24	Q 237,50	Q 294,50	
3	Electromalla	unidad	2	Q 274,50	Q 549,00	
4	Alambre de amarre	Lb	2,5	Q 4,75	Q 11,88	
5	Clavos	Lb	5	Q 3,90	Q 19,50	
6	Madera	pie-tabla	275	Q 4,50	Q 1 237,5	
7	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m ³	0,51	Q 745,00	Q 380,00	
8	Herramientas	%	5		Q 139,40	
Total materiales de construcción				Q	2 927,10	
Sub-total				Q	3 505,20	
TOTAL PARA LAS 3 LOSAS				Q	10 515,70	

Fuente: elaboración propia

- Losa sanitarios, lavandería, closet y pasillo, medidas: 3,10 x 1,55 metros, cantidad: 6 losa.

Tabla XXII. **Integración de costos de losa nervada, de sanitarios lavandería, closet y pasillo, de la vivienda clase media**

Mano de obra para la construcción de la losa						
No.	Reglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total	
1	Encofrado y entarimado	m ²	4,81	Q 6,50	Q 31,27	
2	Armado de la estructura	ml	12,4	Q 2,25	Q 27,90	
3	Colocación de electromalla	unidad	2	Q 7,00	Q 14,00	

Continuación de la tabla XXII.

4	Fundición de losa (15cm)	m ³	0,3	Q 19,0	Q 5,70
5	Desencofrado	m ²	4,81	Q 6,50	Q 31,27
6	Factor ayudante	%	45		Q 49,56
7	Prestaciones	%	66		Q 105,39
Total mano de obra				Q	265,08
Materiales a utilizar para la construcción de la losa					
No.	Reglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Hierro no. 4	Quintal	0,54	Q 292,50	Q 157,95
2	Hierro no. 3	Quintal	0,30	Q 265,50	Q 79,65
3	Hierro no. 2	Quintal	0,53	Q 237,50	Q 125,88
4	Electromalla	unidad	2	Q 274,50	Q 549,00
5	Alambre de amarre	lb	3,5	Q 4,75	Q 16,63
6	Clavos	lb	4	Q 3,90	Q 15,60
7	Madera	pie-tabla	280	Q 4,50	Q 1 260,0
8	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m ³	0,3	Q 745,00	Q 223,50
9	Herramientas	%	5		Q 121,41
Total materiales de construcción				Q	2 549,61
Sub-total				Q	2 814,69
TOTAL PARA LAS 6 LOSAS				Q	16 888,16

Fuente: elaboración propia

- Losa sala-comedor, medidas: 6,35 x 3,70 metros, cantidad 1 losa.

Tabla XXIII. **Integración de costos de losa nervada, de sala-comedor, de la vivienda clase media**

Mano de obra para la construcción de la losa					
No.	Renglón	unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Encofrado y entarimado	m ²	23,5	Q 6,50	Q 152,75
2	Colocación de vigueta y bovedilla	m ²	23,5	Q 22,0	Q 517,00
3	Colocación de electromalla	unidad	2	Q 7,00	Q 14,00
4	Colocación de rigidizantes	unidad	2	Q 5,00	Q 10,00
5	Fundición de losa (5cm)	m ³	0,98	Q 19,0	Q 18,62
6	Desencofrado	m ²	23,5	Q 6,50	Q 152,75
7	Factor ayudante	%	45		Q 389,30
8	Prestaciones	%	66		Q 827,92
Total mano de obra				Q.	2 082,30
Materiales a utilizar para la construcción de la losa					
No.	Renglón	unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Hierro no. 3	quintal	1,5	Q 265,50	Q 398,3
2	Hierro no. 2	quintal	1,9	Q 237,50	Q 451,3
3	Electromalla	Unidad	2	Q 274,50	Q 549,0
4	Alambre de amarre	Lb	3	Q 4,75	Q 14,3
5	Bovedillas 60x10x10 cm	Unidad	204	Q 3,90	Q 795,6
6	Viguetas 10 cm, de patin	Unidad	11	Q 95,50	Q 1 050,5
7	Madera	pie-tabla	350	Q 4,50	Q 1 575,0
8	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m ³	1,17	Q 745,00	Q 871,7
Total materiales de construcción				Q	5 705,5
Sub-total				Q	7 787,8
TOTAL PARA LA ÚNICA LOSA				Q	7 787,8

Fuente: elaboración propia

- Losa de cocina, medidas: 3,10 x 2,40 metros, cantidad: 1 losa.

