



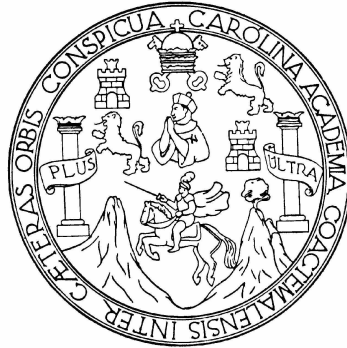
**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil**

**SISTEMA CONSTRUCTIVO DE TECHO CON LOSACERO PARA VIVIENDA
POPULAR EN LOSA FINAL**

STEVE JONATHAN CABRERA JEREZ
Asesorado por Ing. Civil Mario Rodolfo Corzo Ávila

Guatemala, noviembre de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Isuur Estrada Ruíz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Sergio Vinicio Castañeda
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
EXAMINADOR	Ing. René Rolando Vargas Oliva
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

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

SISTEMA CONSTRUCTIVO DE TECHO CON LOSACERO PARA VIVIENDA POPULAR EN LOSA FINAL,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 09 de marzo de 2004.

Steve Jonathan Cabrera Jerez

DEDICATORIA

A:

Dios Fuente de sabiduría y guía para conducirme por el camino correcto y haberme permitido alcanzar esta meta en mi vida.

Mi padre Miguel Ángel Cabrera Gandara, sea para el este reconocimiento a su esfuerzo y apoyo incondicional, sus consejos y su forma de ser hacia mi, para lograr juntos la meta hoy alcanzada.

Mi madre Sandra Lissette Jerez Scaff de Cabrera, a quien le debo la vida y el haber llegado a este momento con su apoyo y formación, a sus esfuerzos que con todo su amor hemos llegado a la meta, formar a un hombre de bien para hacer lo correcto y lograr ser un buen profesional.

Mis hermanos Berth Hollivan, Maria Fernanda y Ana Gabriela.

Mis abuelitas Marylena Scaff Cabezas (Q.E.P.D.) por cuidarme e inculcarme los valores de la vida y lograr llevarme por el camino correcto para desarrollarme como un ser de buenos principios, por su amor incondicional que dio hacia mi. Olga Sofía Gandara García, por darme su cariño, comprensión y amor en todos los momentos de mi vida.

- Mis tíos** Rosalinda Cabrera (Q.E.P.D.) Gustavo Cabrera, Rolando Cabrera, Mario Jerez, Iliana Jerez, Carlos Salazar y Javier Salazar, con cariño especial para ellos.
- Mis primos** Por el cariño y aprecio mostrado hacia mi durante mi vida.
- Toda la familia** Por el aprecio mostrado hacia mi persona.
- Mis amigos** Axel Moya, Carlos Agustín, Marcelo Gaytan, Juan Luis Ruano, Saúl Rodas, Viviana Guerra, Alexander Rodas, Alex González, Andrea Aldana, Kurt Morales, Raúl Hernández, Fredy Roman, Haroldo Lemus, Héctor Oliveros, Jorge Von, Sonia González, Mardoqueo Arriaga, por brindarme su amistad la cual es invaluable, deseándoles éxitos y bendiciones de Dios.
- Mis compañeros de trabajo** Por el aprecio y cariño mostrado hacia mi persona, en especial a Claudia Flores y Haroldo Melgar por su apoyo en la senda final de mi carrera.

AGRADECIMIENTO

A:

**Facultad de
Ingeniería, USAC**

Por permitirme la formación académica, dentro de sus aulas como un buen profesional.

**Centro de
Investigaciones de
Ingeniería, USAC**

Por la elaboración de los ensayos de mi proyecto de graduación y la asistencia técnica que siempre obtuve en la elaboración de los informes. En especial a Alex González y el agradecimiento a Christian Tejeda, Herwin Pérez y Marlon López.

Tetra Constructora

Por abrirme las puertas en la realización de mi practica laboral.

Ing. Mario Corzo

Por su asesoría, apoyo técnico comprensión y consejos para el desarrollo del trabajo de graduación presente.

Ing. Alfredo Beber

Por su asesoría, apoyo técnico y moral brindado en mi capacitación académica.

Catedráticos

A los cuales les debo mi formación como profesional a través de sus enseñanzas.

Mis compañeros Por la amistad y colaboración brindada en la realización del presente trabajo de graduación.

Familia Martínez Flores Por que con su ayuda, apoyo, cariño y confianza infundado en mi, se hicieron parte de mi vida.

INGASA Por proporcionarme su confianza para realizar el proyecto de investigación en todo aspecto, en especial a la Arq. Brenda Arrásola por su tiempo invertido en mi para el desarrollo del proyecto.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX

1 GENERALIDADES DE LÁMINA GALVANIZADA

1.1 Lámina galvanizada.....	1
1.1.1 Galvanización.....	2
1.1.2 Proceso de galvanización.....	3
1.1.2.1 Preparación de la superficie.....	3
1.1.2.1.1 Etapa alcalina.....	3
1.1.2.1.2 Plikeado.....	4
1.1.2.1.3 Paila de galvanizado.....	4
1.1.2.1.4 Torre de enfriamiento.....	5
1.1.2.1.5 Radiometri.....	5
1.1.2.1.6 Quench tank.....	5
1.1.2.1.7 Pasivado.....	5
1.1.2.1.8 Reembobinado.....	6

1.1.2.2	Acabados.....	6
1.1.2.2.1	Corte.....	6
1.1.2.2.2	Rolado.....	6
1.1.2.2.3	Corrugas.....	7
1.1.3	Proceso para pintar lámina galvanizada.....	7
1.1.3.1	Preparación de la superficie.....	8
1.2	Corrosión de la lámina galvanizada.....	9
1.2.1	Flor de lámina galvanizada.....	9
1.2.2	Puntos negros en lámina galvanizada.....	10
1.2.3	Óxido blanco.....	10

2 LA LÁMINA GALVANIZADA COMO SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LOSA

2.1	Elementos y sistemas constructivos.....	13
2.1.1	Losacero.....	13
2.2	Aplicaciones.....	14
2.2.1	Entrepiso metálico.....	14
2.2.1.1	Entrepiso metálico sección 4.....	15
2.2.1.2	Entrepiso metálico sección 36 / 15.....	18
2.2.1.3	Lámina acanalada de fijación expuesta.	22
2.3	Procedimientos y cuidados que se deberán tomar en cuenta en la construcción.....	23

2.3.1	Cuidado de manejo.....	24
2.3.2	Cuidado de carga.....	24
2.3.3	Cuidado de almacenaje.....	24
2.3.4	Cuidado de fijación.....	24
2.3.5	Cuidado de instalación.....	25
2.4	Forma de operación de los sistemas.....	25
2.4.1	Secuencia de instalación.....	25
2.5	Ventajas.....	35
3	MÉTODO CONSTRUCTIVO	
3.1	Aspecto estructural.....	37
3.1.1	Forma de estructuración.....	37
3.1.1.1	Estructuración paralela.....	37
3.1.1.2	Estructuración perpendicular.....	39
3.1.2	Distribución de cargas.....	40
3.2	Concreto estructural liviano.....	42
3.2.1	Definición.....	42
3.2.2	Propiedades.....	43
3.2.3	Reglamentación y uso.....	45
3.2.4	Conclusiones.....	46

4 ENSAYOS

4.1	Ensayo a flexión.....	49
4.1.1	Ensayo de lámina.....	50
4.1.1.1	Generalidades.....	50
4.1.1.2	Preparación del ensayo.....	51
4.1.1.3	Secuencia del ensayo.....	51
4.1.1.4	Datos del ensayo.....	53
4.1.1.5	Análisis del ensayo.....	57
4.1.1.6	Gráficas del ensayo.....	58
	CONCLUSIONES.....	63
	RECOMENDACIONES.....	65
	BIBLIOGRAFÍA.....	67
	ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Sistema constructivo de losacero.....	14
2.	Entrepiso metálico sección 4.....	15
3.	Sección de entrepiso metálico sección 4.....	16
4.	Entrepiso metálico sección 36 / 15.....	18
5.	Sección de entrepiso metálico sección 36 / 15....	18
6.	Lámina acanalada de fijación expuesta.....	22
7.	Sección de lámina acanalada de ancho corto.....	22
8.	Sección de lámina acanalada de ancho largo.....	23
9.	Estructuración paralela.....	38
10.	Estructuración perpendicular.....	39
11.	Distribución de cargas en eje central de losacero	40
12.	Distribución de cargas en viga de apoyo central..	41
13.	Distribución de cargas en las vigas de apoyo.....	42
14.	Esquema de la posición de los deformómetros en la lámina de losacero ensayada.....	54
15.	Gráfica de deflexión en punto “ A ” con primera carga.....	59
16.	Gráfica de deflexión en punto “ A ” con segunda carga.....	59
17.	Gráfica de análisis comparativo de deflexiones en punto “ A ”	60
18.	Gráfica de histéresis en punto “ A ”	60

19.	Gráfica de deflexión en punto “ B” con primera carga.....	61
20.	Gráfica de deflexión en punto “ B” con segunda carga.....	61
21.	Gráfica de análisis comparativo de deflexiones en punto “ B”	62
22.	Gráfica de histéresis en punto “ B”	62

TABLAS

I.	Especificaciones técnicas de lámina galvanizada.....	1
II.	Especificación técnica de la pintura para lámina galvanizada.....	8
III.	Normas técnicas internacionales para la lámina galvanizada.....	11
IV.	Propiedades del entrepiso metálico sección 4...	16
V.	Inercia promedio compuesta de sección “ Iav”	17
VI.	Módulo de sección inferior compuesta “ Sc”	17
VII.	Propiedades del entrepiso metálico sección 36 / 15.....	19
VIII.	Inercia promedio compuesta de sección “ Iav” ...	19
IX.	Módulo de sección inferior compuesta “ Sc”	19
X.	Calibre de lámina de entrepiso 36 / 15.....	20
XI.	Propiedades de la lámina acanalada.....	23
XII.	Claros máximos sin apuntalamiento para lámina sección 4.....	26

XIII.	Claros máximos sin apuntalamientos para lámina sección 36 / 15.....	28
XIV.	Claros sin conectores para lámina sección 36 / 15.....	29
XV.	Claros con conectores para lámina sección 36 / 15.....	32
XVI.	Capacidades de carga neta para lámina acanalada con fijación expuesta.....	34
XVII.	Datos del ensayo primera prueba.....	54
XVIII.	Datos del ensayo segunda prueba.....	55
XIX.	Código ACI 318-99 20.5 Evaluación de la resistencia de la estructura existente.....	55
XX.	Comparación con ACI 318-99 20.5.....	56
XXI.	Datos de losa ensayada.....	56
XXII.	Resultados obtenidos del ensayo.....	56

LISTA DE SÍMBOLOS

ACI	<i>American Concrete Institute</i> -Instituto Americano del Concreto-
AISI	<i>American Iron and Steel Institute</i> -Instituto Americano del Hierro y Acero-
Al₂O₃	Tritóxido de bialuminio
ASTM	<i>American Society for Testing of Materials</i> -Asociación Americana para Prueba de Materiales-
CaO	Oxido de calcio
cm	Centí metro
cm³/m	Centí metro cúbico por metro
cm⁴/m	Centí metro a la cuarta por metro
f_c	Resistencia última del concreto
ft	Pies
f_y	Resistencia última del acero
HCl	Ácido clorhídrico
I_{av}	Inercia promedio
in	Pulgadas
Kg	Kilogramo
Kg/cm²	Kilogramo por centí metro cuadrado
Kg/m²	Kilogramo por metro cuadrado
Kg/m³	Kilogramo por metro cúbico
lb	Libras
lb/ft³	Libras por pie cúbico
m	Metros
mm	Milí metros

m²/galón	Metros cuadrados por galón
Pa	Pascales
psi	Libras sobre pulgada cuadrada
Sc	Sección compuesta
Zn	Zinc

GLOSARIO

Aceitado	Es una película de aceite aplicada a la lámina galvanizada a medida que se produce, ya sea sólo o junto a un tratamiento químico, para una mayor protección contra el óxido blanco, además el recubrimiento de aceite ofrece protección durante el transporte y almacenaje.
Arrabio	Llamado, también, hierro impuro. Hierro fundido que se recoge en el crisol de la base del alto horno, proveniente del proceso de reducción continua en contra corriente.
Combadura	La combadura es la máxima desviación de la lámina con respecto a una superficie plana.
Crimba	Plataforma de trabajo donde se dispersará el concreto a utilizar para una fundición.
Cromatizado	Recubrimiento de cromo. Se aplica, generalmente, en forma electrolítica. En el proceso de galvanización se utiliza el término pasivado o cromatizado refiriéndose a la película de cromado de Zn que se forma por la reacción química del ácido crómico con el recubrimiento de Zn.

Cuadratura	La cuadratura corresponde a la diferencia entre las diagonales de una lámina dividida entre dos.
Decapado	Tratamiento químico a través del cual se le retira la calamina o cascarilla al material laminado en caliente con el fin de prepararlo para ser laminado en frío. Para este proceso es comúnmente utilizado el ácido clorhídrico HCl.
Deformación plástica	Si el metal es deformado hasta el extremo de que no puede recuperar completamente sus dimensiones originales, se dice que ha experimentado una deformación plástica.
Esfuerzo	Se define el esfuerzo, S , como el cociente entre la fuerza uniaxial media, F y la sección o área transversal original sobre la que actúa dicha fuerza, A_0 . En el sistema americano se dan en psi y en el sistema internacional en pascales (Pa).
Flor mínima de galvanización	Se refiere al tamaño mínimo de los cristales del recubrimiento de zinc al restringir su normal desarrollo durante el proceso de solidificación sobre la lámina de acero.

