

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS DIFERENTES
SISTEMAS DE ENTREPISO EN EDIFICIOS BASADO EN
ASPECTOS DE SEGURIDAD Y COSTO**

PRESENTADO POR:

JACINTO ERNESTO CASCO GUARDADO
DAVID ARQUÍMIDES MAJANO SANDOVAL

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO DE 2019

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

MSc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

MSc. CRISTOBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO:

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR:

ING. JORGE OSWALDO RIVERA FLORES

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:
INGENIERO CIVIL

Título:

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS DIFERENTES
SISTEMAS DE ENTREPISO EN EDIFICIOS BASADO EN
ASPECTOS DE SEGURIDAD Y COSTO**

Presentado por:

**JACINTO ERNESTO CASCO GUARDADO
DAVID ARQUÍMIDES MAJANO SANDOVAL**

Trabajo de Graduación aprobado por:

Docentes Asesores:

**INGA. ADRY VIVINA FLORES ALVARADO
ING. HERBERT HERRERA COELLO
ING. LUIS RODOLFO NOSIGLIA DURÁN**

SAN SALVADOR, MAYO DE 2019

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Asesores:

INGA. ADRY VIVINA FLORES ALVARADO

ING. HERBERT HERRERA COELLO

ING. LUIS RODOLFO NOSIGLIA DURÁN

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso por guiarnos y darnos la sabiduría necesaria para haber desarrollado el presente trabajo, a nuestras familias por ser el apoyo en el cual se fundamentan nuestros propósitos; Queremos agradecer también a todas las personas que contribuyeron de forma directa o indirecta durante todo el desarrollo de la tesis brindando su apoyo y ayuda de una manera desinteresada.

A nuestros asesores, Ingeniera Adry Vivina Flores Alvarado, por ayudarnos a seleccionar el tema de investigación y apoyarnos en todo el desarrollo de la misma. A los Ing. Herbert Herrera Coello y Ing. Luis Rodolfo Nosiglia Durán por proporcionarnos las asesorías técnicas necesarias para cumplir satisfactoriamente los objetivos de la investigación, por su tiempo dedicado y su apoyo incondicional.

DAVID ARQUÍMIDES MAJANO

JACINTO ERNESTO CASCO

DEDICATORIA

A Dios, por ser el guía espiritual de mi vida, por protegerme durante el largo camino recorrido, por brindarme sabiduría y ayudarme a levantarme en los momentos difíciles y por todas las bendiciones que derrama sobre mi cada día.

A mis padres, Manuel Antonio Majano Gonzales (Q.D.D.G.) y Ana Gladys Sandoval Monroy, por su apoyo incondicional, por todos sus consejos, por ser personas dignas de mi admiración y cuyo ejemplo ha sido fundamental en mi desarrollo personal, por confiar en mí y darme la oportunidad de realizarme profesionalmente.

A mi compañero de tesis, Jacinto Ernesto Casco Guardado, por su apoyo y compañía, y a todos mis amigos por todas las experiencias vividas durante mi carrera.

A todos los docentes que han contribuido en mi desarrollo personal y profesional transmitiéndome sus conocimientos y experiencias.

DAVID ARQUIMIDES MAJANO SANDOVAL

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso y la Virgen María por bendecirme y enseñarme que ninguna carga es pesada si caminamos juntos de la mano su hijo que es nuestro Señor Jesucristo, gracias por darme el discernimiento entre lo bueno y lo malo por guiarme durante cada etapa de mi vida y en especial por darme el conocimiento necesario durante esta carrera y el presente trabajo.

A Fátima María Gutiérrez por su tiempo, comprensión y apoyo incondicional en cada etapa mi carrera, lo cual permitió culminar una de tantas metas que nos esperan en la vida y por darme su amor sin límites.

A Sebastián Ernesto Casco por ser la fuente de inspiración y superación, ya que me enseña que debo ser firme en mis objetivos y que me muestra que todo en la vida es posible.

A mis padres María Esperanza Guardado a mi padre Jacinto Casco Orellana (Q.D.D.G.) por haberme enseñado el camino correcto e inculcarme valores morales y espirituales y por apoyarme en todo lo que me he propuesto desde el momento que vine al mundo.

A familiares, compañeros de estudio y de trabajo, amigos y demás personas que me apoyaron moral y académicamente para lograr este triunfo.

JACINTO ERNESTO CASCO GUARDADO

RESUMEN EJECUTIVO

Debido a la necesidad de crear en el país nuevos espacios comerciales, habitacionales o de esparcimiento, la única forma de superarla es la construcción vertical por lo que el diseñador estructural debe decidir sobre cual sistema de losa de entrepiso es el más conveniente para un proyecto. En esta investigación se presentaron los diferentes sistemas de entrepisos más comunes usados en El Salvador, junto a su funcionalidad y costos, de forma que fuese factible realizar la comparación y la selección del sistema más adecuado entre los sistemas de entrepiso, bajo ciertos parámetros.

Se elaboraron diagramas de flujo para el diseño de cada sistema de entrepiso según normativa nacional como internacional, de forma que estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil, estudiantes afines a la construcción de las diferentes instituciones académicas del país, Ingenieros Civiles y personas interesadas, puedan usarlo como una guía de diseño.

El objetivo principal de este trabajo es presentar a través de los análisis estructural y costos, de los diferentes sistemas de entrepiso más utilizados en El Salvador, cuál es el sistema que mejor se adapta en costo, tiempo de ejecución, uso de materiales y mano de obra, proceso constructivo, según las características de cada proyecto.

El estudio se dividió en seis capítulos donde se recopiló la información necesaria la cual permitió presentar la mejor opción a desarrollarse en proyecto

según las condiciones y parámetros tomados en consideración en el presente proyecto.

El primer capítulo, tiene como fin introducir al lector sobre las consideraciones en que se desarrolló la presente investigación como lo son los antecedentes, objetivos, alcance de la investigación, así como las limitaciones y la justificación de la investigación.

El segundo capítulo, detalla cómo han evolucionado los sistemas de losas de entrepiso a través de la historia y sus generalidades como lo son su clasificación según los componentes que los conforman y su transmisión de carga, métodos de diseño, fallas típicas, procesos constructivos y los conceptos fundamentales sobre costo de obra.

En el tercer capítulo, se presentó las especificaciones técnicas necesarias para el análisis y diseño de los sistemas de entrepiso seleccionados, así como los métodos de diseño tanto manuales como a través del uso del software “Análisis Tridimensional Extendido de Edificaciones” Etabs 16.2.1, los cuales se rigieron según la normativa salvadoreña, catálogos de fabricantes, así como normativas internacionales.

El cuarto capítulo desarrolla el análisis económico donde se presentó los componentes que generan el costo de los sistemas de losa de entrepiso como la mano de obra, materiales y equipo y herramientas. Así mismo se ha tomado en cuenta los tiempos de ejecución según su el sistema de entrepiso, así como los costos por medio del laudo arbitral vigente de nuestro país.

En el quinto capítulo, muestran los resultados que se obtuvieron al momento de utilizar cada uno de los cuatro sistemas de entrepiso analizados, buscando la reducción de los costos económicos en el proceso constructivo. Para ello se presentaron las comparaciones técnicas y económicas. Según los parámetros del diseño estructural se consideraron el peso propio de cada sistema y las reacciones internas según los métodos manuales y de software. Sobre costos se considera el volumen de concreto, volumen de acero y el tiempo de ejecución, así como las ventajas y desventajas de cada uno de los sistemas analizados de acuerdo a toda la información recopilada en los capítulos II, III y IV.

Finalmente, en el capítulo sexto se presentaron las conclusiones y recomendaciones de la investigación, las cuales proporcionan las características de cada sistema de losa de entrepiso para que estas puedan ser utilizadas en un proyecto de construcción de edificios en El Salvador según las condiciones propias del proyecto y basadas en este estudio.

SIMBOLOGÍA UTILIZADA

a: profundidad del bloque rectangular equivalente de esfuerzos.

A_s: área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción.

A_{s, temp}: área de refuerzo por temperatura.

A_{s, min}: área mínima de refuerzo de flexión.

b: ancho de la cara en compresión del miembro.

c: distancia medida desde la fibra extrema en compresión al eje neutro.

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción (peralte efectivo).

d_{agg}: tamaño nominal máximo del agregado grueso

d_b: diámetro nominal de una barra.

D: efecto de las cargas muertas de servicio

E_c: módulo de elasticidad del concreto

E_s: módulo de elasticidad del refuerzo y del acero estructural, excluyendo el refuerzo preesforzado

f'c: Resistencia especificada a la compresión del concreto

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo no preesforzado,

h: espesor total o altura de un miembro.

I: momento de inercia de la sección con respecto al eje que pasa por el centroide.

I_b: momento de inercia de la sección bruta de una viga con respecto al eje que pasa por el centroide.

I_s: momento de inercia de la sección bruta de una losa con respecto al eje que pasa por el centroide.

L: efecto de las cargas vivas de servicio

I_d: longitud de desarrollo en tracción para barras corrugadas, alambres corrugados, refuerzo electrosoldado de alambre liso o corrugado.

I_{dh}: longitud de desarrollo en tracción de barras corrugadas o alambres corrugados con un gancho estándar, medida desde el extremo exterior del gancho, punto de tangencia, hacia la sección crítica.

LI: Lecho superior

I_n: luz libre medida entre caras de los apoyos

L_r: efecto de las cargas vivas de servicio del techo

LS: Lecho superior

M_n: resistencia nominal a flexión en la sección.

M_u: momento flector último en la sección.

Mu (-): Momento flector último a compresión.

Mu (+): Momento último a tensión.

S: espaciamiento medido centro a centro de unidades tales como refuerzo longitudinal, refuerzo transversal.

U: resistencia de un miembro o sección transversal requerida para resistir las cargas mayoradas o momentos y fuerzas internas en las combinaciones estipuladas por este Reglamento

V_c: resistencia nominal a cortante proporcionada por el concreto.

V_n : resistencia nominal a cortante.

V_s : resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo de cortante.

V_u : fuerza cortante mayorada en la sección

w_u : carga ultima lineal.

$\gamma_{C/R}$: Densidad, peso unitario, del concreto de peso normal.

α_f : Relación entre la rigidez a flexión de una sección de viga y la rigidez a flexión de una franja de losa limitada lateralmente por los ejes centrales de los paneles adyacentes (si los hay) a cada lado de la viga

α_{fm} : Valor promedio de α_f para todas las vigas en los bordes de un panel.

β : Relación de la dimensión larga a corta: de las luces libres para losas en dos direcciones.

β_1 : Factor que relaciona la profundidad de bloque rectangular equivalente de esfuerzos de compresión con la profundidad del eje neutro.

ρ : Cuantía del refuerzo A_s evaluada sobre el área bd .

ϕ : Factor de reducción de resistencia

ϵ_{cu} : Máxima deformación unitaria utilizable en la fibra extrema de concreto a compresión

ÍNDICE

CAPÍTULO I: ANTEPROYECTO

1.1 Antecedentes.....	37
1.2 Planteamiento del problema	39
1.3 Objetivos.....	41
1.3.1 Objetivo general	41
1.3.2 Objetivos específicos	41
1.4 Alcances	42
1.5 Limitaciones.....	43
1.6 Justificación	44

CAPÍTULO II: GENERALIDADES

2.1 Introducción	47
2.2 Desarrollo vertical de las edificaciones como alternativa de desarrollo.	50
2.3 Definición, clasificación y descripción de los sistemas de entepiso.....	51
2.3.1 Definición de losa	52
2.3.2 Funcionalidad en los edificios	52
2.3.3 Clasificación de losas	52
2.3.3.1 Según los materiales:	54
2.3.3.2 Según como transmiten la carga.	56
2.3.3.2.1. Losa Unidireccional.	56
2.3.3.2.2. Losa Bidireccional.	59
2.3.3.3 Materiales que componen los diferentes sistemas de entepiso	61

2.3.3.3.1	Concreto.....	61
2.3.3.3.2	Acero de refuerzo	63
2.3.3.3.3	Lámina de acero galvanizada:.....	65
2.3.3.3.4	Bovedilla utilizada en sistema prefabricado:	65
2.3.3.3.5	Vigueta utilizada en sistema prefabricado:	66
2.3.3.3.6	Malla de acero refuerzo por temperatura	67
2.3.4	Descripción de los sistemas de entrepiso más utilizados en el país. ...	67
2.3.4.1	Sistema de losa densa de concreto reforzado	68
2.3.4.2	Sistema losa de acero	68
2.3.4.3	Sistema de losa prefabricada (viguetas - bovedilla).....	69
2.3.4.3.1	Principales características del sistema tradicional de viguetas y bovedilla dispuesto por la empresa MONOLIT.	70
2.3.4.3.2	Principales características del sistema tradicional de viguetas y bovedilla dispuesto por la empresa ECONSA.	71
2.3.4.3.3	Principales características del sistema tradicional de viguetas y bovedilla dispuesto por la empresa COPRESA.	73
2.4	Factores que determinan la elección del sistema de entrepiso.	75
2.5	Fase conceptual	76
2.5.1	Procedimiento general de estructuración	77
2.6	Métodos de diseño estructural para los cuatro sistemas de entrepiso que se someterán a comparación	82
2.6.1	Métodos basados en la teoría elástica (teoría clásica).....	83

2.6.2 Métodos basados en la teoría plástica (análisis límite)	84
2.6.3 Clasificación de las cargas de acuerdo a la acción sobre la estructura	87
2.6.4 Cargas para el diseño de losas por el método de resistencia última...	89
2.6.5 Procedimiento general para el diseño de losas.....	91
2.6.6 Métodos de análisis simplificado para losas no preesforzadas	92
2.6.7 Diseño de losas densas de concreto reforzado	94
2.6.7.1 losa densa unidireccional:	94
2.6.7.2 Diseño de losas bidireccionales de concreto reforzado según ACI 318S 14.....	98
2.6.7.3 Método de los coeficientes para losas de dos direcciones.....	103
2.6.8 Análisis y diseño del sistema de entrepiso prefabricado de vigueta y bovedilla (losa tradicional COPRESA)	109
2.6.9 Diseño de un sistema de piso compuesto de concreto y acero.....	113
2.6.9.1 Diseño como formaleta.....	113
2.6.9.2 Diseño como sección compuesta	115
2.7 Fallas típicas en los diferentes tipos de losas	117
2.7.1 Agrietamiento en losas	117
2.7.2 Comportamiento y modos de falla	119
2.7.3 Motivos de fallas frecuentes en losa	123
2.8 Procesos constructivos de los diferentes sistemas de entrepisos	125
2.8.1 Proceso constructivo general de los diferentes sistemas de entrepiso.	127

2.8.2	Proceso constructivo de losa densa	129
2.8.3	Proceso constructivo de losa con vigueta prefabricada y bovedilla....	134
2.8.3.1	Proceso de instalación.....	134
2.8.4	Proceso constructivo de losa con lámina colaborante.....	136
2.8.4.1	Especificaciones técnicas para la instalación de losa acero según Galvadeck.	136
2.8.4.2	Proceso de instalación de losa acero	137
2.8.5	Comparación de los diferentes sistemas de entepiso.	141
2.9	Elementos del costo de los sistemas de entepiso.	142
2.9.1	Características de los costos	143
2.9.2	Procedimiento para la determinar el precio unitario de un sistema de losa densa	144
2.9.2.1	Encofrado de madera	144
2.9.2.2	Hechura del concreto.....	148
2.9.2.3	Acero de refuerzo	148
2.9.2.4	Colocación concreto, vibrado y enrasado	150
2.9.2.5	Curado y desencofrado	151
2.9.3	Procedimiento para la determinar el precio unitario de un sistema de losa prefabricada	152
2.9.3.1	Encofrado y entarimado.....	152
2.9.3.2	Colocación de viguetas, bovedilla y electromalla	153
2.9.3.3	Colocación de bastones.	154

2.9.3.4 Colocación concreto, vibrado y enrasado	155
2.9.3.5 Curado y desencofrado	155
2.9.4 Procedimiento para determinar el precio unitario de un sistema de losa compuesta con lámina de acero galvanizado	155
2.9.4.1 Paraleado y entarimado.....	155
2.9.4.2 Colocación concreto, vibrado y enrasado	156
2.9.4.3 Curado	156

CAPÍTULO III: ANÁLISIS TÉCNICO

3.1 Introducción	158
3.2 Descripción técnica del edificio	159
3.2.1 Resistencia de los materiales	159
3.2.2 Dimensiones del edificio	160
3.2.3 Cargas de la estructura	162
3.3 Diseño de losa densa unidireccional.....	163
3.3.1 Revisión de claro largo (L) entre claro corto (a)	164
3.3.2 Planta para el diseño de losa unidireccional con vigas secundarias ..	165
3.3.3 Procedimiento de diseño	166
3.4 Diseño de losa densa bidireccional.....	185
3.4.1 Planta de diseño	186
3.4.2 Procedimiento de diseño	186
3.5 Diseño de losa tradicional COPRESA.....	214
3.5.1 Planta estructural.....	215

3.5.2 Procedimiento de diseño	216
3.6 Diseño de losa Galvadeck 25	225
3.6.1 Planta de diseño	226
3.6.2 Procedimiento de diseño	226
3.7 Cálculo de momentos y sus respectivas áreas de acero de refuerzo en el software de diseño Etabs 16.2.1.....	242
3.7.1 Momentos y Acero de refuerzo para losa densa unidireccional	244
3.7.2 Momentos y Acero de refuerzo para losa densa bidireccional	245
3.7.3 Momentos y acero de refuerzo para losa de vigueta y bovedilla	248

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1 Introducción	254
4.2 Presupuesto de losa densa unidireccional	255
4.2.1 Encofrado de madera	256
4.2.2 Hechura del concreto.....	260
4.2.3 Acero de refuerzo para armado.	265
4.2.4 Colocación concreto, vibrado y enrasado	270
4.2.5 Curado a partir de sellador líquido	271
4.2.6 Hoja universal del sistema de losa densa unidireccional	273
4.3 Presupuesto de losa densa bidireccional	275
4.3.1 Encofrado de madera	276
4.3.2 Hechura del concreto.....	276
4.3.3 Acero de refuerzo	277

4.3.4 Colocación concreto, vibrado y enrasado	281
4.3.5 Curado a partir de sellador liquido	283
4.3.6 Hoja universal del sistema de losa densa bidireccional	283
4.4 presupuesto de losa COPRESA VT1-15.....	285
4.4.1 Apuntalamiento.....	286
4.4.2 Sistema de vigueta y bovedilla	288
4.4.3 Acero de refuerzo	290
4.4.4 Colado de losa aligerada VT1-15.....	292
Total de costo por m ³ de concreto = \$90.52	293
4.4.5 Colocación concreto, vibrado y enrasado	293
4.4.6 Curado a partir de sellador liquido	295
4.4.7 Hoja universal del sistema COPRESA VT1-15	296
4.5 Presupuesto de losa acero GalvaDeck	298
4.5.1 Paraleado y entarimado.....	299
4.5.2 Colocación de electromalla y acero para refuerzo negativo	300
4.5.3 Hechura del concreto.....	303
4.5.4 Curado a partir de sellador liquido	304
4.5.5 Hoja universal del sistema de losa acero GALVADECK 25.	305
 CAPÍTULO V: COMPARACION TÉCNICA-ECONÓMICA	
5.1 Introducción	308
5.2 Comparación técnica-económica de cada uno de los sistemas de losas de entrepiso.....	309

5.2.1 Análisis sobre los resultados obtenidos por métodos de diseño manual y uso de Software.....	309
5.2.2 Peso total de cada uno de los sistemas de entrepiso	317
5.2.3 Cuantías de acero de refuerzo, concreto por metro cuadrado y tiempo de ejecución de cada sistema de losa de entrepiso	323
5.2.3.1 Cuantías de acero de refuerzo	323
5.2.3.2 Volumen de concreto por sistema de losa de entrepiso	327
5.2.3.3 Tiempo de ejecución	329
5.2.4 Costos e indicadores	332
5.2.4.1 Materiales.....	332
5.2.4.2 Materiales, equipo y herramientas.....	334
5.2.4.3 Costo directo.	336

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones	340
6.2 Recomendaciones	343
Bibliografía.....	347

Anexos

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 2.1: Sistema de entrepiso de madera.	47
Figura 2.2: Sistema de terrado.....	48
Figura 2.3: Clasificación de las placas.	53
Figura 2.4: Clasificación de losas	53
Figura 2.5: Losa densa.	54
Figura 2.6: Losa aligerada.	55
Figura 2.7: Losas combinadas.	55
Figura 2.8: Losa reticular con material de relleno	56
Figura 2.9: Losa Unidireccional.....	57
Figura 2.10: Losa Bidireccional.....	59
Figura 2.11: Propiedades y características del concreto.	61
Figura 2.12: Bovedilla.	65
Figura 2.13: Colocación de vigueta.....	67
Figura 2.14: Losa de concreto reforzado.	68
Figura 2.15: Losa de lámina colaborante.	69
Figura 2.16: Sistema de losa prefabricada.....	70
Figura 2.17: Tipo de vigueta a utilizar, según carga viva y luz a cubrir.	72
Figura 2.18: Espesores de losas según su luz y tipo.	76
Figura 2.19: Fase conceptual para una edificación.	77
Figura 2.20: Elementos verticales sismorresistentes	78

Figura 2.21: Incorporación de columnas en los vértices faltantes de la planta geométrica.....	79
Figura 2.22: Conformación de ejes estructurales para la verificación de la colinealidad entre columnas, con respecto a ejes ortogonales.	79
Figura 2.23: Incorporación de nuevos ejes estructurales.	80
Figura 2.24: Ubicación de ejes secundarios	81
Figura 2.25: Cargado de los tableros del sistema de piso.....	81
Figura 2.26: Ejes estructurales en la planta del edificio.	82
Figura 2.27: Ensayos con base a la teoría de la resistencia última	87
Figura 2.28: Resumen de los coeficientes de momento del Código ACI.	94
Figura 2.29: Comportamiento de losa densa unidireccional.....	95
Figura 2.30: Franja central y franja de columna.	100
Figura 2.31: Efecto de las aberturas en la losa y extremos libres.	101
Figura 2.32: Planta de una losa de piso típica en dos direcciones con vigas en los ejes de columnas.	105
Figura 2.33: Colocado de bastones.	112
Figura 2.34: Empalme de la malla dentro de la viga.	112
Figura 2.35: Configuraciones de agrietamiento en losas.	119
Figura 2.36: Espécimen de ensayo y configuración de agrietamiento en una losa conectada a una columna de borde.....	120
Figura 2.37: Gráfica carga-deflexión de una losa.....	121

Figura 2.38: Configuraciones de agrietamiento para distintos valores de la carga aplicada.	122
Figura 2.39: Materiales y equipo.	126
Figura 2.40: Encofrado para Colado de la Losa.	130
Figura 2.41: Parrilla de acero de refuerzo.	132
Figura 2.42: Armado de acero de refuerzo.	132
Figura 2.43: Colado de losa de concreto.	133
Figura 2.44: Colocación de viguetas.	134
Figura 2.45: Colocación de franja de bovedilla.	135
Figura 2.46: Apuntalamiento provisional de viguetas.	135
Figura 2.47: Trazo y alineación de lámina.	137
Figura 2.48: Componentes de losa acero.	138
Figura 2.49: Colocación de pernos para centrado de la sección.	138
Figura 2.50: Instalación en estructuras de concreto.	139
Figura 2.51: instalación en estructuras de concreto por medio de placas de anclas ahogadas.	139
Figura 2.52: formas de apuntalamiento para losa acero.	140

CAPÍTULO III

Figura 3.1: Elevación de columnas y vigas primarias.	160
Figura 3.2: Vista en planta del edificio.	161
Figura 3.3: Sección de viga primaria, secundaria y columnas las cuales serán usadas en el diseño.	162

Figura 3.4: Distribución de cargas en planta.	165
Figura 3.5: Corte 1-1 en sección transversal de losas y vigas.	166
Figura 3.6: Corte de losas y vigas 2-2.....	167
Figura 3.7: Representación de los cortantes y momentos flectores en losa sección 1-1.	171
Figura 3.8: Representación de los cortantes y momentos flectores en losa sección 2-2.	171
Figura 3.9: Franja de análisis de ancho unitario de 1.0 m.	172
Figura 3.10: Acero requerido según cálculos en los cortes 1-1 (a) y 2-2 (b). ..	175
Figura 3.11: Acero mínimo exige el diseño para las secciones de 6 (a) y 2 (b) claros continuos respectivamente.	176
Figura 3.12: Puntos estándar de corte.	178
Figura 3.13: Longitud de bastones más el gancho de empotramiento.	180
Figura 3.14: Tablero intermedio.	183
Figura 3.15: Longitudes del tablero de losa para la obtención del acero por temperatura.	183
Figura 3.16: Planta estructural clasificada por caso según método de los coeficientes.....	186
Figura 3.17: Caso 4. Lados achurados se consideran continuos.	193
Figura 3.18: Reacciones y cortantes en losas en dos direcciones.	194
Figura 3.19: Lados achurados se consideran continuos (caso3).	195
Figura 3.20: Caso 5. Lados achurados se consideran continuos	197

Figura 3.21: Franja de análisis de ancho unitario de 1.0 m.	198
Figura 3.22: Momentos (kg-m) en la franja central en la dirección corta de los tableros 1, 4 y 6.	199
Figura 3.23: Momentos (kg-m) en la franja central en la dirección larga de los tableros 1, 4 y 6.	199
Figura 3.24: Acero requerido en las franjas centrales en la dirección larga (a) y corta (b) de cada tablero.	209
Figura 3.25: Revisión del acero mínimo en las franjas centrales en la dirección larga (a) y corta (b) de cada tablero.	210
Figura 3.26: Planta estructural de losa para el diseño como sistema de vigueta y bovedilla.	215
Figura 3.27: Sección de vigueta para el cálculo del peralte efectivo.	220
Figura 3.28: Apoyo de vigueta en viga exterior.	223
Figura 3.29: Apoyo de vigueta en viga intermedia.	224
Figura 3.30: Planta estructural para el diseño de la losa Galvadeck.	225
Figura 3.31: Distribución de tensiones para el momento negativo.	237
Figura 3.32: Longitud de bastones corridos en los apoyos internos.	240
Figura 3.33: Planta de entepiso para modelación de los sistemas de losa.	243
Figura 3.34: Momentos (kg-m) en losa densa unidireccional para franja unitaria intermedia.	244
Figura 3.35: Acero de refuerzo (cm^2/m)	245

Figura 3.36: Momentos (kg-m) en LD bidireccional para franja unitaria intermedia en dirección larga.	246
Figura 3.37: Momentos (kg-m) en LD bidireccional para franja unitaria intermedia en dirección corta.	246
Figura 3.38: Acero de refuerzo (cm ² /m) dirección corta.	247
Figura 3.39: Acero de refuerzo (cm ² /m) dirección larga.	248
Figura 3.40: Momentos (kg-m) en losa COPRESA para franja unitaria intermedia.	249
Figura 3.41: Acero de refuerzo (cm ² /vigüeta).	250

CAPÍTULO IV

Figura 4.1: Área a considerar para presupuesto de losa densa unidireccional.	255
Figura 4.2: Área a considerar para presupuesto de losa densa bidireccional.	275
Figura 4.3: Área a considerar para presupuesto de losa COPRESA.	286
Figura 4.4: Área a considerar para presupuesto de losa acero GALVADECK.	298

CAPÍTULO V

Figura 5.1: Planta de losa densa unidireccional.	317
Figura 5.2: Planta de losa densa bidireccional.	318
Figura 5.3: Planta de losa COPRESA.	320
Figura 5.4: Planta de losa GalvaDeck.	321
Figura 5.5: Planta de losa para obtener costos unitarios.	323

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II

Tabla 2.1: Ejemplos de losa unidireccional.	58
Tabla 2.2: Ejemplos de losa bidireccional.	60
Tabla 2.3: Resistencia mínima y máxima del concreto	62
Tabla 2.4: Refuerzo corrugado no preesforzado	63
Tabla 2.5: Recubrimiento especificado para elementos de concreto construidos en sitio no preesforzados	64
Tabla 2.6: Características de bovedilla.	66
Tabla 2.7: Características del sistema de entrepiso MONOLIT	71
Tabla 2.8: Características del sistema de entrepiso ECONSA	72
Tabla 2.9: Tipos de entrepiso ECONSA	73
Tabla 2.10: Tipos de entrepiso COPRESA.	74
Tabla 2.11: Factores determinantes en la elección de un entrepiso	75
Tabla 2.12: Tipos de carga actuantes en una estructura	88
Tabla 2.13: Combinaciones mayoración de carga.	89
Tabla 2.14: Cargas vivas unitarias mínimas (kg/m^2)	91
Tabla 2.15: As mínimo para cortante en losas densas en una dirección	93
Tabla 2.16: Cortantes aproximados para losas en una dirección	94
Tabla 2.17: Espesor mínimo para losa en una dirección según ACI 318-14.	96
Tabla 2.18: As mínimo para flexión en losas densas en una dirección.	97
Tabla 2.19: Espaciamiento para el refuerzo longitudinal	98

Tabla 2.20: Espesor mínimo de las losas de dos direcciones con vigas perimetrales (ln en cm)	99
Tabla 2.21: Acero mínimo para losas bidireccionales	101
Tabla 2.22: Detallado para sistemas de losas bidireccionales	102
Tabla 2.23: Coeficientes para momento negativo	106
Tabla 2.24: Coeficientes para momento positivo	107
Tabla 2.25: Coeficientes para momento positivo	108
Tabla 2.26: Coeficiente para el cálculo de cortante en los apoyos	109
Tabla 2.27: Tabla de Cargas	110
Tabla 2.28: Espesor mínimo para losas aligeradas de vigueta y bovedilla en una dirección.	111
Tabla 2.29: Longitud de bastones.	112
Tabla 2.30: Deflexiones Máximas Calculadas Permisibles	116
Tabla 2.31: Tipos de fallas en losa.	124
Tabla 2.32: Tiempo necesario para remover elementos del encofrado.	133
Tabla 2.33: Comparación de los sistemas de losas.	142
Tabla 2.34: Mano de obra para elaboración de concreto	148
Tabla 2.35: Puntales según tipo de losa	152

CAPÍTULO III

Tabla 3.1: Cargas muertas a utilizar en el diseño de los diferentes sistemas de entepiso.....	163
Tabla 3.2: Cargas permanentes.....	168