Tabla XXIV. **Integración de costos de losa nervada, de cocina, de la vivienda de clase media**

Mano de obra para la construcción de la losa					
No.	Renglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Encofrado y entarimado	m ²	7,44	Q 6,50	Q 48,36
2	Armado de la estructura	ml	18,9	Q 2,25	Q 42,53
3	Colocación de electromalla	unidad	2	Q 7,00	Q 14,00
4	Fundición de losa (15cm)	m ³	0,51	Q 19,0	Q 9,69
5	Desencofrado	m ²	7,44	Q 6,50	Q 48,36
6	Factor ayudante	%	45		Q 73,32
7	Prestaciones	%	66		Q 155,93
Total mano de obra				Q	392,18
Materiales a utilizar para la construcción de la losa					
No.	Renglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Hierro no. 4	Quintal	1,2	Q 292,50	Q 351,00
2	Hierro no. 2	Quintal	0,79	Q 237,50	Q 187,63
3	Electromalla	Unidad	2	Q 274,50	Q 549,00
4	Alambre de amarre	lb	2,5	Q 4,75	Q 11,88
5	Clavos	lb	5	Q 3,90	Q 19,50
6	Madera	pie-tabla	275	Q 4,50	Q 1 237,5
7	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m ³	0,51	Q 745,00	Q 380,00
8	Herramientas	%	5		Q 136,80
Total materiales de construcción				Q	2 873,3
Sub-total				Q	3 265,5
TOTAL PARA LAS 2 LOSAS				Q	3 265,5

Fuente: elaboración propia

El valor total de la losa nervada para el tipo de vivienda clase media es de Q. 38 536,86

3.3.3.3. Losacero

Cálculo e integración de costos, de mano de obra y materiales de construcción, para la losacero, para la construcción de la vivienda de clase media.

- Todas las losas de la vivienda

Tabla XXV. **Integración de costos de losacero, de todas las losas de la vivienda de clase media**

Mano de obra para la construcción de la losa					
No.	Renglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Encofrado y entarimado	m ²	95,2	Q 6,50	Q 336,51
2	Armado de la viga soporte	ml	6,35		
3	Colocación de losacero	m ²	95,2	Q 13,50	Q 698,9
4	Colocación de electromalla	unidad	7	Q 7,00	Q 28,00
5	Fundición de capa de concreto (5cm)	m ³	5,01	Q 19,0	Q 49,21
6	Desencofrado	m ²	95,2	Q 6,50	Q 336,51
7	Factor ayudante	%	45		Q 652,1
8	Prestaciones	%	66		Q 1 386,8
Total mano de obra				Q	3 488,0
Materiales a utilizar para la construcción de la losa					
No.	Renglón	Unidad	cant.	P. unit.	Total
1	Hierro no. 4	Quintal	0,57	Q 292,50	Q 166,72
2	Hierro no. 3	Quintal	0.45	Q 265,50	Q 119,47
3	Electromalla	Unidad	7	Q 274,50	Q 1 921,5

Continuación de la tabla XXV.

4	Alambre de amarre	Lb	10	Q 4,75	Q 47,50
5	Losacero calibre 22	Unidad	18	Q 425,00	Q 7 650,0
6	Madera	pie-tabla	490	Q 4,50	Q 2 205,0
7	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	m ³	5,01	Q 745,00	Q 3 732,5
8	Herramientas	%	5		Q 792,13
Total materiales de construcción				Q	16 634,80
Sub-total				Q	23 088,60
TOTAL PARA TODAS LAS LOSAS				Q	23 088,60

Fuente: elaboración propia.

El valor total de la losacero para el tipo de vivienda de clase media es de Q. 23 088,60

3.4. Resumen y comparativa de integración de costos

A continuación, se presenta el resumen, del costo total por cada tipo de losa, en cada una de las viviendas, como la comparación entre cada sistema por metro cuadrado y comparación por porcentajes.

Tabla XXVI. **Resumen del costo total de los diferentes sistemas de losas**

Tabla resumen del costo total					
	Vivienda tipo A		Vivienda tipo B		Vivienda clase media
Vigueta bovedilla	Q	17 088,10	Q	16 523,90	Q 40 165,70
Losa nervada	Q	14 904,79	Q	14 442,99	Q 38 536,86
Losacero	Q	11 655,10	Q	13 202,50	Q 23 088,60

Fuente: elaboración propia.