Flor regular de galvanización

Se refiere al tamaño regular de los cristales del recubrimiento de zinc al permitir su crecimiento sin restricciones sobre la lámina de acero en los procesos de inmersión en caliente.

Fosfatizado

Tratamiento químico usado para preparar la superficie galvanizada para pintura, sin un tratamiento posterior con excepción de la limpieza normal.

Fundente

Material que ayuda a reducir los óxidos para formar la escoria. En el proceso del alto horno, la caliza es utilizada como fundente para formar la escoria (CaO y Al_2O_3).

Histéresis

Es la oscilación de la deflexión en la carga y descarga de la lámina de losacero, en una estructura existente.

Óxido blanco

Zonas o manchas de color blanco sobre el galvanizado, formadas por depósitos de hidróxido o carbonatos básicos de zinc.

Pasivado

Es un tratamiento químico aplicado a la lámina galvanizada para retardar la formación de óxido blanco durante el transporte y el almacenamiento; las propiedades inhibidoras del tratamiento son limitadas por lo tanto si el material está mojado debe ser secado y utilizado en forma inmediata.

Planitud

La planitud es la máxima desviación de la lámina con respecto a una superficie horizontal.

Recocido

Ablandamiento del material después de un proceso de conformado como lo es el laminado. Consiste en un calentamiento y sostenimiento de una pieza de material metálico a una temperatura determinada, seguido de un enfriamiento. En el recocido, los cambios en propiedades producidos por la deformación plástica se eliminan y el material vuelve a adquirir sus propiedades originales.

Zintro

Es el proceso de inmersión en caliente con una capa uniforme de zinc de alto grado, proporcionando una excelente protección anticorrosiva, así como catódica en los bordes expuestos por perforaciones y corte, de una lámina de acero galvanizada.

RESUMEN

Dada la modernización que se vive, en la actualidad, se ve en la necesidad de ir ampliando los horizontes en todo aspecto. Los fines, como seres humanos, es estar un paso delante de la innovación y los detalles futuristas, es por lo que en la construcción se desarrollan nuevos métodos y formas de facilitarla así como de minimizar costos para mejorar la economía. Es por eso que se desarrolla dicho trabajo, en conjunto con INGASA empresa que se dedica a producción y distribución del material empleado para la investigación.

El presente trabajo de graduación presenta un informe detallado de los servicios que presenta la losa de lámina, /losacero/, en donde desarrollamos una parte para lo que es y otra para que sirve la lámina galvanizada, dado que, a partir de este principio, se enfoca la investigación. Se describen, también, las formas de utilizar la losa para la construcción de losas de entrepiso, así como de losa final.

Al sistema se le efectuaron ensayos a flexión para la verificación de resistencia y tenacidad con el objeto de confirmar que el sistema de losacero es competente contra los demás existentes en el mercado y probar que su tiempo de ejecución es más efectivo.

OBJETIVOS

General

Proponer un sistema constructivo liviano de losa fundida que sea competente frente al sistema tradicional de losa armada de acero recubierta de concreto. El cual será sometido a ensayos y pruebas para determinar su capacidad de resistencia, obteniendo un sistema nuevo y reformado, innovando la construcción ante la sociedad guatemalteca y al gremio de la construcción en general.

Específicos

- 1 Determinar las propiedades mecánicas del sistema constructivo de losacero.
- 2 Determinar si el sistema de losacero cumple con los requerimientos propuestos por normas y códigos existentes.
- 3 Determinar la capacidad de resistencia del sistema de constructivo de losacero para losa final en viviendas tipo popular.
- 4 Dar a conocer los cálculos realizados para obtener la mayor capacidad de las láminas de losacero.

- 5 Definir parámetros que se deben utilizar cuando se diseñen estructuras al emplear la losacero.
- 6 Definir los procedimientos y cuidados que se deban tener durante la construcción del sistema.

INTRODUCCIÓN

Fines del proyecto planteado: método para la construcción de losas finales tipo losacero, el cual se le definieron sus propiedades deflectivas y su capacidad de carga.

Dado el uso de losas para todo tipo de construcción y necesario e indispensable para la construcción, este sistema con el cual se ha planteado el punto de investigación enfocado hacia la construcción de viviendas de tipo popular para losa final, viendo la comodidad, rapidez y disminución de peso con que se puede construir losas con el sistema de losacero, siendo esta una lámina de acero resistente a cargas mayores y buscando la economía en la construcción así como nuevos y rápidos sistemas de construcción.

Los métodos y materiales de construcción son cada vez más diversificados y especializados. En la década pasada las aplicaciones de las losas tradicionales de armazón de hierro cubiertas con concreto y hechas a través de formaletas de madera o aluminio se limitaba a un trabajo exhausto y tardado.

La necesidad de desarrollar el uso de materiales innovadores y, sobre todo, menos pesados para utilizar en la industria de la construcción, ha llevado al hombre al desarrollo del metal y el hierro aplicarlo en la construcción, esto no fue tarea simple para las industrias productoras.

La fuerte tradición a los materiales convencionales, unido al desconocimiento de los nuevos materiales, /Aluminio, Hierros, Zinc, Bronce, entre los más utilizados/, son factores a vencer en Guatemala tanto a nivel social como a nivel profesional: Arquitectos, Ingenieros e Instaladores tanto en forma directa como dentro de los Centros de Técnicos de Capacitación y Universidades respectivas, serán necesarias para difundir las aptitudes técnicas de los nuevos recursos de construcción.

Dada la oportunidad de aplicación de esta alternativa de construcción para Guatemala, hacer una relación directa entre el peso y la deflexión que puede sufrir una lámina de éstas, es decir, darle importancia también al hecho que ayuda a minimizar los efectos provocados por la acción de los sismos, se pretende dar a conocer las ventajas y desventajas que existen en torno a la losacero; y, los alcances hasta hoy logrados y aplicados en la construcción. El sistema constructivo requiere maquinaria, y materiales importados en menor porcentaje, aun más se emplean los recursos locales y, sobre todo, los disponibles en los mismos lugares en que eventualmente se puede trabajar. Entonces, no sólo se está planteando ahorros en el costo de la Mano de Obra, /menor tiempo de instalación, menor peso, mayor factibilidad de producción, etc./. Sino, también, ahorros en el costo el material, /aumento del volumen, baja de precios etc./.

1 GENERALIDADES DE LÁMINA GALVANIZADA

1.1 Lámina galvanizada

Lámina recubierta en un proceso de inmersión en caliente con una capa uniforme de Zinc de alto grado, proporcionando una excelente protección anticorrosiva, así como catódica en los bordes expuestos por perforaciones y corte.

Tabla I. Especificaciones técnicas de lámina galvanizada

Calidades	CS, FS, DS, SS, EDDS
Grado	33 (230), 37 (255), 40 (275), 50 (345), 80 (550)
Flor	Regular mínima (Heurtey) extra lisa
Espesor	De 0.010" (0.25 mm) a 0.135" (3.43 mm).
Ancho	De 24" (610 mm) a 49.21" (1250 mm)
Designación del recubrimiento	G – 40 (Z – 120) G – 60 (Z – 180) G – 90 (Z – 275) G – 210 (Z – 600)
Diámetro interno	20" (508 mm) 24" (610 mm)* * Para espesores superiores a 0.068" (1.70 mm)

.....Continua tabla I

Tensionivelado	De 0.010" (0.25 mm) a 0.060" (1.50 mm)
Acondicionamiento de superficie	De 0.012" (0.3 mm) a 0.060" (1.50 mm)
Peso del rollo	De 3.5 TM (7700 lbs) a 18 TM (39600 lbs)
Protección	Tratamiento químico (pasivado), seco y/o con aceite
Empaque	Rollo: Enlatado metálico, ojo horizontal u ojo al cielo en tarimas de madera. Lámina lisa y corrugada: Lata de metal en tarimas de madera.

1.1.1 Galvanización

El galvanizado es un proceso en el cual se recubre al acero con una capa de zinc para protegerlo de la oxidación o corrosión, el zinc protege al acero de dos formas: como Barrera Protectora y como Protección Catódica.

Como barrera funciona de la siguiente manera, el zinc es un metal reactivo que se oxida con el aire para formar un film de óxido de zinc que es resistente a la corrosión.

Como protección catódica el zinc se consumirá para proteger el acero en presencia de un electrolito (agente oxidante), además provee protección a pequeñas áreas que pudiesen quedar descubiertas, todo esto debido a la protección catódica del zinc hacia el acero.

El acero es galvanizado por medio de un proceso continuo de inmersión en caliente llamado *HOT DIP PROCESS*.

1.1.2 Proceso de galvanización

1.1.2.1 Preparación de la superficie

1.1.2.1.1 Etapa alcalina

Para el proceso de galvanizado es de suma importancia que el acero virgen pase por un adecuado proceso de limpieza el cual inicia con los tanques alcalinos, en los mismos se espraya una solución alcalina a temperatura de sesenta a ochenta grados Celsius (60 a 80 °C), esta etapa es usada para remover contaminantes orgánicos, aceites, grasas y partí culas extrañas, luego de los tanques alcalinos es necesario remover cualquier traza de solución que pueda haber quedado, esto se logra con un enjuague en caliente en el cual se espraya agua sobre la superficie de la lámina.

1.1.2.1.2 Plikeado

Es muy diferente encontrar sedimentos del proceso de laminado del acero, además óxido en la superficie del mismo, este tipo de contaminantes deberán ser removido por el proceso llamado pikleado que consiste en pasar el material a galvanizar por una solución de ácido clorhídrico, después de este proceso es necesario remover trazas de ácido, lo cual se realiza con un enjuague en frío, sprayando agua sobre la superficie.

1.1.2.1.3 Paila de galvanizado

En esta parte del proceso el material es recubierto por inmersión en un baño de zinc fundido (paila de galvanizado), en la paila de galvanizado además de zinc se agregan aditivos metálicos, controlando la cantidad de estos por medio de un Espectrofotómetro de Absorción Atómica, los aditivos metálicos proveen las condiciones necesarias para obtener una buena adherencia, característica muy importante la cual solo se logra en líneas de galvanizado continuo.

La capa que se adhiere al acero es controlada por un sistema de cuchillas de aire que garantiza una capa de zinc uniforme. Con el galvanizado por inmersión se logra un recubrimiento completo, puesto que todas las partes de acero incluso las inaccesibles son recubiertas por completo.

1.1.2.1.4 Torre de enfriamiento

Posteriormente el material pasa por la torre de enfriamiento, que es una sección que permite el paso de la lámina a través de él en una forma longitudinal de modo que se tiene un flujo de aire perpendicular a la superficie de la lámina, es aquí en donde se forma el cristal de zinc, el cual se produce al solidificarse el zinc sobre el acero.

1.1.2.1.5 Radiometri

Luego del proceso anterior, la lámina ya galvanizada pasa por un scanner, el cual envía información a un monitor sobre la capa de zinc que posee la lámina, esto sirve para llevar un control preciso de la capa de zinc que lleva el material.

1.1.2.1.6 Quench tank

Posteriormente al valmet la lámina es enfriada por agua para seguir a la inspección visual, que es en donde se aprecia la apariencia del producto.

1.1.2.1.7 Pasivado

Luego de ser enfriada la lámina pasa a la etapa de pasivado, que también se conoce con el nombre de cromatizado, donde se provee al material de una protección extra contra la corrosión.

1.1.2.1.8 Reembobinado

Finalmente la lámina ya galvanizada es embobinada lista para ser utilizada.

1.1.2.2 Acabados

1.1.2.2.1 Corte

- Alta velocidad de respuesta
- Tres líneas de corte
 - Strilich
 - Italiana
 - Tanisaka
- Largos a la medida (6 – 12 pies)

1.1.2.2.2 Rolado

- Alta calidad en acabado
- Tres roladoras
 - Estructural
 - Industrial

- Estándar
- Teja (Troqueladora)

- Perfiles industriales, estructurales, teja, acanalado.

- Largos a la medida (6 – 40 pies)

1.1.2.2.3 Corrugas

- Alta velocidad de respuesta

- Largos estándares

- Corrugas Alemana

- Corrugas Tanisaka

- Corrugas Nagaoka

1.1.3 Proceso para pintar lámina galvanizada

El siguiente procedimiento sugerido para pintar lámina galvanizada fue proporcionado por Protecto quienes han diseñado una pintura especial para que se aplique sobre superficies galvanizadas siendo este Corrotect / Líneas N. 6500 y 6600.

1.1.3.1 Preparación de la superficie

- Lavar la superficie de la lámina con agua y detergente para remover la película de pasivante.
- Lijar moderadamente la superficie de la lámina a pintar con una lija scotch grado 400.
- Eliminar el detergente con abundante agua.
- Asegurarse que la superficie de la lamina este totalmente seca.
- Aplicar la capa de pintura.

Tabla II. Especificación técnica de la pintura para lámina galvanizada

Tipo de producto	Resina acrílica.	
Acabados	Brillante y mate.	
Dilución	Para facilitar la aplicación usar agua limpia, 1/16 galón máximo.	
Peso por galón	Brillante	Mate
	4.61 kg	4.91 kg
Rendimiento	35 40 m ² /galón	
Aplicación	Brocha, rodillo o pistola. Aplicar generosamente y rápidamente dando acabado a las áreas pintadas una vez evitando retocar, no pintar si esperan lluvias en las próximas 6 horas.	