Tabla 3.3: Acero mínimo y refuerzo por temperatura.	176
Tabla 3.4: Longitud de bastones en LS.....	184
Tabla 3.5: Longitud del acero corrido en LI.	184
Tabla 3.6: Longitud del refuerzo por temperatura (LS).....	185
Tabla 3.7: Cargas permanentes en losa densa bidireccional.	189
Tabla 3.8: Cargas permanentes en losa densa bidireccional.	192
Tabla 3.9: Longitud de bastones en LI.	213
Tabla 3.10: Longitud del acero corrido en LS.....	213
Tabla 3.11: Longitud del acero corrido en LS.....	214
Tabla 3.12: Cargas permanentes en losa COPRESA.	216
Tabla 3.13: Tabla de cargas	217
Tabla 3.14: Material utilizado en Losa Copresa Tradicional.	218
Tabla 3.15: Cargas permanentes sobre losa tradicional COPRESA incluyendo peso propio.....	218
Tabla 3.16: Especificación de Armado por Temperatura para Diferentes Espesores de Concreto	222
Tabla 3.17: Diámetro del alambre empleado en la malla electrosoldada según su calibre	222
Tabla 3.18: Longitud de vigueta y bastones de refuerzo.	225
Tabla 3.19: Cargas permanentes en losa Galvadeck.....	227
Tabla 3.20: Sobrecargas permisibles.....	228
Tabla 3.21: Cargas permanentes en losa GALVADECK.....	229

Tabla 3.22: Especificación de Armado por Temperatura para Diferentes Espesores de Concreto	241
Tabla 3.23: Diámetro del alambre empleado en la malla electrosoldada según su calibre	241
Tabla 3.24: Longitud de bastones en LS.....	241
Tabla 3.25: Momentos flectores (kg-m).....	250
Tabla 3.26: Acero de refuerzo (cm ² /m)	251
Tabla 3.27: Momentos flectores (kg-m).....	251
Tabla 3.28: Momentos flectores (kg-m).....	251
Tabla 3.29: Acero de refuerzo (cm ² /m)	251
Tabla 3.30: Acero de refuerzo (cm ² /m)	252
Tabla 3.31: Momentos flectores (kg-m).....	252
Tabla 3.32: Acero de refuerzo (cm ² /vigüeta).....	252

CAPÍTULO IV

Tabla 4.1: Equipo y herramientas, para encofrado	260
Tabla 4.2: Sub-partida de encofrado de madera.....	260
Tabla 4.3: Determinación de los materiales a utilizar para elaboración de concreto.....	264
Tabla 4.4: Mano de obra para elaboración de concreto.	264
Tabla 4.5: Sub-partida de hechura de concreto.	264
Tabla 4.6: Cantidad de acero de refuerzo necesario para el armado.	267
Tabla 4.7: Equipo y herramientas, para armado de acero de refuerzo.....	269

Tabla 4.8: Sub-partida de acero de refuerzo.....	269
Tabla 4.9: Equipo para vibrado de concreto.....	270
Tabla 4.10: Sub-partida de colado, vibrado y enrazado del concreto.....	271
Tabla 4.11: Equipo para curado de concreto.	272
Tabla 4.12: Sub-partida de curado de concreto.	272
Tabla 4.13: Hoja universal de losa densa unidireccional.....	274
Tabla 4.14: Sub-partida de encofrado de losa bidireccional.....	276
Tabla 4.15: Cantidad de acero de refuerzo necesario para el armado para losa bidireccional.....	279
Tabla 4.16: Equipo y herramientas, para armado de acero de refuerzo, para losa bidireccional.	281
Tabla 4.17: Sub-partida de acero de refuerzo, para losa bidireccional.....	281
Tabla 4.18: Equipo para vibrado de concreto.....	282
Tabla 4.19: Sub-partida de colado, vibrado y enrazado del concreto.....	282
Tabla 4.20: Sub-partida de curado de concreto.	283
Tabla 4.21 Hoja universal de losa densa unidireccional.....	285
Tabla 4.22: Equipo y herramientas, para apuntalamiento.	287
Tabla 4.23: Sub-partida de apuntalamiento de vigueta y bovedilla.	287
Tabla 4.24: Equipo y herramientas utilizado para la colocación de vigueta y bovedilla.	289
Tabla 4.25: Sub-partida colocación de vigueta y bovedilla.....	290
Tabla 4.26: Equipo y herramientas para armado del refuerzo.....	292

Tabla 4.27: Sub-partida de acero de refuerzo.....	292
Tabla 4.28: Sub-partida de hechura de concreto.	293
Tabla 4.29: Equipo para vibrado de concreto.....	294
Tabla 4.30: Sub-partida de colado, vibrado y enrazado del concreto.	294
Tabla 4.31: Equipo para curado de concreto.	295
Tabla 4.32: Sub-partida de curado de concreto.	296
Tabla 4.33: Hoja universal de losa de vigueta y bovedilla.	297
Tabla 4.34: Equipo y herramientas, paraleado y entarimado	300
Tabla 4.35: Sub-partida de paraleado y entarimado (Galvadeck)	300
Tabla 4.36: Equipo y herramientas, para colocación de electromalla.....	302
Tabla 4.37: Sub-partida colocación de electromalla.....	302
Tabla 4.38: Sub-partida de colado, vibrado y enrazado del concreto.....	304
Tabla 4.39: Sub-partida de curado de concreto.	304
Tabla 4.40: Hoja universal de losa acero GALVADECK.	306

CAPÍTULO V

Tabla 5.1: Peso del acero de refuerzo (LD unidireccional).....	324
Tabla 5.2: Peso del acero de refuerzo (LD bidireccional).....	324
Tabla 5.3: Peso del acero de refuerzo (COPRESA).....	325
Tabla 5.4: Peso del acero de refuerzo (GalvaDeck).....	325
Tabla 5.5: Tiempo de ejecución	331
Tabla 5.6: Costo unitario total	337

ÍNDICE DE GRÁFICOS

CAPÍTULO V

Gráfico 5.1: Momentos en losa densa unidireccional por método manual y software.....	310
Gráfico 5.2: Acero de refuerzo para losa unidireccional.....	310
Gráfico 5.3: Momentos en losa densa bidireccional por método manual y software en la dirección corta	312
Gráfico 5.4: Momentos en losa densa bidireccional por método manual y software en la dirección larga	312
Gráfico 5.5: Acero de refuerzo en la dirección corta obtenido por software y manualmente.....	313
Gráfico 5.6: Acero de refuerzo por método manual y software	314
Gráfico 5.7: Momentos obtenido en los apoyos en losa COPRESA.....	315
Gráfico 5.8: Acero de refuerzo obtenido por método exacto y manual	315
Gráfico 5.9: Peso propio de los sistemas de losa de entrepiso	322
Gráfico 5.10: Cuantía de acero de refuerzo para los sistemas de losa de entrepiso analizados.....	326
Gráfico 5.11: Volumen total de concreto para los sistemas de losa de entrepiso analizados	328
Gráfico 5.12: Tiempo de ejecución de cada sistema de losa	331
Gráfico 5.13: Costo unitario de los materiales utilizados en los sistemas de losa de entrepiso.....	333

Gráfico 5.14: Costo de Materiales + equipo para la construcción de los sistemas de losa de entrepiso.335

Gráfico 5.15: Costo unitario total para la construcción de los sistemas de losa de entrepiso.....337

CAPÍTULO I

CAPÍTULO I:

ANTEPROYECTO

1.1 Antecedentes

Los sistemas de entresijos o losas son elementos estructurales de concreto armado, metal y/o de materiales prefabricados; de sección transversal rectangular llena, o con huecos, de poco peso y abarcan una superficie considerable del piso. Sirven para conformar pisos y techos en un edificio y se apoyan en las vigas o muros. Pueden tener uno o varios tramos continuos. También los definen como estructura plana horizontal de concreto reforzado que separa un nivel de la edificación de otro o que puede servir de cubierta. Son consideradas bidimensionales ya que la tercera dimensión es muy pequeña con relación a las otras dos.

Las losas o placas son utilizadas en la construcción con el fin de proporcionar superficies planas y útiles. Las losas o placas de piso cumplen las siguientes funciones:

a) Función arquitectónica: Separa unos espacios verticales formando los diferentes pisos de una construcción; para que esta función se cumpla de una manera adecuada, la losa debe garantizar el aislamiento del ruido, del calor y de visión directa, es decir, que no deje ver las cosas de un lado a otro.

b) Función estructural: Las losas o placas deben ser capaces de sostener las cargas de servicio como el mobiliario y las personas, lo mismo que

su propio peso y el de los acabados como pisos y repellos. Además, forman un diafragma rígido intermedio, para atender la función sísmica del conjunto.

La losa densa, es un sistema que se ha utilizado desde hace muchos años y para su construcción requiere de ciertos seguimientos como son: el encofrado a base de madera, metal u otro material que sirva de molde, el armado del refuerzo a base de acero corrugado o malla electro soldada, el colado del concreto sobre el molde y desencofrado, prácticamente es un sistema manual.

Los sistemas de losas de entrepisos que se utilizaban en la construcción de edificios eran las losas densas, pero debido al peso que estas transmitían a las vigas y muros donde se apoyan, estas ya no se utilizan actualmente, en cambio se ha optado por losas prefabricadas y metálicas, en las que su instalación es más fácil, optimizan el tiempo de ejecución y proporcionan menos peso a la estructura.

En la década de los años 70, se inició en El Salvador la idea de combinar el metal y el concreto para brindar un aporte a la industria de la construcción, en la fabricación de viguetas pretensadas para entrepisos. Lo que dio origen al sistema de COPRESA tradicional que se ha usado con excelentes resultados desde 1973, siendo los primeros edificios en utilizarlos el mercado central de San Salvador, Hotel Alameda, Torre Roble, los cuales fueron sometidos a la acción de los sismos de 1986 y 2001, sin sufrir algún tipo de daño, por lo que el

sistema se popularizo en los sistemas de entrepiso de las construcciones de San Salvador.

Hoy en día han surgido una diversidad de sistemas de entrepiso en el país en los que se puede mencionar: losa tradicional, losa estructural, losa vigueta llena, losa en molde metálico losalithe. Brindando estos sistemas eficiencia y economía.

En esta investigación se estudiará los sistemas típicos de entrepiso para edificios, los cuales son los siguientes: densas, aligeradas, metálicas y nervadas. A través del factor costos, de los diferentes tipos de sistemas de entrepisos más utilizados en el país, se logrará determinar cuál será el sistema de entrepiso más eficiente y económico a implementar en un edificio representativo.

1.2 Planteamiento del problema

En el sector de la construcción, es indispensable que los sistemas constructivos que se utilicen sean cada vez más eficientes y económicos, lo que implica la innovación en conceptos de diseño y proceso constructivo. Un elemento de gran incidencia en la construcción de edificios son los sistemas de entrepiso, ya que estos tienen como función estructural, sostener las cargas muertas y vivas, y algunas veces formar un diafragma rígido intermedio, para atender la función sísmica del conjunto.

Hoy en día, se ha presentado una versatilidad en los sistemas de entrepisos, que vienen sustituyendo a los sistemas tradicionales que presentan grandes limitaciones técnicas y constructivas, ya que estos encarecen los costos de construcción y demanda mucho material y mano de obra. Los nuevos sistemas de entrepiso como las losas prefabricadas y metálicas, han sustituido a los sistemas tradicionales, debido a que se consiguen estructuras más ligeras y económicas, lo que es beneficioso para disminuir las fuerzas originadas por la acción de los sismos, así como las dimensiones de la cimentación y de otros elementos de la estructura, por lo que es urgente realizar un estudio donde se planteen los métodos de diseño y los procesos constructivos, para establecer un análisis comparativo mediante el costo que se genera al implementar estos nuevos sistemas.

Para investigar la problemática, se eligió un edificio en la que se planteó el sistema más óptimo de entrepiso a implementar, tomando como parámetros la seguridad en su proceso constructivo con respecto al de los otros sistemas además a partir del costo económico se seleccionó cual sistema reduce la cantidad de materiales, mano de obra y tiempo de ejecución de la obra.

La finalidad de la investigación fue que los profesionales de la Ingeniería Civil, disponga de un documento donde se exponen el análisis, diseño, construcción, presupuesto, entre otros aspectos, que servirá para definir el sistema de entrepiso que se adecue mejor a la edificación a construir basado en aspectos de seguridad y costo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Presentar a través de un análisis estructural y de costos, cuál de los sistemas de entrepiso utilizados en El Salvador es el más eficiente y económico.

1.3.2 Objetivos específicos

- Describir los diferentes sistemas de entrepiso más utilizados actualmente en el país, y presentar sus métodos constructivos y de diseño.

- Establecer los criterios técnicos que conllevan a elegir un determinado sistema de entrepiso en el diseño de edificios.

- Diseñar, analizar y detallar estructuralmente cada sistema de entrepiso de forma manual cumpliendo las normas técnicas vigentes del país, reglamentos internacionales, así como de los catálogos de losas prefabricadas proporcionado por sus fabricantes.

- Establecer los costos de cada uno de los sistemas de entrepiso a partir de los diferentes presupuestos realizados a fin de conocer cual presenta mayor beneficio económico.

- Determinar a partir del análisis estructural y económico de cada uno de los sistemas de entrepiso planteados, cual es el que presenta las mejores características estructurales, así como el menor costo económico.

- Hacer una comparación técnica y económica el cual defina qué sistema de losas de entrepiso presenta mayores ventajas de los sistemas seleccionados a partir del análisis de los resultados obtenidos en cada uno.

1.4 Alcances

Describir los métodos de análisis y diseño, así como los procesos constructivos de cada uno de los diferentes sistemas de entrepiso usados en antiguos edificios, así como los que actualmente se están construyendo en el país y que han surgido debido a la necesidad de realizar construcciones de edificios con mayor eficiencia y seguridad reduciendo su costo.

También se establecieron los criterios que permitió elegir entre los diferentes sistemas del entrepiso el más favorable al sistema de cargas o a las características particulares de cada edificio y en conjunto con las dimensiones del entrepiso seleccionado en el proyecto, se diseñarán los sistemas de entrepiso siguiente: losa densa unidireccional y bidireccional, losa prefabricada metálica de acero galvanizado y tradicional de vigueta y bovedilla. El diseño de cada una de ellas se realizó de forma manual a partir del tablero de losa más desfavorable verificando el cumplimiento de las Normas Técnicas de Construcción en El Salvador, así como las normas internacionales. Además, para los sistemas prefabricados se diseñó cumpliendo los parámetros del fabricante y revisando con las normas.

A partir del diseño de los sistemas de losas de entrepiso se obtuvo los costos unitarios de cada sistema tomando como base precios de los materiales de construcción a la fecha de realización del proyecto. Se realizó un análisis comparativo técnico económico para identificar las ventajas y desventajas que presenta cada sistema de entrepiso con relación a las variantes como: cargas actuantes, longitud del claro, tipo de material utilizado, proceso constructivo, seguridad, economía entre otros.

Cabe mencionar que solo se analizó los sistemas con tableros regulares por lo que cualquier otra alternativa quedo fuera del alcance del proyecto.

1.5 Limitaciones

Como principal limitante se puede mencionar que en nuestro país no hay un reglamento sobre los diferentes sistemas de entrepiso en el diseño de edificios, dejando a criterio del diseñador su elección, el cual tiene la potestad de elegir la seguridad sobre la economía.

Se diseñó únicamente los sistemas de entrepisos como lo son, las losas densas unidireccionales y bidireccionales, prefabricadas en los tipos tradicional de vigueta y bovedilla y de lámina de acero galvanizado, tomando como base sistemas de tableros regulares.

Para el análisis y diseño de los diferentes sistemas de losas de entrepisos antes descritos, se limitó únicamente al diseño manual cumpliendo la Norma Técnica para Diseño por Sismo en El Salvador en cada sistema de losa

de entrepiso y de forma alterna se analizó los diseños propuestos con el software ETABS (Análisis Tridimensional Extendido de Edificaciones) así como las normas establecidas por el Instituto Americano del Concreto por sus siglas en inglés ACI comité 318 en su más reciente edición 2014.

1.6 Justificación

Con el transcurso de los años y el avance de la tecnología, los cambios en la forma de construir que van surgiendo han llevado a avances significativos en los métodos de constructivos, brindando opciones más económicas. Uno de los cambios más significativos en la construcción de edificios ha sido en los sistemas de entrepiso, de los cuales hay una variedad que se adaptan a las necesidades del diseñador estructural, ofreciendo así una forma más práctica de construir, proporcionando a la vez los niveles de seguridad requeridos. En la actualidad el desafío de las empresas es construir con calidad y al menor costo posible atendiendo cada una de las necesidades que solicita el ser humano en principal su seguridad.

Debido a esto es necesario realizar un análisis comparativo basado en criterios de seguridad como de economía, ya que los costos del proyecto es un factor decisivo para los clientes y que este dependerá en gran medida del sistema de entrepiso seleccionado.

Esta investigación es una contribución al área del diseño y construcción de entresijos permitiendo así que estudiantes, Ingenieros Civiles y empresas

constructoras tenga un medio de consulta en donde se refleje de entre los sistemas de entepiso contemplados cuál se comporta mejor técnica y económicamente, bajo las condiciones de carga establecidas.

CAPÍTULO II

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Introducción

Este capítulo desarrollo los diferentes aspectos de los sistemas de entrepisos, como: definición, clasificación, materiales, factores que determinan su elección, fase conceptual, diseño de los sistemas de entrepiso más utilizado en el país, proceso constructivo, así como la obtención el precio unitario de los sistemas de entrepisos que se seleccionaran en este estudio.

Uno de los primeros sistemas de entrepiso que surgieron en la historia fueron los entrepisos de madera, los cuales se caracterizaban por ser superficies planas que se construían a partir de vigas de madera, colocadas en paralelo y sobre ellas se apoyaban las tablas de madera (Figura 2.1).



Figura 2.1: Sistema de entrepiso de madera.
Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-629366943-entrepiso-o-altillo-de-madera-de-pino-yo-eucalipto-por-m2-_JM.

Un sistema de entrepiso que se desarrolló posteriormente fue el sistema de terrado, que se conformaba por un conjunto de vigas de madera, loseta de barro hecha a mano y una capa de tierra limpia compactada que lograba un peralte aproximado de 40 a 80 centímetros; este sistema perduró por 300 años (Figura 2.2).

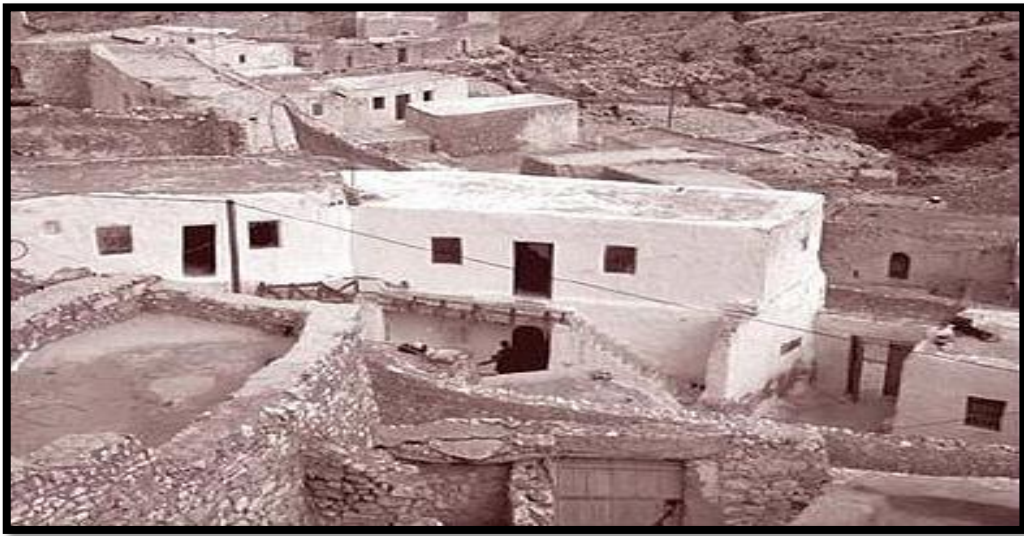


Figura 2.2: Sistema de terrado.

Fuente: https://www.construmatica.com/construpedia/Terrado._Casi_Siempre_de_Tierra.

En la actualidad predominan los sistemas de losas prefabricados, como son el sistema de vigueta y bovedilla, losa de lámina colaborante (Metal Deck), etc. Esto con el objetivo de disminuir la incidencia de la mano de obra en la construcción y la disminución en cantidad de materiales a utilizar.

En nuestro país, debido al crecimiento poblacional, surge la necesidad de construir proyectos de altura, cuyo elemento estructural primordial son los sistemas de entrepiso, así como los factores más importantes que permiten elegir el sistema de entrepiso más adecuado, acorde a las condiciones del

proyecto; luego se presenta el proceso general para realizar la estructuración de la planta geométrica de un edificio, cuyo objetivo fue establecer las dimensiones de los tableros de losa.

Se presentan los métodos de análisis y parámetros de diseño de los sistemas de entrepiso más utilizados en el país; en el caso de losa densa unidireccional y bidireccional se considera los parámetros del ACI 318; el diseño de losas prefabricadas y losa acero, están expuestos por los catálogos de los fabricantes.

Es importante mencionar que, como todo elemento estructural, los sistemas de entrepisos son sometidos a esfuerzos, y esto pueden provocar agrietamiento ya sea por flexión o punzonamiento, por lo cual también es importante tomar en cuenta el comportamiento y modos de fallas de estos elementos estructurales.

Los procesos constructivos, que se tomaron en cuenta fueron: losa densa de concreto reforzado, reticular celular, losa prefabricada (viguetabovedilla) y losa de lámina colaborante. Para finalmente concluir sus ventajas y desventajas que puede presentar en su respectivo proceso de instalación.

Finalmente se detallan los principales componentes de costos que se generan en la construcción de los diferentes sistemas de entrepiso, como lo son: materiales, mano de obra, equipo, entre otros.

2.2 Desarrollo vertical de las edificaciones como alternativa al desarrollo urbano.

Según el Banco Mundial, la población mundial actual es aproximadamente de más de 7,000 millones de habitantes y se espera que para el año 2050 sea de 9,600 millones. El mayor crecimiento se dará en países en desarrollo, especialmente en el continente africano y asiático. De acuerdo a un informe de las Naciones Unidas, el 54% de la población mundial actual vive en áreas urbanas¹. Las razones del desplazamiento se deben principalmente a la preferencia de migrar a zonas urbanas para una mejor calidad de vida y al crecimiento de la población mundial.

La alta densidad poblacional de 279 habitantes por km², es el principal factor que motiva al sector de construcción a poner en el centro del debate la necesidad de estimular la construcción vertical, tanto en la vivienda de lujo como en la de "interés social".

En el área metropolitana del gran San Salvador, se está dando un auge en la construcción vertical con proyectos como: torres de apartamentos, megaproyectos de oficinas, centros comerciales entre otros proyectos, esto principalmente en las zonas donde se cuentan con acceso a las vías importantes de circulación vehicular, es decir que tiene buena conectividad con la ciudad o zonas exclusivas.

¹ Fuente: <https://enlacearquitectura.com/crecimiento-urbano-vertical-es-una-solucion-sustentable/>

Algunas de las razones por que las familias del segmento medio y alto prefieren vivir en apartamentos son: seguridad, accesibilidad y comodidad².

Debido a la demanda que se produce en el sector de construcción en la realización de proyectos en altura por parte de inversión privada esta debe ser satisfecha, lo cual nos indica que el crecimiento vertical en el área metropolitana de San Salvador es inminente. Esta tendencia vendría a solucionar, de alguna manera, una urbe saturada y crea complejos atractivos en donde puede encontrar residencia, comercio y entretenimiento.

Por lo anterior, es importante el estudio de los sistemas de entrepiso, que forman parte de estos proyectos. Entre los aspectos más importantes a estudiar, se puede explicar: el diseño, construcción y el costo de los sistemas de entrepiso. Ahora se procede a definir que es una losa y como estas se clasifican.

2.3 Definición, clasificación y descripción de los diferentes sistemas de entrepiso.

Este apartado está orientado a presentar los principales sistemas de losa de entrepiso más utilizados en El Salvador. A este elemento estructural en la práctica comúnmente se le llama “losa” simplemente, por lo cual se define a continuación este término:

² Fuente: <http://www.elsalvador.com/noticias/expansion/454426/proyecto-torre-16-una-nueva-opcion-de-vivienda-vertical/>

2.3.1 Definición de losa

Las losas son elementos estructurales cuyas dimensiones en planta son relativamente grandes en comparación con su peralte. Las acciones principales sobre las losas son cargas normales a su plano, ya que se usan para disponer de superficies útiles horizontales como los pisos de edificios o las cubiertas de puentes³. Ya definido, se procede a explicar funcionalidad de los sistemas de losas de entrepiso.

2.3.2 Funcionalidad en los edificios

a) Función arquitectónica: Separa los espacios verticales en un edificio, formando los diferentes niveles de una construcción.

b) Función estructural: Las losas deben ser capaces de soportar las cargas vivas y muertas.

2.3.3 Clasificación de losas

Para clasificar las losas es necesario definir el concepto de placas, según la ingeniería estructural, son elementos estructurales que geométricamente se pueden aproximar a una superficie bidimensional y que trabajan predominantemente a flexión; En la figura 2.3, se presenta una clasificación meramente estructural, en la cual se clasifican las placas como losas y paredes; en el caso de la losa estas se clasifican en membranas y cascaras.

³ "Aspectos fundamentales del concreto reforzado". Óscar M. González Cuevas & Francisco Robles Fernández-Villegas. Cuarta edición

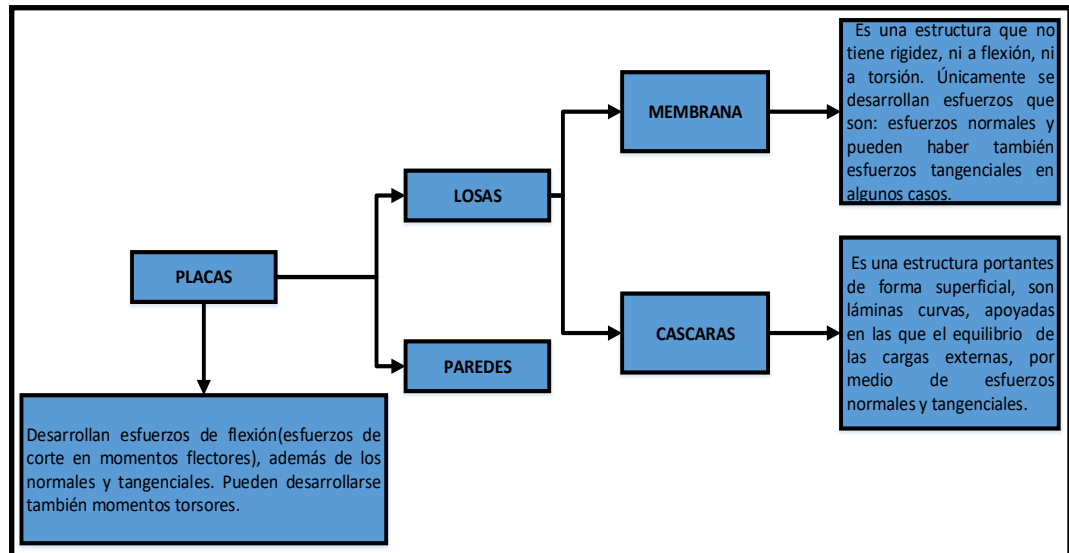


Figura 2.3: Clasificación de las placas.
Fuente: Propia.

Los criterios fundamentales que permiten realizar una adecuada clasificación de las losas según el tipo la transmisión de las cargas y los materiales que la componen se detallan de forma general en la figura 2.4 para luego explicar cada una de ellas.

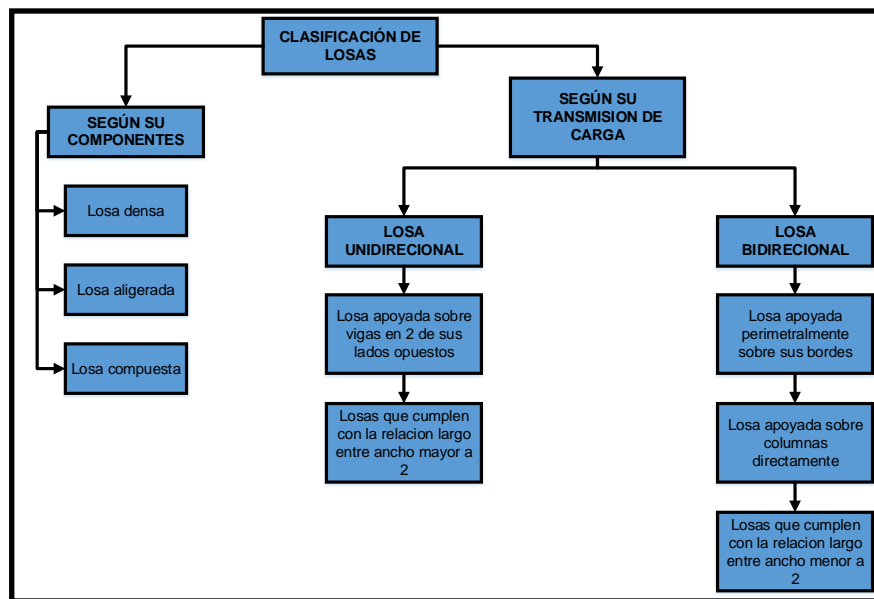


Figura 2.4: Clasificación de losas.
Fuente: Propia

2.3.3.1 Según los materiales:

Los tipos de losas según los materiales o elementos para su constitución son: losas densas, reticulares, nervadas y losas combinadas o compuestas.

a) Losa densa: Los materiales que componen este sistema son, el concreto y acero de refuerzo. Generalmente utilizan doble refuerzo de acero, una malla en la parte inferior y otra malla en la parte superior, esta distribución se debe a los momentos, tanto positivo y negativo, en ambas direcciones (Figura 2.5).

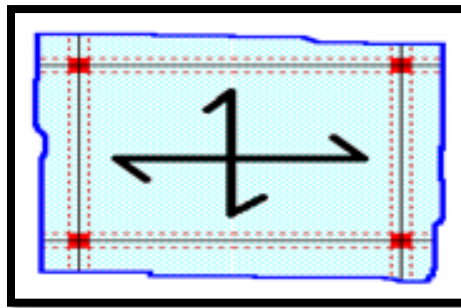


Figura 2.5: Losa densa.