La tabla anterior muestra el resumen del costo total de cada uno de los sistemas de losas en los tres tipos de diseños de vivienda.

Tabla XXVII. **Comparativa vivienda tipo A**

Tabla comparativa de vivienda popular tipo A				
	Costo total		Costo unitario	porcentaje
Vigueta bovedilla	Q	17 088,10	Q 378,26	1,47
Losa nervada	Q	14 904,79	Q 329,93	1,28
Losacero	Q	11 655,10	Q 258,00	1,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. Comparativa vivienda tipo B

Tabla comparativa de vivienda popular tipo B				
		Costo total	Costo unitario	porcentaje
Vigueta bovedilla	Q	16 523,90	Q 384,55	1,25
Losa nervada	Q	14 442,99	Q 336,12	1,09
Losacero	Q	13 202,50	Q 307,25	1,00

Fuente: elaboración propia.

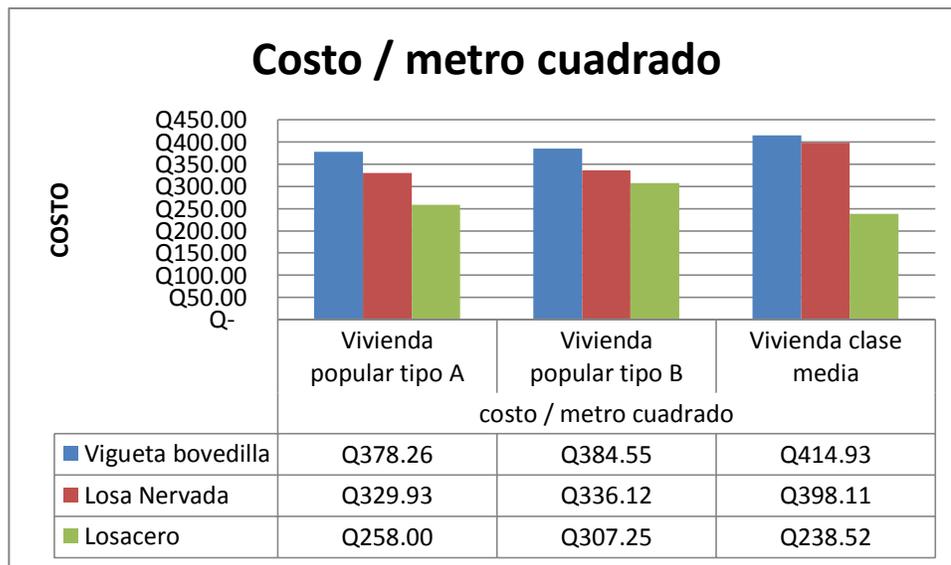
Tabla XXIX. Comparativa vivienda clase media

Tabla comparativa de vivienda popular tipo B				
		Costo total	Costo unitario	porcentaje
Vigueta bovedilla	Q	40 165,70	Q 414,93	1,74
Losa nervada	Q	38 536,86	Q 398,11	1,67
Losacero	Q	23 088,60	Q 238,52	1,00

Fuente: elaboración propia.

Las tablas III, IV y V muestran el costo total de cada sistema, el costo unitario / metro cuadrado, comparados con el porcentaje, tomando como referencia el sistema de menor costo.

Figura 24. **Resumen costo / metro cuadrado de sistemas de losas en cada tipo de vivienda**