.....Continua tabla I

Secado	Tacto:	2 – 3 horas
	Repinte:	4 – 6 horas
	Curado:	4 – 8 dí as

1.2 Corrosión de la lámina galvanizada

En general, la formación de la corrosión en la lámina también llamado oxido blanco ocurre principalmente durante el almacenaje y se acelera por la presencia de humedad y condensación. Cuando la lámina se expone al aire, la superficie queda sujeta a la oxidación y se forma una pelí cula muy delgada de óxido en dicha superficie. Esta pelí cula de óxido protege la lámina mientras el aire sea seco, pero si es húmedo y la lámina se mantiene expuesta por mucho tiempo, la humedad ayuda a que el zinc se combine con el dióxido de carbono en el aire, formando así óxido blanco pulverizado que se fija en la superficie.

1.2.1 Flor de lámina galvanizada

Los brillantes de zinc que se forman en la superficie de la lámina galvanizada en continuo por inmersión en caliente se denominan “flor” . La flor generalmente se produce en dos tamaños:

- Normal: que consiste en cristales de tamaño ordinario (15 – 25 mm) que cubren la superficie completa de la lámina.

- Minimizado: que lleva una formación de cristal más pequeño (1 mm) y mas uniforme.

1.2.2 Puntos negros en lámina galvanizada

Estas manchas, generalmente llamadas puntos de abrasión o puntos negros, no se forman durante la fabricación sino que son causados por la fricción de una lámina con la otra debido a la constante vibración durante el transporte.

Para evitar los puntos de abrasión se necesita empacar y acarrear la lámina siguiendo las instrucciones para transporte y manejo. Aunque es cierto que los puntos de abrasión afectan la apariencia de la lámina, prácticamente no presentan ningún problema para su uso.

1.2.3 Óxido blanco

En los días húmedos se puede ver en los vidrios gotas de agua que se van formando; también cuando la temperatura atmosférica es alta en el día y desciende bruscamente en la noche se forma humedad en la corteza de los árboles. Bajo ciertas condiciones, se puede observar un fenómeno similar en las gotas que se forman sobre la superficie de una lámina aún cuando no se haya mojado. Este fenómeno se llama condensación y ocurre cuando el vapor en el aire se condensa y se convierte en agua debido a un cambio en la temperatura.

Tabla III. Normas técnicas internacionales para la lámina galvanizada

Producto	ASTM	JIS	ICONTEC
Lámina pre-pintada	A 755	G 3312	NTC - 3465
Lámina galvanizada por inmersión en caliente	A 653/924	G 3302	NTC - 4011
Lámina electrogalvanizada	A 623	G 3313	NTC - 3238
Teja de zinc	A 929	G 3316	NTC - 1919

En algunos casos, una norma técnica remite a otra que contiene información detallada, como es el caso de la ASTM 653 que tiene como documento de referencia la norma ASTM 924, estándar de especificaciones para láminas de acero con recubrimientos metálicos por procesos de inmersión en caliente.

Los tres tipos de normas mencionados anteriormente especifican las tolerancias para las principales variables del acero galvanizado por proceso de inmersión en caliente; estas variables son: composición química, masa del recubrimiento, dimensiones, empaque e identificación.

Al producir bajo los parámetros de las normas técnicas, los productores garantizan la disponibilidad de un producto estándar. Sin embargo, frecuentemente algunas aplicaciones requieren de materiales con especificaciones diferentes o con niveles de tolerancia menores de las establecidas en las normas. En estos casos es vital que se discuta previamente con el fabricante las posibilidades y las garantías que se pueden obtener sobre productos con posibilidades y las garantías que se pueden obtener sobre productos con calidades o especificaciones diferentes a las normas internacionales.

2 LÁMINA GALVANIZADA COMO SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LOSA

2.1 Elementos y sistemas constructivos

2.1.1 Losacero

El término losacero se define como un sistema en el cual se logra la interacción del perfil metálico con el concreto, por medio de protuberancias que trae consigo. Parte del espesor de concreto se convierte en patín de compresión, mientras que el acero resiste los esfuerzos de tensión y la malla electrosoldada resiste los esfuerzos ocasionados por los cambios de temperatura en el concreto. Este sistema integra lámina de acero obtenido por proceso de laminación en frío o galvanizada y conectores de cortante que van soldados a la estructura de apoyo. La efectividad del sistema se logra al unir en uno solo los conectores, la viga, la losacero y el concreto

Comúnmente se emplea lámina galvanizada, sin embargo, también se produce con acabado pintado en la parte inferior para obtener una vista agradable.

Figura 1. Sistema constructivo de losacero



2.2 Aplicaciones

2.2.1 Entrepiso metálico

Es un sistema desarrollado para uso en losas de entrepisos metálicos en edificios. Sus componentes básicos son: Lámina acanalada con indentaciones (losacero), Concreto ($f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$), malla electro-soldada (refuerzo por temperatura) y como accesorio opcional los conectores de corte para el efecto de viga compuesta o para incrementar la capacidad propia de la losacero. La Lámina acanalada Losacero cumple tres funciones básicas: a) Plataforma de trabajo en la etapa de instalación, b) Cimbra permanente en la etapa de colocación del concreto, c) Acero de refuerzo principal en la etapa de servicio.

El acanalado Losacero está fabricado con Acero estructural Galvanizado siguiendo normas internacionales, cuyo recubrimiento metálico de Zinc (Zintro) provee al sistema la Protección Catódica alargando su vida útil, adicionalmente se ofrece Galvanizado más un Pre-pintado por la cara que estará expuesta para casos de losas de edificios que estarán expuestos a ambientes normales o salinos como pudieran ser los estacionamientos de vehículos.

Debido a las características este sistema constructivo se aumenta considerablemente la velocidad de construcción logrando significativos ahorros en tiempo de edificación con lo cual se agiliza el inicio de la recuperación de la inversión.

2.2.1.1 Entrepiso metálico sección 4

Este tipo de lámina es acanalado de noventa y cinco centímetros (95 cm.) de ancho efectivo y seis punto treinta y cinco centímetros (6.35 cm.) de peralte único en su tipo ya que su geometría fue diseñada de tal manera que los valles son más anchos que las crestas, logrando tener mejor área de concreto en contacto con los apoyos. Esto repercute en un aumento considerable a su capacidad de carga al tener una mejor resistencia a los efectos de corte, así mismo favorece en que los conectores de corte funcionen más eficientemente.

Por su peralte permite utilizar claros más grandes sin requerir apuntalamiento temporal en el momento de colocación del concreto así como para la etapa de servicio. Su ancho efectivo favorece para tener mejor avance en la instalación lo que hace que se disminuyan el tiempo total de edificación.

Figura 2. Entrepiso metálico sección 4



Figura 3. Sección de entrepiso metálico sección 4

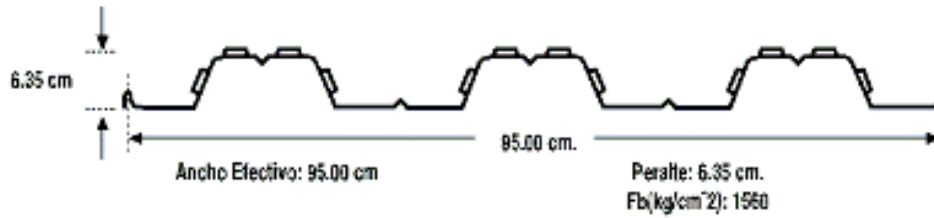


Tabla IV. Propiedades del entrepiso metálico sección 4

Propiedades de la Sección					
CALIBRE	PESO (kg/m ²)	I_p (cm ⁴ /m)	I_n (cm ⁴ /m)	S_p (cm ³ /m)	S_n (cm ³ /m)
24	5.70	57.12	52.68	13.86	14.10
22	8.00	74.60	69.39	18.62	19.23
20	9.54	90.95	86.51	23.66	24.78
18	12.59	121.09	119.12	33.26	36.24

Estas propiedades de la lámina son sin carga de concreto.

Tabla V. Inercia promedio de sección compuesta "lav"

Inercia Promedio de Sección Compuesta "lav" (cm⁴/m)					
esp. conc.	5	6	8	10	12
Cal 24	733.03	926.28	1411.04	2044.34	2846.97
Cal 22	789.67	995.18	1509.88	2180.47	3027.82
Cal 20	840.54	1057.06	1598.77	2303.14	3191.20
Cal 18	937.21	1175.55	1771.13	2543.33	3513.49

Tabla VI Módulo de sección inferior sección compuesta "Sc"

Módulo de Sección Inf. Sección Compuesta "Sc" (cm³/m)					
esp. conc.	5	6	8	10	12
Cal 24	44.91	50.74	62.98	75.75	88.87
Cal 22	55.56	62.71	77.78	93.55	109.81
Cal 20	65.43	73.81	91.51	110.10	129.30
Cal 18	85.31	96.28	119.57	144.13	169.56

Las propiedades de la sección como lámina sin concreto han sido calculadas de acuerdo a las especificaciones del *American Iron and Steel Institute* de 1986 (AISI). Las propiedades de la sección compuesta fueron calculadas bajo los lineamientos del Steel Deck Institute (SDI) de 1991.

El Acero utilizado para la fabricación del perfil es Grado 37 ($F_y = 37 \text{ Ksi} = 2320 \text{ kg/cm}^2$) y está acorde al ASTM A-653 para Zintro.

2.2.1.2 Entrepiso metálico sección 36 / 15

Acanalado de 36" (91.44 cm) de ancho efectivo y 1-1/2" (3.81 cm) de peralte que por su diseño, ofrece una apariencia mas estética sobre todo en su aplicación aparente. El ahorro en volumen de concreto es otro factor importante tanto por costo así como por peso total del sistema. Este acanalado permite el uso de conectores para el efecto de viga compuesta así como para el incremento de capacidad de carga del sistema de losa. Es estibable (anidable) y traslapable y por consiguiente se optimiza el espacio en el transporte y en el sitio de construcción.

Figura 4. Entrepiso metálico sección 36 / 15



Figura 5. Sección de entrepiso metálico sección 36 / 15

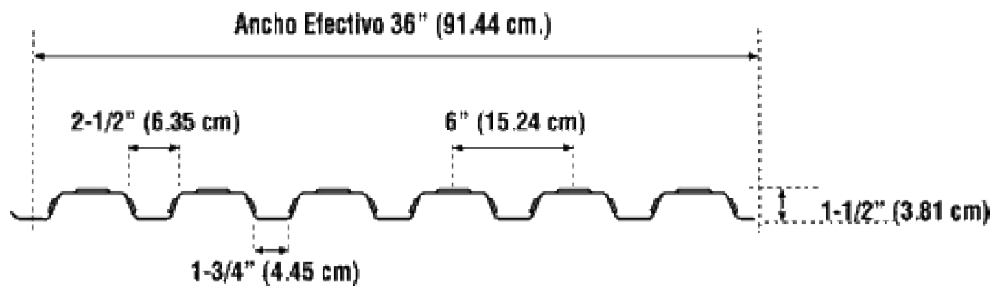


Tabla VII. Propiedades del entrepiso de sección 36 / 15

Propiedades de la Sección						
CALIBRE	Espesor de diseño (in)	PESO (Kg/m²)	Ix+ (cm⁴/m)	Ix- (cm⁴/m)	Sx+ (cm³/m)	Sx- (cm³/m)
24	0.0209	6.02	13.71	16.76	5.95	6.35
22	0.0295	8.33	21.54	25.39	9.86	10.08
20	0.0358	10.02	27.67	31.09	13.16	13.02
18	0.0474	13.14	39.38	41.43	19.98	17.91

Tabla VIII. Inercia promedio de sección compuesta "lav"

Inercia promedio de sección compuesta lav (cm /m)					
esp. conc.=	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm	12 cm
cal. 24	318.69	439.46	765.68	1223.36	1833.94
cal. 22	346.15	476.26	826.27	1314.87	1963.71
cal. 20	375.25	515.18	890.43	1412.06	2101.93
cal. 18	424.60	581.10	999.30	1577.58	2338.29

Tabla IX. Modulo de sección inferior de sección compuesta "Sc"

Módulo de sección inferior de sección compuesta Sc (cm /m)					
Esp. conc.=	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm	12 cm
cal. 24	32.78	39.47	53.31	67.66	82.33
cal. 22	39.67	47.80	64.66	82.20	100.16
cal. 20	47.20	56.90	77.10	98.17	119.78
cal. 18	60.55	73.03	99.20	126.64	154.88

Las propiedades de la sección como lámina sin concreto han sido calculadas de acuerdo a las especificaciones del AISI de 1986 (*American Iron and Steel Institute*). Las propiedades de la Sección Compuesta fueron calculadas bajo los lineamientos del Steel Deck Institute (SDI).

El Acero utilizado para la fabricación del perfil es Grado 37 ($F_y = 37 \text{ Ksi} = 2320 \text{ kg/cm}^2$) y está acorde al ASTM A-653 para Zintro.