Fuente: Manual de diseño de losas de concreto reforzado. pág. 2. ING. CIVIL-UNS.

b) Losas aligeradas: Esta tipología de losas tiene la característica principal de que parte de su volumen es ocupado por materiales más livianos. 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 (Figura 2.6).

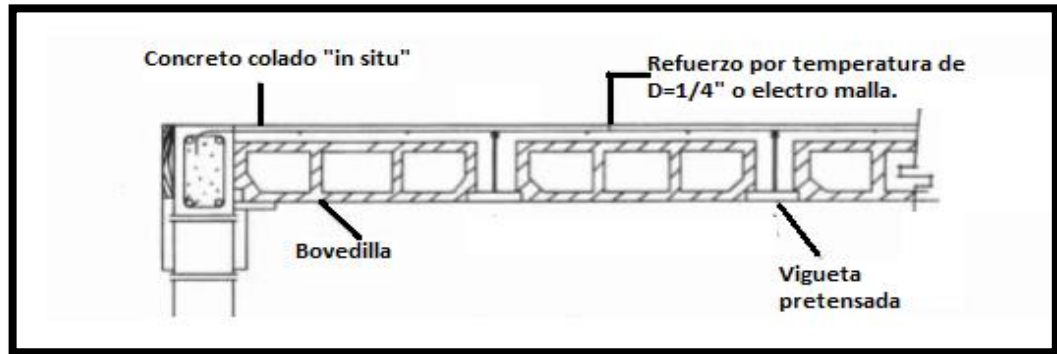


Figura 2.2: Losa aligerada.
Fuente: Catálogo de ECONSA.

c) **Losas combinadas o compuestas:** Es un sistema de losa, cuya combinación puede realizarse de un material como lo es el acero o la madera con el concreto (Figura 2.7). Una de estas combinaciones da un elemento estructural denominado sistema mixto, entre los cuales se encuentra el sistema de losa-acero; en el sistema de losa-acero los materiales que componen a este sistema son: la lámina galvanizada, electromalla y concreto.



Figura 2.7: Losas combinadas.
Fuente: <https://construyendo.co/losas/steelDeck.php>. http://www.mexico.generadordeprecios.info/rehabilitacion/Estructuras/Madera/Refuerzos/EMZ310_Refuerzo_de_losa_de_madera_mediant.html.

d) Losa reticular celular: Son un tipo de sistema que como su nombre lo indica, están compuestas por vigas a modo de nervios, ofreciendo gran rigidez y enlazan los pilares de la construcción. Los materiales que componen a este sistema son: acero de refuerzo, material de relleno el cual es casetón de poliestireno y concreto (Figura 2.8).

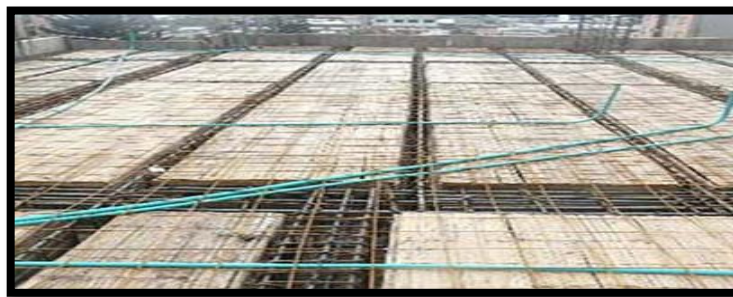


Figura 2.8: Losa reticular con material de relleno.
Fuente: <https://construyendo.co/temas/articulos/losas.php>.

2.3.3.2 Según como transmiten la carga.

Los sistemas de losa densa según la relación de sus lados, determina la transmisión de carga, y estas se clasifican como unidireccional o bidireccional.

2.3.3.2.1. Losa Unidireccional.

Cuando la relación de luces, lado largo a lado corto es mayor a 2 ($L/S > 2$), el armado de la losa se realizará en la dirección corta (Figura 2.9).

También se incluye refuerzo por temperatura, debido a la contracción que se produce en el concreto.

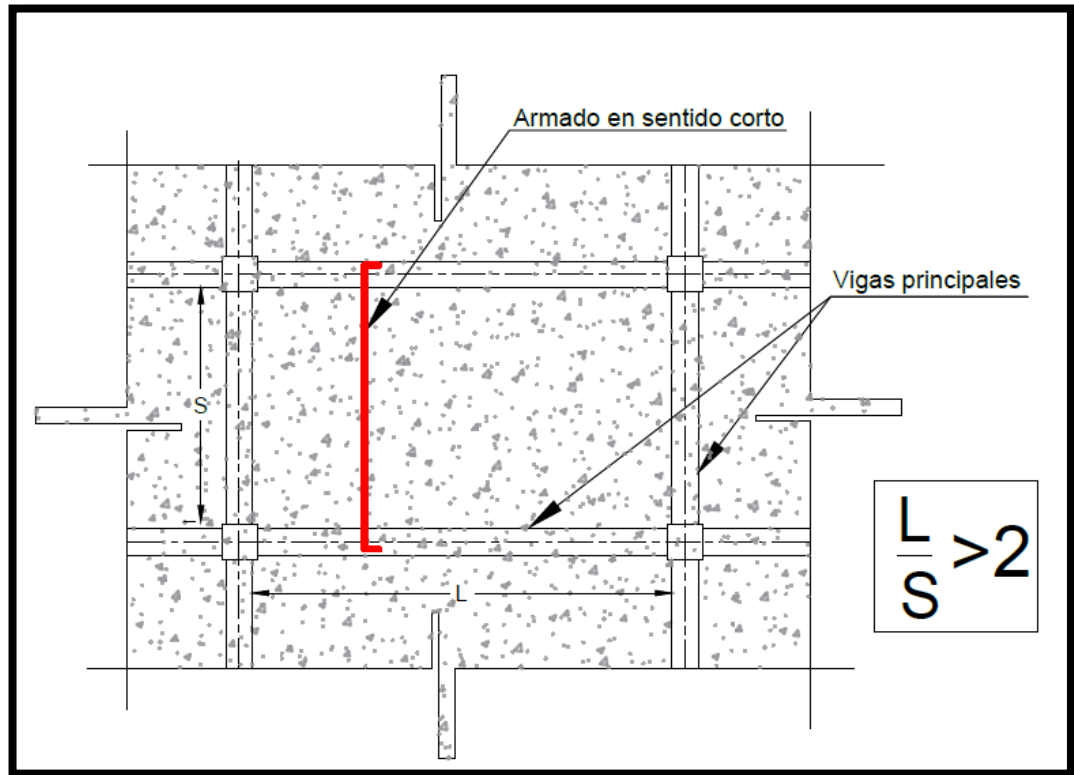


Figura 2.9: Losa Unidireccional.
Fuente: Propia

En este sistema es sencillo visualizar la distribución de las cargas de la losa a las vigas secundarias, de éstas hacia las vigas principales y posteriormente a las columnas. En el caso de las losas en dos direcciones, se prescinde de las vigas dejando únicamente las vigas del perímetro. Cuando los lados de la losa tienen una relación largo entre ancho mayor a dos, se denomina losa en una dirección y su comportamiento es similar al de una viga de ancho importante donde las cargas son transmitidas a los apoyos por flexión en la dirección más corta. En la tabla 2.1 se muestran algunos ejemplos de este tipo de losa, que viene determinada por sus apoyos:

Ejemplos de losa unidireccional	
Tipo de apoyo	Esquema
Losa apoyada sobre vigas o paredes en 2 de sus lados opuestos.	<p>Losa apoyada en dos extremos.</p>
Losa apoyada sobre vigas perimetrales	<p>Losa perimetral en las que su relación largo-ancho es mayor que 2 ($l/a \geq 2$).</p>
Losa apoyada sobre muros perimetrales.	<p>Losa perimetral en las que su relación largo-ancho es mayor que 2 ($l/a \geq 2$).</p>

Tabla 2.1: Ejemplos de losa unidireccional.
Fuente: Propia

2.3.3.2.2. Losa Bidireccional.

Se conocen como losas bidireccionales a las losas en las que por su geometría y su tipo de apoyo se producen esfuerzos de flexión en dos direcciones ortogonales, es decir es cuando la losa se apoya en sus cuatro lados y se desarrollan esfuerzos de flexión en ambas direcciones, para contrarrestar estos esfuerzos producidos por los momentos flectores es necesario armar la losa en los dos sentidos.

Si la relación de luces, lado largo a lado corto es menor o igual a 2 ($L/S \leq 2$), el armado de la losa se realiza en ambas direcciones, debido a que por la geometría de la losa se producen esfuerzos en ambos sentidos, por lo tanto, no se requiere, refuerzo por temperatura (Figura 2.10).

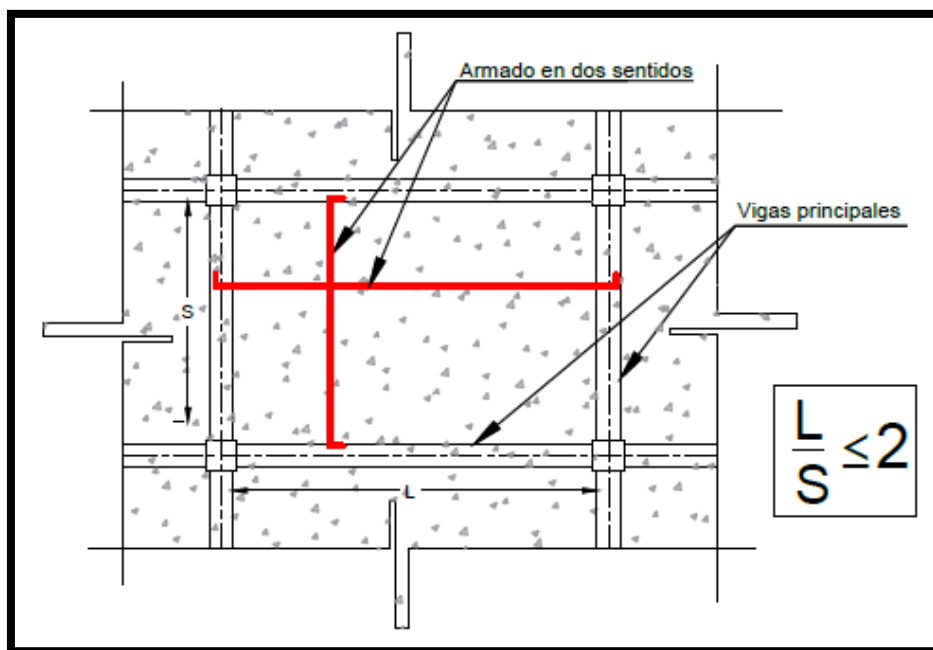


Figura 2.10: Losa Bidireccional.
Fuente: Propia

En la tabla 2.2 se muestran algunos ejemplos de este tipo de losa, que viene determinada por sus apoyos:

Ejemplos de losa Bidireccional	
Tipo de apoyo	Esquema
Losa apoyada perimetralmente sobre muros.	
Losa apoyada sobre Vigas perimetrales.	

Tabla 2.1: Ejemplos de losa bidireccional.
Fuente: Propia

2.3.3.3 Materiales que componen los diferentes sistemas de entpiso

Los materiales más utilizados desde la antigüedad en la elaboración de sistema de entpisos han sido la madera, el concreto, el acero entre otros. A continuación, se hará la descripción de cada uno los materiales que se utilizan en la construcción de losas.

El primer elemento a definir será el concreto con sus respectivas propiedades mecánicas para el diseño de losas.

2.3.3.3.1 Concreto

Las principales características y propiedades del concreto se muestran en la siguiente figura:

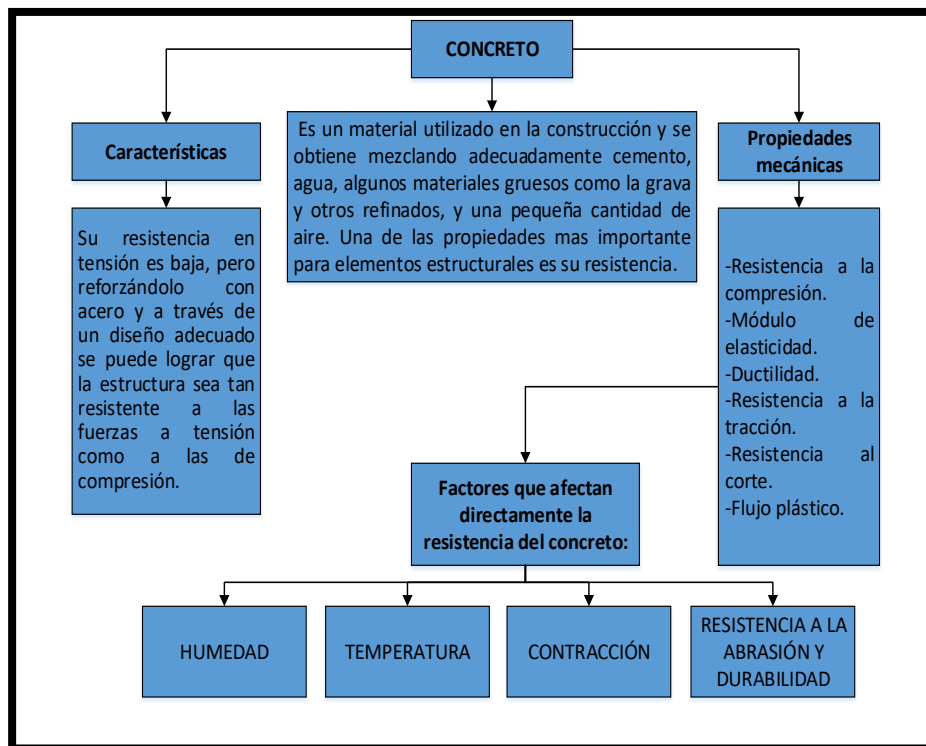


Figura 2.11: Propiedades y características del concreto.
Fuente: Propia.

Ahora se procede a explicar las propiedades del concreto, como lo su resistencia (f'_c) y módulo de elasticidad (E).

a) Resistencia mínima y máxima

En el diseño y construcción de edificios de concreto reforzado debe considerarse los límites que debe tener la resistencia del concreto (f'_c), para ello en tabla 2.3 se muestra la resistencia mínima y máxima que debe utilizarse según la aplicación recomendado por el reglamento ACI 318S 14:

Aplicación	Concreto	f'_c Mínimo kg/cm ²	f'_c Máximo kg/cm ²
General	Peso normal y liviano	1700	Ninguno
Marcos especiales resistentes a momentos y muros estructurales especiales	Peso normal	2100	Ninguno
	Liviano	2100	3500

Tabla 2.3: Resistencia mima y máxima del concreto
Fuente: Tabla 19.2.1.1 ACI 318S 14

A menos que se especifique lo contrario, f'_c debe basarse en ensayos a los 28 días. Si el ensayo no es a los 28 días, se debe especificar la edad del ensayo para f'_c en los documentos de construcción.

b) Módulo de elasticidad (E_c en kg/cm²)

Es la relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente, para esfuerzos de tracción o compresión menores que el límite de proporcionalidad del concreto, según el ACI 318S 12 en el capítulo 19.2.2.1 inciso "b" este debe tomarse como:

$$E_c = 15100\sqrt{f'_c} \text{ Ecuación 2.1}$$

2.3.3.3.2 Acero de refuerzo

Las propiedades que el acero de refuerzo utilizado para el diseño de losas que deben considerarse son, el esfuerzo de fluencia o resistencia mínima a fluencia (f_y), el módulo de elasticidad (E_s) y la durabilidad, estas propiedades se describen a continuación:

a) Esfuerzo de fluencia f_y

Para barras de refuerzo no preesforzadas, deben ser especificados para las aplicaciones estructurales y deben cumplir con la tabla 2.4.

Uso	Aplicación	Valor máximo f_y permitido para cálculos de diseño, Kg/cm ²	Normas ASTM aplicables			
			Barras corrugadas	Alambres corrugados	Refuerzo de alambre electrosoldado	Parrillas de barras soldadas
Flexión, fuerza axial y retracción y temperatura	Sistemas Sísmicos Especiales	4200	Ver 20.2.2.5 ACI 318	No permitido	No permitido	No permitido
	Otro	5500	A615M, A706M, A955M, A996M	A1064M, A1022M	A1064M, A1022M	A184M
Apoyo lateral de barras Longitudinales/ confinamiento de concreto	Sistemas Sísmicos Especiales	7000	A615M, 706M, A955M, A996M, A1035M	A1064M, A1022M	A1064M, A1022M	No permitido
	Otro	5500	A615M, A706M, A955M, A996M	A1064M, A1022M	A1064M, A1022M	No permitido
Cortante	Sistemas Sísmicos Especiales	4200	A615M, A706M, A955M, A996M	A1064M, A1022M	A1064MW, A1022M	No permitido
	Fricción cortante	4200	A615M, A706M, A955M, A996M	A1064M, A1022M	A1064M, A1022M (alambre liso electrosoldado)	No permitido
	Estribos, estribos cerrados de confinamiento	5500	No permitido	No permitido	A1064M, A1022M (alambre corrugado electrosoldado)	No permitido
Torsión	Longitudinal y transversal	4200	A615M, A706M, A955M, A996M	A1064M, A1022M	A1064M, A1022M	No permitido

Tabla 2.4: Refuerzo corrugado no preesforzado
Fuente: ACI 318S 14, Tabla 20.2.2.4a

b) Modulo de elasticidad (Es)

Es la relación entre el esfuerzo normal (σ) y la deformación unitaria (ϵ) del acero, para barras y alambres no preesforzados; puede tomarse como 2030000 kg/cm² según el reglamento ACI 318S 14 en el inciso 20.2.2.2.

c) Durabilidad

Es la capacidad para soportar, las condiciones físicas y químicas a las que el acero será expuesto.

Para lograr una durabilidad del acero de refuerzo es importante cumplir con los recubrimientos de concreto ya que esto afecta directamente con la corrosión o el mal funcionamiento del acero de refuerzo. A continuación, se muestra en la tabla 2.7 los diferentes recubrimientos para losas construidas in situ que pueden estar o no expuestos a la intemperie:

Exposición del concreto	Miembro	Refuerzo	Recubrimiento especificado, mm
Expuesto a la intemperie o en contacto con el suelo	Todos	Barras No. 19 a No. 57	50
		Barra No. 16. alambre MW200 ó MD200, y menores	40
No expuesto a la intemperie ni en contacto con el suelo	Losas, viguetas y muros	Barras No. 43 y No. 57	40
		Barra No. 36 y menores	20
	Vigas, columnas, pedestales y amarres a tracción	Armadura principal, estribos, espirales y estribos cerrados para confinamiento	40

Tabla 2.5: Recubrimiento especificado para elementos de concreto construidos en sitio no preesforzados
Fuente: ACI 318S 14, Tabla 20.6.1.3.1

2.3.3.3.3 Lámina de acero galvanizada:

El acero utilizado es de tipo laminado en frío, debe cumplir con la norma de fabricación ANSI/ASCE 3-91, NTE-INEN 2397 y SDI, norma ASTM A653 con recubrimiento galvanizado G90 (Z275) posee un comportamiento elastoplástico con un límite de fluencia mínima de 2812.23 kg/cm^2 y con un módulo de elasticidad $2,030,000 \text{ kg/cm}^2$.

2.3.3.3.4 Bovedilla utilizada en sistema prefabricado:

Son elemento aligerantes, cuya función es la de colocarse entre las viguetas como encofrado y son parte integral de la losa. Existen diversos tamaños de bovedilla para los peraltes y modulaciones requeridas en el diseño, también fabrican con tapón para evitar que el concreto se introduzca en los orificios⁴:

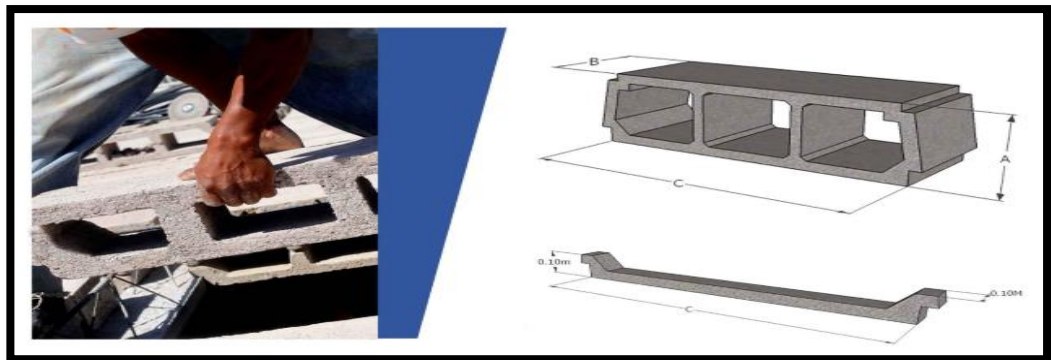


Figura 2.12: Bovedilla.
Fuente: Catálogo COPRESA.

En la siguiente tabla 2.6, se presentan los diferentes tipos de bovedilla según la empresa COPRESA. Las cuales su altura es la única dimensión

⁴ Catálogo COPRESA

variable; el tipo de bovedilla estará en función de la luz a cubrir y la carga viva máxima admisible a la que el sistema será sometido.

SISTEMA	DIMENSIONES			PESO	
	A	B	C	KG	LBS
VT1-15	10	20	60	11.35	29
VT1-20	15	20	60	15.45	34
VT1-25	20	20	60	17.25	38
VT1-40	35	20	60	29.5	65

Tabla 2.6: Características de bovedilla.
Fuente: Catálogo COPRESA.

2.3.3.3.5 Vigüeta utilizada en sistema prefabricado:

Las vigüetas se elaboran de concreto preesforzado, este concepto se define de la siguiente manera:

-Concreto preesforzado: Es un concreto al que se le aplica previamente un esfuerzo de compresión para contrarrestar los esfuerzos de tensión producidos por el peso propio y por las sobrecargas a las que se encuentra sometido. Esta precompresión puede aplicarse mediante pretensado o postensado. Esta técnica consiste en tensar alambres de acero de alta resistencia y verter el concreto alrededor de los mismos. Bajo esta técnica de concreto se fabrican las vigüetas las que se combinan con otros agregados, para así constituir el sistema de losa prefabricada (vigüeta-bovedilla).

Estas vigüetas poseen un reducido peso, lo cual permite un ahorro considerable en los costos de transporte y manejo; este último generalmente se hace en forma manual y por lo tanto no requiere ningún

equipo o recomendación especial. Su diseño original permite que la vigueta se pueda levantar por el centro sin ningún temor al agrietamiento⁵.

Existe una variedad de dimensiones de vigueta, según el tipo de uso y carga.

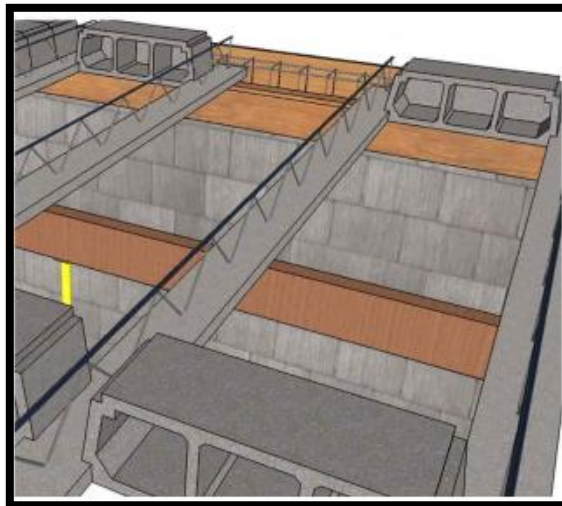


Figura 2.13: Colocación de vigueta.
Fuente: Catálogo COPRESA.

2.3.3.3.6 Malla de acero refuerzo por temperatura

La malla de acero refuerzo por temperatura, demuestra un eficiente control de fisuras en la losa. Además del control de grietas la malla incrementa la capacidad de carga en la losa en un 10%. El acero de refuerzo de momento negativo debe pasar por debajo de la malla y podrá estar sujeta a esta.

2.3.4 Descripción de los sistemas de entrepiso más utilizados en el país.

⁵ Catálogo copresa.

A continuación, se presenta las diferentes tipologías de losas de entepiso que son utilizados en la construcción de edificios en El Salvador.

2.3.4.1 Sistema de losa densa de concreto reforzado

Todo el espesor de la losa está compuesto 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, según las características de carga y luz que se requiera salvar, las distancias entre las varillas de refuerzo generalmente dependerán de las cargas de servicio con que se diseña la losa.

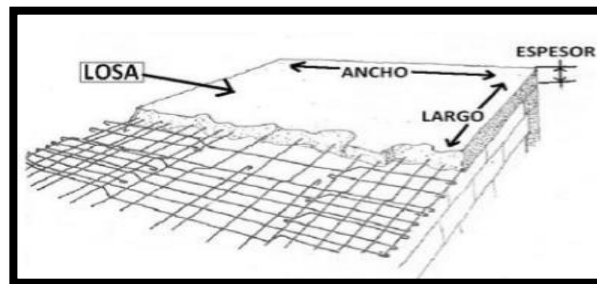


Figura 2.14: Losa de concreto reforzado.
Fuente: <http://reforzadodelosa.blogspot.com>

2.3.4.2 Sistema losa de acero

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. En el país las empresas que brindan este tipo de losa es Galvanissa con su sistema Galvadeck, PLYCEM con su sistema de láminas metálicas, para la conformación del entrepiso y el sistema de losa acero TERNIUM.

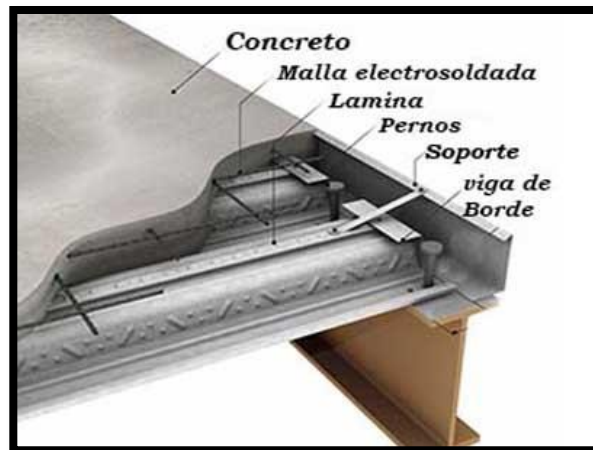


Figura 2.15: Losa de lámina colaborante.
Fuente: <https://construyendo.co/losas/steelDeck.php>.

Este sistema de losa utilizado en la construcción, está formado por una lámina corrugada de acero galvanizado estructural, que funciona como un encofrado colaborante, es decir que también provee el acero de refuerzo positivo.

2.3.4.3 Sistema de losa prefabricada (vigüeta - bovedilla)

En el país han existido diversas empresas que fabrican sistemas de entrepiso de vigüeta y bovedilla, las más comunes son: MONOLIT, ECONSA, COPRESA. Sin embargo, por fines prácticos se detallará más a fondo en el sistema de entrepiso tradicional de la empresa COPRESA; El sistema tradicional de vigüeta y bovedilla de la empresa COPRESA,

tiene más demanda en el país debido al desarrollo y buenos resultados que ha ofrecido en grandes proyectos, como lo son: torre roble, mercado central y hotel alameda.

El sistema de losa prefabricada COPRESA (viguetas - bovedilla), está constituido por los elementos portantes que son las viguetas de concreto preesforzado y las bovedillas como elementos aligerantes.

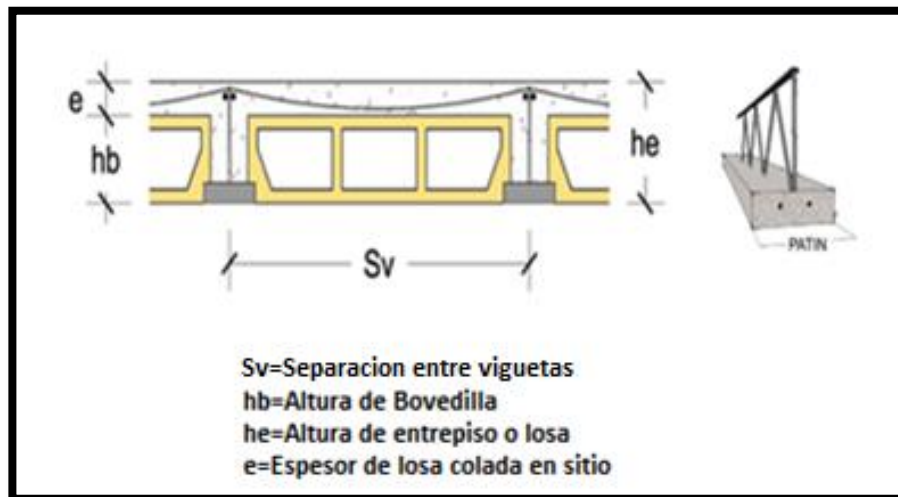


Figura 2.16: Sistema de losa prefabricada.
Fuente: Catálogo COPRESA.

2.3.4.3.1 Principales características del sistema tradicional de vigueta y bovedilla dispuesto por la empresa MONOLIT.

Para dar respuesta a la reconstrucción de Guatemala luego del terremoto de 1976, surgen los primeros sistemas de entepiso prefabricados con el objetivo de buscar seguridad y economía; En la década de los noventa la empresa se traslada al país, sin embargo, su sistema de entepiso, no presenta alguna novedad en comparación de los sistemas de entepiso prefabricado, que ya existían en el país.

Este sistema ya no se utiliza en el país, sin embargo, existen viviendas y edificios que aun poseen este sistema.

En la tabla 2.7 se muestra una breve descripción del sistema de entepiso de la empresa MONOLIT:

Sistema de entepiso MONOLIT		
Ventajas para el constructor	Ventajas de la losa	Ventajas de la vigueta
<ul style="list-style-type: none"> -Las viguetas MONOLIT están reforzada con armadura electro soldada a máquina, lo que garantiza su resistencia. -Bovedilla de pómez que aligerar el peso muerto de la losa. -Electromalla y varillas de hierro grado 70, para rigidizantes y bastones que evitan grietas o rajaduras en los repellos. 	<ul style="list-style-type: none"> -Es un sistema liviano, reduciendo la carga sobre la estructura. -Cumple con especificaciones del reglamento de la construcción (ACI). 	<ul style="list-style-type: none"> -Fabricada, con varilla corrugada, asegurándole mejor adherencia al concreto. -La armadura lleva doble diagonal en una geometría de diseño tridimensional, aprovechando eficientemente el refuerzo y bajando su costo. -Completamente elaborada y electro soldado a máquina bajo condiciones repetitivas controladas, garantizando así un producto de alta calidad. -El patín de concreto es fundido en mesa metálica vibratoria, asegurando su excelente calidad. -Existencia disponible en diferentes medidas y peraltes.