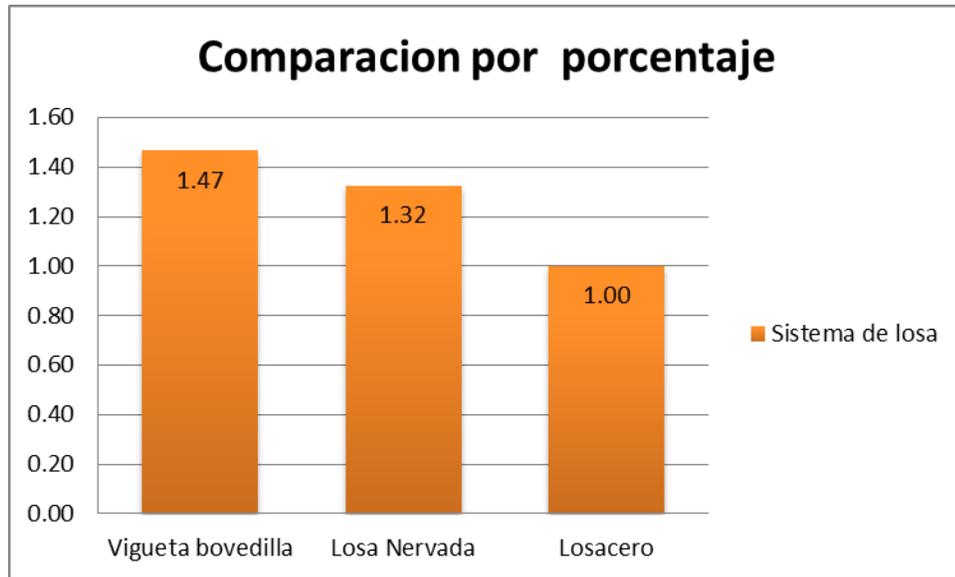
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Comparativa de costo / metro cuadrado**

Tabla comparativa de costo / metro cuadrado		
Sistema de losa	Promedio de los tres tipos de vivienda	Porcentaje
Vigueta bovedilla	Q 392,58	1,47
Losa Nervada	Q 354,72	1,32
Losacero	Q 267,92	1,00

Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Comparación por porcentaje



Fuente: elaboración propia.

La figura 24, muestra la diferencia por porcentajes del promedio del costo por metro cuadrado, siendo losacero la referencia por ser el de menor costo.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Ventajas y desventajas

A continuación se mencionan las ventajas al utilizar los 3 tipos de sistemas de losas en la construcción de viviendas, y se analiza cómo escoger el sistema correcto puede ayudar a eliminar o reducir las pérdidas en el presupuesto inicial del proyecto.

Cada sistema analizado tendrá sus pros y sus contras, o cuales dependen de factores de cada obra, diseño y disponibilidad de los materiales a ser utilizados en cada caso, lo anterior quiere decir que dependiendo, por ejemplo, en que región del país donde se construya, puede que la disponibilidad de viguetas de cierto tipo no esté disponible, y sea mejor hacer una losa nervada.

Al comparar los 3 sistemas de losas diseñados y calculados anteriormente, se puede observar que el incremento del precio del sistema constructivo de la losa aumentará según las dimensiones de la vivienda, y cada uno tendrá sus propios beneficios; el sistema de vigueta y bovedilla, tiene de ventaja su fácil colocación y manejo, aunque su costo es un poco alto, la losa nervada cuenta con un precio moderado, pero su proceso constructivo es más complejo, y por último la losacero es un sistema económico, pero no siempre se adapta a las necesidades del proyecto. Entonces la correcta selección de la losa de la vivienda, consistirá en escoger la que mejor se adapte a las condiciones del proyecto, y cuyo precio pueda ser adoptado en el presupuesto del mismo.

4.1.1. Ventajas

Cada uno de los sistemas constructivos de losas, tienen diferentes ventajas uno sobre el otro, estas ventajas son; económicas, tiempo y diseño. Sabiendo cada uno de estos, se puede seleccionar la losa correcta, para el proyecto.

4.1.1.1. Económicos

La reducción de recursos económicos, por lo general, proporcionará una línea de crédito constante durante el tiempo de construcción del proyecto, que ayudará a pagar los gastos necesarios durante todo el proceso constructivo, acorde a lo planificado en el presupuesto creado para la construcción de la vivienda.

Una buena forma de planificar los recursos financieros, consistirá en seleccionar la correcta losa para el proyecto, esto es de gran beneficio para la construcción, así al ser instalada; basada en los procesos constructivos pertenecientes a la losa escogida y de la mano de un correcto plan de ejecución, se tendrá como resultado un óptimo uso de los recursos financieros.

4.1.1.2. Tiempo

La correcta selección del tipo de losa en la construcción de viviendas, permitirá minimizar el tiempo de ejecución del proyecto, basándose en un correcto plan de trabajo en función de las características propias del proyecto, describiendo las distintas fases del proceso constructivo y el período de tiempo para realizar cada uno. Sabiendo la cantidad de días que se necesitan para concluir con la obra, y la cantidad de empleados que se contratarán para la

realización de la misma, el ingeniero civil será capaz de hacer un análisis para saber si las actividades se están realizando de manera correcta.