Tabla X. Calibre de lámina de entrepiso 36 / 15

Selección de calibre para moldura frontera													
Peralte de Losa (cm)	Volado (cm)												
	0.0	2.5	5.1	7.6	10.2	12.7	15.2	17.8	20.3	22.9	25.4	27.9	30.4
10.2	20	20	20	20	18	18	16	14	12	12	12	10	10
10.8	20	20	20	18	18	16	16	14	12	12	12	10	10
11.4	20	20	20	18	18	16	16	14	12	12	12	10	10
12.1	20	20	18	18	16	16	14	14	12	12	10	10	10
12.7	20	20	18	18	16	16	14	14	12	12	10	10	
13.3	20	18	18	16	16	14	14	12	12	12	10	10	
14.0	20	18	18	16	16	14	14	12	12	12	10	10	
14.6	20	18	16	16	14	14	12	12	12	12	10	10	
15.2	18	18	16	16	14	14	12	12	12	10	10	10	

.....Continua tabla X

15.9	18	18	16	14	14	12	12	12	12	10	10		
16.5	18	16	16	14	14	12	12	12	12	10	10		
17.1	18	16	14	14	14	12	12	12	10	10	10		
17.8	16	16	14	14	12	12	12	12	10	10	10		
18.4	16	16	14	14	12	12	12	10	10	10			
19.1	16	14	14	12	12	12	12	10	10	10			
19.7	16	14	14	12	12	12	10	10	10	10			
20.3	14	14	12	12	12	12	10	10	10				
21.0	14	14	12	12	12	10	10	10	10				
21.6	14	12	12	12	12	10	10	10					
22.2	14	12	12	12	12	10	10	10					
22.9	14	12	12	12	10	10	10						
23.5	12	12	12	12	10	10	10						
24.1	12	12	12	10	10	10							
24.8	12	12	12	10	10	10							
25.4	12	12	10	10	10	10							
26.0	12	12	10	10	10								
26.7	12	12	10	10	10								
27.3	12	10	10	10									
27.9	12	10	10	10									
28.6	12	10	10										
29.2	10	10	10										
29.8	10	10											
30.5	10	10											

2.2.1.3 Lámina acanalada de fijación expuesta

Acanalado trapezoidal aplicable a cubiertas y muros de naves industriales, bodegas y construcciones en general donde se requiera mediana capacidad estructural y de desagüe. En techos se recomienda en vertientes no mayores a 15 m y pendientes no menores del 10%. Cuenta con canal antisifón.

Figura 6. Lámina acanalada de fijación expuesta



Figura 7. Sección de lámina acanalada ancho corto



Figura 8. Sección de lámina acanalada ancho largo



Tabla XI. Propiedades de la lámina acanalada

Propiedades de la sección									Acciones permisibles		
Calibre	PESO (Kg/m ²)		Compresión superior (momento positivo)			Compresión inferior (momento negativo)			Va max Kg/m	Reacción máxima	
	R-72	R-101	I+ (cm ⁴ /m)	S+ (cm ³ /m)	Mmax+ (Kg-m)	I- (cm ⁴ /m)	S- (cm ³ /m)	MMAX- (Kg-m)		Apoyo exterior Kg/m	Apoyo interior Kg/m
30	3.39		2.90	1.73	26.98	2.02	1.56	24.34	742	147	181
28	4.12	3.92	3.93	2.41	37.60	2.66	2.11	32.92	1279	208	330
26	4.89	4.64	4.93	3.07	47.89	3.38	2.73	42.59	1846	279	515
24	5.64	5.36	5.81	3.65	56.94	4.14	3.25	50.70	2372	359	731
22	7.91	7.52	8.33	5.34	83.30	6.78	4.90	76.44	3393	680	1557

2.3 Procedimientos y cuidados que se deberán tomar en cuenta en la construcción

Para la instalación de la losacero se consideran varios procedimientos y cuidados como lo son:

2.3.1 Cuidado de manejo

La forma apropiada de manejar la lámina será cargándola en forma vertical sobre su largo un hombre en cada extremo, de lo contrario ocasionara dobleces y rajaduras de la misma.

2.3.2 Cuidado de carga

Se tendrá cuidado de no golpear la lámina a la hora de cargarla en camiones, para evitar golpes en la parte de en medio será mejor hacerlo entre tres personas.

2.3.3 Cuidado de almacenaje

Estas se almacenan en forma de pila o torre, tomando en cuenta que tienen que tener entre cada una de ellas espacio de ventilación, se requiere que las pilas o torres contemplen una separación de un metro, se colocaran en forma inclinada con apoyos entre si. Se tendrán alejadas de cualquier tipo de líquido, gas o ácido.

2.3.4 Cuidado de fijación

Para la fijación de las láminas a las vigas de apoyo se contemplaran arandelas.

2.3.5 Cuidado de instalación

Para la instalación entre ellas para formar la cama de lámina se contemplara unir las o coserlas con pernos de cortante.

Ya que la misma lámina servirá como plataforma de trabajo o cimba los canales de esta se deberán proteger con madera o algún tipo de pasarela para evitar abollarlas con materiales, equipo o personal.

La colocación del concreto deberá ser uniforme a la lámina de preferencia con mangueras o tubos de aspirado esto evitara que el peso del concreto no se acumule en un solo lugar y defleccione la lámina.

2.4 Forma de operación de los sistemas

2.4.1 Secuencia de instalación

- Se almacenan las láminas en lugar donde no este a la intemperie.
- Se tiene edificada la estructura soporte.
- Se coloca la lámina losacero y se escuadra con respecto a la estructura.
- Se realiza el corte requerido.

- Se colocan las molduras perimetrales.
- Se fija la losacero a la estructura.
- Para los traslapes longitudinales se une con tornillos autoperforantes.
- Si se requiere dejar agujeros en el área de construcción se resuelve colocando mangas.
- Se coloca el refuerzo por temperatura, de preferencia malla electrosoldada.
- Se coloca el concreto en forma uniforme y bombeada.

A continuación se muestran las tablas de los sistemas para las diferentes cargas y apuntalamientos de las losas.

Tabla XII. Claros máximos sin apuntalamiento para lámina sección 4

Losacero Sección 4 Claros Máximos sin Apuntalamiento						
CALIBRE	APOYO	5cm	6cm	8cm	10cm	12cm
24	ff	1.77	1.70	1.59	1.50	1.42
	fff	2.38	2.29	2.15	2.03	1.93
	ffff	2.41	2.32	2.17	2.05	1.95
22	ff	2.12	2.04	1.90	1.79	1.69
	fff	2.83	2.73	2.55	2.40	2.28
	ffff	2.91	2.80	2.61	2.46	2.33

.....Continua tabla XII

20	↑↑ ↑↑↑ ↑↑↑↑	2.46	2.36	2.19	2.06	1.95
		3.20	3.08	2.89	2.72	2.58
		3.31	3.19	2.98	2.81	2.67
18	↑↑ ↑↑↑ ↑↑↑↑	3.00	2.87	2.67	2.50	2.36
		3.85	3.71	3.48	3.28	3.11
		3.98	3.84	3.59	3.39	3.22

Los claros anteriores fueron determinados de acuerdo a la especificación del SDI-1995 (Steel Deck Institute) para peso de la lámina, del concreto fresco y una carga de construcción distribuida de 98 kg/m² ó puntual de 223 kg/m. de ancho, al centro del claro; considerándose como limitantes un esfuerzo de trabajo de 0.6 Fy o una deflexión máxima de L/180 ó 1.9 cm.

Los valores que aparecen en la tabla superior, solo serán válidos si la lámina está correctamente "fijada" a las vigas de apoyo.

Los claros deberán considerarse a "ejes" es decir a centros de apoyos.

Tabla XIII. Claros máximos sin apuntalamiento para lámina sección 36 / 15

Claros máximos sin apuntalamiento (sección 36/15)						
Calibre	Apoyo	Concreto sobre cresta				
		5cm	6cm	8cm	10cm	12cm
24	ff	1.24	1.19	1.11	1.04	0.99
	fff	1.63	1.57	1.47	1.39	1.32
	ffff	1.65	1.59	1.49	1.41	1.34
22	ff	1.53	1.47	1.36	1.28	1.21
	fff	2.04	1.96	1.82	1.72	1.63
	ffff	2.06	1.98	1.84	1.74	1.65
20	ff	1.86	1.78	1.64	1.53	1.45
	fff	2.49	2.38	2.21	2.07	1.96
	ffff	2.52	2.41	2.23	2.09	1.98
18	ff	2.43	2.31	2.12	1.98	1.86
	fff	2.95	2.83	2.62	2.45	2.31
	ffff	3.05	2.92	2.71	2.53	2.39

Los claros anteriores fueron determinados de acuerdo a la especificación del SDI (Steel Deck Institute) para peso de la lámina, del concreto fresco y una carga de construcción distribuida de 98 kg/m² ó puntual de 223 kg/m de ancho, al centro del claro; considerándose como limitantes un esfuerzo de trabajo de 0.6 de F y o una deflexión máxima de L/180 ó 1.9 cm.

Los valores que aparecen en la tabla superior, sólo serán válidos si la lámina está correctamente "fijada" a las vigas de apoyo.

Tabla XIV. Claros sin conectores para lámina sección 36 / 15

Claros sin conectores													
losacero Sección 36/15 sobrecarga admisible (kg/m2)													
Cal.	espesor de conc. (cm)	Separación entre apoyos (m)											
		1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2
24	5	2000	2000	1644	1155	820	580	402	267				
	6	2000	2000	2000	1900	907	618	404	242				
	8	2000	2000	2000	1553	1008	617	329					
	10	2000	2000	2000	1696	1003	508						
	12	2000	2000	2000	1728	885	283						
22	5	2000	2000	2000	2000	1916	1530	626	463	335	235		
	6	2000	2000	2000	2000	2000	1795	683	486	333	211		
	8	2000	2000	2000	2000	1554	1081	731	464	257			
	10	2000	2000	2000	2000	1730	1129	683	345				
	12	2000	2000	2000	2000	1809	1076	534	121				

.....Continua tabla XIV

20	5	2000	2000	2000	1943	1461	1115	859	665	514	394	297	218
	6	2000	2000	2000	2000	1697	1280	972	738	556	411	294	199
	8	2000	2000	2000	2000	2000	1562	1145	827	580	384	226	
	10	2000	2000	2000	2000	2000	1770	1238	834	519	270		
	12	2000	2000	2000	2000	2000	1892	1243	750	366			
18	5	2000	2000	2000	2000	1850	1407	1253	1004	809	656	531	430
	6	2000	2000	2000	2000	2000	1613	1457	1157	923	737	587	464
	8	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1834	1425	1107	855	651	485
	10	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1633	1227	905	645	432
	12	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1768	1272	878	560	300

La sobrecarga admisible mostrada ya considera el peso propio de la lámina y del concreto. La sobrecarga admisible es considerada uniformemente distribuida y es lo que se tiene disponible para colocar sobre la losacero, no se requiere factorizar la solicitud de carga.

Para la selección del claro de apoyo, calibre y espesor de concreto adecuado es indispensable utilizar esta tabla en conjunto con la de "Claros Máximos sin Apuntalamiento".

Los valores de esta tabla solo serán válidos si la lámina losacero es debidamente sujeta a la estructura de soporte en cada valle, mediante tornillos auto-perforantes, clavo de disparo o soldadura así como deberá tener restricción al giro en los bordes discontinuos de la losa utilizando fronteras metálicas permanentes o conectores. No es aplicable a losas simplemente apoyadas con bordes laterales sin apoyo como se da en el caso de losa apoyada en dos extremos únicamente por dos muros.

Estos valores mostrados no son aplicables a losas con cargas vivas móviles como es el caso de estacionamientos de autos, en este caso se deberá de consultar al Departamento de Asesoría Técnica Construcción para su análisis específico.

Para determinar la resistencia como losa (losacero) se siguieron los lineamientos del *Steel Deck Institute* de 1991(SDI) considerando L/360 como el límite de deflexión.

El concreto deberá de tener una resistencia a la compresión a los 28 días ($f'c$) de 200 kg/cm² que para su proporcionamiento, revenimiento, elaboración y manejo deberá seguir las especificaciones vigentes del IMCYC o la Norma aplicable para un concreto con mínimo refuerzo y al ambiente en cuestión. No se deberá utilizar aditivos acelerantes de fraguado que contengan cloruros de sodio. Para disminuir el tiempo de colado y la cantidad de juntas frías se recomienda utilizar concreto bombeado.

Se deberá de realizar un cosido en el traslape longitudinal @30 cm con tornillos auto-taladrantes tipo Lap "lámina-lámina" en cualquiera de las siguientes presentaciones, *ITW Buildex Teks*: 10-16x3/4" HWH #1, 12-16x3/4" HWH #1, 1/4"-14x7/8" HWH #1.

Cuando se utilice soldadura como modo de fijación en calibres de Lámina Losacero 24 y 22 se deberá de colocar una arandela galvanizada calibre 16 (0.0613") con una perforación al centro de 3/8" de diámetro. Este accesorio se colocará sobre cada valle de la lámina coincidiendo en el apoyo y se aplicará la soldadura en el centro , verificando que se haya realizado un correcto anclaje con el elemento de soporte. Los calibres 20 y 18 no requieren arandela, únicamente el punto de soldadura de 3/8" de diámetro en cada valle.