Tabla 2.7: Características del sistema de entepiso MONOLIT.
Fuente: Propia.

2.3.4.3.2 Principales características del sistema tradicional de vigueta y bovedilla dispuesto por la empresa ECONSA.

Este sistema de entepisos de vigueta y bovedilla nace en el país en el año 1993, ofreciendo características técnicas y económicas similares al sistema COPRESA, sin embargo, este sistema ha sido utilizada en varios proyectos en nuestro país como, por ejemplo: Residencial Vista Hermosa, Residencial Sierra Verde, edificio de aulas UNICAES, Santa Ana, entre otros.

Sistema de entrepiso ECONSA		
Ventajas para el constructor	Ventajas de la losa	Ventajas de la vigueta
<p>-La bovedilla, esta puede fabricarse de concreto, de poli estireno expandible (Durapax).</p> <p>-Las viguetas están reforzada con armadura electro soldada a máquina, lo que garantiza su resistencia.</p> <p>-Se utiliza hierro \emptyset de 1/4 o electro malla de refuerzo (6X6, 10/10).</p> <p>-Bastones que evitan grietas o rajaduras en los repellos además soportan los esfuerzos negativos y deberán ser hierro norma grado 40, no menores del 20% de la luz libre o 40 veces el diámetro de la varilla superior de la vigueta.</p>	<p>-Se caracteriza por requerir colado superior de concreto con su respectivo refuerzo por temperatura (4.4 lb/m² de hierro 1/4" o electromalla).</p> <p>-Sistema liviano, reduciendo la carga sobre la estructura.</p> <p>-Cumple con especificaciones del reglamento de la construcción (ACI).</p>	<p>-Vigueta pretensada, la cual es fabricada con acero especial para pretensado que satisface la especificación ASTM A-421y concreto de alta resistencia (350 Kg/cm²).</p> <p>-Esta vigueta puede tener diversos anchos y peraltes dependiendo de la sobrecarga a la cual será sometida, así como los espacios a cubrir.</p> <p>-Fabricada, con varilla corrugada, asegurándole mejor adherencia al concreto.</p>

Tabla 2.2: Características del sistema de entrepiso ECONSA.
Fuente: Propia.

- Tipo de vigueta a utilizar, según carga viva y luz a cubrir

En la figura 2.17, dispuesto por la empresa ECONSA, conociendo la luz a cubrir por el sistema de entrepiso, en el eje de las abscisas y la carga viva en el eje de las ordenadas, se logra determinar el tipo de bovedilla a utilizar.

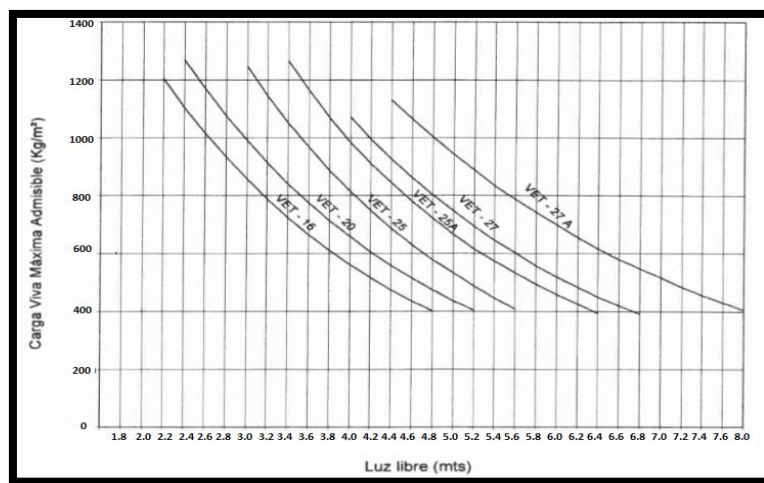


Figura 2.3: Tipo de vigueta a utilizar, según carga viva y luz a cubrir.
Fuente: Catálogo ECONSA.

Otros sistemas de entresijos que ofrece la empresa ECONSA, se presenta en la tabla 2.9:

Sistema	Descripción	Uso
-Losa ECONSA con bovedilla de durapax.	Esta losa se caracteriza por poseer un menor peso y mayor resistencia; ahorrando tiempo en la ejecución de la obra y disminuyendo costos en la estructura general de la construcción.	Una de sus ventajas principales es que este material tiene Buena calidad térmica y acústica.
-Losa ECONSA con molde metal.	Este sistema elimina el uso de bovedilla de concreto o de durapax sólido. Se sustituye por molde metálico obteniendo así una losa con mayor resistencia, ahorrando en la estructura general de la construcción.	La modulación se hará de acuerdo al claro a cubrir y se puede iniciar con molde o con vigueta, según convenga.
-Losa ECONSA estructural.	Sistema Estructural. tienen características similares con el sistema tradicional. Se fabrican de tres tipos: VEE-20, VEE-204, VEE-20B.	no necesita colado superior ni refuerzo por temperatura, reduciendo el peso de la losa en un 35% con respecto a la losa tradicional y sus costos hasta un 30%.

Tabla 2.3: Tipos de entresijo ECONSA
Fuente: ECONSA

2.3.4.3 Principales características del sistema tradicional de vigueta y bovedilla dispuesto por la empresa COPRESA.

Existe una gran variedad de sistemas de entresijo, expuesto por la empresa COPRESA. Estas están enfocadas a las necesidades y características particulares de cada proyecto, en la tabla 2.10 se describen cada uno de ellos y se presenta el uso que tienen en la construcción de edificios.

Sistema	Descripción	Uso
Losa COPRESA tradicional	Primer sistema creado por la empresa usado con excelentes resultados desde 1973 siendo los primeros edificios en utilizarlos el Mercado Central, Hotel Alameda, Torre Roble, en los cuales estas losas, bajo la acción de los sismos de 1986 y 2001 no sufrieron ningún daño.	Es utilizado en la construcción de grandes edificios y viviendas.
Losa COPRESA tradicional plus	Es un Sistema más liviano que el Sistema tradicional, pero tiene la ventaja de una mayor Resistencia a la torsión por su celosía en "V" que arriestra perfectamente la varilla superior y reduce la posibilidad de pandeo de la misma en caso de falla de apuntalamiento.	Es utilizado en la construcción de grandes edificios y viviendas.
Losa COPRESA Losalithe	Es un Sistema de alta flexibilidad, seguro ya adaptable a cualquier situación constructiva.	Es utilizado en la construcción de grandes edificios y viviendas.
Losa COPRESA estructural	Es un Sistema que permite una reducción de peso de aproximadamente 120 kg/cm ² , que puede producir ahorros adicionales en el diseño de vigas columnas y fundaciones, así como concreto y malla de refuerzo.	Se utiliza cuando la luz no sobrepasa los 7.0 mts y no hay sobrecargas mayores de 400 kg/m ² .
Losa COPRESA alma llena	Utiliza una vigueta "T" de concreto de alta Resistencia comprimida mediante cables pretensados.	Para luces menores de 300 mts no se requiere utilizar puntal.

Tabla 2.4: Tipos de entrepiso COPRESA.
Fuente: Propia

Las diferencias con el sistema de losa tradicional radican en la cantidad de materiales utilizado para la instalación de los sistemas, tipo de vigueta, cargas a soportar, claros a cubrir; sin embargo, para el proceso constructivo tienden a ser similares a la del sistema tradicional de entrepiso, el cual es el más utilizado en El Salvador y por lo cual será objeto de estudio en el presente proyecto.

2.4 Factores que determinan la elección del sistema de entrepiso.

Debido a la limitación del proyecto el cual trata sobre los sistemas de entrepiso se mencionan a continuación únicamente los factores principales para su elección:

Factores que determinan la elección del sistema de entrepiso.		
Estructurales	Económicos	Constructivos
Luces o claros libres	Aspecto inferior de la losa (liso o con nervios visibles)	Aspecto inferior de la losa (liso o con nervios visibles)
Altura permisible del piso		
Tuberías y cableado	Seguridad contra incendio, aislamiento térmico y/o acústico	Altura permisible del piso
Cargas permanentes y de uso		
Peso propio del piso	Desperdicio de materiales	Limpieza de obra y desperdicio de materiales
Altura permisible del piso		
Estabilidad	Tiempo de ejecución	Tiempo de ejecución
Deflexiones mínimas		

Tabla 2.11: Factores determinantes en la elección de un entrepiso
Fuente: Propia.

Para iniciar un diseño autores como Arnal, E. y Epelboim, S. recomienda usar el nomograma presentado en la figura 2.18 que toma como parámetro principal la relación que existe entre la luz del sistema de entrepiso y su espesor total. Este nomograma sirve como una referencia para tener una idea de que sistema conviene para empezar a realizar un diseño estructural de un edificio ya que este recomienda la tipología de losa a utilizar con el objetivo de garantizar mayor economía y funcionalidad.

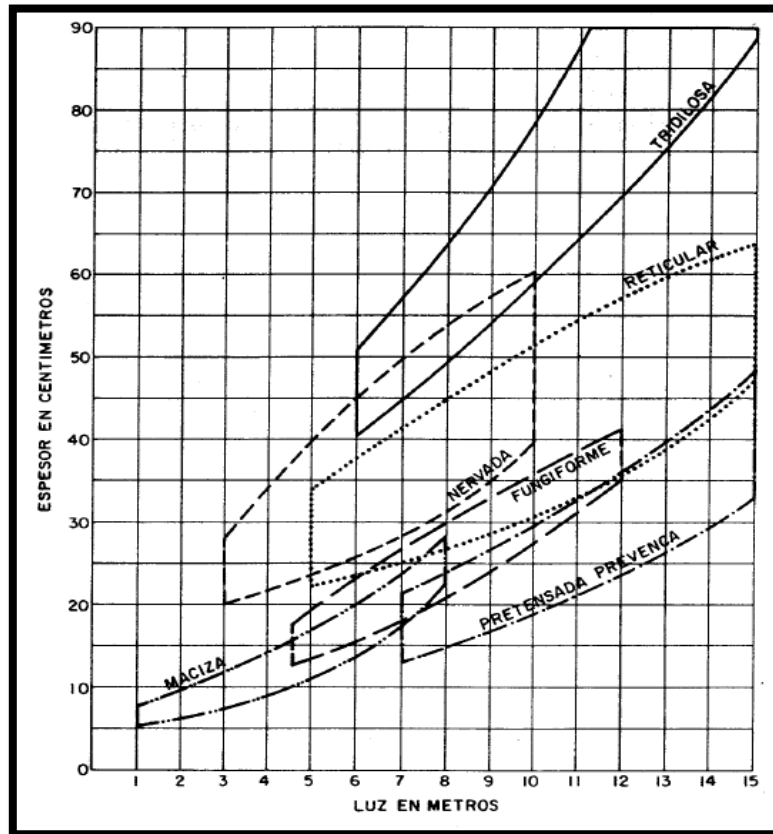


Figura 2.184: Espesores de losas según su luz y tipo.
Fuente: Manual para proyectos de estructuras de concreto reforzado por Arnal, E. y Epelboim, S.

2.5 Fase conceptual

La fase conceptual del proceso de diseño estructural es la fase fundamental que desarrolla la creatividad y capacidad de los profesionales encargados del diseño de un proyecto de construcción. Dicha fase está constituida por distintas etapas (Figura 2.19).

En la subdivisión del diseño final arquitectónico, no estructural, se presentarán los pasos a seguir para lograr establecer las dimensiones de los tableros de losa.

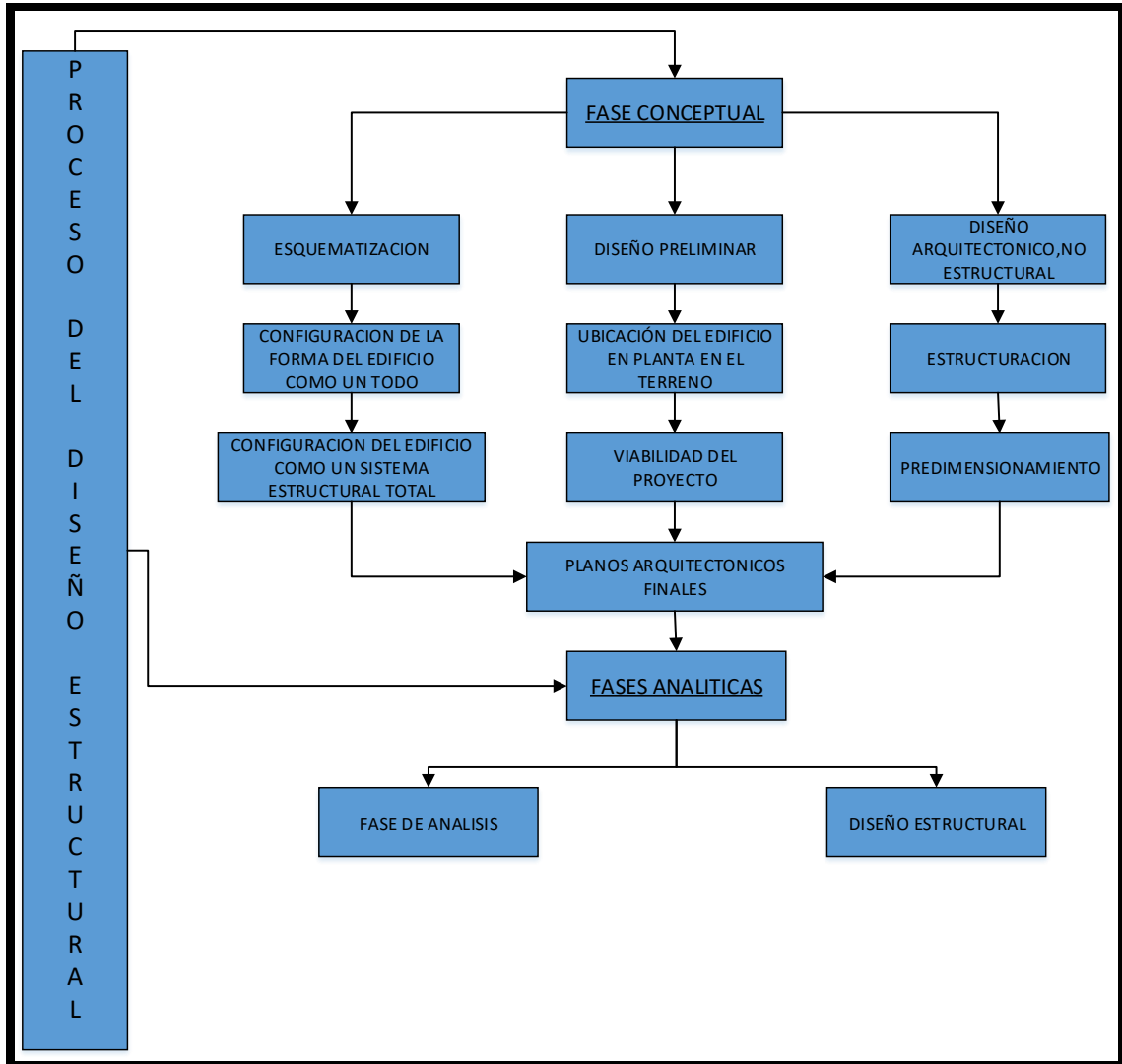


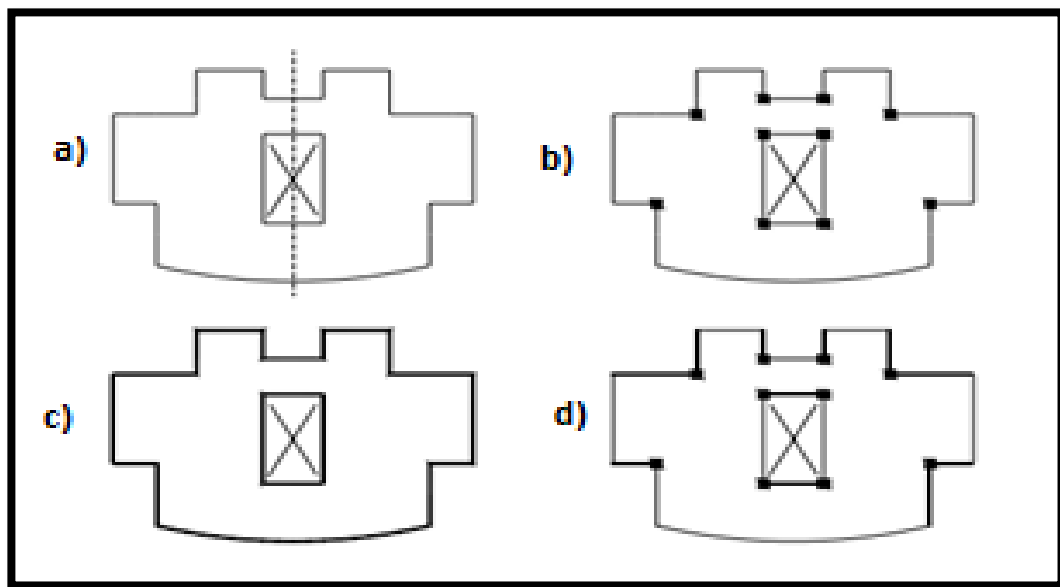
Figura 2.19: Fase conceptual para una edificación.
Fuente: Propia.

2.5.1 Procedimiento general de estructuración

Para estructurar un edificio es necesario realizar una serie de pasos; ya estructurado el edificio se logran definir las dimensiones de los tableros de losa, para que este proceso sea de una forma adecuada, tales pasos se describen a continuación:

a) Se Ubican los elementos verticales sismorresistentes en los puntos mayormente esforzados del edificio.

Este paso parte de la configuración en planta de un edificio, se colocan elementos sismo resistentes, en zonas donde se generan grandes concentraciones de esfuerzo como entrantes, salientes y vanos.



a) Planta geométrica de un edificio, (b) a la cual se le han incorporado columnas en las esquinas interiores de entrantes, salientes y vanos, c) también se muestra la planta del mismo en el cual se ha utilizado un sistema de paredes, d) combinación de ambos.

Figura 2.20: Elementos verticales sismorresistentes

Fuente: "Influencia de la estructuración sísmica en el proceso del diseño estructural en edificios". Trabajo de tesis.

b) Colocación de columnas en todos los vértices de la planta geométrica.

En los vértices faltantes de la planta geométrica se colocan los elementos sismo-resistentes.

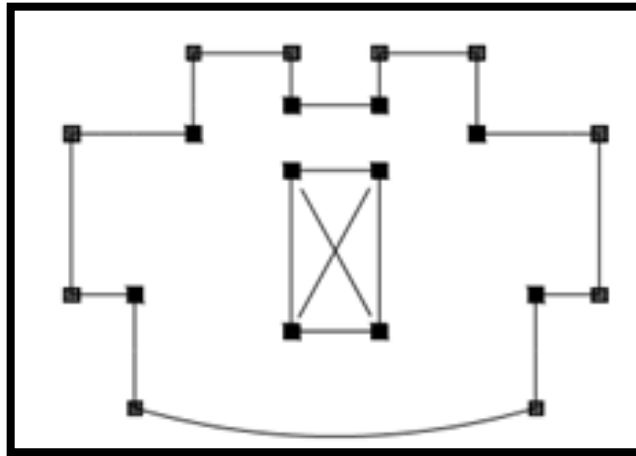


Figura 2.21: Incorporación de columnas en los vértices faltantes de la planta geométrica.
 Fuente: "influencia de la estructuración sísmica en el proceso del diseño estructural en edificios".
 Trabajo de tesis.

c) Establecer colinealidad de los elementos sismorresistentes dentro de la planta.

Los ejes estructurales se forman agregando formas estructurales en el perímetro de la planta o si es necesario en el interior de esta. Como se ve en la figura 2.22, a partir de las columnas en los vértices (figura 2.22 a), se trazan los ejes estructurales (figura 2.22 b), en las que en sus intersecciones se deberá colocar columnas (figura 2.22 c).

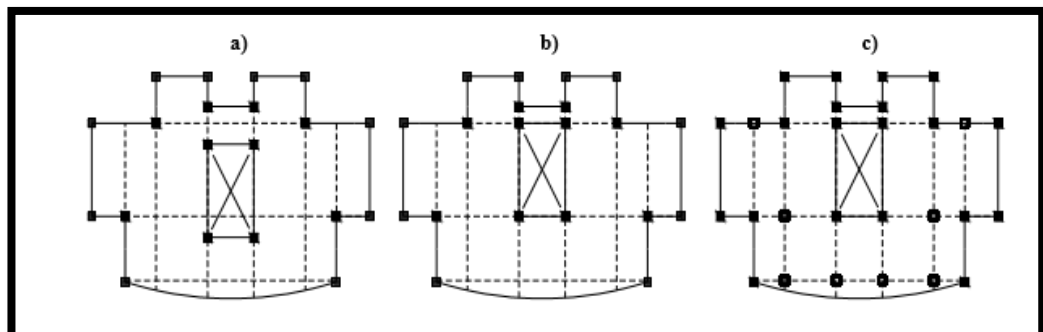


Figura 2.22: Conformación de ejes estructurales para la verificación de la colinealidad entre columnas, con respecto a ejes ortogonales.
 Fuente: "influencia de la estructuración sísmica en el proceso del diseño estructural en edificios".
 Trabajo de tesis.

d) Se incorporan un número de columnas en función de la geometría general de del edificio (Factor cuantitativo).

Con el objetivo que el edificio soporte las cargas a las que este es sometido se debe colocar el número de columnas adecuado, considerando los claros mínimos y máximos en la viga, los cuales son 3 y 10 m. En caso de ser necesario se debe agregar nuevos ejes estructurales a la planta. Ya realizado este procedimiento de manera preliminar se logran definir las dimensiones geométricas de los tableros de losa.

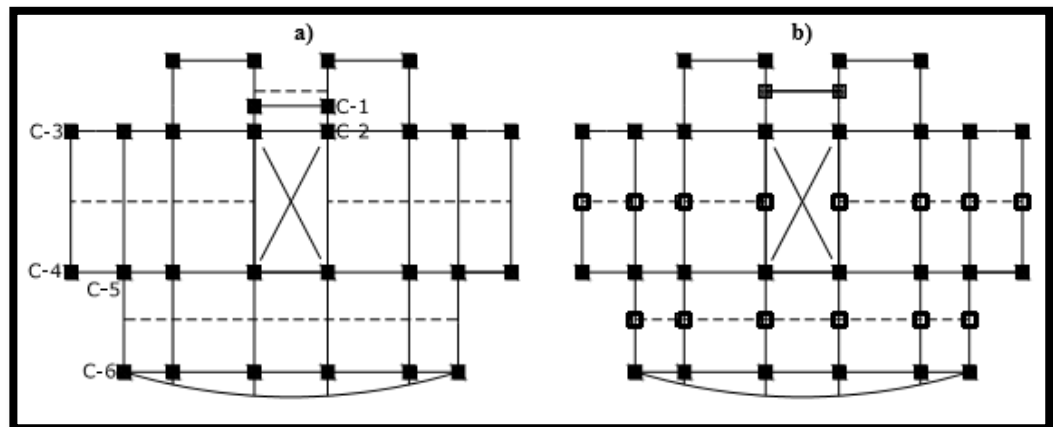


Figura 2.23: Incorporación de nuevos ejes estructurales.
Fuente: "influencia de la estructuración sísmica en el proceso del diseño estructural en edificios". Trabajo de tesis.

e) Incorporación de los elementos secundarios.

Con el objetivo de minimizar los efectos de la flexión, se puede reducir los claros de los tableros de losa incorporando vigas secundarias.

El proceso del diseño estructural recomienda básicamente la estructuración de losas aligeradas ya que éstas disminuyen el peso de la

estructura. Pero no es conveniente utilizarla en tableros con cierta irregularidad, si se tiene este caso es mejor utilizar losa densa con espesores bajos.⁶

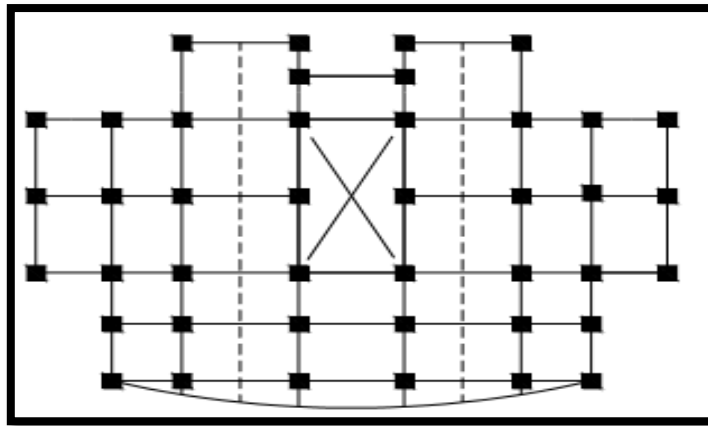


Figura 2.24: Ubicación de ejes secundarios

Fuente: "influencia de la estructuración sísmica en el proceso del diseño estructural en edificios". Trabajo de tesis.

f) Estructuración de la losa.

Se escoge el tipo más conveniente para el sistema de piso ya se ha densa o prefabricada, a modo de ejemplo en la figura 2.25 la dirección en la que se transmite la carga se ha basado en la condición de apoyo de los tableros de losa y en la relación de sus claros.

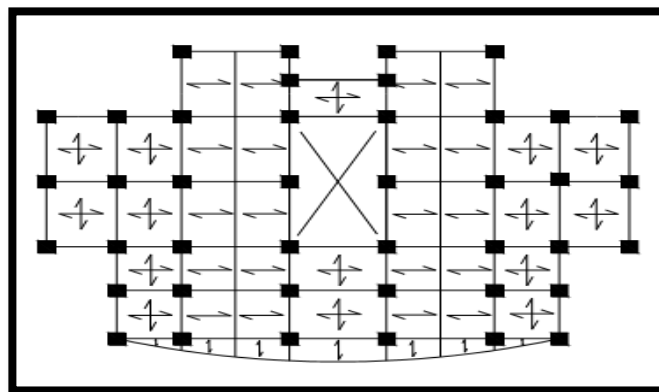


Figura 2.25: Cargado de los tableros del sistema de piso.

Fuente: "influencia de la estructuración sísmica en el proceso del diseño estructural en edificios". Trabajo de tesis.

⁶ Fuente: "Influencia de la estructuración sísmica en el proceso del diseño estructural en edificios". Trabajo de tesis.

g) Incorporación de los ejes estructurales en ambas direcciones ortogonales en planta.

Finalmente hay que verificar si es necesario incorporar nuevos tableros de losa de entrepiso limitados por vigas en voladizos, que ya no formarían parte de la configuración geométrica del edificio.⁷

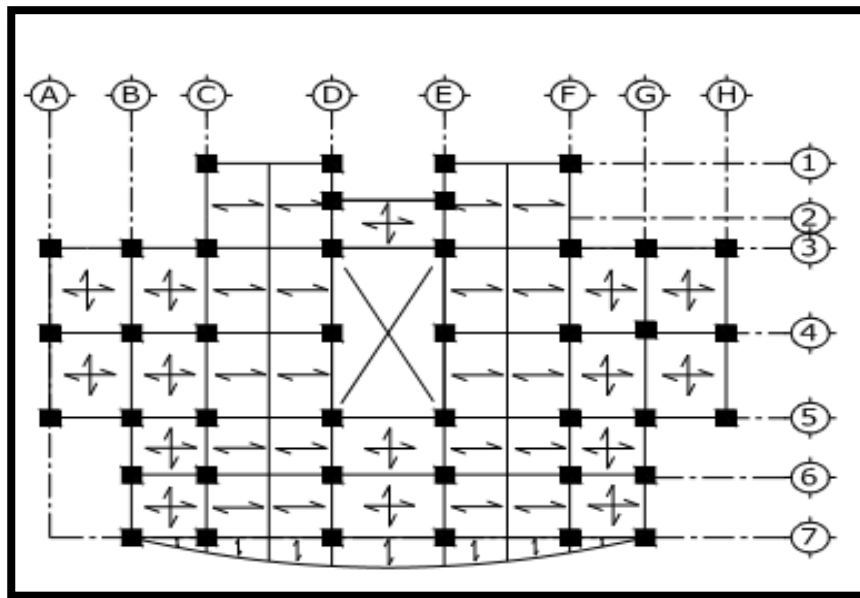


Figura 2.5: Ejes estructurales en la planta del edificio.
Fuente: “influencia de la estructuración sísmica en el proceso del diseño estructural en edificios”.
Trabajo de tesis.

2.6 Métodos de diseño estructural para los cuatro sistemas de entrepiso que se someterán a comparación

Para entrar en detalle de los métodos que se utilizarán para el diseño de losa densa unidireccional y bidireccional, así como de losa tradicional COPRESA y la GalvaDeck es importante conocer las teorías en que se

⁷ Fuente: “Influencia de la estructuración sísmica en el proceso del diseño estructural en edificios”.
Trabajo de tesis.

fundamenta cada uno de ellos. En general pueden distinguirse dos filosofías para el análisis y/o diseño de sistemas de losas de concreto reforzado:

1. Métodos basados en la teoría elástica.
2. Métodos basados en la teoría plástica o análisis límite.

Existen además algunos métodos que usan fundamentos de ambas teorías. Cualquiera sea el método elegido, las losas deben satisfacer las siguientes condiciones:

- i) Que, bajo cargas de servicio, las deformaciones y fisuras deben permanecer dentro de los límites aceptables.
- ii) Que, bajo estados de cargas excepcionales, posean una adecuada ductilidad y coeficiente de seguridad elevado para evitar el colapso de la misma. Es decir, cumplir requisitos de resistencia y ductilidad.

2.6.1 Métodos basados en la teoría elástica (teoría clásica)

La teoría clásica de análisis elástico se basa en las siguientes hipótesis:

- a) La losa se comporta como un material isótropo, homogéneo y elástico para estados de carga de servicio, y por lo tanto en ese rango es válida la ley de Hooke.
- b) El espesor de la losa es suficientemente pequeño como para que se ignoren las deformaciones por corte, pero a su vez ese espesor es suficiente como para ofrecer resistencia a flexión (y no comportarse

como una membrana), y que las deformaciones en su plano sean despreciables.

c) La flecha en un punto cualquiera de la placa es pequeña con respecto a su espesor.