Cuando se ejecute la construcción de la losa seleccionada, es de máxima importancia seguir al pie de la letra el plan de actividades realizado para la finalización del proyecto. Al utilizar a los trabajadores correctos para el tipo de losa seleccionada, se logrará maximizar la cantidad de trabajo y se asegura tiempo para verificar que todos los procesos se hayan realizado de manera correcta.

4.1.1.3. Diseño

Antes de seleccionar el sistema de losa adecuado para la vivienda, es importante conocer el diseño del mismo, dependido de este; los cálculos sobre los momentos, acero de refuerzo y dimensiones de los componentes del sistema, tendrán gran importancia en el éxito del proyecto constructivo.

Conociendo esta información, se puede entender que el correcto diseño de la losa seleccionada influye en gran parte en la correcta finalización del proyecto, la losa de vigueta y bovedilla requiere de un diseño más sencillo, debido a ser un sistema prefabricado, la losa nervada requiere de un análisis más profundo, debido a que sus componentes requieren un mayor cuidado en su diseño, y por último el sistema losacero, es práctico de diseñar por venderse bajo especificaciones de sobrecarga permisibles.

4.1.2. Desventajas

Cada uno de los sistemas constructivos de losas, tienen desventajas uno sobre el otro, estas desventajas son; económicas, tiempo y diseño. Sabiendo cada uno de estos, se puede eliminar las losas incorrectas, para la cubierta.

4.1.2.1. Económicos

Si la selección del sistema de losa no es la adecuada, perjudicará el proyecto, ya que en ningún momento se tienen que realizar gastos inesperados por modificar los elementos estructurales de la vivienda debido a utilizar los que no se adaptaban correctamente.

Si llegará a existir una interrupción en el proceso de construcción, debido a no cumplir con las características y procesos de ejecución de cada losa, el costo de la construcción aumentaría, en esta situación el ingeniero deberá buscar una fuente, que le permita mantener el ritmo de la construcción, teniendo que hacer ajustes financieros, en un corto plazo, ocasionando cambios en los costos del presupuesto y por lo mismo un aumento en los recursos financieros.

4.1.2.2. Tiempo

La incorrecta selección del tipo de losa en la construcción de viviendas, aumentará el tiempo de ejecución del proyecto, ya que se deberá modificar el plan de actividades.

Si un plan no tiene considerados de manera correcta las fases del proyecto, el proceso constructivo será lento y esto atrasará el período de entrega de la vivienda.

4.1.2.3. Diseño

Si no se conocen los sistemas de losas, componentes y diseños de sus elementos, el proyectista estará limitado para dar la solución conveniente para la vivienda y al no utilizar la losa adecuada en el proyecto, este no dará los resultados esperados.

4.2. Reducción de recursos

La reducción de recursos financieros, humanos y materiales en la construcción de viviendas, dependerá en gran parte de la correcta selección del sistema de losa, ya que el ingeniero civil encargado del proyecto, en su planificación calculará y contratará la cantidad adecuada de trabajadores, de acuerdo a criterios técnicos que satisfagan las necesidades para completar los procesos constructivos de la losa y la cantidad de personas con las que se pueden realizar correctamente dichas actividades.

El correcto control de los recursos humanos en la construcción de la vivienda resulta muy importante, porque permite que el ingeniero civil corrija errores en las actividades constructivas del sistema de losa seleccionado para la vivienda. Es más, le ayuda a enfrentar cualquier cambio en la ejecución de las actividades planificadas, y estar preparado para reemplazar dicha actividad en el proyecto.

Entonces puede decirse que con la correcta ejecución de las actividades de cada trabajador, también se minimizan recursos financieros, humanos, materiales y de tiempo.

Cabe recalcar que si en la construcción de la vivienda no se cuenta con un plan de actividades estratégico, los recursos humanos tendrán que aumentarse para poder reconstruir el proyecto, ocasionando grandes pérdidas económicas, de un modo inesperado y obligatorio.

La correcta selección del sistema de losa, básicamente ayudará a reducir recursos, basado en que se cumplen las normas de calidad previamente establecidas para el diseño, cálculo y construcción de las mismas, se minimizará la vulnerabilidad de ocurrencia de un mal proceso constructivo, y con esto se evitarán gastos en materiales de construcción, herramientas, u otro material para sobrellevar y concluir el proyecto.