Tabla XV. Claros con conectores para lámina sección 36 / 15

Con conectores													
losacero sección 36/15 sobrecarga admisible (kg/m2)													
Cal.	espesor de conc. (cm)	Separación entre apoyos (m)											
		1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2
24	5	2000	2000	2000	1996	1553	1236	1002	823	685	575	486	413
	6	2000	2000	2000	1900	1815	1445	1171	963	801	673	569	484
	8	2000	2000	2000	2000	2000	1862	1510	1242	1034	869	735	626
	10	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1849	1522	1267	1065	902	768
22	5	2000	2000	2000	2000	1916	1530	1244	1027	585	724	616	527
	6	2000	2000	2000	2000	2000	1795	1460	1206	1008	851	724	620
	8	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1893	1564	1308	1105	941	807
	10	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1922	1608	1359	1157	993
	12	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1908	1613	1374	1179	

.....Continua tabla XV

20	5	2000	2000	2000	2000	2000	1792	1461	1209	1013	857	731	629
	6	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1721	1425	1194	1011	864	743
	8	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1858	1558	1320	1128	971
	10	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1922	1629	1393	1200
	12	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1938	1658	1428
18	5	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1880	1560	1312	1115	956	826
	6	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1857	1562	1328	1139	985
	8	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1755	1506	1303
	10	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1874	1622
	12	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1940

Tabla XVI. Capacidades de carga neta para lámina acanalada con fijación expuesta

Tabla de capacidad de carga neta (kg/m ²) (uniformemente distribuida)																		
Condición de apoyo	Calibre	* Sep. Max. (m)	Separación entre apoyos (m)															
			Carga viva						Succión de viento **									
			1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20		
Simple 	30		213	147	107							258	179	132	101	80		
	28		297	205	149	113						350	243	178	137	108		
	26	1.15	378	261	191	145	108					453	314	231	177	140	113	
	24	1.35		311	227	172	135	92				539	374	275	210	166	135	111
	22	1.90			326	248	184	132	97			621	564	414	317	251	203	138
Doble 	30		191	132	96							287	199	146	112			
	28	1.10	259	179	130	99						399	277	204	156	123	100	
	26	1.45	336	232	169	128	100					508	353	259	199	157	127	105
	24	1.70		276	201	153	120	96				603	419	308	236	187	151	125
	22	2.20			304	231	181	145	118				578	452	339	268	217	179
Triple 	30		240	166	121							358	249	183	140			
	28	1.10	325	224	164	124						500	347	255	195			
	26	1.45		291	212	161	127	101				636	442	324	248	196	159	131
	24	1.70		346	253	192	151	121	99				525	386	296	233	189	156
	22	2.20			382	291	228	183	150					565	424	335	271	224
Cuatro o mas 	30		223	154	112							334	232	171	131			
	28	1.10	303	209	152	116						463	324	238	182	144		
	26	1.45	395	271	198	150	118	94				590	412	303	232	183	148	123
	24	1.70		322	235	179	140	112				707	487	360	276	218	176	146
	22	2.20			356	270	212	170	139					524	396	313	253	209

2.5 Ventajas

El sistema losacero nos proporciona varias ventajas en lo que a su uso se refiere las cuales podemos mencionar:

- Durante su instalación funciona como plataforma de trabajo (cimbra)
- Funciona como acero de refuerzo positivo
- Utiliza mayores claros
- Utiliza vigas ligeras
- Ahorra un peso en el acero hasta de 40%
- Colado de losas en menor tiempo
- Al estar la lámina galvanizada garantiza una larga vida
- Vida útil en cualquier condición ambiental o climática
- Se obtienen losas livianas (de 8 a 10 centímetros de espesor)
- Se instala de forma rápida y limpia

3 MÉTODO CONSTRUCTIVO

3.1 Aspectos estructurales

3.1.1 Forma de estructuración

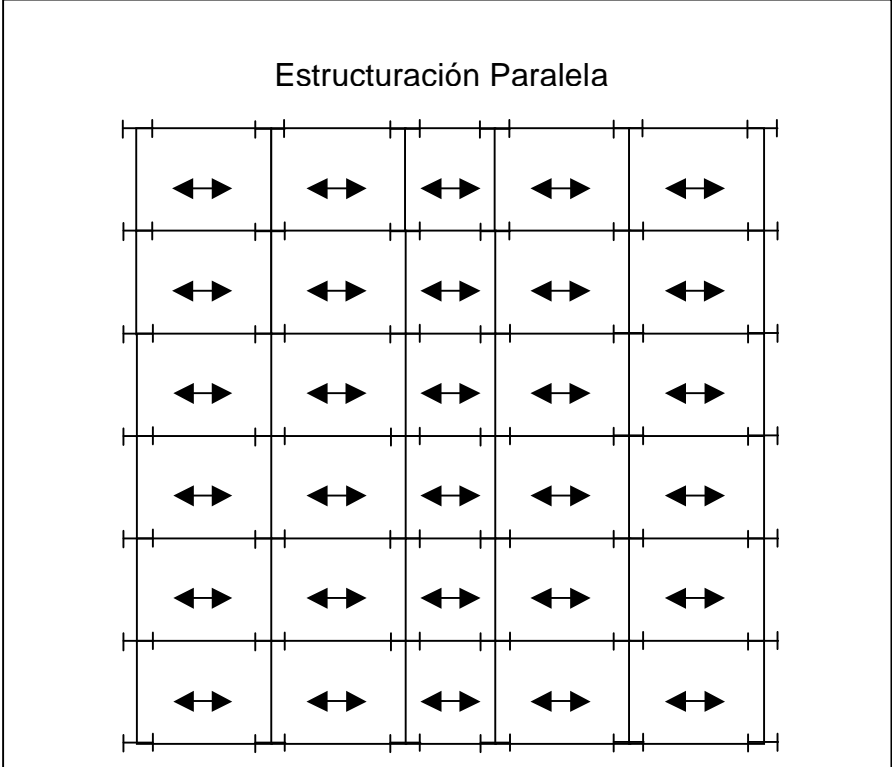
La forma de estructuración o colocación de las láminas de losacero se podrá hacer en dos formas:

3.1.1.1 Estructuración paralela

La forma de estructuración paralela es la mas utilizada pues se simplifica la forma de uso de las láminas, y la de fundición de losa.

Aunque las longitudes no son mayores se puede realizar varios tipos de estructura.

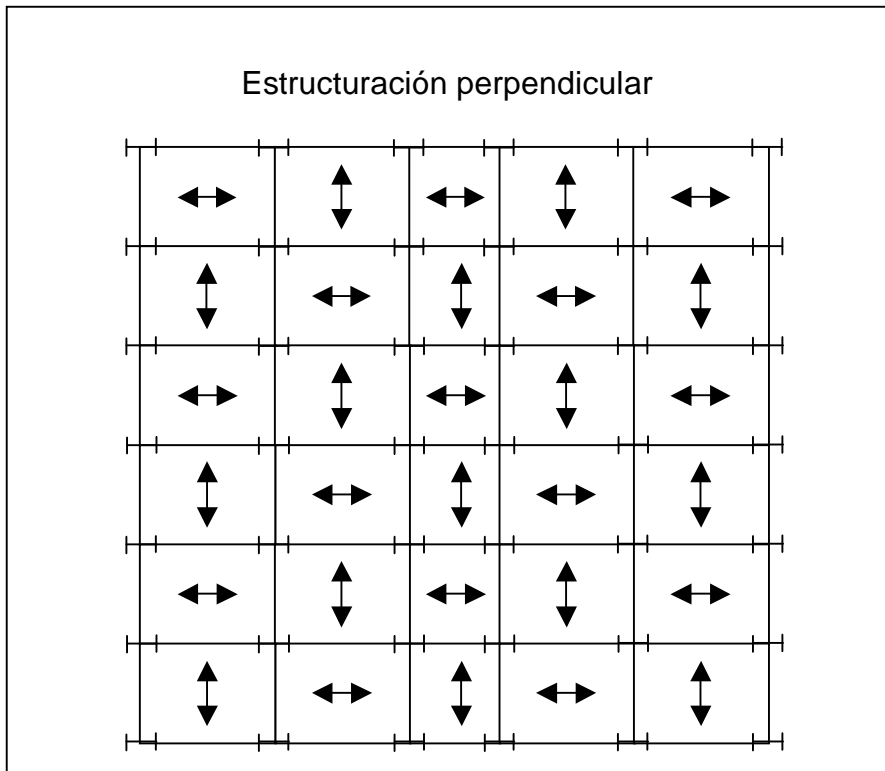
Figura 9. Estructuración paralela



3.1.1.2 Estructuración perpendicular

Este tipo de estructura es utilizado cuando las longitudes a construir la losa son mayores, ya que con la estructuración se alcanza rigidizar el sistema completo.

Figura 10. Estructuración perpendicular



3.1.2 Distribución de cargas

A continuación las graficas de cómo actúan las cargas en un sistema constructivo de losacero.

Figura 11. Distribución de cargas en eje central de losacero

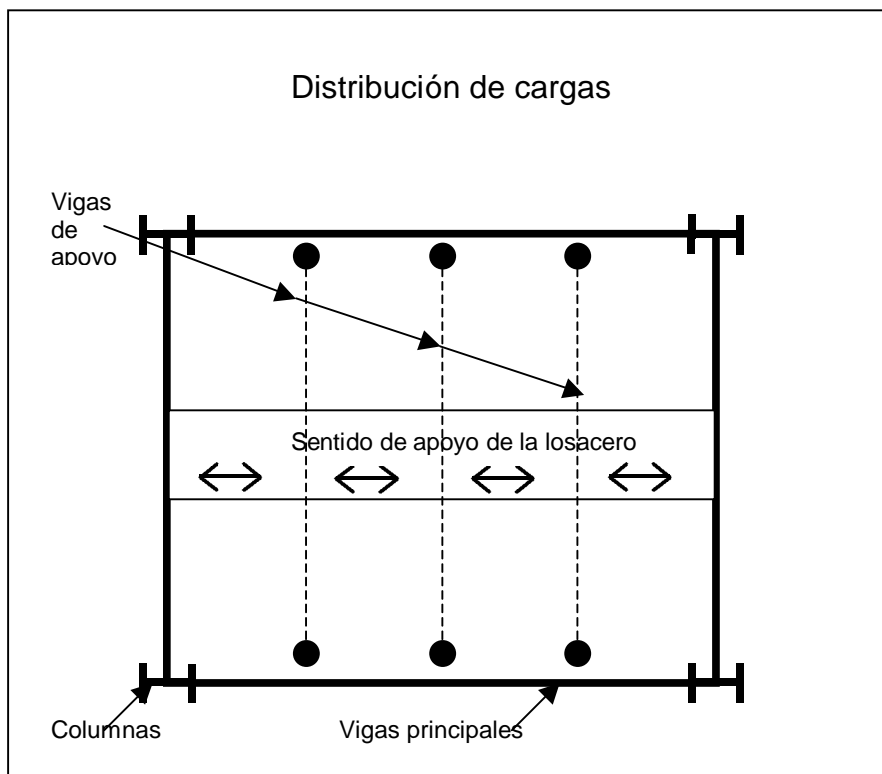


Figura 12. Distribución de cargas en viga de apoyo central

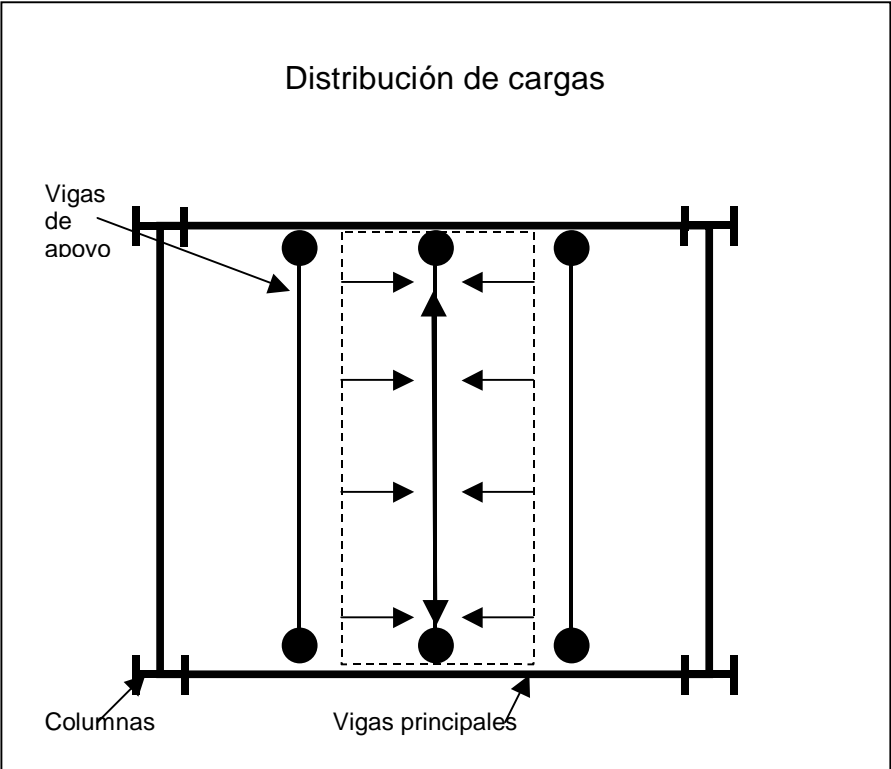
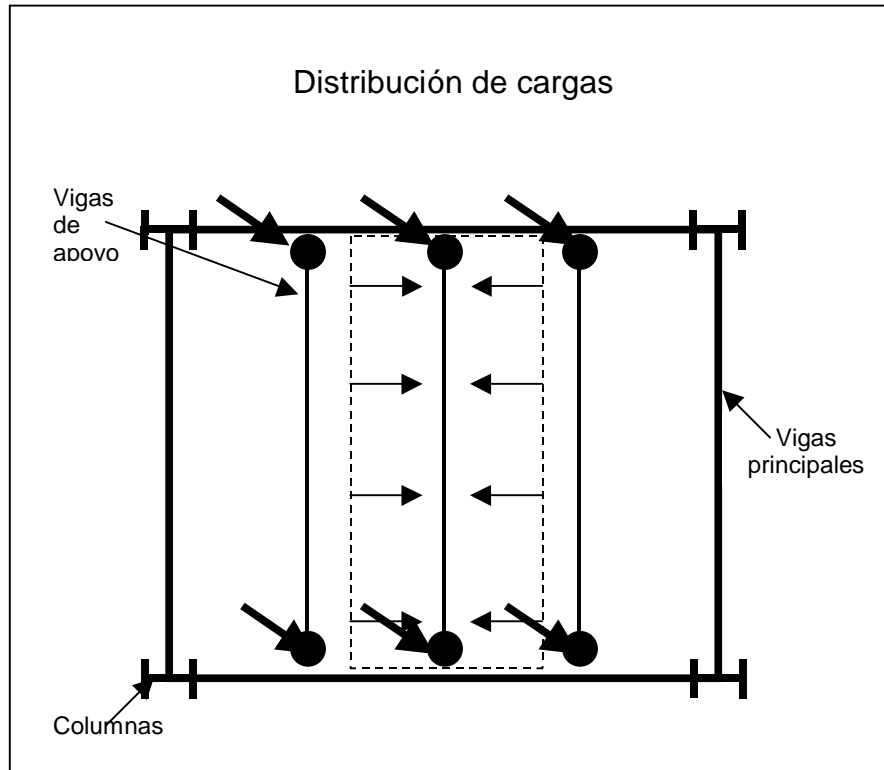


Figura 13. Distribución de cargas en las vigas de apoyo



3.2 Concreto estructural liviano

3.2.1 Definición

Es una mezcla de cemento Pórtland con agregados livianos y agua que cumple con las normas (ASTM C33 y ASTM C330) de las especificaciones para agregados de concreto, y cuyo peso volumétrico no sea mayor a 1800 kg/m^3 según norma (ASTM C567).