La distribución de momentos y corte en las placas obtenidas a partir de esta teoría elástica es tal que:

- Las condiciones de equilibrio son satisfechas en cada punto de la losa
- Se deben satisfacer las condiciones de contorno
- Las tensiones son proporcionales a las deformaciones, o, en otras palabras, los momentos flectores son proporcionales a las curvaturas lo cual implica relación constitutiva seccional lineal.

2.6.2 Métodos basados en la teoría plástica (análisis límite)

El análisis límite o del estado último reconoce que, debido a la plasticidad, es posible que ocurra una redistribución de los momentos y los cortes más allá de los límites dados por la teoría elástica antes de que se alcance la capacidad última de la losa. Esta redistribución de momentos es factible cuando la sección de concreto no está sobre reforzada. Una vez alcanzada la resistencia de fluencia, la sección puede incrementar notablemente sus valores de curvatura con poca variación con relación a la resistencia que corresponde al comienzo de plasticidad de la armadura fraccionada. De esta forma, el análisis límite permite

evaluar la carga última o máxima de la losa y la redistribución de momentos y cortes para esta carga, suponiendo que las secciones de la losa son lo suficientemente dúctiles como para permitir que ocurra la redistribución de esfuerzos internos.

Para determinar la carga última de un sistema de losas de concreto reforzado existen, de acuerdo a los teoremas de Prager, dos alternativas: un método basado en el límite superior o un método apoyado en los teoremas del límite inferior.

Los métodos basados en los teoremas del límite inferior dan como resultado una carga última que o bien es la correcta o está por debajo de este valor; es decir, la carga última nunca es sobre estimada: se está del lado de la seguridad. El método más conocido en este grupo es el de las franjas de Hillerborg.

Los métodos basados en teoremas del límite superior, por el contrario, llevan a una carga última que es o la correcta o una que supera este valor. A este grupo corresponde el método basado en la teoría de las líneas de fluencia (a veces llamadas líneas de rotura) de Johansen. En este se postulan una serie de mecanismos de colapso para el sistema de losas en estudio y de su análisis, aquel que conduzca a la menor carga última se toma como el correcto o el más aproximado. Si no fuera el valor correcto la solución sobre estimaría en cierto rango la carga máxima que el sistema puede soportar.

Según las teorías antes mencionadas cada una de ellas tiene sus bondades, pero cabe mencionar que para el diseño de las losas a comparar se realizó por el método de resistencia última el cual “históricamente, fue el primer método usado para el diseño, debido a que la carga última se podía medir directamente mediante ensayos sin conocer la magnitud ni la distribución de las tensiones internas. A partir de principios de siglo se realizaron ensayos e investigaciones analíticas con el objetivo de desarrollar teorías de diseño basadas en la resistencia última con las cuales se pudiera predecir la carga última medida en los ensayos. Tanto el concreto estructural como el acero de las armaduras se comportan inelásticamente a medida que se acercan a la resistencia última. En las teorías que tratan la resistencia última del concreto reforzado, se debe considerar el comportamiento elástico de ambos materiales y se los debe expresar en términos matemáticos. Para los aceros que tienen un punto de fluencia bien definido, el comportamiento inelástico se puede expresar como una relación tensión-deformación bilineal. Para el concreto es más difícil medir experimentalmente la distribución inelástica de las tensiones y de expresarla en términos matemáticos. Los estudios realizados para determinar la distribución de tensiones en el concreto dieron por resultado diferentes distribuciones de tensiones propuestas. El desarrollo de los actuales procedimientos de diseño por resistencia tiene su base en estos primeros estudios

experimentales y analíticos. La resistencia última del concreto reforzado que se utiliza en las especificaciones de diseño estadounidenses se basa fundamentalmente en las teorías de 1912 y 1932 ver figura 2.27”.⁸

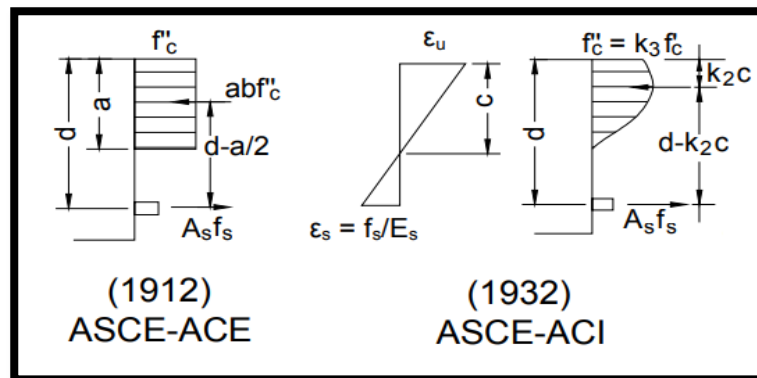


Figura 2.27: Ensayos con base a la teoría de la resistencia última
Fuente: INTI capítulo 6 página 3

2.6.3 Clasificación de las cargas de acuerdo a la acción sobre la estructura

El término cargas, se refiere a las fuerzas que resultan del peso de todos los materiales de construcción, del peso y actividad de sus ocupantes y del peso del equipamiento. También los efectos ambientales y climáticos tales como nieve, viento, entre otras.

En la tabla 2.12 se presentan las definiciones de las cargas que actúan en las estructuras y en particular en los diferentes sistemas de entrepiso. Estas son tres tipos diferentes permanentes, variables e ambientales y se presenta una cuarta carga que son las accidentales las cuales muchas veces se desprecia en el diseño debido a la poca ocurrencia de las

⁸ Fuente: Capítulo 6 del Instituto Nacional de Tecnología Industrial de Argentina (INTI)

mismas pero que son tan importantes como las tres primeras. En el diseño estructural de cualquier elemento es importante conocerlas e identificarlas para tomarlas en cuenta, por lo que se presentan también algunos ejemplos de las mismas.

Término	Definición	Ejemplos
Cargas o acciones permanentes D (Dead)	Cargas en las cuales las variaciones a lo largo del tiempo son raras o de pequeña magnitud y tienen un tiempo de aplicación prolongado. En general, consisten en el peso de todos los materiales de construcción incorporados en el edificio, incluyendo pero no limitado a paredes, pisos, techos, cielorrasos, escaleras, elementos divisorios, terminaciones, revestimientos y otros ítems arquitectónicos y estructurales incorporados de manera similar, y equipamiento de servicios con peso determinado.	<ul style="list-style-type: none"> - Vigas, cielos rasos, columnas, rellenos en pisos, dinteles, acabados en genera, losas otros. - Muros, ventanas, plomería, instalaciones eléctricas y sanitarias
Sobrecargas o acciones variables L (Live)	Son aquellas originadas por el uso y ocupación de un edificio u otra estructura, que pueden variar durante la vida útil de la estructura y no incluye cargas debidas a la construcción o provocadas por efectos ambientales, tales como nieve, viento, acumulación de agua, sismo, etc. Las sobrecargas en cubiertas son aquellas producidas por materiales, equipos o personal durante el mantenimiento, y por objetos móviles o personas durante la vida útil de la estructura.	<ul style="list-style-type: none"> - Personal - Mobiliario - Empujes de cargas o almacenes
Acciones originadas por el medio ambiente	Estas acciones son originadas por fenómenos naturales.	<ul style="list-style-type: none"> - Viento W (Wind) - Nieve S (Snow) - Hielo - Temperatura - Sismo E (Earthquake).
Accidentales	Son todas aquellas cargas que pudiesen actuar en algún momento sobre la estructura de la edificación sin haber sido prevista, pero que dicha estructura debe ser capaz de asimilar para no perder su estabilidad. En algunos casos esto se torna imposible.	<p>Impactos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Choques producidos por vehículos, impactos de medios de fuego, explosiones internas y externas, entre otros. <p>Incendios</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fuegos intencionales o no internos y externos. Si existe libertad de dilatación no se plantean grandes problemas subsidiarios, pero si esta dilatación está impedida en mayor o menor grado por el resto de los componentes de la estructura, aparecen esfuerzos complementarios que hay que tener en cuenta.

Tabla 2.12: Tipos de carga actuantes en una estructura
Fuente: Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles, Argentina

2.6.4 Cargas que determinan el diseño de losas por el método de resistencia última.

Para realizar el diseño de los diferentes sistemas de losa se consideran únicamente las cargas gravitatorias o aquellas que actúan de forma perpendicular a la superficie de la losa. Según el reglamento ACI 318S 14 para el diseño por resistencia última o LRFD es necesario mayorar las diferentes cargas actuantes (U) sobre la losa a través de diferentes coeficientes de mayoración presentados en la tabla 2.13.

Combinación de carga	Ecuación	Carga primaria
$U = 1.4D$	(5.3.1 a)	D
$U = 1.2D + 1.6L + 0.5Lr$	(5.3.1 b)	L

Tabla 2.13: Combinaciones mayoración de carga.
Fuente: ACI 318S-14

Donde:

D: Carga muerta

L: sobrecarga de uso (Carga viva)

Lr: sobrecarga de uso en tejados y cubiertas

Para el diseño de sistemas de entrepiso las cargas vivas serán tomadas del Reglamento para la Seguridad Estructural de El Salvador (RESESCO), las cuales se detallan en la tabla 2.14:

Carga viva máxima (w): Estos valores se deben emplear para diseño estructural por fuerzas gravitacionales y para calcular asentamientos inmediatos en suelos, así como en el diseño estructural de los cimientos ante cargas gravitacionales.

Carga instantánea (w_i): Estos valores se deben usar para diseño sísmico y por viento y cuando se revisen distribuciones de carga más desfavorables que la uniformemente repartida sobre toda el área.

Carga media (w_m): Estos valores se deben emplear en el cálculo de asentamientos diferidos y para el cálculo de flechas diferidas.

Destino del piso o cubierta	w	w_i	w_m	Observaciones
a. Habitación (departamentos, viviendas, dormitorios, cuartos de hotel, internados de escuelas, cuarteles, cárceles, correccionales, hospitales y similares)	70	120	170	Para elementos con área tributaria(A) $A > 36m^2$ tomar $w_m = 100 + \frac{420}{\sqrt{A}}$ Para casos más desfavorable se considerará en lugar de w_m una carga de 500 kg aplicada sobre un área de 50X50 cm en la posición más crítica
b. Oficinas, despachos, aulas y laboratorios	100	180	250	Para elementos con área tributaria(A) $A > 36m^2$ tomar $w_m = 100 + \frac{420}{\sqrt{A}}$ Para casos más desfavorable se considerará en lugar de w_m una carga de 1000 kg aplicada sobre un área de 50X50 cm en la posición más crítica
c. Comunicación para peatones (pasillos, escaleras, rampas, vestíbulos y pasajes de acceso libre al público)	40	150	350	En el diseño se supondrá una carga viva horizontal no menor de 100 kg/m actuando al nivel y en la dirección más desfavorable.
d. Estadios y lugares de reunión sin asientos individuales	40	350	500	
e. Estadios con asientos individuales	40	200	300	
f. Otros lugares de reunión (templos, cines, teatros, gimnasios, salones de baile, restaurantes, bibliotecas, salas de juego y similares)	40	250	350	
g. Comercios, fábricas y bodegas	$0.8w_m$	$0.9w_i$	w_m	De acuerdo al uso $w_m \geq 350 \frac{kg}{m^2}$. Se debe especificar en planos estructurales y lugares visibles en la obra.
h. Cubiertas y azoteas con pendiente no mayor de 5%	15	50	100	-En el diseño se supondrá una carga viva horizontal no menor de 100 kg/m actuando al nivel y en la dirección más desfavorable. -Las cargas vivas especificadas no incluyen cargas concentradas o aquellas que son específicas para cada obra. Además estos elementos deben revisarse con una carga concentrada de 100 kg aplicada en la posición más crítica.

i. Cubiertas y azoteas con pendiente mayor de 5%	5	0	20	-En el diseño se supondrá una carga viva horizontal no menor de 100 kg/m actuando al nivel y en la dirección más desfavorable. -Las cargas vivas especificadas no incluyen cargas concentradas o aquellas que son específicas para cada obra. Además estos elementos deben revisarse con una carga concentrada de 100 kg aplicada en la posición más crítica.
j. Voladizos en vía pública (marquesinas, balcones y similares)	15	70	300	
k. Garajes y estacionamientos (para automóviles exclusivamente)	40	150	250	Adicional hay que considerar una concentración de 1, 500 kg en el lugar más desfavorable del miembro estructural de que se trate.

Tabla 2.14: Cargas vivas unitarias mínimas (kg/m²)
Fuente: Reglamento de Seguridad Estructural de El Salvador

2.6.5 Procedimiento general para el diseño de losas

A continuación, se detalla una serie de pasos los cuales se deben seguir de forma general para el diseño de losas:

- Verificar transferencia de cargas (Unidireccional o bidireccional).
- Relacionar las características y propiedades de los materiales (f_c , f_y , entre otros).
- Identificar los claros entre apoyos (l_n).
- Revisar peralte mínimo (h).
- Realizar análisis de cargas gravitacionales (W).
- Calcular carga última por metro lineal (kg/m²).
- Calcular de cortante y momento se los coeficientes del reglamento ACI 318.

- Calcular la contribución de la sección de concreto para revisar el cortante (V_n).
- Cálculo de áreas de acero de refuerzo (A_s).
- Verificar el acero mínimo (A_s mínimo).
- Determinar número y cantidad de varillas según el acero requerido para momento positivo (M_u^+) y negativo (M_u^-), así como para temperatura.
- Detallado del acero de refuerzo
- Elaboración de planos estructurales

Para el cálculo de cortante y momento se utilizará el método aproximado de los coeficientes los cuales se detallan a continuación:

2.6.6 Métodos de análisis simplificado para losas continuas no preesforzadas

En las losas unidireccionales el reglamento ACI 318S-14 en el capítulo 6 acápite 6.5 permite calcular momento de último (M_u) y el cortante último (V_u) para cargas gravitacionales en losas unidireccionales que cumplan con a) hasta e):

- a) Los miembros son prismáticos.
- b) Las cargas están uniformemente distribuidas.
- c) Carga viva no debe exceder en 3 veces la carga muerta.
- d) Haya dos o más vanos.
- e) La luz del mayor de dos vanos adyacentes no excede en más de 20 por ciento la luz del menor.

El momento último (M_u) debido a cargas gravitacionales debe calcularse de acuerdo con la tabla 2.15 considerando que estos momentos no pueden ser redistribuidos.

Momento	Localización	Condición	Mu
Positivo	vanos extremos	Extremo discontinuo monolítico con el apoyo	$\frac{w_u l_n^2}{14}$
		El extremo discontinuo no está restringido	$\frac{w_u l_n^2}{11}$
	vanos interiores	todos	$\frac{w_u l_n^2}{16}$
Negativo	cara interior de los apoyos exteriores	miembros construidos monolíticamente con viga dintel de apoyo	$\frac{w_u l_n^2}{24}$
		miembros construidos monolíticamente con columna como apoyo	$\frac{w_u l_n^2}{16}$
	cara exterior del primer apoyo interior	dos vanos	$\frac{w_u l_n^2}{9}$
		más de dos vanos	$\frac{w_u l_n^2}{10}$
	las demás caras de apoyos	todas	$\frac{w_u l_n^2}{11}$
	cara de todos los apoyos que cumplan a) o b)	a) losas con luces que no exceden 3 metros b) vigas en las cuales la relación entre la suma de las rigideces de las columnas y la rigidez de la viga exceda en 8 en cada extremo del vano	$\frac{w_u l_n^2}{12}$

(1) Para calcular los momentos negativos, l_n debe ser el promedio de las luces de los vanos adyacentes.

Tabla 2.15: As mínimo para cortante en losas densas en una dirección

Fuente: ACI 318S-14

En la figura 2.28 se presenta el esquema para para el cálculo de momentos en modelos continuos según las condiciones de a) hasta d):

- a) Losas con más de dos luces;
- b) Losas con dos luces únicamente;
- c) Losas con luces que no exceden 3 metros;
- d) Vigas en las cuales la suma de las rigideces de las columnas excede ocho veces la suma de las rigideces de las vigas para cada extremo de la luz.

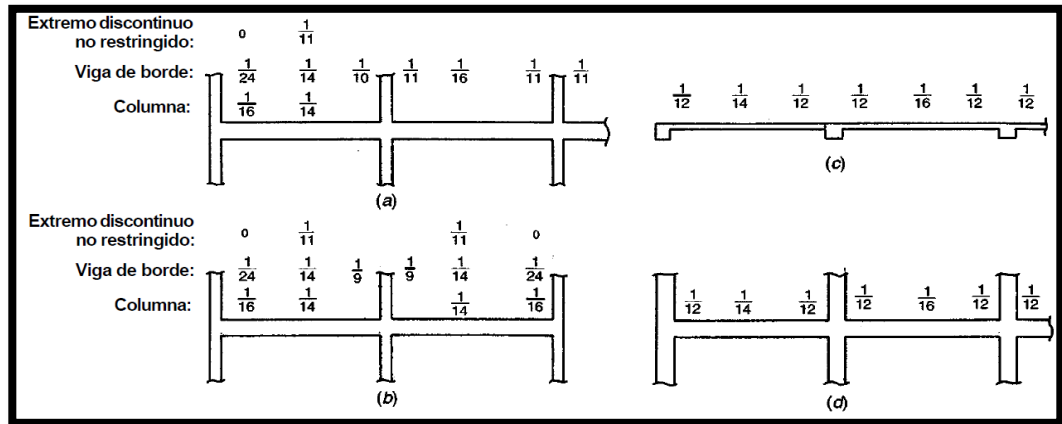


Figura 2.28: Resumen de los coeficientes de momento flector del Código ACI.
Fuente: Estructuras de Concreto, Arthur Nilson.

El cortante último (V_u) debido a cargas gravitacionales se debe calcular de acuerdo a:

Localización	V_u
Cara exterior del primer apoyo interior	$\frac{1.15w_u l_n^2}{2}$
Cara de todos los demás apoyos	$\frac{w_u l_n^2}{2}$

Tabla 2.16: Cortantes aproximados para losas en una dirección
Fuente: ACI 318S 14, Tabla 6.5.4

2.6.7 Diseño de losas densas de concreto reforzado

2.6.7.1 losa densa unidireccional:

a) Diseño de losa densa unidireccional

El comportamiento estructural de las losas en una dirección se manifiesta por la manera como se deforman ante la acción de las cargas. En la figura 2.29 se muestra una losa apoyada en los bordes opuestos los cuales son más largos y sin apoyo en el borde corto. Esta losa se deflecta en la dirección corta de forma cilíndrica, mientras que en la dirección larga no presenta deformaciones.

El momento flector actúa por lo tanto en el sentido de tales deformaciones y es el mismo para todas las franjas paralelas

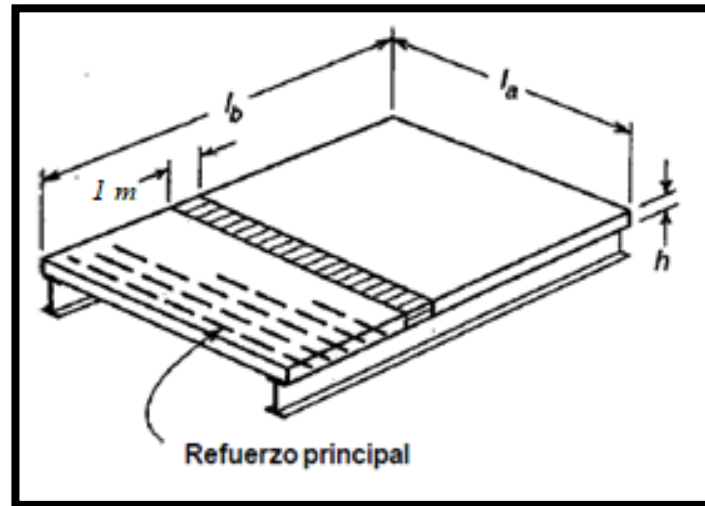


Figura 2.29: Comportamiento de losa densa unidireccional.
Fuente: Arthur Nilson Estructuras de concreto, página 368

Una losa en una dirección para efectos de cálculo y diseño puede considerarse como un conjunto de vigas rectangulares una junto a otra donde la altura o espesor es " h " con un ancho unitario igual a $1 m$. La luz es la distancia libre entre apoyos esta puede considerarse como la distancia que hay entre rostros de vigas paralelas donde se apoya la losa.

La altura mínima (h_{\min}) de una losa densa en una dirección según el ACI 318S- 14 con el propósito de controlar las deflexiones se presenta en la tabla 2.17. Cuando se utilice un concreto de peso normal y un acero distinto de $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, los valores de la tabla 2.17 deben multiplicarse por el factor $\left(0.4 + \frac{f_y}{7020}\right)$.

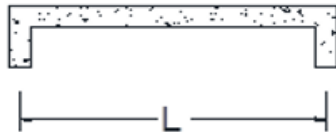

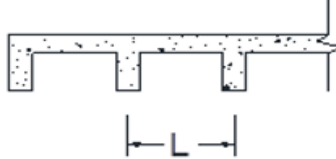
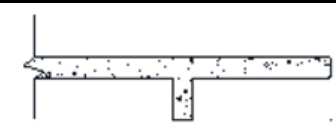
Condición de apoyo		h mínimo
	Simply supported	$\frac{L}{20}$
	Un extremo continuo	$\frac{L}{24}$
	Ambos extremos continuos	$\frac{L}{28}$
	En voladizo	$\frac{L}{10}$

Tabla 2.17: Espesor mínimo para losa en una dirección según ACI 318-14.
Fuente: ACI 318S-14, tabla 7.3.1.1

Las cargas actuantes de las losas deben ser mayoradas de acuerdo con las combinaciones de carga descritos en el capítulo 5, tabla 5.3.1 del ACI 318 o tabla 2.13 del presente capítulo y usar luego la situación más desfavorable.

El cálculo de momento último (M_u) y el cortante último (V_u) se determinará según lo detallado en 2.6.4 que es el método de los coeficientes del ACI 318 para losas en una dirección.

Con el fin de asegurar una falla dúctil, el refuerzo a flexión debe ser mayor o igual que la cuantía mínima especificada en la tabla 2.18:

Tipo de refuerzo	$F_y, \text{kg/cm}^2$	$A_{s,\text{mínimo}}$	
Barras corrugadas	<4200	0.0020 A_g	
Barras corrugadas o refuerzo de alambre electrosoldado	>4200	Mayor de:	$\frac{(0.0018 \times 420)}{f_y} A_g$
			0.0014 A_g

Tabla 2.18: A_s mínimo para flexión en losas densas en una dirección.
Fuente: ACI 318S-14, tabla 7.6.1.1

El refuerzo a cortante restringe el crecimiento de fisuras inclinadas y, por consiguiente, aumenta la ductilidad de la losa y advierte sobre peligro de falla.

Por el contrario, en un alma sin refuerzo, la formación de grietas inclinadas puede conducir directamente a una falla sin advertencia. Este refuerzo es muy importante si un elemento es sometido a una fuerza de tracción imprevista o a una sobrecarga. Por lo tanto, se requiere un área mínima de refuerzo a cortante, siempre que el cortante último V_u sea mayor que ϕV_c . Esta revisión debe realizarse siempre y si es el caso que se requiere refuerzo por cortante se debe disponer refuerzo mínimo a cortante ($A_{v,\text{min}}$) en todas las regiones donde $V_u > \phi V_c$. Donde V_u es el cortante actuante, ϕ es el factor de reducción igual a 0.75 y V_c es la resistencia a cortante calculada como $V_c = 0.53 \cdot \lambda \sqrt{f'_c} b \cdot d$ con f'_c en kg/cm^2 .

El uso de refuerzo por cortante en losas aumenta los costos por lo que pierde el criterio de economía, aunque se necesite refuerzo por cortante se recomienda utilizar un espesor de losa mayor al del pre dimensionamiento y así aumentar la resistencia del concreto al cortante.

En los casos para controlar la retracción por fraguado y por temperatura se debe colocar refuerzo mínimo igual al que mínimo para flexión presentado en la tabla 2.19

Criterios para el detallado del acero de refuerzo

Condición	Espaciamiento del refuerzo	
	Flexión	Temperatura
Control de agrietamiento (El menor)	3h	El espaciamiento elegido no debe exceder 5h o 45 cm
	45 cm	
Colado de concreto y adherencia (El mayor)	2.5 cm	
	Diámetro de la varilla	
	4/3 del tamaño del agregado grueso	

Tabla 2.19: Espaciamiento para el refuerzo longitudinal
Fuente: ACI 318S 14

En el anexo A.1 se presenta el flujograma para el diseño de losas densas unidireccionales.

2.6.7.2 Diseño de losas bidireccionales de concreto reforzado según ACI 318S 14

Para el predimensionamiento se debe tener en cuenta como primer paso el espesor mínimo de la losa, y luego verificar los límites de las deflexiones calculadas, el ACI 318S 14 recomienda que un sistema de losa se puede diseñar mediante cualquier procedimiento que cumpla con las condiciones de equilibrio y compatibilidad geométrica, siempre que la resistencia de diseño en cada sección sea al menos igual a la resistencia requerida, y que se cumplan todos los requisitos de funcionamiento. Este permite aplicar el método de diseño directo (MDD) de la sección 8.10 o el método del marco equivalente de 8.11, donde sean aplicables.

Las losas como se mencionó en apartados anteriores pueden estar apoyadas perimetralmente sobre vigas, paredes o columnas directamente (losas planas) por lo que siguiendo los criterios de diseño el ACI 318S 14 para estos tipos de losas se describen a continuación una serie de parámetros que deben tenerse en cuenta para su diseño.

Cuando la losa se encuentra apoya sobre vigas, el espesor (h) se debe verificar en la tabla 2.20:

α_{fm}	Espesor mínimo, h(cm)		
$\alpha_{fm} < 0.2$	Se aplica criterios de losa plana		(a)
$0.2 < \alpha_{fm} < 2.0$	Mayor de:	$h = \frac{l_n \left(0.8 + \frac{f_y}{14000} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0.2)}$	(b)
		12.5	(c)
$\alpha_{fm} > 2.0$	Mayor de:	$h = \frac{l_n \left(0.8 + \frac{f_y}{14000} \right)}{36 + 9\beta}$	(d)
		9	(e)

Tabla 2.20: Espesor mínimo de las losas de dos direcciones con vigas perimetrales (In en cm)
Fuente: ACI 318S-14 Tabla 8.3.1.2

Los miembros de concreto reforzado sometidos a flexión deben diseñarse para que tengan una rigidez adecuada con el fin de limitar cualquier deflexión o deformación que pudiese afectar adversamente la resistencia o el funcionamiento de la estructura.

En el diseño de losas bidireccionales es necesario identificar los términos franja de columna y franja central los cuales se detallan en la figura 2.30:

– Franja de columna: una franja de diseño con un ancho a cada lado del eje de la columna igual a $0.25l_2$ o $0.25l_1$, el que sea menor. Las franjas de columna deben incluir las vigas dentro de la franja, si las hay.

– Franja central: es una franja de diseño limitada por dos franjas de columna.

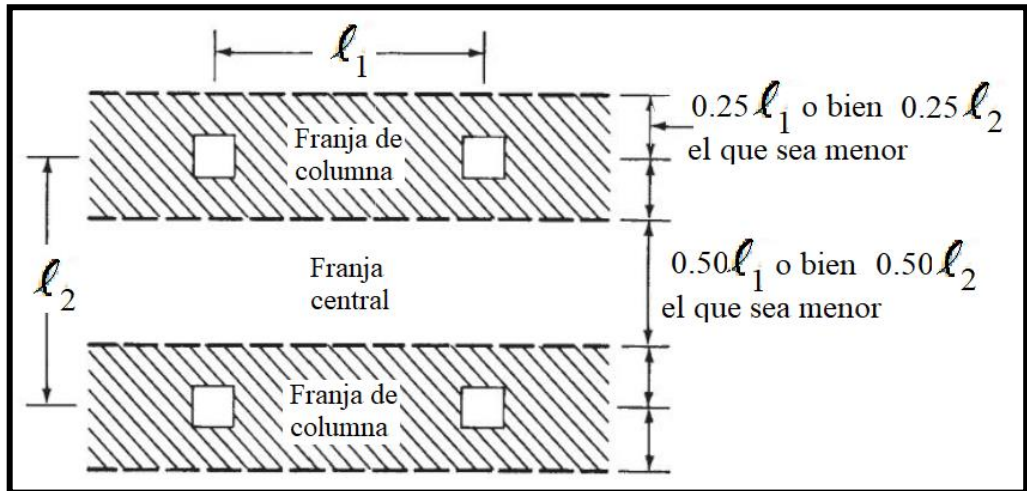


Figura 2.306: Franja central y franja de columna.
Fuente: Propia

a) Restricciones a las aberturas

Las disposiciones de diseño de aberturas en losas se desarrollaron en la Joint ACI-ASCE Committee 326 (1962).

Cuando las aberturas de las losas están situadas dentro de las franjas de columnas o a una distancia menor a $10h$ de una zona de carga concentrada o de reacción, la porción de b_o encerrada por las líneas rectas que se proyectan desde el centroide de la columna, carga concentrada o área de reacción tangentes a los bordes de las aberturas debe considerarse como inefectiva.

En la figura 2.31 por medio de líneas punteadas, se muestran algunas ilustraciones de la localización de las porciones efectivas de la sección crítica, cerca de aberturas típicas y extremos libres. Investigaciones (Joint ACI-ASCE Committee 426 1974) han confirmado que estas disposiciones son conservadoras.