El control sistemático de las actividades constructivas, deriva del involucramiento del ingeniero civil con la verificación de que los procesos constructivos se realicen correctamente, ya que un potencial desastre traería consigo una inevitable rehabilitación y reparación del proyecto. Y esto a su vez conllevaría al desembolso monetario con el propósito de minimizar los daños ocurridos.

La correcta selección de la losa para ser considerada en términos del impacto económico en el presupuesto de la construcción, deberá ser considerada como la que mejor se adapte a las condiciones del proyecto en términos de recursos a utilizar, así se entenderá con mayor claridad el nivel de relevancia que tendrá, es decir; que es de suma importancia que se realice una guía de actividades específicas, porque con esta se contará con un plan

estratégico para ejecutar correctamente las actividades de la vivienda, evitando aumentos en los recursos, y a su vez manteniendo el presupuesto de la construcción tal y como se había planteado al inicio del proyecto.

En resumen, con una adecuada; planificación, programación, dirección, ejecución y control de las actividades constructivas del sistema de losa en la vivienda, se aprovecharán significativamente los recursos financieros, humanos, físicos y materiales.

4.3. Comparación de los tipos de losas, para uso en edificios

Dada la gran variedad existente en cuanto a tipos de losas que se pueden utilizar en una edificación, hay una serie de aspectos que el ingeniero encargado del proyecto debe considerar antes de tomar una decisión.

- En primer lugar, se debe considerar el factor económico, ya que en gran parte de los proyectos de edificaciones, éste es un factor limitante en cuanto a la toma de decisiones. Aquí influye la disponibilidad de los materiales, maquinaria y mano de obra capacitada para realizar los trabajos de la obra, los precios de los mismos, así como también los aspectos constructivos mencionados anteriormente inciden de forma directa en el presupuesto del proyecto.
- En segundo lugar, deberá tomarse en cuenta aspectos del tipo estructural, como lo son la capacidad resistente que debe tener la losa, las luces de cálculo que se tienen, los usos y la importancia de la edificación, la necesidad de soportar cargas dinámicas, la existencia de cargas concentradas, etcétera. Siempre debe prevalecer la seguridad estructural antes que cualquier otro aspecto al momento de la toma de

decisiones, es por ello que se debe evaluar en detalle, cual es la opción que mejor se adecua al proyecto.

- En tercer lugar, se debe evaluar el tiempo de ejecución requerido para la obra, ya que de esto va a depender los tiempos que se necesitan para encofrado y desencofrado, apuntalamiento de los elementos, la utilización de elementos vaciados en sitio o prefabricados, etcétera.

En la construcción moderna para todos los materiales, se han desarrollado procedimientos que logran el trabajo integral de los diferentes elementos. Esto se obtiene de manera natural en estructuras de concreto armado fabricadas en sitio en las que la corrugación del refuerzo de acero permite una adherencia entre los 2 materiales que hace que trabajen en conjunto. Mientras que en otras estructuras se requieren elementos de conexión con capacidad de transmitir esfuerzos cortantes horizontales. El ahorro sustancial en las dimensiones de las vigas, justifica ampliamente el costo de los dispositivos de conexión.

En la actualidad, el concreto reforzado es el material más empleado en la construcción de losas por su costo relativamente bajo. El acero tiene la ventaja de su alta resistencia en tracción, pero, excepto en claros muy pequeños, el espesor que se requiere por rigidez es muy superior al necesario por resistencia, de manera que su empleo en placas macizas se limita a pequeños claros. Para obviar esta desventaja conviene que la placa de acero tenga formas que proporcionan alta rigidez con poco espesor, tales como las losas nervadas o de vigueta y bovedilla.

Para losas en una dirección, la lámina corrugada de losacero, proporciona un elevado momento de inercia con un peso mínimo de material, lo que la hace muy adecuada para transmitir flexión, de modo que su uso es muy difundido

para cargas ligeras. Una forma eficiente de aumentar rigidez y resistencia, consiste en utilizar un material de alta resistencia y generalmente de costo elevado, en forma de láminas delgadas en las fibras extremas de la sección y otro material de poco costo y peso como alma, para proporcionar espesor a la sección y resistir esfuerzos cortantes.