Según el código ACI 213R-87 es un concreto que tiene una resistencia de compresión a los veintiocho (28) días mayor a 175 kg/cm^2 (2500 psi) y un peso unitario secado al aire que no exceda los 1850 kg/mt^3 o sea 115 lb/ft^3 .

Este tipo de concreto lamentablemente es poco utilizado en nuestro medio ya que el concreto de peso normal por la tradición que ha mantenido y por la tecnología de producción y colocación lo ha opacado totalmente.

El concreto liviano tiene muchas ventajas si se utiliza de acuerdo a recomendaciones bien probadas y a un proporcionamiento que permita ser colocado en obra y que garantice resistencia y durabilidad.

Cabe mencionar que el objetivo del concreto liviano es de que a menor peso contenga la estructura, este tendrá un menor efecto sobre el corte basal.

3.2.2 Propiedades

Este concreto según ensayos realizados presenta un peso entre 1400 a 1700 kg/m^3 y la resistencia a la compresión sobrepasa los límites fijados por la (ASTM C330).

Cuando se utilizan concretos livianos, interesan principalmente dos propiedades; que su peso sea liviano y que posea suficiente resistencia a compresión, las cuales están relacionadas con el contenido de cemento y agregados. El esfuerzo a compresión del concreto liviano está más relacionado con el contenido de cemento por medio del asentamiento en fresco que por la relación agua-cemento, como ocurre con el concreto de peso normal.

El asentamiento debe ser adecuada para poder aceptar todas las propiedades deseadas en el concreto ya endurecido.

Una de las propiedades importantes del concreto liviano es la impermeabilidad, ya que esta es parte esencial para evitar el peso en la fundición de la losa.

Para obtener un concreto liviano se deberá usar agregados livianos altamente absorbentes ya que esto permitirá que la segregación del mismo sea en forma vertical hacia arriba.

Se consigue empleando agregados livianos, provocando la formación de burbujas en las pastas, añadiendo espuma o suprimiendo los finos, para lograr un concreto liviano durable y de alta resistencia, la mezcla deberá ser diseñada de modo que sea rica y densa con agregados de excelente calidad.

Cuando se utilizan concretos livianos, interesan principalmente dos propiedades; que su peso sea liviano y que posea suficiente resistencia a compresión, las cuales están relacionadas con el contenido de cemento y agregados. El esfuerzo a compresión del concreto liviano está más relacionado con el contenido de cemento por medio del asentamiento en fresco que por la relación agua-cemento, como ocurre con el concreto de peso normal. El asentamiento debe ser adecuada para poder aceptar todas las propiedades deseadas en el concreto ya endurecido.

La relación agua-cemento no se usa en concreto liviano como parámetro, en gran parte porque la absorción de los agregados livianos producen grandes variaciones para una misma resistencia y asentamiento en fresco.

La posibilidad de usar concreto liviano en el diseño estructural ha logrado estructuras de gran importancia desde que apareció aprobado para su uso por primera vez en el código (ACI 315-63) para los Estados Unidos, las normas del (ACI 318-83) también lo contemplan, lo que indica que ya una metodología de diseño, donde el ingeniero estructural podrá obtener información sobre las propiedades del concreto elaborado con un agregado liviano específico para un determinado proyecto.

3.2.3 Reglamentación y uso

En general, el reglamento del ACI refleja que la mayoría de acciones son desarrolladas aplicando un mismo criterio al diseño, en concreto de peso normal y en concreto liviano, con sólo pequeños cambios en algunos esfuerzos. Un módulo elástico en compresión menor que se refleja en la fórmula general del reglamento, pues, depende de su resistencia a compresión y peso unitario, lo cual produce una disminución en la rigidez, que en algunos casos puede ser deseable si se buscan menores respuestas dinámicas ó de impacto al esperarse asentamientos diferenciales en algún tipo de configuración especial para techos.

Toda la teoría de diseño por esfuerzos últimos y por esfuerzos de trabajo puede ser aplicable al concreto estructural liviano.

Respecto a la adherencia de las barras de refuerzo, el ACI recomienda un factor adicional cuando se utiliza concreto liviano, de entre 1.15 a 1.33., ya que las fuerzas laterales dinámicas son proporcionales a la masa de la estructura.

En el apéndice “ A” del ACI 318-83 se recomienda que la resistencia para el concreto utilizado en la estructura principal que resistirá el sismo no debe ser menor a 210 ni mayor a 280 kg/cm² para concreto estructural liviano. Lo cual reduce el problema a lograr esas resistencias con los agregados livianos.

Las norma que rige el concreto liviano es el código ACI 318-99 del capitulo No. 20, que dice:

ACI 318-99 20.5.1 “La porción de la estructura ensayada no debe mostrar evidencias de falla. El descascaramiento y aplastamiento del hormigón comprimido debe considerarse como una indicación de falla.

ACI 318-99 20.5.3 “ Los elementos estructurales ensayados no deben tener grietas que indiquen la inminencia de una falla por corte.

3.2.4 Conclusiones

Si en otros paí ses ya se han construido importantes estructuras con concreto liviano en muchos niveles y tamaños y ya existen recomendaciones (americanas) desde el ACI 318-63 que permiten utilizarlo en un diseño estructural en forma controlada, ya es hora de que en nuestro medio, luego de los estudios realizados junto a las pruebas efectuadas en laboratorio y viendo que los resultados obtenidos cumplen con las normas ASTM C-85 y ACI 213R-87, tenga una utilización más amplia tanto por el ingeniero diseñador, como por el ingeniero constructor que únicamente necesita conocer sus caracterí sticas para diseñarlo, producirlo y utilizarlo en sus obras de construcción.

Cabe mencionar que hoy en día a ciertas empresas se dedican a la producción y venta del concreto liviano, ya que este se encuentra con la probación de las reglas y códigos internacionales, y la aceptación de la sociedad ha sido bastante considerable.

4 ENSAYOS

4.1 Ensayo a flexión

El esfuerzo de flexión puro o simple se obtiene cuando se aplican sobre un cuerpo pares de fuerza perpendiculares a su eje longitudinal, de modo que provoquen el giro de las secciones transversales con respecto a los inmediatos.

Sin embargo y por comodidad para realizar el ensayo de los distintos materiales bajo la acción de este esfuerzo se emplea generalmente a las mismas comportándose como vigas simplemente apoyadas, con la carga concentrada en un punto medio (flexión práctica u ordinaria).

En estas condiciones además de producirse el momento de flexión requerido, se superpone a un esfuerzo cortante, cuya influencia en el cálculo de la resistencia del material varía con la distancia entre apoyos, debido a que mientras los momentos flectores aumentan o disminuyen con esta, los esfuerzos cortantes se mantienen constantes.

Es por esta razón que la distancia entre los soportes de la probeta se han normalizado convenientemente en función de la altura o diámetro de la misma, pudiendo aceptar entonces que la acción del esfuerzo de corte resulta prácticamente despreciable. Para ensayos más precisos la aplicación de la carga se hace por intermedio de dos fuerzas con lo que se logra “flexión pura”.

Ya hemos dicho que el ensayo de flexión en metales se realiza en aquellos frágiles y muy especialmente en las fundiciones en las que, si bien no resulta el que define mejor sus propiedades mecánicas, se justifica teniendo en cuenta que las mismas se encuentran sometidas, en muchos de sus usos, a esfuerzos similares, pudiendo reemplazar en esos casos al ensayo primario de tracción.

El valor de las flechas en los ensayos de verificación, suele ser un requisito a satisfacer indicándose, de acuerdo al empleo del material una máxima o mínima según que se desee su comportamiento como “flexible” o “frágil” ,

4.1.1 Ensayo de la lámina

4.1.1.1 Generalidades

Se presentó una lámina de losacero para ser ensayada a flexión, teniendo esta unas dimensiones de longitud de luz libre de 1900 mm y un ancho libre de 800 mm.

Esto con efecto de probar que la lámina cuando se le aplica una carga de concreto es funcional como losa final para vivienda popular.

4.1.1.2 Preparación del ensayo

- Se tiene la lámina de losacero de 2.00 metros de largo y 0.90 metros de ancho.
- Para obtener una losa real se requiere de malla electrosoldada.
- Se prepara el concreto liviano.

4.1.1.3 Secuencia del ensayo

- Se limpia la lámina de losacero para evitar que contenga materiales no deseados para la fundición de losa.
- Se trabaja como viga simplemente apoyada para el ensayo, por lo que se coloca entre dos apoyos.
- Se coloca la malla electrosoldada ya que este tendrá la función del acero de refuerzo.
- Ya con el concreto preparado se procede a la ejecución de la fundición.
- Para evitar que la lámina se defleccione al principio se coloca un apoyo provisional al centro de la misma para luego hacer sus lecturas respectivas.

- Se empieza a verter el concreto a la losa.
- El concreto debe alcanzar una altura de ocho (8) centímetros respecto a los canales de la lámina.
- Cuando la losa esté fundida está se deja fraguar veintiocho días para elaborar el ensayo.
- Pasado el tiempo de fraguado del concreto se inicia el ensayo.
- Primero se quita el apoyo intermedio que se colocó provisionalmente.
- Se colocan los deformómetros en un extremo así como al centro de la lámina respecto a $L/2$.
- Cuando está retirado el apoyo provisional y colocados los deformómetros, se toma lectura de los mismos, la cual será la primera lectura de deflexión.
- Se toma la lectura de los deformómetros sin ninguna carga, se procede a cargar parcialmente la losa, para lo cual nos ayudaremos con probetas cilíndricas de concreto con un peso determinado. Así hasta hacer cumplir las recomendaciones del capítulo 20 del código ACI 318-99.

- Luego de que la losa se encuentra con la carga distribuida y se han hecho tomas de lecturas parciales se dejará pasar el tiempo para obtener una deflexión final.
- Al obtener nuestra lectura de deflexión final se procede a descargar la losa con las mismas medidas parciales en peso con que se cargó la losa.
- Y así se toman las lecturas de los deformómetros cuando ya está totalmente descargada para obtener un gráfico del comportamiento de la losa.
- Se tabulan los datos y se obtienen los resultados.

4.1.1.4 Datos del ensayo

A continuación los datos obtenidos de las lecturas de los deformómetros, cabe mencionar que a un deformómetro le llamaremos “ punto A” , y al otro le llamaremos “ punto B” .

Figura 14. Esquema de la posición de los deformómetros en la lámina de losacero ensayada.

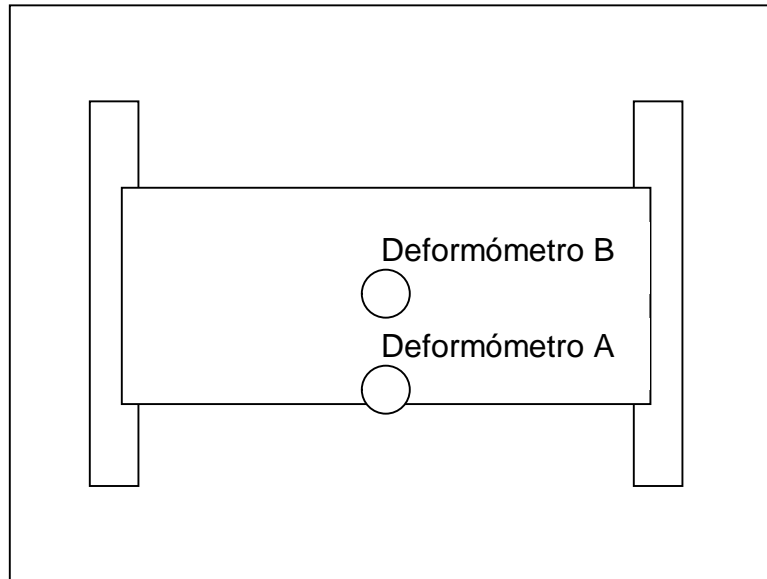


Tabla XVII. Datos del ensayo primera prueba

Carga Kg	Deflexiones de losa		
	extremo	centro	
	A mm	B mm	
0.00	0	0	
103.41	0.1	0.14	
206.82	0.23	0.31	
311.59	0.42	0.47	
411.14	0.53	0.64	
490.91	0.74	0.82	
490.91	0.93	1.15	Lectura 24 horas después
411.14	0.89	1	
307.73	0.66	0.84	
208.18	0.44	0.67	
102.73	0.29	0.52	
0.00	0.12	0.31	

Tabla XVIII. Datos del ensayo segunda prueba

Carga Kg	Deflexiones de losa		
	extremo	centro	
	A mm	B mm	
0.00	0.05	0.24	Lectura 1 hora después de descarga
0.00	-0.06	0.13	Lectura 72 horas después de descarga
167.94	0.15	0.35	
258.37	0.3	0.55	
374.64	0.49	0.74	
490.91	0.72	0.98	
490.91	0.91	1.24	Lectura 24 horas después
361.72	0.71	1.03	
232.54	0.55	0.86	
155.02	0.43	0.74	
77.51	0.35	0.68	
0.00	0.2	0.53	
0.00	0.08	0.33	

Tabla XIX. Código ACI 318-99 20.5 Evaluación de la resistencia de la estructura existente

Según ACI 318-99 20.5 Evaluación de la resistencia de estructuras existentes				
Def. máxima permitida	Def. max. Residual. 1o. (A)	Def. max. Residual 2o. (A)	Def. max. Residual. 1o. (B)	Def. max. Residual 2o. (B)
mm	mm	mm	mm	mm
2.26	0.23	0.18	0.29	0.25

Tabla XX. Comparación con ACI 318-99 20.5

	1era prueba (mm)	2da prueba (mm)	2da prueba (relativa) (mm)
Def. máxima en A	0.93	0.91	0.97
Def. máxima en B	1.15	1.24	1.11
Resultados	cumplió	cumplió	
Def. residual en A	-0.06	0.08	0.14
Def. residual en B	0.13	0.33	0.20
Resultados	cumplió		cumplió

Donde:

Las medidas de deflexión tomadas para la 1era prueba y 2da prueba son transcurridas 24 horas después de ser cargada la losa.