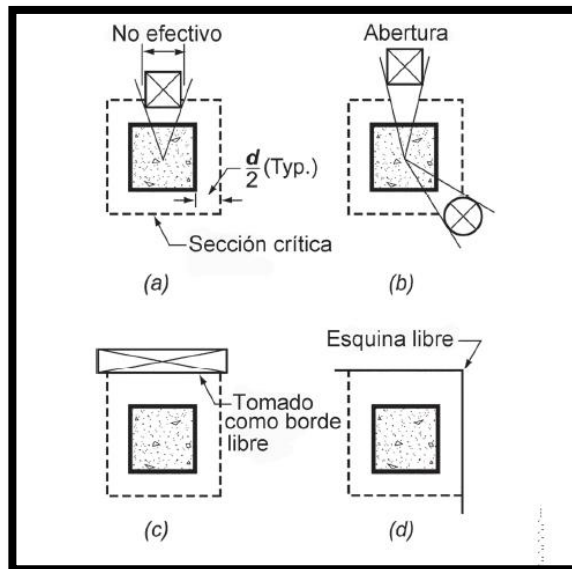


Figura 2.31: Efecto de las aberturas en la losa y extremos libres.
Fuente: ACI 318S 14

b) Refuerzo mínimo a flexión ($A_{s_{\min}}$)

Se debe colocar un área mínima de refuerzo a flexión ($A_{s_{\min}}$) cerca de la cara en tracción en la dirección de la luz bajo consideración de acuerdo con la Tabla 2.21:

Tipo de refuerzo	f_y , kg/cm ²	$A_{s_{\min}}$
Barras corrugadas	<4200	$0.0020A_g$
Barras corrugadas o refuerzo de alambre electrosoldado	>4200	Mayor de:
		$\frac{(0.0018 \times 420)}{f_y} A_g$ $0.0014A_g$

Tabla 2.21: Acero mínimo para losas bidireccionales
Fuente: ACI 318S 14 tabla 8.6.1.1

c) Detallado del refuerzo

Para el detallado de losas bidireccional este se puede realizar como si se tratara de losas en una dirección los cuales deben cumplir con los siguientes requisitos del reglamento ACI 318S 14 explicados en el diseño de losas unidireccionales del apartado 2.6.3.1:

- **Recubrimiento de concreto:** Este se encuentra en la tabla 2.5 del apartado de materiales del presente capítulo.
- **Espaciamiento de las barras:** Menor de $2h$ o 45 cm en la sección crítica

Para una mejor orientación sobre el detallado del acero de refuerzo se presenta la tabla 2.22 donde se hace referencia a cada uno de los capítulos del ACI 318S 14 donde se tienen los requerimientos necesarios para la longitud de desarrollo, empalmes, barras en paquete, así como el espaciamiento mínimo:

Detalle	Capítulo del ACI 318S-14
Longitudes de desarrollo	25.4
Empalmes por traslapo	25.5
Barras en paquete	25.6
Espaciamiento mínimo	25.2

Tabla 2.22: Detallado para sistemas de losas bidireccionales
Fuente: ACI 318S 14

d) Terminación del refuerzo

En vigas maestras, columnas, o muros:

- Barras inferiores 150 mm dentro del apoyo
- Barras superiores ancladas para desarrollar f_y en la cara del apoyo

Para el cálculo de los momentos en las franjas centrales y de columna también conocidas como franja central y de borde se utilizará el método de los coeficientes del ACI el cual se detalla a continuación:

2.6.7.3 Método de los coeficientes para losas de dos direcciones

La obtención de momentos en losas de dos direcciones con distintas condiciones de continuidad en los bordes es matemáticamente muy compleja y poco adecuada en la práctica profesional, por lo cual se adopta un procedimiento simplificado denominado el método de los coeficientes, presentado en el ACI 318-63.

Este facilita el análisis y diseño de losas bidireccionales con geometría rectangular apoyadas en los bordes por muros o vigas de concreto siempre que satisfaga la condición siguiente:

$$h_{viga} \geq 3(h_{losa}) \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Este método utiliza tablas de coeficientes para repartición de cargas, esto debido a su fácil aplicación además de que dichos coeficientes cubren losas con diferentes condiciones de borde, y su obtención se basa en análisis tanto elásticos como inelásticos en el elemento.

Por lo que para el presente proyecto se considerará este método y las tablas desarrolladas por Arthur Nilson para la repartición de la carga uniformemente distribuida sobre la losa.

El método utiliza las tablas de coeficientes 2.33, 2.34, 2.35 y 2.36 en donde se presenta la variedad más práctica de cargas y condiciones de

borde. Los valores de las tablas se basan en los cálculos elásticos anteriormente indicados y tienen en cuenta la reducción de los momentos por efecto de la redistribución inelástica de tensiones. En consecuencia, el momento de diseño para cada dirección es menor que el máximo obtenido por elasticidad para esa misma dirección. Los momentos en las dos direcciones se determinan en las ecuaciones 2.3 y 2.4, en donde M_a y M_b son los momentos en dirección corta y larga respectivamente, C_a y C_b son los coeficientes de momento para la dirección corta y larga, “q” la carga uniformemente distribuida en la losa, l_a y l_b son las luces en dirección corta y larga.

$$M_a = C_a \cdot q \cdot l_a^2 \text{ Ecuación 2.3}$$

$$M_b = C_b \cdot q \cdot l_b^2 \text{ Ecuación 2.4}$$

El método recomienda que cada recuadro de losa (otro término muy utilizado para definir una región interna de losa bordeada por vigas perimetrales es “panel”) sea dividido en tres zonas para cada una de las dos direcciones de diseño, una central o media la cual tiene un ancho igual a la mitad de la luz y dos zonas de borde o de columnas con anchos cada una iguales a la cuarta parte de la luz respectiva.

En la figura 2.32 se presenta una situación real, en la cual un sistema de vigas soporta una losa en dos direcciones. Se observa que algunos de los paneles, como el A, tienen dos bordes exteriores discontinuos, mientras que los demás son continuos con sus vecinos. El panel B tiene

un borde discontinuo y tres bordes continuos; el panel interior C tiene todos los bordes continuos y así sucesivamente.

En un borde continuo de losa se generan momentos negativos de manera similar al caso de los apoyos interiores de vigas continuas. También, la magnitud de los momentos positivos depende de las condiciones de continuidad en todos los cuatro bordes.

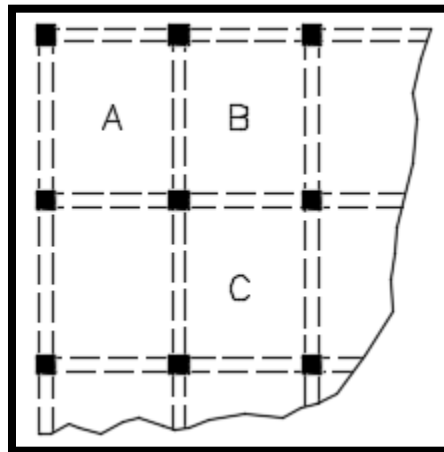


Figura 2.32: Planta de una losa de piso típica en dos direcciones con vigas en los ejes de columnas.
Fuente: Estructuras de Concreto Reforzado, Arthur Nilson

En las tablas 2.23 a 2.26 un borde achurado indica que la losa continua a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable. En ellas se presentan los coeficientes tanto para momento negativo como positivos en las franjas centrales de la losa densa bidireccional. Para el diseño de las de bordes queda a criterio del diseñador estructural reducir o no la cantidad de acero requerido en las franjas centrales. Este método es muy utilizado por su simplicidad y los resultados bastante conservadores ya

que incluyen tanto análisis elástico como plástico lo que ayuda a diseñar secciones de losas más eficientes.

- **Coefficientes de momento negativo**

$$M_{a,neg} = C_{a,neg} w l_a^2 \text{ Ecuación 2.5}$$

$$M_{b,neg} = C_{b,neg} w l_b^2 \text{ Ecuación 2.6}$$

Donde w = carga muerta más viva uniforme total










Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$		Caso 1	Caso2	Caso3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
										
1.00	$C_{a,neg}$		0.045	0.076	0.050	0.075	0.071	0.071	0.033	0.061
	$C_{b,neg}$		0.045		0.050				0.061	0.033
0.95	$C_{a,neg}$		0.050	0.072	0.055	0.079	0.075	0.067	0.038	0.065
	$C_{b,neg}$		0.041		0.045				0.056	0.029
0.90	$C_{a,neg}$		0.055	0.070	0.060	0.080	0.079	0.062	0.043	0.068
	$C_{b,neg}$		0.037		0.040				0.052	0.025
0.85	$C_{a,neg}$		0.060	0.065	0.066	0.082	0.083	0.057	0.049	0.072
	$C_{b,neg}$		0.031		0.034				0.046	0.021
0.80	$C_{a,neg}$		0.065	0.061	0.071	0.083	0.086	0.051	0.055	0.075
	$C_{b,neg}$		0.027		0.029				0.041	0.017
0.75	$C_{a,neg}$		0.069	0.056	0.076	0.085	0.088	0.044	0.061	0.078
	$C_{b,neg}$		0.022		0.024				0.036	0.014
0.70	$C_{a,neg}$		0.074	0.050	0.081	0.086	0.091	0.038	0.068	0.081
	$C_{b,neg}$		0.017		0.019				0.029	0.011
0.65	$C_{a,neg}$		0.077	0.043	0.085	0.087	0.093	0.031	0.074	0.083
	$C_{b,neg}$		0.014		0.015				0.024	0.008
0.60	$C_{a,neg}$		0.081	0.035	0.089	0.088	0.095	0.024	0.080	0.085
	$C_{b,neg}$		0.010		0.011				0.018	0.006
0.55	$C_{a,neg}$		0.084	0.028	0.092	0.089	0.096	0.019	0.085	0.086
	$C_{b,neg}$		0.007		0.008				0.014	0.005
0.50	$C_{a,neg}$		0.086	0.022	0.094	0.090	0.097	0.014	0.089	0.088
	$C_{b,neg}$		0.006		0.006				0.010	0.003

Tabla 2.23: Coeficientes para momento negativo
Fuente: Nilson Arthur, Diseño de estructuras de concreto, capítulo 12 página 378

- **Coefficientes de momento positivo debido a carga muerta**

$$M_{a,pos,dl} = C_{a,dl} w l_a^2 \text{ Ecuación 2.7}$$

$$M_{b,pos,dl} = C_{b,dl} w l_b^2 \text{ Ecuación 2.8}$$

Donde w = carga muerta uniforme total

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	$C_{a,dl}$	0.036	0.018	0.018	0.027	0.027	0.033	0.027	0.020	0.023
	$C_{b,dl}$	0.036	0.018	0.027	0.027	0.018	0.027	0.033	0.023	0.020
0.95	$C_{a,dl}$	0.040	0.020	0.021	0.030	0.028	0.036	0.031	0.022	0.024
	$C_{b,dl}$	0.033	0.016	0.025	0.024	0.015	0.024	0.031	0.021	0.017
0.90	$C_{a,dl}$	0.045	0.022	0.025	0.033	0.029	0.039	0.035	0.025	0.026
	$C_{b,dl}$	0.029	0.014	0.024	0.022	0.013	0.021	0.028	0.019	0.015
0.85	$C_{a,dl}$	0.050	0.024	0.029	0.036	0.031	0.042	0.040	0.029	0.028
	$C_{b,dl}$	0.026	0.012	0.022	0.019	0.011	0.017	0.025	0.017	0.013
0.80	$C_{a,dl}$	0.056	0.026	0.034	0.039	0.032	0.045	0.045	0.032	0.029
	$C_{b,dl}$	0.023	0.011	0.020	0.016	0.009	0.015	0.022	0.015	0.010
0.75	$C_{a,dl}$	0.061	0.028	0.040	0.043	0.033	0.048	0.051	0.036	0.031
	$C_{b,dl}$	0.019	0.009	0.018	0.013	0.007	0.012	0.020	0.013	0.007
0.70	$C_{a,dl}$	0.068	0.030	0.046	0.046	0.035	0.051	0.058	0.040	0.033
	$C_{b,dl}$	0.016	0.007	0.016	0.011	0.005	0.009	0.017	0.011	0.006
0.65	$C_{a,dl}$	0.074	0.032	0.054	0.050	0.036	0.054	0.065	0.044	0.034
	$C_{b,dl}$	0.013	0.006	0.014	0.009	0.004	0.007	0.014	0.009	0.005
0.60	$C_{a,dl}$	0.081	0.034	0.062	0.053	0.037	0.056	0.073	0.048	0.036
	$C_{b,dl}$	0.010	0.004	0.011	0.007	0.003	0.006	0.012	0.007	0.004
0.55	$C_{a,dl}$	0.088	0.035	0.071	0.056	0.038	0.058	0.081	0.052	0.037
	$C_{b,dl}$	0.008	0.003	0.009	0.005	0.002	0.004	0.009	0.005	0.003
0.50	$C_{a,dl}$	0.095	0.037	0.080	0.059	0.039	0.061	0.089	0.056	0.038
	$C_{b,dl}$	0.006	0.002	0.007	0.004	0.001	0.003	0.007	0.004	0.002

Tabla 2.245: Coeficientes para momento positivo
Fuente: Nilson Arthur, Diseño de estructuras de concreto,
capítulo 12 página 379.

- **Coefficientes de momento positivo debido a carga viva**

$$M_{a, pos, ll} = C_{a, ll} w l_a^2 \text{ Ecuación 2.9}$$

$$M_{b, pos, ll} = C_{b, ll} w l_b^2 \text{ Ecuación 2.10}$$

Donde w = carga viva uniforme total










Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
										
1.00	$C_{a, ll}$	0.036	0.027	0.027	0.032	0.032	0.035	0.032	0.028	0.030
	$C_{b, ll}$	0.036	0.027	0.032	0.032	0.027	0.032	0.035	0.030	0.028
0.95	$C_{a, ll}$	0.040	0.030	0.031	0.035	0.034	0.038	0.036	0.031	0.032
	$C_{b, ll}$	0.033	0.025	0.029	0.029	0.024	0.029	0.032	0.027	0.025
0.90	$C_{a, ll}$	0.045	0.034	0.035	0.039	0.037	0.042	0.040	0.035	0.036
	$C_{b, ll}$	0.029	0.022	0.027	0.026	0.021	0.025	0.029	0.024	0.022
0.85	$C_{a, ll}$	0.050	0.037	0.040	0.043	0.041	0.046	0.045	0.040	0.039
	$C_{b, ll}$	0.026	0.019	0.024	0.023	0.019	0.022	0.026	0.022	0.020
0.80	$C_{a, ll}$	0.056	0.041	0.045	0.048	0.044	0.051	0.051	0.044	0.042
	$C_{b, ll}$	0.023	0.017	0.022	0.020	0.016	0.019	0.023	0.019	0.017
0.75	$C_{a, ll}$	0.061	0.045	0.051	0.052	0.047	0.055	0.056	0.049	0.046
	$C_{b, ll}$	0.019	0.014	0.019	0.016	0.013	0.016	0.020	0.016	0.013
0.70	$C_{a, ll}$	0.068	0.049	0.057	0.057	0.051	0.060	0.063	0.054	0.050
	$C_{b, ll}$	0.016	0.012	0.016	0.014	0.011	0.013	0.017	0.014	0.011
0.65	$C_{a, ll}$	0.074	0.053	0.064	0.062	0.055	0.064	0.070	0.059	0.054
	$C_{b, ll}$	0.013	0.010	0.014	0.011	0.009	0.010	0.014	0.011	0.009
0.60	$C_{a, ll}$	0.081	0.058	0.071	0.067	0.059	0.068	0.077	0.065	0.059
	$C_{b, ll}$	0.010	0.007	0.011	0.009	0.007	0.008	0.011	0.009	0.007
0.55	$C_{a, ll}$	0.088	0.062	0.080	0.072	0.063	0.073	0.085	0.070	0.063
	$C_{b, ll}$	0.008	0.006	0.009	0.007	0.005	0.006	0.009	0.007	0.006
0.50	$C_{a, ll}$	0.095	0.066	0.088	0.077	0.067	0.078	0.092	0.076	0.067
	$C_{b, ll}$	0.006	0.004	0.007	0.005	0.004	0.005	0.007	0.005	0.004

Tabla 2.25: Coeficientes para momento positivo
 Fuente: Nilson Arthur, Diseño de estructuras de concreto,
 capítulo 12 página 380.

- Relación de la carga W que se transmite en las direcciones l_a y l_b , para calcular el cortante en la losa y las cargas en los apoyos

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	W_a	0.500	0.500	0.170	0.500	0.830	0.710	0.290	0.330	0.670
	W_b	0.500	0.500	0.830	0.500	0.170	29.000	0.710	0.670	0.330
0.95	W_a	0.550	0.550	0.200	0.550	0.860	0.750	0.330	0.380	0.710
	W_b	0.450	0.450	0.800	0.450	0.140	25.000	0.670	0.620	0.290
0.90	W_a	0.600	0.600	0.230	0.600	0.880	0.790	0.380	0.430	0.750
	W_b	0.400	0.400	0.770	0.400	0.120	21.000	0.620	0.570	25.000
0.85	W_a	0.660	0.660	0.280	0.660	0.900	0.830	0.430	0.490	0.790
	W_b	0.340	0.340	0.720	0.340	0.100	0.170	0.570	0.510	0.210
0.80	W_a	0.710	0.710	0.330	0.710	0.920	0.860	0.490	0.550	0.830
	W_b	29.000	29.000	0.670	0.290	0.080	0.140	0.510	0.450	0.170
0.75	W_a	0.760	0.760	0.390	0.760	0.940	0.880	0.560	0.610	0.860
	W_b	0.240	0.240	0.610	0.240	0.060	0.120	0.440	0.390	0.140
0.70	W_a	0.810	0.810	0.450	0.810	0.950	0.910	0.620	0.680	0.890
	W_b	0.190	0.190	0.550	0.190	0.050	0.090	0.380	32.000	0.110
0.65	W_a	0.850	0.850	0.530	0.850	0.960	0.930	0.690	0.740	0.920
	W_b	0.150	0.150	0.470	0.150	0.040	0.070	0.310	26.000	0.080
0.60	W_a	0.890	0.890	0.610	0.890	0.970	0.950	0.760	0.800	0.940
	W_b	0.110	0.110	0.390	0.110	0.030	0.050	0.240	0.200	0.060
0.55	W_a	0.920	0.920	0.690	0.920	0.980	0.960	0.810	0.850	0.950
	W_b	0.080	0.080	0.310	0.080	0.020	0.040	0.190	0.150	0.050
0.50	W_a	0.940	0.940	0.760	0.940	0.990	0.970	0.860	0.890	0.970
	W_b	0.060	0.060	0.240	0.060	0.010	0.030	0.140	0.110	0.030

Tabla 2.26: Coeficiente para el cálculo de cortante y carga en los apoyos
Fuente: Nilson Arthur, Diseño de estructuras de concreto, capítulo 12 página 381.

2.6.8 Análisis y diseño del sistema de entrepiso prefabricado de vigueta y bovedilla (losa tradicional COPRESA)

Con la luz libre y la sobrecarga mayorada (sin su propio peso) se busca la tabla 2.27 el tipo de losa a usar:

Luz libre (m)	Tipo de vigueta					
	vt1-15	vt1-20	vt1-25	vt1-35	vt1-27	vt1-40
	Carga máxima admisible (kg/m ²)					
2.0	1272					
2.2	1115	1656	2094			
2.4	989	1468	1847			
2.6	884	1314	1647			
2.8	796	1185	1482			
3.0	721	1077	1343			
3.2	657	983	1225	1411		
3.4	601	903	1123	1296		
3.6	551	832	1034	1196		
3.8	507	770	956	1108		
4.0	468	714	887	1030		
4.2	433	665	825	961	1002	
4.4	401	620	770	899	935	
4.6		580	720	842	874	
4.8		543	675	768	820	
5.0		496	633	688	770	
5.2		437	596	617	724	1139
5.4			544	554	683	1065
5.6			489	497	644	997
5.8			438	447	608	934
6.0				401	576	877
6.2					545	823
6.4					516	774
6.6					490	728
6.8					465	685
7.0					423	644
7.2						607
7.4						571
7.6						538
7.8						506
8.0						477

Tabla 2.27: Tabla de Cargas
Fuente: Catálogo COPRESA.

En la tabla 2.28 se proporciona el espesor mínimo (h_{\min}) para losas nervadas de vigueta y bovedilla el cual debe verificarse si no se calculan las deflexiones, cuando se utiliza un concreto de peso normal y un acero de refuerzo distinto de $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$, los valores de la tabla 2.28 deben multiplicarse por el factor $\left(0.4 + \frac{f_y}{7020}\right)$.

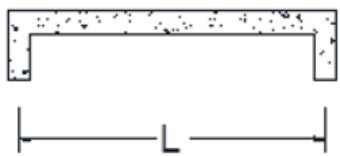



Condición de apoyo	h mínimo
	<p>Simply supported</p> $\frac{L}{16}$
	<p>Un extremo continuo</p> $\frac{L}{18.5}$
	<p>Ambos extremos continuos</p> $\frac{L}{21}$
	<p>En voladizo</p> $\frac{L}{8}$

Tabla 2.28: Espesor mínimo para losa en una dirección de vigueta y bovedilla.
Fuente: ACI 318S-11

Para el cálculo de los bastones de refuerzo requeridos en los extremos de las viguetas para darles el empotramiento calculado, se pueden armar según las indicaciones de la tabla 2.29.

En el caso de apoyo extremo dejar la pata del bastón entre los refuerzos de la viga o solera según como se muestra en la figura 2.33.

Tipo de losa	Bastones cantidad/diámetro	Solución armada		
		Lbe (cm)	pb(cm)	Lbi(cm)
VT1-15	2/No 3	Lv/5	15	Lbe1+Lbe2+X
VT1-20	2/No 3		15	
VT1-25	2/No 3		15	
VT1-35	2/No 3		15	
VT1-27	2/No 3		20	
VT1-40	2/No 3		20	

Tabla 2.29: Longitud de bastones.
Fuente: Catálogo COPRESA.

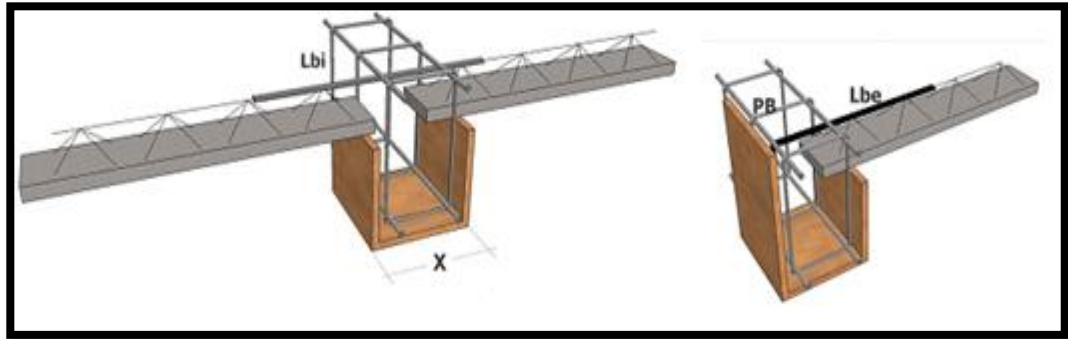


Figura 2.33: Colocado de bastones.
Fuente: Catálogo COPRESA.

Para calcular el acero por temperatura el catálogo recomienda usar 4.5 libras/m² de varillas número 2 lisa, colocando la malla de refuerzo según la figura 2.34.

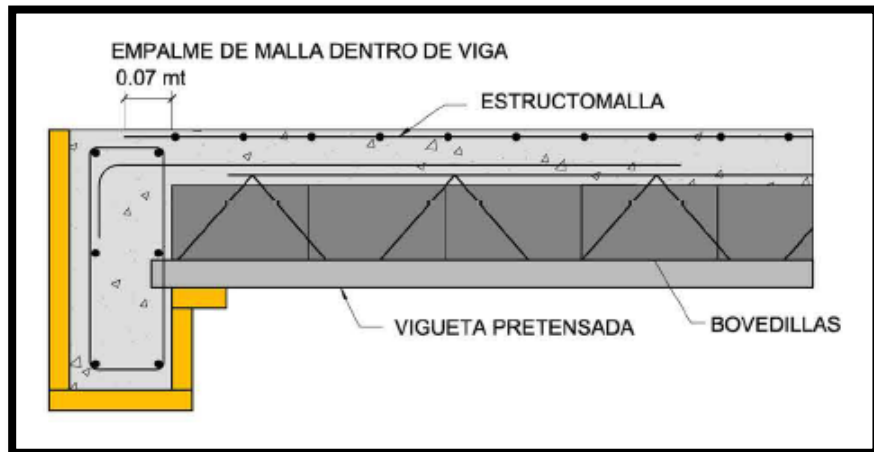


Figura 2.34: Empalme de la malla dentro de la viga.
Fuente: Catálogo COPRESA

2.6.9 Diseño de un sistema de piso compuesto de concreto y acero.

2.6.9.1 Diseño como formaleta

La geometría de la losa fue desarrollada para que pudiera trabajar como una formaleta permanente o como plataforma de trabajo segura y eliminar la utilización de encofrados temporales, además siendo capaz de soportar peso propio, carga de construcción y el peso del concreto fresco. Se debe calcular los esfuerzos y deflexiones y compararlos con los valores admisibles para que estos no sean superados.

a) Cargas

Las cargas a considerar para el diseño como formaleta son: el peso propio del tablero, peso propio del concreto fresco y las cargas constructivas temporales una carga uniformemente distribuida de (100 kg/m^2) y una carga concentrada de 90 kg que actúa en 30 cm de ancho. Debe hacer chequeos para condiciones límite de esfuerzo cortante y flexión y por deflexiones máximas de la lámina y demostrar si es capaz de soportar el peso propio del concreto y las cargas de construcción para determinar el uso o no de apuntalamientos.

b) Resistencia de la sección transversal

Los esfuerzos de tensión y de compresión por flexión en la lámina colaborante no deben exceder el 60% del esfuerzo de fluencia 2600 kg/cm^2 .

$$\sigma_{calculado} \leq \sigma_{admisible}$$

$$\sigma_{admisible} = 0.6 f_y \leq 2600 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Ecuación 2.11}$$

$$\sigma_{calculado} = \frac{M_{calculado}}{S_{minimo}} \quad \text{Ecuación 2.12}$$

Donde:

$\sigma_{calculado}$ = Esfuerzo actuante en el acero (kg/cm^2)

$\sigma_{admisible}$ = Esfuerzo admisible en el acero (kg/cm^2)

f_y = Esfuerzo de fluencia en el acero (kg/cm^2)

S_{minimo} = Módulo mínimo de la sección efectiva. Difiere en el momento positivo y negativo (cm^3)

$M_{calculado}$ = Momento flector actuante calculado (kg.cm)

c) Deflexiones admisibles

Para el cálculo de las deflexiones verticales actuando como encofrado se considera el peso del concreto de acuerdo al espesor de diseño y de la lámina debido a que se diseña en el rango elástico. Las cargas de construcción no se deben tomar en cuenta ya que ésta se recuperará una vez que se retire dicha carga temporal. Por lo tanto, el cálculo de las deflexiones verticales debe limitarse a:

$$\delta_{calculada} \leq \delta_{admisible} = \text{el menor de} \begin{cases} \frac{L}{180} \\ 20 \text{ mm} \end{cases} \quad \text{Ecuación 2.13}$$

Donde:

$L =$ Luz libre entre apoyos (cm)

$\delta_{\text{calculado}}$ =Deflexión calculada (cm)

$\delta_{\text{admisible}}$ =Deflexión máxima admisible (cm)

d) Aportes adicionales

Si los esfuerzos presentados durante la construcción sobrepasan a los parámetros máximos de esfuerzo y deflexiones, se utiliza apuntalamientos temporales localizados en el centro o tercios de los vanos. El tipo de apuntalamiento será indicado en los planos como su ubicación y tiempo de retiro según el catálogo del fabricante.

e) Longitud de apoyo

La longitud de apoyo del tablero sobre las vigas debe determinarse utilizando la carga de concreto fresco, el peso propio de la lámina y una carga distribuida de 100 kg/m^2 . Se recomienda utilizar una longitud de apoyo mínimo de 4 cm. En un sistema de fundición monolítica puede considerarse una longitud de apoyo mínima de 2.5 cm

2.6.9.2 Diseño como sección compuesta

Cuando el concreto alcanza su resistencia máxima, la sección debe diseñarse como una losa de concreto reforzado, donde la lámina actúa como refuerzo positivo. La adherencia lámina-concreto garantiza este comportamiento. Para la losa se tomará como simplemente apoyada o continúa sobre los apoyos depende de las restricciones y presencia de refuerzos.

Aunque debe satisfacer los límites impuestos a los esfuerzos y a las deflexiones en el estado no compuesto, el diseño como elementos compuestos debe suministrar una adecuada resistencia para sobre cargas hipotéticas. Los efectos de las cargas se aplican coeficientes de sobrecarga de servicio y coeficientes de reducción. Los efectos de cargas mayoradas de acuerdo al ACI 318S 14.

a) Deflexiones

Las deflexiones verticales del sistema compuesto deben limitarse a los valores de la tabla 2.30.

Miembro	Condición		Deflexión considerada	Límite de deflexión
Cubierta planas	Que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.		Deflexión inmediata debida a L y S y R	L/180
Entrepisos			Deflexión inmediata debida a L	L/360
Cubiertas o entrepisos	Soporten o están ligados a elementos no estructurales	Susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	La parte de la deflexión total que ocurre después de la unión de los elementos no estructurales (la suma de la deflexión a largo plazo debida a todas las cargas permanentes, y la deflexión inmediata debida a cualquier carga viva adicional) ^[2]	L/480
		No susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.		L/240

Tabla 2.30: Deflexiones Máximas Calculadas Permisibles
Fuente: ACI 318-14. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural.

b) Esfuerzos cortantes en el concreto

La resistencia al corte proporcionado por el concreto (V_c) se supone que es la misma para vigas con y sin esfuerzos por corte, se toma como el corte que provoca un agrietamiento inclinado significativo. En este tipo de sistemas de losas, el corte será tomado por la losa de concreto y por la

lámina de acero. Así, se considera que el cortante nominal o capacidad de tomar el cortante por parte del sistema es:

$$V_c = 0.53\lambda\sqrt{f'_c} \times b_w d \quad \text{Ecuación 2.14}$$

El análisis por cortante para calcular la contribución del concreto y de la lámina galvanizada será realizado para el ancho efectivo de la lámina de acero galvanizado. En el capítulo tres se profundizará la revisión por cortante en la sección compuesta.

c) Refuerzo por temperatura

El refuerzo por temperatura se el fabricante recomienda utilizar malla electro soldada. Pero a también se puede realizar el cálculo del refuerzo por temperatura considerando únicamente el topping de concreto sobre la cresta de la lámina y tratándola como una losa densa colocando el acero de forma longitudinal y transversal en el punto medio del espesor. Si no se usa electromalla se recomienda utilizar lo descrito en la tabla 2.19.

2.7 Fallas típicas en los diferentes tipos de losas

En este apartado se explicará el proceso de agrietamiento de losas, cuando es sometido a cargas, así como algunos ejemplos de fallas comunes expuesta por el ACI 302.