La losa nervada con nervios en 2 direcciones apoyada sobre vigas soporte, es el sistema típico para claros pequeños como los usuales en viviendas unifamiliares y ampliamente usadas en viviendas multifamiliares, conformando el sistema nervado o nervurado. Existen diversas variantes que no alteran el funcionamiento como losa maciza, pero que presentan ventajas constructivas. La mayoría de ellas están asociadas con la intención de reducir o eliminar el encofrado que es responsable de una fracción significativa del costo y del tiempo de ejecución.

El sistema de viguetas y bovedillas permiten la integración de unas vigas prefabricadas de concreto presforzado, o tipo armadura, con una capa de compresión vaciada en sitio. La losa se hace trabajar generalmente en una sola dirección, lo que reduce en parte la eficiencia, pero por otra parte se aprovecha acero de refuerzo de mayor resistencia y se tienen peraltes mayores con menos cantidad de concreto y acero respecto a una losa maciza. Las bovedillas, mejor conocidas como bloques piñata, son elementos de aligeramiento y funcionan como encofrado durante el proceso de vaciado. La capa de compresión vaciada en sitio, proporciona la continuidad entre los distintos elementos y es necesaria para la acción de diafragma ante fuerzas en el plano de la losa.

El mejor aislamiento térmico y acústico que se obtiene por los mayores espesores y por los elementos huecos de aligeramiento, es una ventaja importante de los sistemas de losas nervadas en general. Para claros

considerables, resulta económico recurrir a vigas presforzadas conectadas a losas también prefabricadas o vaciadas en sitio; tratándose de secciones compuestas, debe diseñarse un procedimiento de conexión que asegure la continuidad entre los distintos elementos constitutivos.

Como análisis de los resultados obtenidos en los 3 tipos de sistemas de losas para las 3 clases de vivienda bajo estudio, se puede decir, que el sistema de vigueta y bovedilla para su uso en edificios, permitirá tener tiempos de ejecución menores, debido a su fácil manejo y colocación de los elementos prefabricados, a su vez contará con una significativa reducción de recursos de mano de obra, esto es debido a su fácil ejecución, la parte negativa de este sistema será su elevado costo, ya que para edificaciones su valor aumentaría considerablemente, dependiendo las dimensiones del proyecto bajo estudio.

La losa nervada es un sistema muy conveniente a la hora de utilizar en edificaciones, esto se debe a que, aunque su construcción es más complicada debido a su tipo de configuración, su costo es menor que otros sistemas de losa, convirtiendo este sistema en un método balanceado entre costo y tiempo de ejecución, y esto a su vez implicará un uso de recursos correctamente estipulados en la planificación de la misma.

Por último, el sistema de losacero es muy recomendable para su uso en edificios, esto debido a su relativo bajo costo, y a su gran eficiencia al momento de ensamblarlo al edificio, generalmente los tiempos de finalización serán menores y su costo muy accesible.

CONCLUSIONES

1. El sistema de losa-acero, es el que menor costo presenta en la comparación, seguido por la losa nervada y por último el de losa de vigueta y bovedilla, tomando en cuenta que conforme aumenta el área de la losas comparada, la ventaja de costo que tiene el sistema de losa-acero disminuyó. Siendo esta una de las características más importantes que se toman en cuenta a la hora de ejecutar un proyecto, esta comparación puede servir para tomar decisiones. Siempre que se tomen otras características de los distintos sistemas como lo son: el diseño, el tiempo y disponibilidad.
2. El área a ser cubierta por los 3 sistemas de losa, será uno de los factores más importantes a la hora de la implementación de cualquiera de estos, como se pudo observar el sistema de losacero toma ligera ventaja comparado con el sistema de losa nervada y de vigueta - bovedilla, con lo que respecta a la facilidad de colocación.
3. Hay ventajas y desventajas en cada sistema de los mostrados en el presente trabajo, las cuales tienen que ser tomadas en cuenta para elegir el adecuado a la hora de su implementación en el mercado constructivo guatemalteco. Una de ellas es la mano de obra, ya que para cada uno se tiene que tener el conocimiento para su implementación. Esto dado a que cada uno presenta características que tienen que ser conocidas para no cometer errores a la hora de su montaje.