Los resultados obtenidos en la 2da prueba relativa se definen como la lectura obtenida al descargar totalmente la losa en la segunda prueba.

Tabla XXI. Datos de la losa ensayada

Largo	Ancho	Área	Carga máxima aplicada
m	m	m ²	Kg
1.9	0.99	1.881	490.91

Tabla XXII. Resultados obtenidos del ensayo

Carga (mayorada) / Área	Carga (permanente) / Área	Carga viva (85%)	Carga Viva
Kg/m ²	Kg/m ²	Kg/m ²	Kg/m ²
260.98	119.98	127.5	150

Donde:

$$\frac{\text{Carga (mayorada)}}{\text{Área}} = \frac{490.91 \text{ Kg}}{1.881 \text{ m}^2} = 260.98 \text{ Kg/m}^2$$

Carga mayorada es la carga total aplicada a la losa ensayada.

$$\frac{\text{Carga (permanente)}}{\text{Área}} = \frac{225.68 \text{ Kg}}{1.881 \text{ m}^2} = 119.98 \text{ Kg/m}^2$$

Carga permanente es la sumatoria del peso de la losa y la lámina de losacero.

4.1.1.5 Análisis del ensayo

Estos ensayos se realizaron con el personal del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

De acuerdo con los resultados obtenidos y comparados con el ACI 318-99 20.5 “evaluación de la resistencia de estructuras existentes”, se tiene que el sistema a flexión es apta para ser utilizada como losa final, utilizando una carga viva de 150 kg/m^2 .

Dado que con los ensayos elaborados se obtuvieron resultados exitosos u que comparados con el código ACI 318-99 20.5, cumple las recomendaciones que en el se definen, deducimos que el sistema es aplicable para la elaboración de losas finales en viviendas de tipo popular.

4.1.1.6 Gráficas de los ensayos

El comportamiento de las losas ensayadas se puede apreciar en las gráficas de las figuras No. 15 a la No. 22.

Figura 15. Gráfica de deflexión en punto “A” con la primera carga

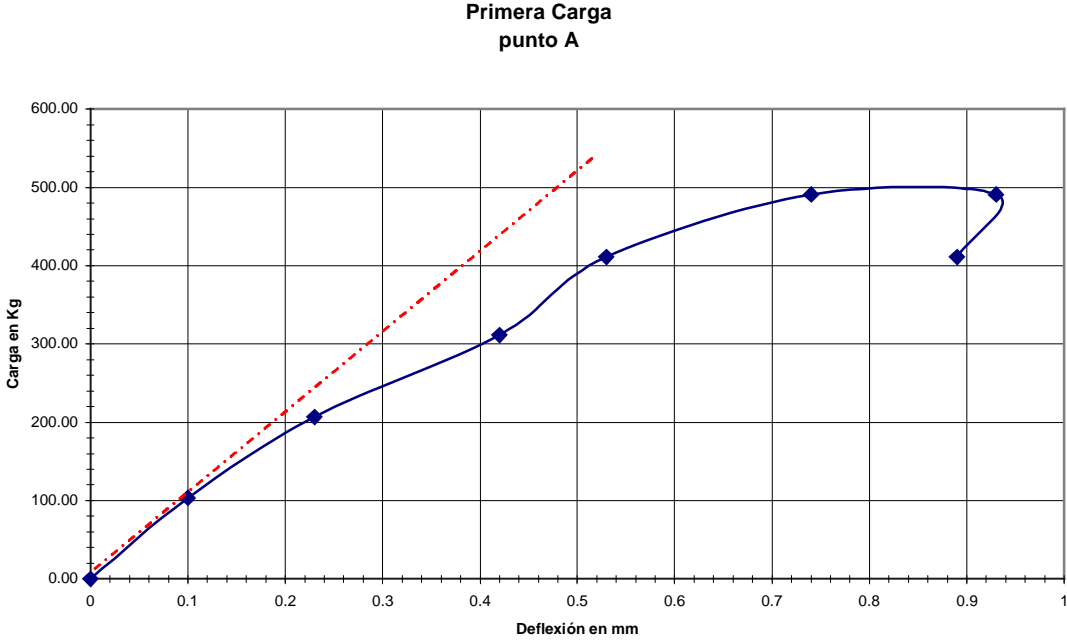


Figura 16. Gráfica de deflexión en punto “A” con la segunda carga

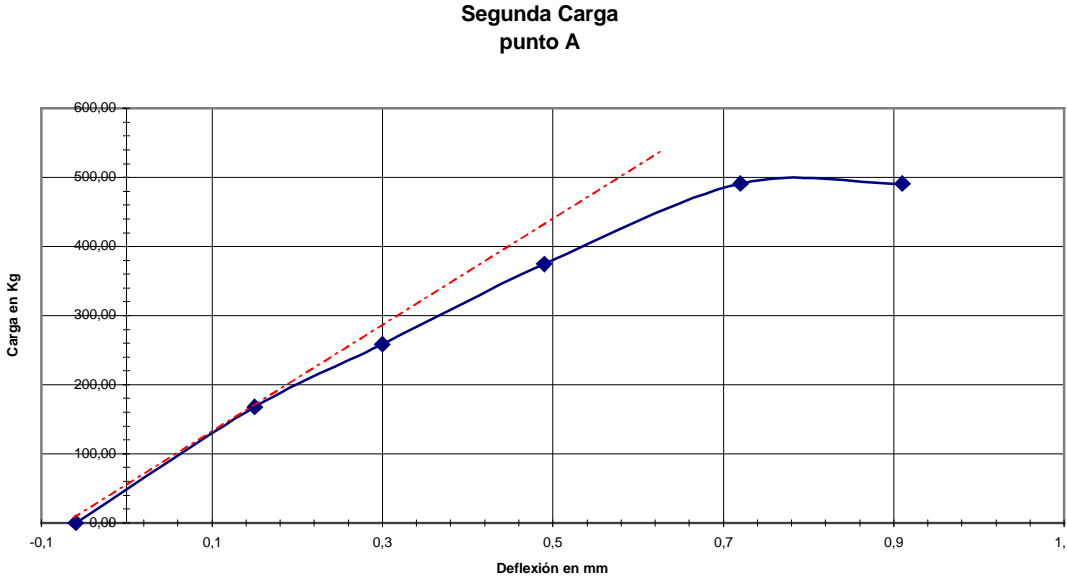


Figura 17. Gráfica de análisis comparativo de deflexiones en punto “A”

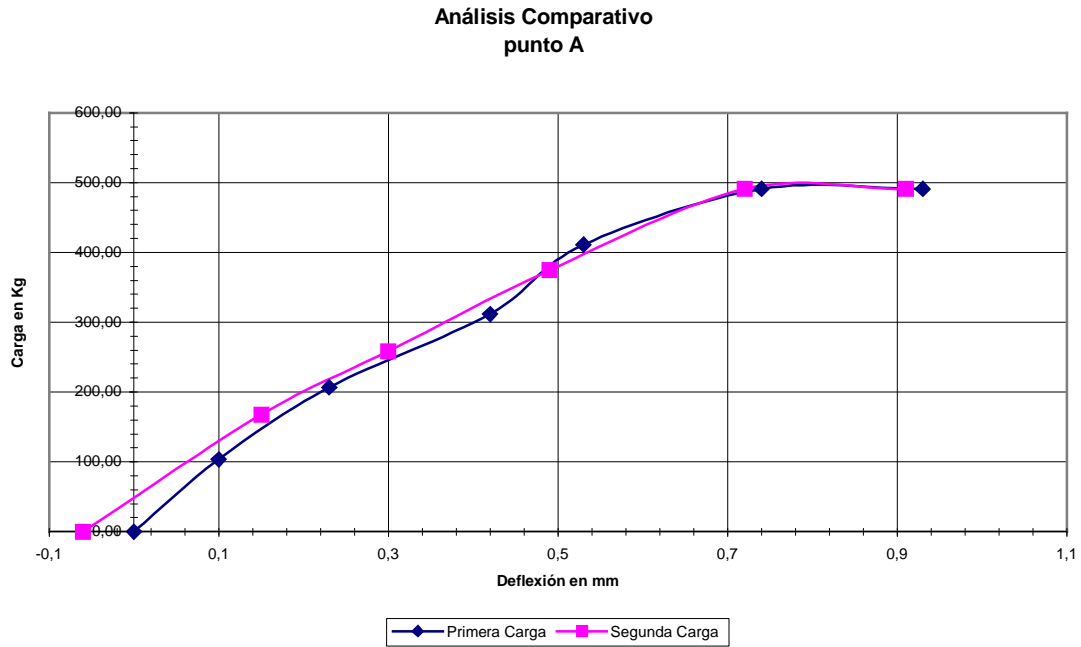


Figura 18. Gráfica de histéresis en punto “A”