2.7.1 Agrietamiento en losas

Los estudios para determinar el agrietamiento en losas perimetralmente apoyadas son muy reducidos. Esto se debe principalmente a que el agrietamiento de losas no ha sido un factor importante en la práctica. Bajo cargas de trabajo se pueden presentar, las dos configuraciones de agrietamiento mostradas en las figuras 2.35a y 2.35b.

En la primera de estas configuraciones, las grietas se forman siguiendo las líneas de refuerzo, mientras que, en la segunda, las grietas se forman siguiendo líneas diagonales. La formación de una u otra configuración depende del valor de un parámetro llamado índice de malla, según la ecuación 2.15:

$$I = \frac{d_b S_t}{\rho_t} \quad \text{Ecuación 2.15}$$

Donde:

I: Índice de malla.

d_b : Diámetro de los alambres de refuerzo en dirección longitudinal.

S_t : Separación de los alambres transversales.

ρ_t : Cuantía de refuerzo en dirección longitudinal.

Cuando el valor de índice de malla (I) es menor que 1000 cm^2 se forma la configuración ortogonal mostrada en la figura 2.35a, y cuando es mayor, se forma la configuración diagonal mostrada en la figura 2.35b.

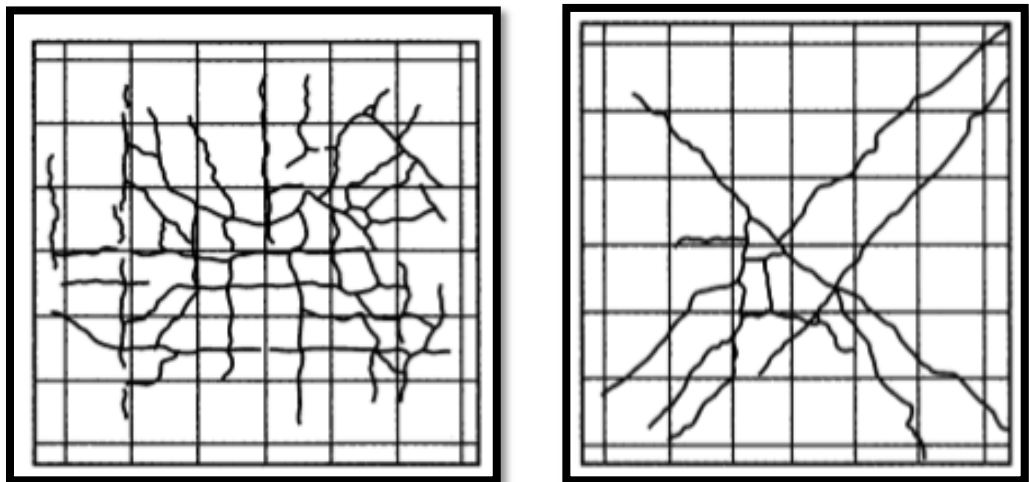
El ancho máximo de grietas puede estimarse a partir del índice de malla, mediante la siguiente ecuación:

$$W_{max} = 0.16\phi\sqrt{I}f_s \times 10^{-6} \quad \text{Ecuación 2.16}$$

o en sistema SI

$$W_{max} = 1.63\phi\sqrt{I}f_s \times 10^{-6} (mm) \quad \text{Ecuación 2.17}$$

Ya que los ensayos son pocos, actualmente no especifican en los reglamentos de construcción, disposiciones sobre agrietamiento en losas.



a) Configuración ortogonal.

b) Configuración diagonal.

Figura 2.35: Configuraciones de agrietamiento en losas.

Fuente: Aspectos fundamentales del concreto reforzado. Óscar M. González Cuevas Francisco Robles Fernández-Villegas. Cuarta edición. pág. 321.

2.7.2 Comportamiento y modos de falla

a) Losa plana con una columna de borde.

Se han realizado ensayos en especímenes como el mostrado en la siguiente figura, que simulan la conexión de una losa plana con una columna de borde.

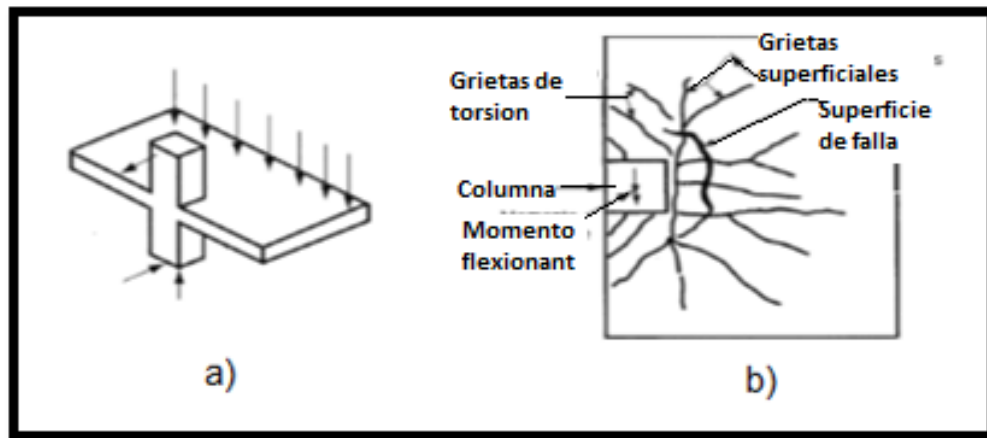


Figura 2.36: Especimen de ensayo y configuración de agrietamiento en una losa conectada a una columna de borde.

Fuente: Aspectos fundamentales del concreto reforzado. Óscar M. González Cuevas Francisco Robles Fernández-Villegas. Cuarta edición. pág. 169.

Además de carga axial, se transfiere un momento flexionante de la losa a la columna. En la figura 2.36b se muestra el estado típico de agrietamiento al producirse la falla en este tipo de elementos. Puede verse que se desarrollan también grietas de torsión originadas por la transferencia de momento flexionante.

b) Losa apoyada perimetralmente.

Las losas apoyadas perimetralmente forman parte, comúnmente, de sistemas estructurales integrados por columnas, vigas y losas. El comportamiento de éstas no puede estudiarse rigurosamente en forma aislada, sino que debe analizarse todo el sistema, ya que las características de cada elemento influyen en el comportamiento de los otros.⁹

⁹ Aspectos fundamentales del concreto reforzado. Óscar M. González Cuevas Francisco Robles Fernández-Villegas. cuarta edición

La gráfica carga-deflexión en el centro del claro de este tipo de losa, se ensaya hasta la falla, y tiene la forma mostrada en la figura 2.37, en la que se distinguen las siguientes etapas.

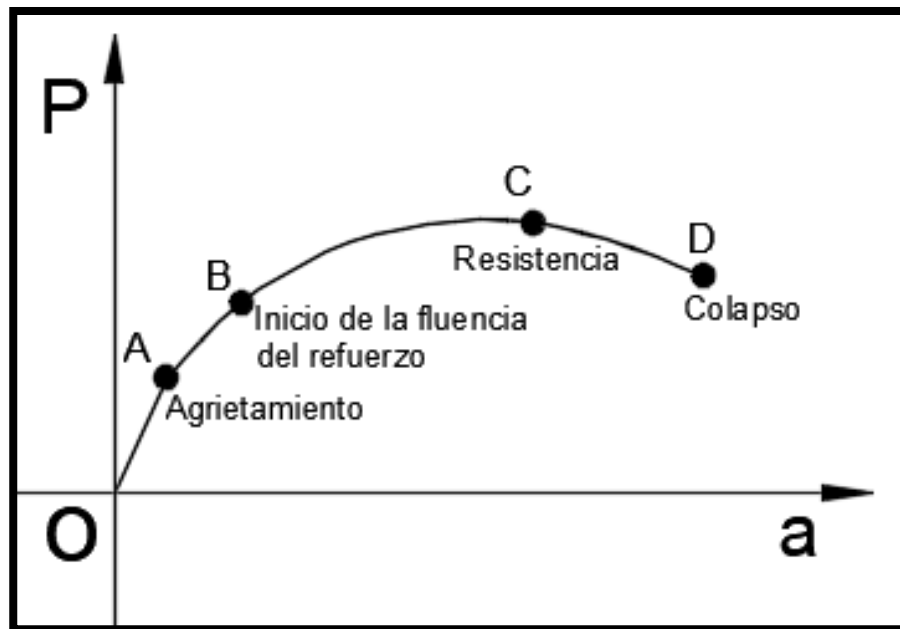


Figura 2.37: Gráfica carga-deflexión de una losa.
Fuente: Aspectos fundamentales del concreto reforzado. Óscar M. González Cuevas Francisco Robles Fernández-Villegas. Cuarta edición. pág. 570.

- a) Una etapa lineal O-A, el agrietamiento del concreto en la zona de esfuerzos de tensión es despreciable, este ocurre bajo cargas relativamente altas.
- b) La etapa A-B, en la que existe un agrietamiento del concreto en la zona de tensión y los esfuerzos en el acero de refuerzo no sobrepasan el límite de fluencia. El agrietamiento del concreto se desarrolla de forma gradual.
- c) La etapa B-C, en la que los esfuerzos en el acero de refuerzo sobrepasan el límite de fluencia.

d) finalmente, en la rama descendente C-D, la amplitud depende, como en el caso de las vigas, de la rigidez del sistema de aplicación de cargas.

La representación esquemática de cómo avanza el agrietamiento y la fluencia del refuerzo en distintas etapas de carga, se presentan en la figura 2.38.

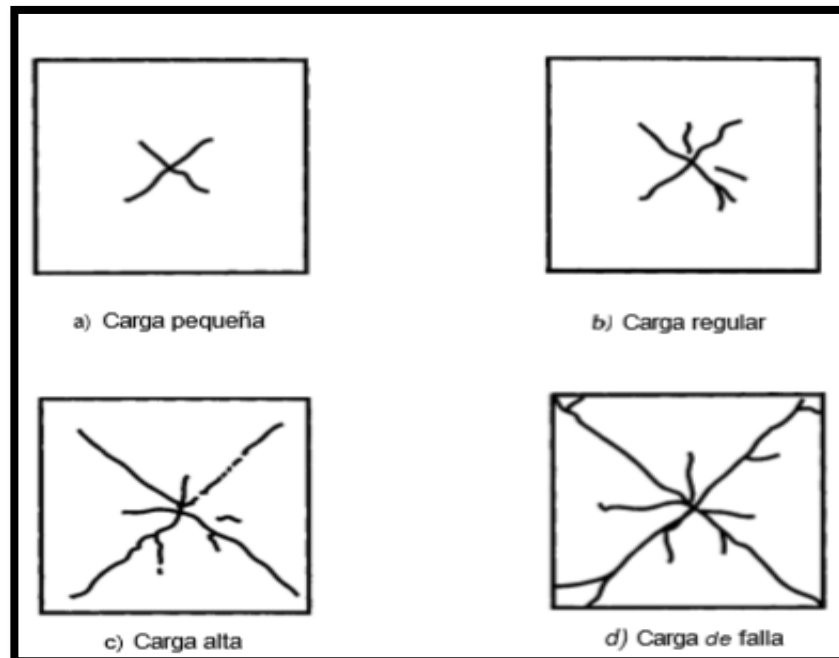


Figura 2.38: Configuraciones de agrietamiento para distintos valores de la carga aplicada.
Fuente: Aspectos fundamentales del concreto reforzado. Óscar M. González Cuevas Francisco
Robles Fernández-Villegas. Cuarta edición. pág. 571.

Puede verse en la figura 2.38 que el agrietamiento empieza en el centro de la losa, que es la zona de momentos flexionantes máximos, y avanza hacia las esquinas a lo largo de las diagonales. Los análisis elásticos de losas indican que los momentos principales en una losa de este tipo se presentan precisamente en las diagonales. En etapas cercanas a la falla se forman grietas muy anchas a lo largo de las diagonales, que indican

que el acero de refuerzo ha fluido y ha alcanzado grandes deformaciones. Las deformaciones por flexión de la losa se concentran en estas líneas, que reciben el nombre de líneas de fluencia, mientras que las deformaciones en las zonas comprendidas entre las líneas de fluencia son, en comparación, muy pequeñas.

La amplitud de las zonas de comportamiento inelástico depende del porcentaje de refuerzo de flexión. Generalmente, este porcentaje es pequeño en losas, por lo que tales elementos resultan subreforzados y las zonas inelásticas son amplias. En la descripción anterior del comportamiento, se ha supuesto que la falla ocurre por flexión y que no hay efecto de cortante.

2.7.3 Motivos de fallas frecuentes en losa

Según el Comité ACI 302 «Guía para la construcción de losas y pisos de concreto», los motivos de falla más frecuentes son:

- Deficiencias en extendido y enrasado.
- Acabado con humedad excesiva o agua de sangrado.
- Curado extemporáneo.

Al analizar las fallas frecuentes y las causas que ocasionan cada una se llega a la tabla 2.31:




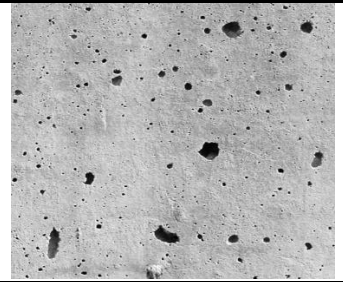
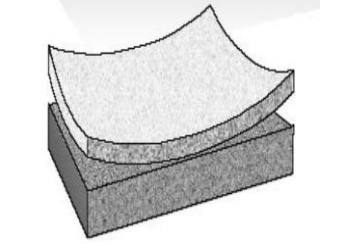
Ejemplos de tipo de fallas en losa		
Tipo de falla	Causas	Esquema
a) Agrietamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Restricciones. • Contracción plástica (concreto fresco). • Cambios volumétricos. 	
b) Baja resistencia al desgaste	<ul style="list-style-type: none"> • Alta relación agua / cemento. Alto revenimiento. • Acabado prematuro. • Curado deficiente. 	
c) Descascaramiento	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo contenido de cemento: alta relación agua / cemento. Alto revenimiento. • Acabado prematuro. • Curado deficiente. 	
d) Burbujas	<ul style="list-style-type: none"> • Prematuro «cerrado» de la superficie. • Alto contenido de aire. • Exceso de finos en la mezcla. 	
e) Alabeo	<ul style="list-style-type: none"> • Contracción diferencial entre la superficie y el interior de la losa debido a secado superficial. 	

Tabla 2.31: Tipos de fallas en losa.
Fuente: Propia.

2.8 Procesos constructivos de los diferentes sistemas de entrepisos

En lo que respecta a procesos constructivos, se sabe que los procesos se van modernizando con el tiempo con el objetivo de reducir cantidad de materiales y mano de obra. Previamente al proceso constructivo de cada tipo de entrepiso se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos en forma general:

a) Preparación de los materiales.

Al momento de iniciarse la obra se deben contar con todos los implementos que se van a necesitar al igual que tener todos los materiales a disposición para que el proceso no se vea interrumpido o paralizado por la falta de alguno de los anteriores.

b) Materiales, herramientas y equipo en obra.

A continuación, se mencionan algunas de las herramientas, equipos y materiales comúnmente utilizados en la construcción de losas:

-Herramientas: serrucho, escuadra, martillo, marco de sierra con segueta, gancho para amarrar el acero, pala, pico, palustre, boquillera, dobladora de cabilla, hilo de nylon, lápiz, nivel, plomo.

-Equipo: mezcladora, andamio, escalera, baldes, banco para armar el acero, carretilla, vibrador, soldador.

-Materiales: madera (tablas, largueros, tacos), clavos, acero de refuerzo, tuberías PVC sanitaria y eléctrica, alambre cocido, cemento, arena, grava, agua, impermeabilizante y producto desmoldante para el

encofrado, aditivos si se necesita, bovedilla, vigueta, lámina galvanizada, electromalla, entre otros.

En la figura 2.39 se observan algunos de los materiales, maquinarias y herramientas necesarias para la construcción de entrepiso.



Figura 2.39: Materiales y equipo.

Fuente: Proceso constructivo de losa de concreto armado concreto armado.
Ing. Néstor Luis Sánchez.

c) Apuntalamiento y encofrado

Primeramente, se procede a definir el concepto de encofrado y mencionar los diferentes tipos que existen:

-Encofrado: Es la estructura temporal que sirve para darle al concreto la forma definitiva. Su función principal es ofrecer la posibilidad de que el acero de refuerzo sea colocado en el sitio correcto, darle al concreto la forma y servirle de apoyo hasta que endurezca, está constituido por el molde y los puntales, que pueden ser metálicos o de madera.

2.8.1 Proceso constructivo general de los diferentes sistemas de entrepiso.

En forma general los procesos constructivos de los sistemas de entrepiso más utilizados en el país, siguen pasos similares para su instalación, es por esto que a continuación se mencionan las principales características de cada uno de estos pasos.

-Encofrado: En el sistema de losa densa se necesita más cantidad de materiales que forman del encofrado ya sea de madera o acero, ya que la función del encofrado es darle soporte al concreto colado hasta que este sea autosustentable, este debe ser diseñado con el objetivo de ser lo más eficiente y económico posible.

Para el caso de sistema de losa prefabricada de vigueta y bovedilla, se elimina el diseño y construcción de encofrado, ya que las viguetas y bovedillas sustituyen a este elemento. En el caso del sistema de losa acero, la lámina galvanizada colaborante y los puntales forman parte del encofrado. En estos dos últimos sistemas hay un ahorro de mano de obra y materiales, lo que lógicamente viene a constituir un ahorro importante en los costos de instalación. También en el caso de sistemas de vigueta y bovedilla y losa acero se disminuye la cantidad de apuntalamiento, esto es debido a que el peso muerto del concreto disminuye.

-Armado: Este Proceso se realiza posterior a la instalación del encofrado en el caso de losa densa, colocación de vigueta y bovedilla o lámina colaborante. El proceso de armado en el caso losa densa ya sea unidireccional o bidireccional, se debe calcular previamente la cantidad de acero de refuerzo y el número de varilla, este se calcula determinando los momentos máximo positivo y negativo.

En el caso de sistema de vigueta y bovedilla, el acero sometido a pre compresión recibe el efecto del momento positivo por lo que el catálogo especifica el tipo de bovedilla y luz permisible según las cargas admisible, de forma similar en el caso de losa acero el catálogo Galvadeck especifica el calibre y tipo de lámina a utilizar, esta lámina absorberá los momentos positivos altos que será sometida la losa.

-Colado: En el caso de losa densa, el proceso de colado se debe tener las precauciones adecuadas, ya que todo el espesor de la losa debe ser llenado por el concreto, en el caso de vigueta y bovedilla el concreto a depositar es solamente un pequeño espesor aproximadamente de 5 a 7 cm, igualmente para el sistema de losa acero, por lo que claramente el costo de materiales y mano de obra es mucho menor.

-Desencofrado: Este procedimiento aplica en su mayor parte en el sistema de losa densa, en el cual se debe de tener cuidado de no dañar la superficie ya colada, en el caso de vigueta y bovedilla y losa acero se

debe de tomar en cuenta el tiempo recomendado, por sus respectivos catálogos para el desapuntalamiento.

Ya vistos estos puntos de forma general, se presenta el proceso de los sistemas más utilizados en el país de forma particular como lo son: losa densa, losa aligerada (vigüeta-bovedilla), nervada y losa acero.

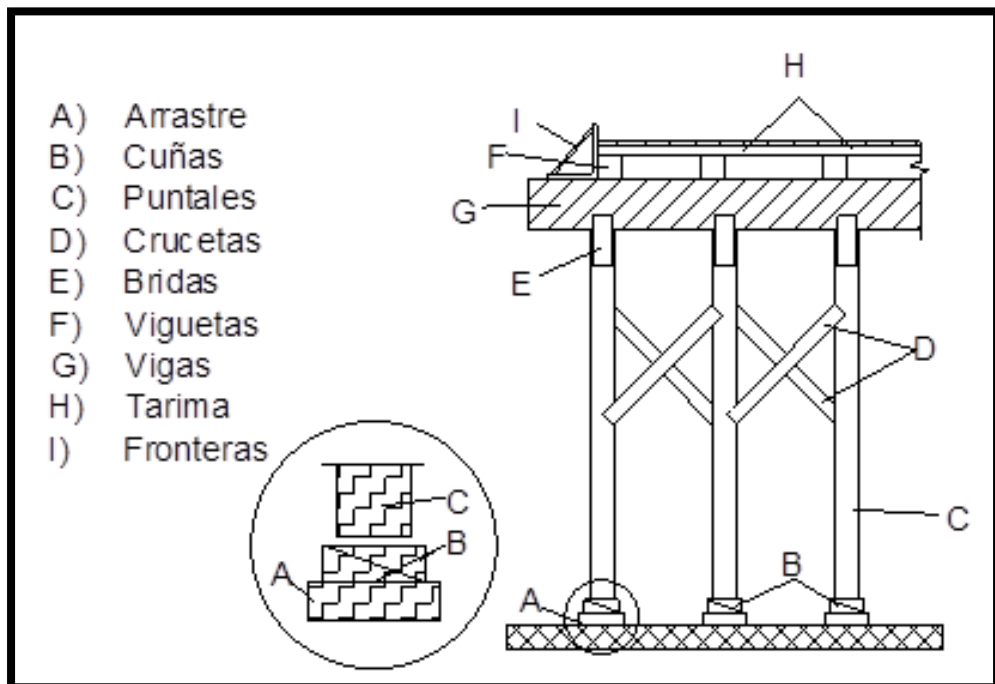
2.8.2 Proceso constructivo de losa densa

A continuación, se presentan los pasos a seguir, para la construcción de una losa densa:

a) Instalación de encofrado

1. Se iniciará con la colocación de los arrastres a una distancia comúnmente de 1 metro en ambos sentidos.
2. Se colocan sobre los puntales en las vigas y se clavan, con las bridas.
3. Una vez que se ha completado la colocación de las tarimas, se revisan los niveles para ver que el encofrado se encuentra a la altura deseada.
4. Para rigidizar el encofrado se clavan las crucetas en los puntales, estos se clavarán alternadamente.
5. Una vez realizado lo anterior se procede a la colocación de la frontera de la losa, ésta se fabrica a base de duela.
6. Las fronteras se colocan en todo el perímetro que abarque la losa, ésta se fija por medio de barrotes clavados a las vigüetas.

7. Por último, se hará un chequeo general de los niveles para evitar que la losa quede desnivelada, porque una vez que el concreto es vaciado sobre el encofrado es imposible nivelarla, (fig.2.40a y fig.2.40b).



a) Vista lateral.



b) Vista en planta.

Figura 2.40: Encofrado para Colado de la Losa.

Fuente: Propia. https://fotos.habitissimo.com.ar/foto/encofrado-y-armado-de-losa_19629

b) Proceso de armado de acero de refuerzo en la losa

Para la colocación del acero de refuerzo de la losa (emparrillado), es primordial guiarse del plano estructural, se marcará en el encofrado la separación de las varillas y la distribución de las mismas, hasta tener las marcas en los dos sentidos.

-Se verifican en los planos las características del armado en planta para ver los detalles.

-Se colocarán las varillas rectas, éstas irán con los ganchos necesarios, se hará en los dos sentidos. La colocación de acero del emparrillado se hará con el siguiente criterio:

-Las varillas en el claro largo son las que quedarán arriba de las varillas de claro corto.

-Colocadas las varillas del emparrillado, se amarrarán las perimetrales, para garantizar la localización correcta de las varillas. El amarre se realiza con alambre recocado según lo especifique el plano.

-Se colocan en las franjas centrales a la mitad de las varillas rectas bajas, las que llevarán columpio o bayoneta, este doblez se hará con la grifa. Ya realizados los columpios se amarran todos los cruceos restantes para proceder a colocar los bastones en lo alto del armado a la mitad de las varillas con columpio y se amarran con una varilla adicional. Una vez terminado el reforzado de la losa se calza el reforzado por medio de los helados, y verifique que el reforzado coincida con el plano.



Figura 2.41: Parrilla de acero de refuerzo.
Fuente <http://estructuras-de-concreto.blogspot.com/>

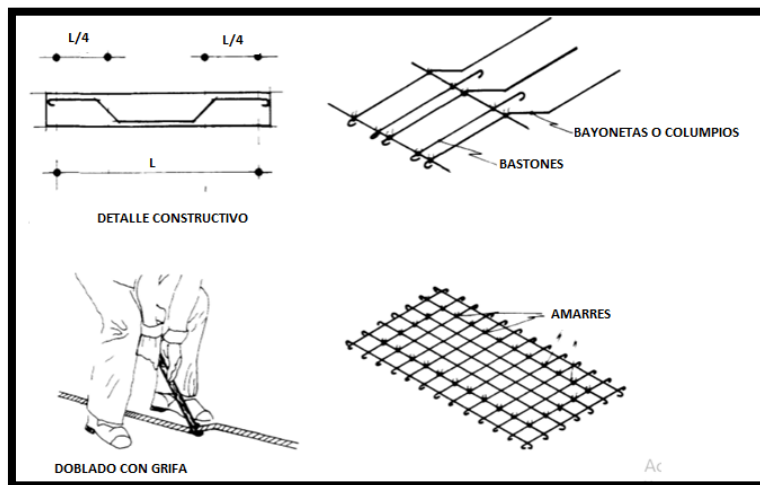


Figura 2.42: Armado de acero de refuerzo.
Fuente: Manuales de sistemas constructivos SOFRE, s.a. de c.v. (s.c.s.)

c) Colado de la losa de concreto reforzado

Luego de tener el encofrado y el armado de la losa, se lleva a cabo el proceso de vaciado de concreto, el cual puede ser mezclado en obra o traído de una planta de premezclado.



Figura 2.7: Colado de losa de concreto.

Fuente: <http://dro390mazatlan.com/wp-content/uploads/2014/03/Losa-de-concreto-colado.jpg>.

d) Descimbrado de la losa

Consiste en remover la obra falsa y acarrear el material utilizado para el encofrado fuera de la zona de trabajo, almacenándola, limpiándola e impregnándola nuevamente con diésel o aceite para sus posteriores usos.

El encofrado podrá quitarse dependiendo del tipo de concreto a utilizar (normal o rápida) de acuerdo a la siguiente tabla.

Tiempo necesario para descimbrado de losa ¹⁰				
Temperatura superficial del concreto (°C)	>24°	16°	8°	2°
Fondos de encofrado(días)	2	3	5	8
Puntales (días)	7	9	13	20

Tabla 2.32: Tiempo necesario para remover elementos del encofrado.
Fuente: Criterios técnicos para el descimbrado de estructuras de hormigón.

¹⁰ La Instrucción de hormigón estructural (EHE-08)

2.8.3 Proceso constructivo de losa con vigueta prefabricada y bovedilla.

El proceso descrito a continuación es sobre una losa compuesta de vigueta y bovedilla y está basado según catálogo COPRESA.

2.8.3.1 Proceso de instalación

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.

a) 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.

b) Colocación de viguetas: colocar las viguetas apoyadas sobre los muros estructurales que soportaran el peso de la losa.

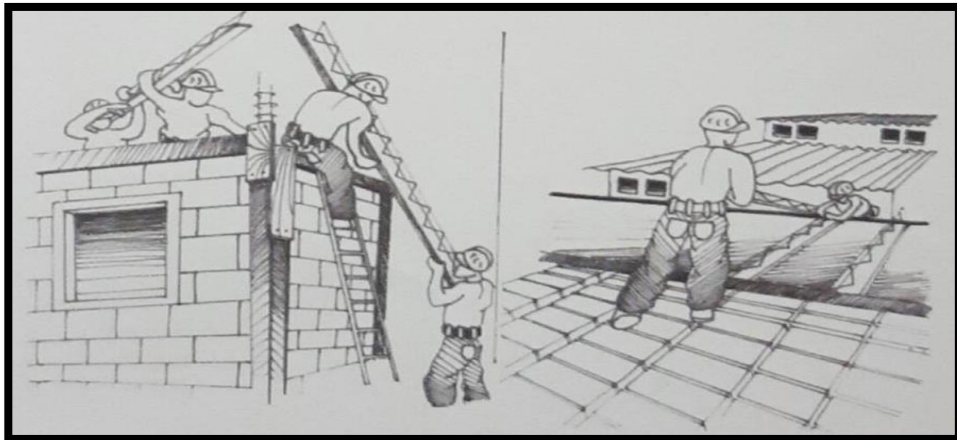


Figura 2.44: Colocación de viguetas.
Fuente: Catálogo de instalación de losa copresa.

c) 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.

d) Colocar las bovedillas: se colocan las bovedillas, cuidando que queden bien asentadas y lo más juntas posible.

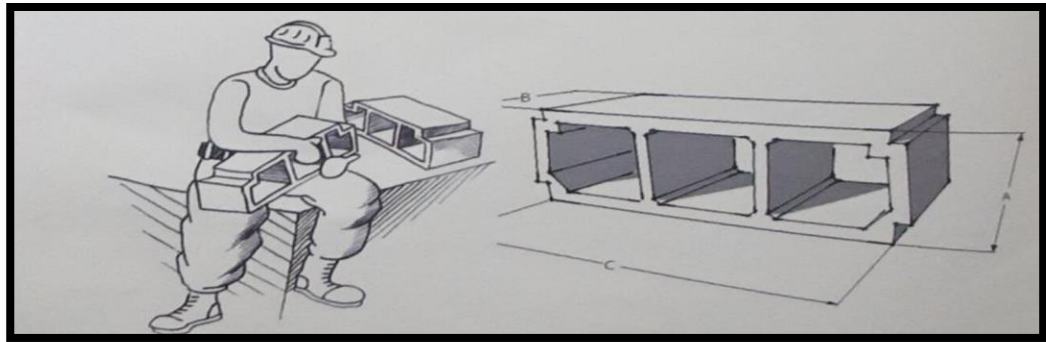


Figura 2.45: Colocación de franja de bovedilla.
Fuente: Catálogo de instalación de losa copresa.