4. Uno de los factores determinantes a la hora de ejecutar un proyecto, es la disponibilidad de madera, ya que se puede observar que es uno de los factores que más interfieren en el costo. Por lo que la disponibilidad del mismo es importante a la hora de tomar decisiones entre cada sistema, siendo el de losacero, el indicado porque no necesita de apuntalamiento para su colocación.

5. Los tipos de vivienda A y B se clasificarán en un tipo de vivienda social, debido a su área de construcción y a que los 3 tipos de sistemas de losas tendrán un costo menor a los obtenidos en los sistemas de losas para la vivienda clase media

RECOMENDACIONES

1. Conocer qué ventajas estructurales tiene cada sistema, también es importante a la hora de la construcción, ya que estas características pueden influir a la hora de la decisión sobre cuál es el más adecuado.
2. Es importante conocer los distintos sistemas constructivos, las innovaciones y la introducción de nuevos sistemas en el mercado de la construcción, ya que con esto puede maximizar la ejecución de cualquier proyecto.
3. Tomar en cuenta las características de los diferentes elementos que se utilizan en cada sistema es muy importante, ya que cada uno debe ser utilizado adecuadamente y siguiendo las normas de calidad, especificaciones y parámetros que rigen la construcción en nuestro país.
4. La disponibilidad de los materiales para cada sistema, es de gran importancia, ya que para este trabajo, se tomó en cuenta una disponibilidad de los mismos para el Área Metropolitana Guatemalteca (AMG).
5. Es importante considerar medidas para adiestrar a las personas encargadas de la construcción del sistema de losa; como buscar una metodología de actividades específicas, para que no se incrementen los costos mientras que se adaptan al nuevo sistema constructivo.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute. *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-05) and Commentary (ACI 318R-05)*. Farmington Hills, Mi: ACI. 2005. 490 p.
2. LLOPIZ, Carlos Ricardo. *Losas de hormigón armado*. Chile: Diana, 2001. 525 p.
3. *Manual técnico de metaldeck*. [en línea]. [ref. de 3 de agosto de 2012].
Disponible en Web:
<http://www.acesco.com/acesco/images/stories/fotos/PDF/MANUAL%20TECNICO%20DE%20METALDECK/CAPITULO%201%20-%20INTRODUCCION.pdf>.
4. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. México: McGraw Hill, 1999. 722 p.
5. ROSALES VELIZ, Julio César. *Análisis comparativo de costos entre el sistema de losas prefabricadas vigueta y bovedilla, losa densa y losacero*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005. 55 p.
6. SUÁREZ SALAZAR, Carlos. *Costos y tiempo en edificaciones*. México: Limusa, 2001. 449 p.

ANEXOS

ANEXO 1

Fórmulas utilizadas para el diseño de las losas

- Cálculo de los momentos en las franjas centrales de los sistemas de losas a diseñar:

$$M_a = C_a W l_a^2$$

$$M_b = C_b W l_b^2$$

- Cálculo de carga ultima:

$$C_u = 1.7C_v + 1.4C_m$$

- Área de acero para momentos positivos y negativos

$$A_s = (Bd) * \left[\left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 Rn}{0.85 f'c} \right)} \right) * \left(\frac{0.85 f'c}{f_y} \right) \right]$$

- Área de acero mínimo

$$A_s \text{ min} = \left(\frac{14.1}{f_y} \right) * b * d$$

ANEXO 2

Aspectos a considerar en el cálculo de las prestaciones laborales para su
utilización en la integración de costos

PRESTACIONES LABORALES	Días no trabajados	$\frac{\# \text{ días no trabajados.}}{365}$
	Indemnización	$\frac{30}{365}$ por año de trabajo
	Aguinaldo	$\frac{\# \text{ días en 1 mes de trabajo.}}{365}$
	Bono 14	$\frac{\# \text{ días en 1 mes de trabajo.}}{365}$
	IGGS patronal	10,67 %
	IRTRA	1 %
	INTECAP	1 %

Fuente: Clase magistral de costos, presupuestos y avalúos.

ANEXO 3

Aspectos a considerar en el cálculo del factor de indirectos para su utilización en la integración de costos

FACTOR INDIRECTO	Costos de operación	6 – 11 %
	Costos de oficina en obra	< 3%
	Imprevistos	3 – 7 %
	Financiamiento	2%
	Fianzas	4%
	Utilidad	15 - 20 %
	Impuestos	17%

Fuente: Clase magistral de costos, presupuestos y avalúos.