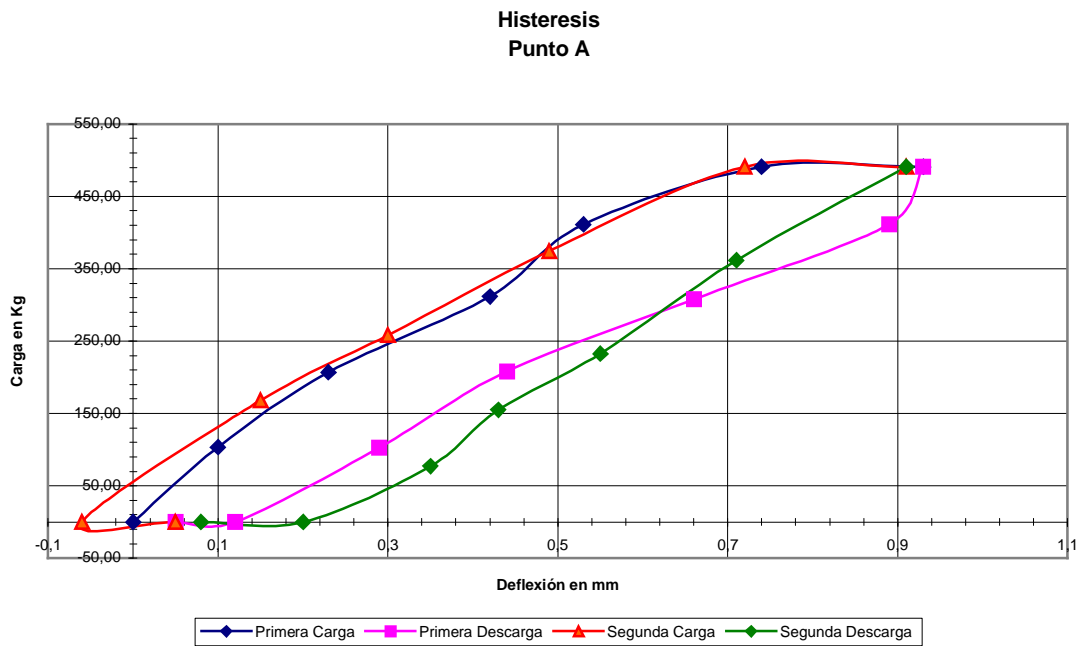


Figura 19. Gráfica de deflexión en punto “B” con la primera carga

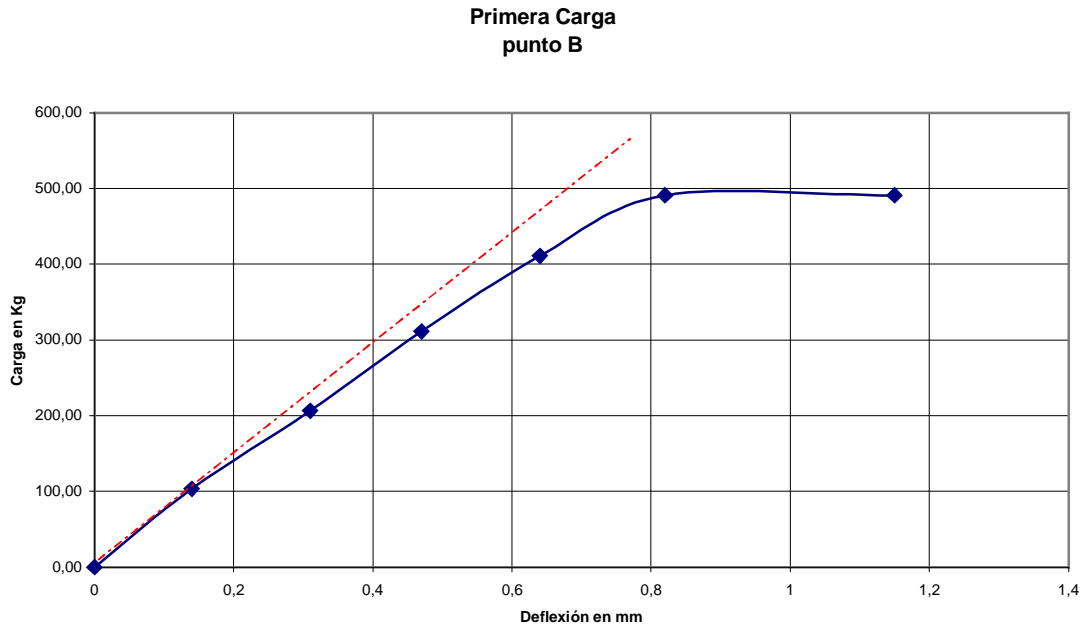


Figura 20. Gráfica de deflexión en punto “B” con la segunda carga

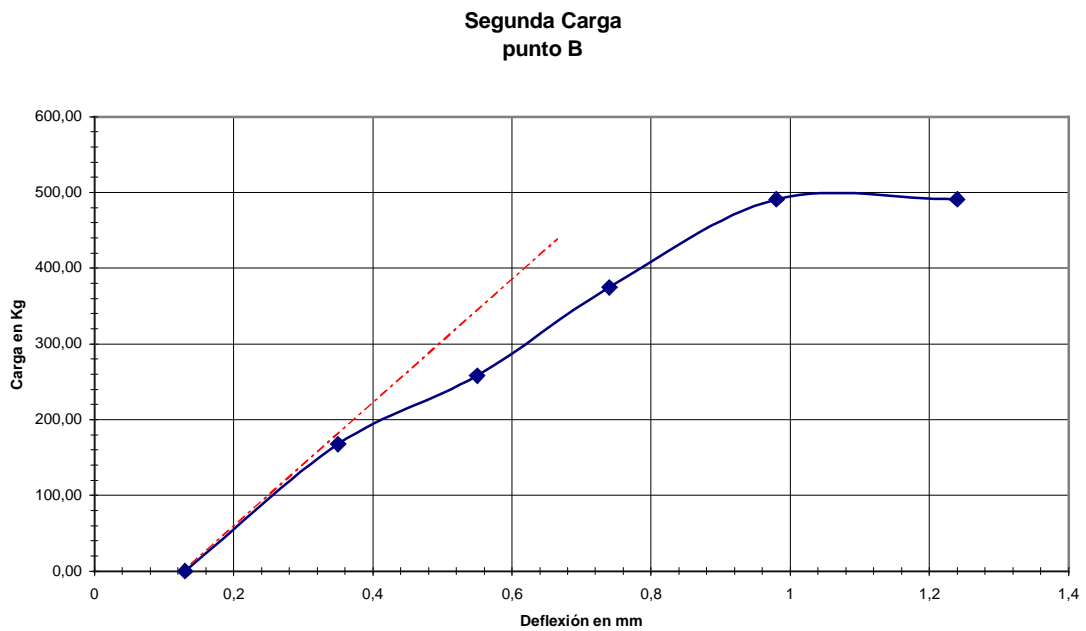


Figura 21. Gráfica de análisis comparativo de deflexiones en punto “B”

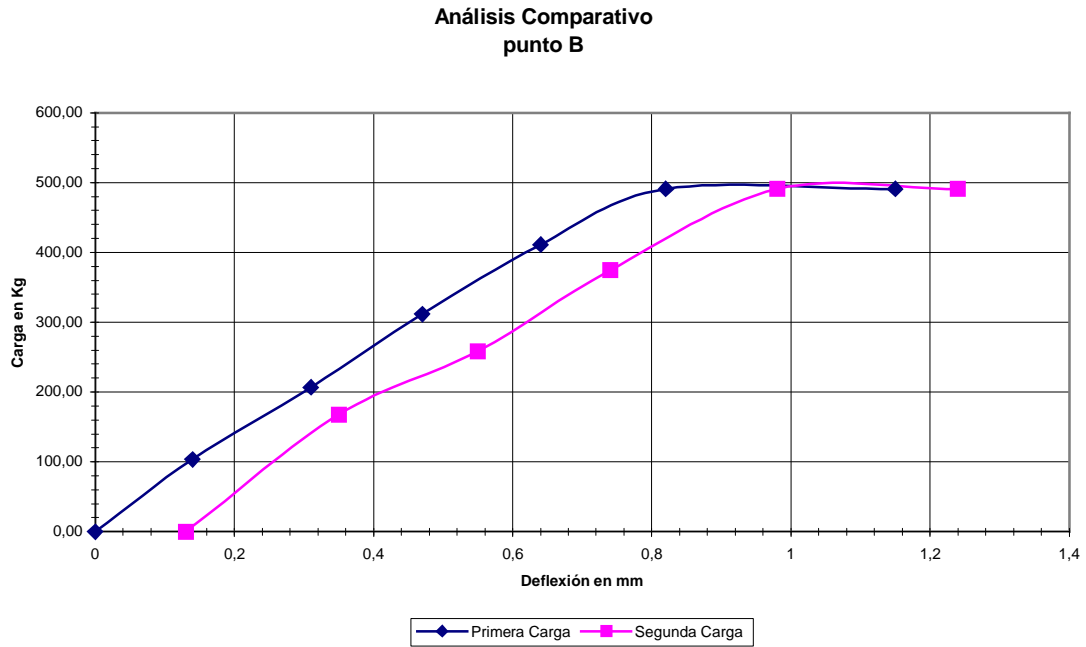
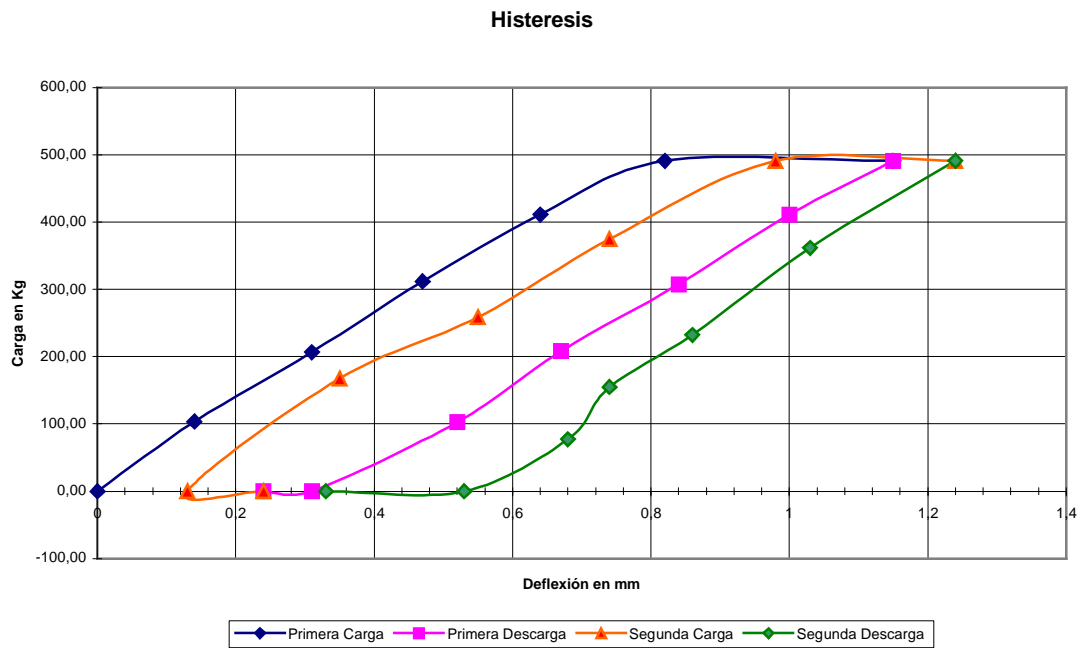


Figura 22. Gráfica de histéresis en punto “B”



CONCLUSIONES

- 1 El sistema constructivo ha alcanzado su objetivo, de resistir los ensayos efectuados dando como resultado un nuevo sistema de fundición de losa capaz de sustituir al tradicional, comparado con normas y códigos establecidos, ha calificado para ser un sistema de gran conveniencia ante el gremio de la construcción.
- 2 Se determinaron las propiedades mecánicas del sistema a través de ensayos cumpliendo los requerimientos establecidos.
- 3 Se concluye que la capacidad y resistencia del sistema fueron aprobados para ser utilizados para la construcción de techos en viviendas tipo popular.
- 4 Se establecieron los parámetros a los cuales se regirán la construcción de losas livianas para techos con el sistema de losacero.
- 5 Se estableció el procedimiento para el diseño y construcción de una losa fundida con láminas de losacero, el cual podrá ser utilizado en la sociedad guatemalteca.

RECOMENDACIONES

- 1 A IMSA de Guatemala, dar a conocer públicamente el producto con que se construye el sistema en general para que la población y la sociedad sepan de que el sistema constructivo propuesto nivela la calidad de construcción ante el sistema tradicional con el que se trabaja actualmente en obras de Ingeniería Civil y Arquitectura.
- 2 A la población estudiantil en especial a los estudiantes de Ingeniería Civil que tomen en cuenta que en el mundo en que vivimos hay que modernizarse en todo sentido, pues para un buen desarrollo del país se necesitan sistemas y métodos fáciles, convenientes y económicos de utilizar ante el medio que nos enfrentamos.
- 3 A los Ingenieros Civiles y Arquitectos constructores que tengan confianza en los nuevos métodos que día a día avanza conforme la tecnología, ya que, esto, también, podrá generar mayor producción en la construcción.
- 4 Al público en general que se analicen los sistemas constructivos propuestos, pues estos permiten que conservemos nuestro medio ambiente y que podamos controlar el excesivo gasto de recursos naturales no renovables.

BIBLIOGRAFÍA

1. Código ACI 318 – 99 Capitulo No. 20, inciso No. 5
2. Corzo Ávila, Mario Rodolfo. Ingeniero Civil. Asesoría técnica en el centro de investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
3. Engineering of Construccions. Pagina Web de la Industria de losacero. Costa Rica
4. Lámina Galvanizada. Pagina Web de Láminas Galvanizadas. México
5. Manual de instalación de Losacero. IMSA. Costa rica.
6. Segui, William T. **Diseño de estructuras de acero con LRFD**. Edición Thompson, segunda edición. Estados Unidos de América, 619 pp.
7. www.uis.edu.co Impermeabilidad al concreto liviano.
8. www.aabh.org.ar Concreto estructural liviano para losas fundidas.

ANEXO 1

Informe Técnico No. E-10-2005 Ensayo de losa a flexión Hoja 1



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME TÉCNICO No. E-10-2005

O.T. 18530

Página 1 de 2

INTERESADO: Steve López
ASUNTO: Ensayo de losa a flexión
FECHA: abril de 2005

Generalidades:

El interesado presentó una losa de concreto asentada sobre una lámina calibre 26, la luz libre 1900 mm., peralte en un nervio de 80 mm.

RESULTADOS:

Carga Kg.	viguetas de losa extremo centro			Carga Kg.	viguetas de losa extremo centro		
	A mm.	B mm.			A mm.	B mm.	
0.00	0	0		0.00	0.05	0.24	1 hora después
103.41	0.1	0.14		0.00	-0.06	0.13	72 horas después
206.82	0.23	0.31		167.94	0.15	0.35	
311.59	0.42	0.47		258.37	0.3	0.55	
411.14	0.53	0.64		374.64	0.49	0.74	
490.91	0.74	0.82		490.91	0.72	0.98	
490.91	0.93	1.15	24 horas después	490.91	0.91	1.24	
411.14	0.89	1		361.72	0.71	1.03	
307.73	0.66	0.84		232.54	0.55	0.86	
208.18	0.44	0.67		155.02	0.43	0.74	
102.73	0.29	0.52		77.51	0.35	0.68	
0.00	0.12	0.31		0.00	0.2	0.53	
				0.00	0.08	0.33	

Según ACI 318-99 20.5 Evaluación de la Resistencia de Estructuras Existentes				
Def. máxima permitida	Def. max. Residual. 1o. (A)	Def. max. Residual 2o. (A)	Def. max. Residual. 1o. (B)	Def. max. Residual 2o. (B)
mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
2.26	0.23	0.18	0.29	0.25

Según ACI 318-99 20.5 Evaluación de la Resistencia de Estructuras Existentes:

	1era prueba	2da prueba	2da prueba (relativa*)
Def. máxima en A	0.93	0.91	0.97
Def. máxima en B	1.15	1.24	1.11
Resultados	cumplió	cumplió	
Def. residual en A	-0.06	0.08	0.14
Def. residual en B	0.13	0.33	0.20
Resultados	cumplió		cumplió

*lectura medida desde la última descarga

Informe Técnico No. E-10-2005
Ensayo de losa a flexión
Hoja 2



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME TÉCNICO No. E-10-2005

O.T. 18530

Página 2 de 2

Largo	Ancho	Área	Carga Máxima Aplicada
m.	m.	m ²	Kg.
1.9	0.99	1.881	460.91

Carga/Área (mayorada)	Carga/Área (permanente.)	Carga (viva)/Área (85%)	Carga Viva
Kg./m ²	Kg./m ²	Kg./m ²	Kg./m ²
245.03	109.27	127.5	150

ANÁLISIS DE RESULTADOS:

- De acuerdo a los resultados anteriores comparados con el ACI 318-99 20.5 "Evaluación de la Resistencia de Estructuras Existentes", el sistema a flexión es apta para ser utilizada como losa final (Carga Viva de 150 Kg./m²).

Sin otro particular, atentamente.


 Ing. Mario Rodolfo Corzo
 JEFE SECCION DE ESTRUCTURAS

Vo.Bo. 
 Ing. Francisco Javier Quirón de La Cruz
 DIRECTOR CII USAC