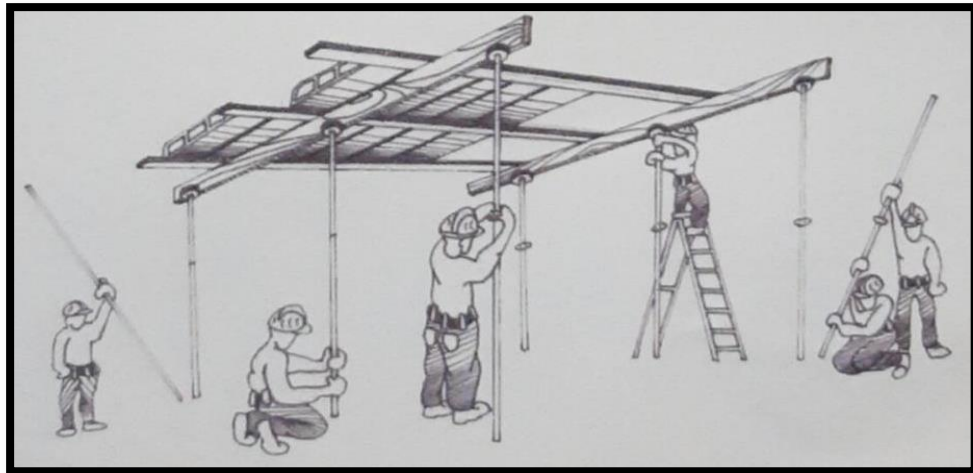


Figura 2.468: Apuntalamiento provisional de viguetas.
Fuente: Catálogo de instalación de losa copresa.

e) Colocar electro malla: 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.

f) 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.

2.8.4 proceso constructivo de losa con lámina colaborante.¹¹

A continuación, se detalle el proceso constructivo basado en las especificaciones para la instalación según la empresa GALVADECK.

2.8.4.1 Especificaciones técnicas para la instalación de losa acero según Galvadeck.

La siguiente información está basada en el catálogo: “Especificaciones técnicas Galvadeck”.

En el presente catálogo se presenta las siguientes especificaciones para la instalación de la losa acero:

-Lámina galvanizada de acuerdo a la norma ASTM A-653 grado 37 ($F_y=2590 \text{ kg/cm}^2$).

-La longitud mínima de apoyo en los extremos para el GALVADECK deberá ser igual a 3.8 cm. (1.5”).

-El recubrimiento mínimo de concreto sobre el GALVADECK será igual a 5 cm, y el recubrimiento sobre malla electrosoldada de 2.5 cm.

-En secciones compuestas, el recubrimiento mínimo sobre la parte superior de un elemento conector (perno, canal CPS, ángulo, etc.) deberá ser 1.3 cm. (1/2”).

¹¹ Especificación-Técnica-Galvadeck

-Se deberá tomar en cuenta todas las especificaciones del reglamento de construcción concreto del ACI 318 última edición.

2.8.4.2 Proceso de instalación de losa acero

a) Puntos a verificar antes de iniciar la instalación de losa acero.

1. Verificar que todas las conexiones de la estructura que reciben al Galvadeck se encuentren terminadas.
2. Localización del arranque para la instalación de la primera lámina.
3. El trazo y alineación de la lámina; para esto se pueden utilizar como guía hilo, gis, entre otros.

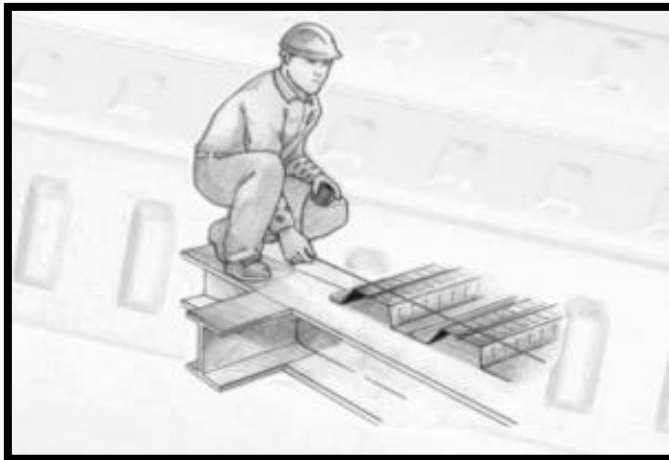


Figura 2.47: Trazo y alineación de lámina.
Fuente: http://www.mrtecho.com/?attachment_id=434.

b) Instalación de lámina colaborante

La instalación de lámina colaborante se puede realizar en estructuras de acero, así como de concreto como se explica a continuación:

-Instalación en estructuras de acero

1. Plenamente sujeta la lámina, se procede a la fijación por medio de puntos de soldadura E-60 de mínimo 20 mm o pijas de diámetro ¼", modulándose a cada 30 cm (cada valle) en los Galvadeck 25 y 30. Para los Galvadeck 15 se modulan a cada 15 cm en apoyos de los extremos, cambiándolo de la modulación a cada 30 cm en los intermedios.

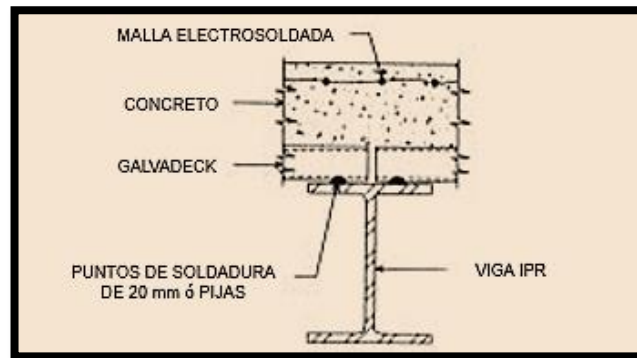


Figura 2.48: Componentes de losa acero.
Fuente: Especificación-Técnica Galvadeck y Guía de Diseño.

2. Se puede fijar la lámina utilizando pernos de cortante los cuales, hacen trabajar la losa como sección compuesta donde mayor eficiencia y menor peso por m² de construcción.

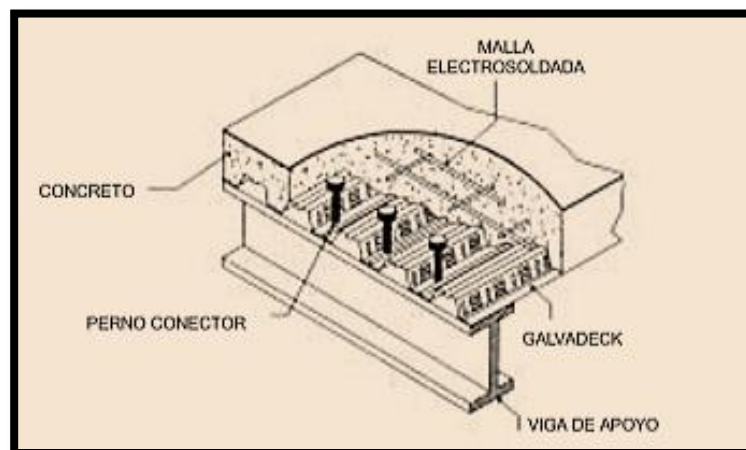


Figura 2.49: Colocación de pernos para centrar la sección compuesta.
Fuente: Especificación Técnica Galvadeck y Guía de Diseño.

- Instalación en estructuras de concreto.

1. Se instalará el Galvadeck dentro de la sección a colar de trabe, la cual quedará completamente monolítica después de fraguado el elemento.

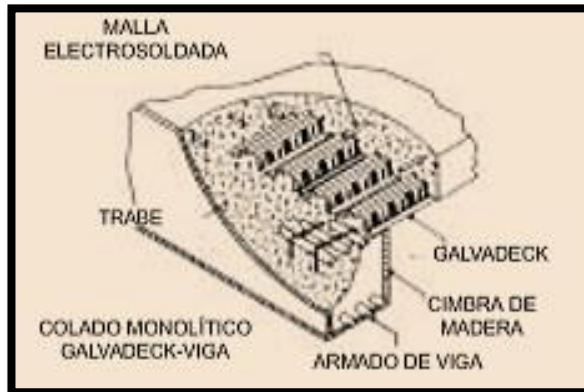


Figura 2.50: Instalación en estructuras de concreto.
Fuente: Especificación Técnica Galvadeck y Guía de Diseño.

2. Otra opción puede ser colocar placas con anclas ahogadas a la trabe de concreto y después recibir el Galvadeck, sujetándolo con puntos de soldadura, pijas o pernos.

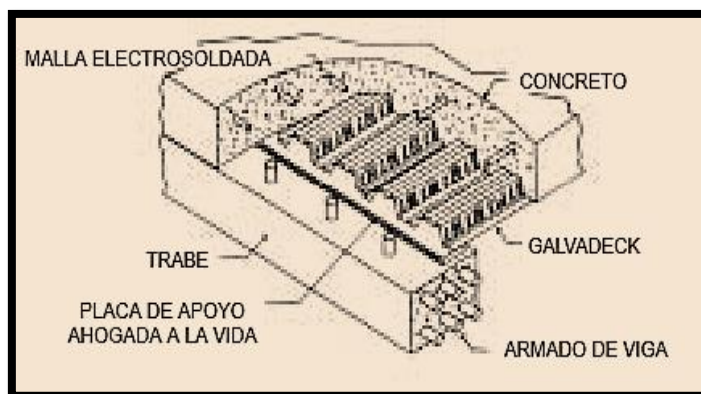


Figura 2.51: instalación en estructuras de concreto por medio de placas de anclas ahogadas.
Fuente: Especificación-Técnica-Galvadeck-y-Guía-de-Diseño.

c) Colocación de malla electrosoldada.

Ya instalado la lámina colaborante se procede a colocar la malla electro soldada (acero por temperatura) sobre la lámina, procurando obtener un recubrimiento mínimo de 2.5 cm sobre el tope de concreto, controlado con silletas de alambroón o gavetas de concreto pobre.

d) Colocación de apuntalamientos.

Se coloca el apuntalamiento temporal si es requerido el cual, si es de madera, será de 4"x4" colocándose la puntal madrina a cada 0.80 m a centros máximo. Se pueden manejar también andamios metálicos para lograr el mismo objetivo.

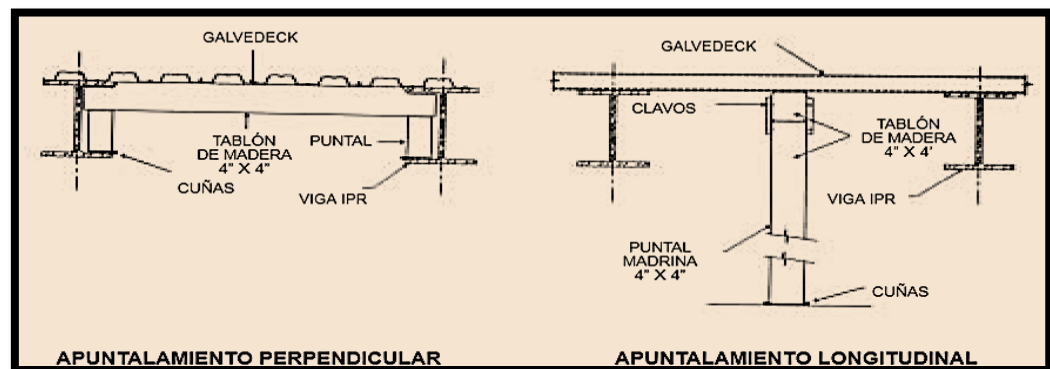


Figura 2.52: formas de apuntalamiento para losa de acero.
Fuente: Especificación Técnica Galvalume y Guía de Diseño.

e) Colocación de tablonc de madera sobre la lámina.

Esto se hace con el objetivo de distribuir la carga de los trabajadores, y evitar así cargas directas a la lámina que pueden producir deformaciones, las cuales después de fraguada la losa quedaran de madera permanente.

f) Colocación de concreto sobre lámina colaborante.

Antes de colocar el concreto sobre la lámina se deberá de eliminar el polvo o cualquier residuo de aceite o grasa.

2.8.5 Comparación de los diferentes sistemas de entrepiso.

Luego de presentar las características de los procesos constructivos de cada sistema, se presenta en la tabla las principales ventajas y desventajas de estos:

Sistema de entrepiso	Ventajas	Desventajas
<p>Losa densa</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Flexibilidad de dimensiones y formas. •Sencillez de ejecución. •Se pueden ejecutar fácilmente distintas dimensiones y formas para instalaciones y "losas bajas" en locales húmedos. •En forma conjunta con las vigas y columnas forman un sistema rígido capaz de trasladar la carga horizontal; principalmente debida al viento y/o sismo; a los elementos resistentes. 	<ul style="list-style-type: none"> •Requiere de un importante apuntalamiento que se incrementa notablemente cuando las alturas de los entresijos son mayores a las tradicionales. •Hay un período de secado a determinar en cada caso, en el cual debe mantenerse en forma total el apuntalamiento efectuado. A posterior hay otro lapso de tiempo en el cual se le puede retirar de forma parcial. •El rango óptimo de utilización del mismo es hasta 3 m. en losas apoyadas en una dirección y 6 m. para losas en dos direcciones. Para luces mayores debe incrementarse notablemente el espesor de las mismas, resultando en la solución antieconómica.
<p>Losa de vigueta y bovedilla</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Por su fácil y rápida instalación reduce el tiempo de colocación. •Requiere el mínimo de apuntalamiento, disminuyendo así el uso de encofrado. •Se necesita menos horas-hombre de trabajo y no se requiere de mano de obra especializada. 	<ul style="list-style-type: none"> •Se complica la ejecución de pases y "losas bajas". •Se debe prestar especial atención, cuando se apoyan paredes sobre la losa. En muchos casos, no puede aplicarse esta solución. •Requiere de una capa de compresión de concreto que generalmente tiene entre 3cm y 5cm de espesor. •El proyecto arquitectónico debe ser modulado. •Es muy limitada la posibilidad de ejecutar voladizos. Se requiere adoptar soluciones particulares que deben ser estudiadas, calculadas y detalladas en cada caso.

<p>Losa acero</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reemplaza la cimbra convencional de madera logrando eliminar en algunos casos el apuntalamiento temporal. • Acelera la construcción por manejo de colados simultáneos en distintos niveles del Edificio, generando ahorro en la mano de obra, costo y tiempo. • Limpieza por el nulo trabajo con madera, alambres, etc., y seguridad por su rigidez hacia las cargas de tránsito. • La lámina crea una membrana de estabilidad y resistencia contra los efectos sísmicos, cuando se crea el efecto de diagrama en losa. • Proporciona una plataforma segura de trabajo y almacenamiento antes de vaciar el concreto, (siempre que este fijo a la estructura). • Tiene aplicación tanto en estructura de acero como de concreto. • Menores cargas muertas en el peso total del edificio. • El sistema minimiza el desperdicio de material. En general, requiere menor volumen de concreto que otros sistemas. • Se utilizan las propiedades del acero con una alta eficiencia en el diseño y la fabricación, obteniéndose una losa con una alta relación de resistencia a peso. 	<ul style="list-style-type: none"> • No se permite el uso de aditivos o acelerantes en el concreto que contengan sales clorhídricas ya que éstos pueden producir corrosión sobre la lámina de acero. • No se puede instalar láminas dobladas o deterioradas. • Efectos negativos que puede producir en las características del concreto, la temperatura que se encuentre la lámina antes de colar. • Si se desea utilizar para losa que esté expuesta a intemperie, se debe impermeabilizar para evitar el paso de agua.
------------------------------	--	--

Tabla 2.33: Comparación de los sistemas de losas.
Fuente: Propia.

2.9 Elementos del costo de los sistemas de entrepiso.

Al conocer los puntos importantes del proceso constructivo de los sistemas de entrepiso expuestos anteriormente, a continuación, se explicará cómo determinar la cantidad de materiales, mano de obra y herramientas necesarios, para cada elemento que compone estos sistemas. En el capítulo IV, se retoma este procedimiento, con el respectivo costo de cada elemento y los

volúmenes de obra, con el objetivo de establecer el precio unitario de cada sistema. Primeramente, se definirá el concepto de costo.

- **Costo**

Es el valor que representa el monto total de lo invertido (tiempo, dinero y esfuerzo) para comprar o producir un bien o un servicio. En este caso viene a ser lo invertido en la producción de un elemento estructural.

En este estudio se realizará el presupuesto para: el sistema de losa densa tanto unidireccional como bidireccional, el sistema de vigueta y bovedilla, y el sistema de losa compuesta con lámina de acero galvanizado colaborante.

Para dicho análisis se tomarán las estimaciones de valor de las partes de los distintos métodos de construcción que están vigentes al segundo semestre del año 2018 en el mercado de El Salvador. Estos constituyen un punto importante de partida para la valoración de los sistemas analizados.

2.9.1 Características de los costos

Para lograr un óptimo aprovechamiento en el análisis de precios unitarios, es necesario desglosar el costo por sus componentes.

Dado que el análisis de un costo es, en forma genérica, la evaluación de un proceso determinado, sus características serán:

El análisis de costo es aproximado. El no existir dos 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.

2.9.2 Procedimiento para la determinar el precio unitario de un sistema de losa densa

Para el análisis de costo, se deberá determinar el área de la sección, que será representativa para determinar el costo de la losa densa. A continuación, se presentará una serie de pasos necesarios determinar la cantidad de materiales, mano de obra para este tipo de losa

2.9.2.1 Encofrado de madera

a) Materiales

- Cuartón madera (puntales estructurales)

Se debe determinar la separación que estos serán colocados en ambas direcciones, para luego dividirlo entre los claros y determinar el número de puntales por tablero para luego determinar el número de puntales para la sección.

Dirección 1

$$\text{número de puntales por tablero eje 1} = \frac{\text{largo de tablero}}{\text{separacion de puntales}}$$

Dirección 2

$$\text{número de puntales por tablero eje 2} = \frac{\text{ancho de tablero}}{\text{separacion de puntales}}$$

- **Puntales necesarios**

$$\text{total puntales} = (\text{número de puntales por tablero eje 1})$$

$$(\text{número de puntales por tablero eje 2})$$

- **Cantidad de varas para los cuartones**

Se determina a partir de multiplicar la cantidad de puntales, por sección por la distancia que van colocados, y dividirlo entre el número de usos que estos se le darán normalmente se le dan 3 usos.

$$\text{cantidad en varas} = (\text{total puntales})(\text{altura de puntal})$$

Si se considera que cada vara de cuartón será utilizada para 3 usos

$$\text{varas necesarias} = \frac{\text{cantidad en varas}}{\text{número de usos}}$$

- **Número de tablas de pino (entablado)**

El ancho de tabla de pino es 0.25 m y tiene una longitud de 2.0 m, se obtiene la cantidad de tablas por cada dirección dividiendo el largo de la sección entre la longitud de la tabla y el ancho de la sección entre el ancho de la tabla.

$$\text{ancho de tabla} = 0.25 \text{ m}$$

$$\text{longitud de tabla} = 2.0 \text{ m}$$

Distribución de tablas de pino

Dirección 1

$$\text{número de tablas eje 1} = \frac{\text{largo de tablero}}{\text{longitud de tabla}}$$

Dirección 2

$$\text{número de tablas eje 2} = \frac{\text{ancho de tablero}}{\text{ancho de tabla}}$$

Cantidad de tabla

$$\text{cantidad de tabla} = (\text{número de tablas eje 1})(\text{número de tablas eje 2})$$

Cantidad de metros de tabla

$$\text{cantidad de tabla en metros} = (\text{cantidad de tablas})(\text{longitud de tabla})$$

Cantidad de tabla necesaria

$$\text{tablas necesarias} = \frac{\text{cantidad de tabla}}{\text{número de usos}}$$

- Cuartón de madera (vigas)

$$\text{número de vigas} = \left(\frac{\text{ancho de tablero}}{\text{separacion}} \right) \times 2m$$

$$\text{total vigas} = (\text{número de vigas})(\text{longitud de cuarton})$$

$$\text{varas necesarias} = \frac{\text{total vigas}}{\text{número de usos}} (\text{vrs})$$

- Cuartón de madera (viguetas)

Los cuartones de madera se adquieren comercialmente con una longitud de 7m.

Número de viguetas necesarias:

$$\text{número de vigas} = \frac{\text{largo de tablero}}{\text{separación}}$$

$$total\ viguetas = (\text{número de vigas})(\text{longitud del cuartón})$$

$$varas\ necesarias = \frac{total\ viguetas}{\text{número de usos}} \text{ (vrs)}$$

- Costanera (arrostramiento)

En el caso que la altura de los puntales sobrepasa los 3 m, es necesario arriostrar los puntales en ambas direcciones para garantizar la estabilidad. Normalmente se toma arriostres diagonales que cubran un cierto porcentaje de la longitud de puntales total. Normalmente se toma un 60%.

$$longitud\ total = (0.6)(varas\ necesarias\ para\ los\ cuartones)$$

- Cuartón madera (cuñas)

Se considera que para un puntal se debe utilizar una cuña de 4x4 cm y 8 cm de largo (del mismo puntal).

- Clavos a utilizar

$$total\ a\ utilizar = (\text{área de tablero})(\text{rendimiento de clavos})$$

- Desenmoldante

$$cantidad = (\text{área total a aplicar})(\text{rendimiento desencofrante})$$

- Cantidad de agua:

agua necesaria para humedecer

$$= (\text{área total aplicar})(\text{agua para humedecer superficie encofrado})$$

b) Mano de obra

- Tiempo necesario para instalación del encofrado

$$tiempo = \frac{\text{área de encofrado}}{(\text{rendimiento})(\text{horas laborables})} = (\text{número de días})$$

2.9.2.2 Hechura del concreto

- **Diseño de mezcla de concreto**

Para el diseño de la mezcla de concreto los factores a considerar son los siguientes: Resistencia de concreto estructural ($F'c$) y la proporción de la mezcla.

Los materiales a utilizar serán cemento, grava, arena y agua.

En el capítulo IV se determinarán la cantidad de materiales la cantidad de materiales a utilizar dependiendo de los factores antes mencionados.

a) Mano de obra

Personal	Salario a pagar	Factor de prestación	Salario a pagar con factor de prestación
Operador	Sueldo estipulado por el tabulador de salario, asignándole la cantidad de obra que tiene que realizar durante la jornada laboral	Tanto para obreros como para auxiliares está determinado por el periodo durante el cual se llevara a cabo de la obra.	Es el producto del salario apagar y el factor de prestación.
Auxiliar			
Total			Es la sumatoria de todos los productos.

Tabla 2.34: Mano de obra para elaboración de concreto
Fuente Propia

2.9.2.3 Acero de refuerzo

a) Materiales

Se deberán revisar primeramente los planos estructurales, para conocer la separación del acero de refuerzo, grado, ganchos, traslapes, que

estarán dados a partir del cálculo de los momentos flectores a la que está sometida la losa.

a. Traslapes:

La cantidad de traslapes y longitud mínima se determinarán, según el diseño para la losa unidireccional y bidireccional en el capítulo III.

b. Bastones:

Las longitudes de bastones se determinarán, según el diseño para la losa unidireccional y bidireccional en el capítulo III.

c. Alambre:

Normalmente se utilizan 10 lb por quintal de acero de refuerzo.

$$\text{cantidad de alambre} = (\text{cantidad de acero de refuerzo}(qq)) \left(10 \frac{lb}{qq}\right)$$

d. Sillas de separación acero doble lecho

$$1 m^2 = 1 \text{ burro}$$

$$\text{longitud de burro} = 50 \text{ cm}$$

$$\text{cantidad de acero} = \text{long de varilla para burro} \times 0.56 \frac{kg}{m} \times \frac{1 qq}{100 kg}$$

e. Hechura de helados de concreto

Si los helados se fabrican de mortero la cantidad de materiales y mano de obra se determina de la siguiente forma:

i. Cantidad

Los datos se colocan ciertas separaciones de la varilla.

ii. Volumen de concreto para cada helado:

$$\text{rec} = \text{recubrimiento}$$

$d = \text{diámetro}$

$$\text{volumen} = \frac{\pi}{4} d^2 (\text{rec})$$

$$\text{volumen total} = (\text{volumen de helado})(\text{número total de dados})$$

iii. Tubería PVC para molde de helados

Cantidad de moldes para helados de una tubería son:

$$\text{cantidad de moldes} = \frac{\text{longitud de tubería}}{\text{recubrimiento}}$$

$$\text{cantidad de tuberías de PVC} = \frac{(\text{cantidad de moldes})(\text{recubrimiento})}{\text{longitud de tubería}}$$

iv. Alambre de amarre

Normalmente se toma 10 cm como longitud de gancho para cada helado, se obtiene:

$$\text{alambre} = (\text{longitud de gancho})(\text{número de dados})(\text{rendimiento})$$

v. Mano de obra

$$\text{tiempo} = \frac{\text{número de dados}}{(\text{rendimiento})(\text{horas laborales})}$$

b) Mano de obra

Armado de acero de refuerzo

$$\text{tiempo} = \frac{\text{cantidad de acero de refuerzo qq}}{(\text{rendimiento})(\text{horas laborales})}$$

2.9.2.4 Colocación concreto, vibrado y enrasado

- Acarreo y colocación de concreto.

Tiempo de acarreo y colocación de concreto para losa densa

$$tiempo = \frac{\text{volumen de concreto (m}^3\text{)}}{(\text{rendimiento})(\text{horas laborables})}$$

- **Vibrado**

$$tiempo = \frac{\text{volumen de concreto (m}^3\text{)}}{(\text{rendimiento})(\text{horas laborables})}$$

- **Enrazado**

$$tiempo = \frac{\text{área de losa (m}^2\text{)}}{(\text{rendimiento})(\text{horas laborables})}$$

2.9.2.5 Curado y desencofrado

a) Materiales

El curado del concreto se puede realizar a partir de sellador líquido.

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de material} &= \frac{\text{área a cubrir (m}^2\text{)}}{\text{rendimiento de adisol} \left(\frac{\text{m}^2}{\text{galon}} \right)} \\ &= \text{cantidad de galones} \end{aligned}$$

b) Mano de obra:

- **Colocación del mortero**

Para calcular el tiempo la colocación (T.C.) del mortero se considera el producto del perímetro de la losa por el rendimiento de colocación y tiempo laboral.

$$T.C. = (\text{perímetro de losa})(\text{rendimiento})(\text{tiempo laboral})$$

- **Desencofrado:**

$$tiempo\ necesario = (\acute{a}rea\ de\ losa)(rendimiento)(tiempo\ laboral)$$

2.9.3 Procedimiento para la determinar el precio unitario de un sistema de losa prefabricada

Para el análisis de costo, primeramente, se deberá determinar el área de la sección, que será representativa para determinar el costo de la losa prefabricada. A continuación, se presentará una serie de pasos necesarios determinar la cantidad de materiales, mano de obra para este tipo de losa.

2.9.3.1 Encofrado y entarimado

a) Materiales

- **Puntales metálicos**

El fabricante en este caso la empresa COPRESA, propone el número de puntales según la luz máxima del tablero y el tipo de bovedilla como se muestra en la tabla siguiente:

Materiales	VT1-15	VT1-20	VT1-25	VT2-25	VT1-27	VT1-40
Puntales: Cantidad para luz máxima.	2	3	3	3	4	4

Nota: Luces > de 4.00 mts requieren un diafragma central.

Tabla 2.35: Puntales según tipo de losa
Fuente: Catálogo COPRESA

- **Cuartón madera (durmientes)**

$$n\acute{u}mero\ de\ viguetas = \frac{longitud\ total}{separacion\ de\ viguetas}$$

$$longitud\ total = (n\acute{u}mero\ de\ viguetas)(longitud\ de\ cuart\acute{o}n)$$

b) Mano de obra

- **Tiempo necesario:**

$$tiempo = \frac{\text{área de encofrado}}{(\text{rendimiento})(\text{horas laborales})}$$

2.9.3.2 Colocación de viguetas, bovedilla y electromalla

a) Materiales

- **Cantidad de vigueta.**

Según el fabricante COPRESA dependiendo el tipo de vigueta y la carga viva máxima admisible (kg/m^2) así será la luz máxima libre a cubrir y por ende la cantidad de viguetas a utilizar.

- **Cantidad de bovedilla según el tipo de vigueta.**

Según el fabricante COPRESA la cantidad de bovedilla por metro cuadrado, es la misma independiente el tipo de vigueta.

- **Cantidad de electro malla.**

$$cantidad\ de\ electromalla = \frac{\text{área de tablero}}{\text{área a cubrir por cada electromalla}}$$

- **Cantidad de alambre de amarre.**

$$cantidad\ de\ alambre = (cantidad\ de\ acero\ de\ refuerzo(qq)) \left(10 \frac{lb}{qq} \right)$$

b) Mano de obra

- **Acarreo de bovedilla.**

De igual forma se calcula el tiempo de colocación para cada tipo de material como se muestra:

$$tiempo = \frac{unidades}{(rendimiento)(horas\ laborales)}$$

- **Acarreo de vigueta.**

De igual forma se calcula el tiempo de colocación para cada tipo de material como se muestra:

$$tiempo = \frac{unidades}{(rendimiento)(horas\ laborales)}$$

- **Colocación de vigueta y bovedilla.**

De igual forma se calcula el tiempo de colocación para cada tipo de material como se muestra:

$$tiempo = \frac{unidades}{(rendimiento)(horas\ laborales)}$$

- **Colocación de helados.**

$$tiempo = \frac{número\ de\ dados}{(rendimiento)(horas\ laborales)}$$

2.9.3.3 Colocación de bastones.

a) Materiales

Para el cálculo de los bastones requeridos en los extremos de las viguetas para darle empotramiento calculado, el fabricante propone las longitudes de bastones dependiendo del tipo de vigueta.

- **Cantidad de alambre de amarre.**

$$\text{cantidad de alambre} = (\text{cantidad de acero de refuerzo}(qq)) \left(10 \frac{lb}{qq}\right)$$

b) Mano de obra**Colocación de bastones**

$$\text{tiempo} = \frac{\text{colocacion de bastones}(qq)}{(\text{rendimiento})(\text{horas laborales})}$$

2.9.3.4 Colocación concreto, vibrado y enrasado

En la sección 2.9.2.4 se especifica como determinar cada ítem que compone esta sub-partida.

2.9.3.5 Curado y desencofrado

En la sección 2.9.3.5 se especifica como determinar cada ítem que compone esta sub-partida.

2.9.4 Procedimiento para determinar el precio unitario de un sistema de losa compuesta con lámina de acero galvanizado

Para el análisis de costo, primeramente, se deberá determinar el área de la sección, que será representativa para determinar el costo de la losa. A continuación, se presentan una serie de pasos necesarios para determinar la cantidad de materiales, mano de obra y su costo para este tipo de losa.

2.9.4.1 Paraleado y entarimado

- **Materiales**

– Cantidad de lámina colaborante

El fabricante en este caso la empresa GALVADECK, dispone en su catálogo diferentes tipos de lámina colorante, cada una con distintos peraltes, claro, calibre y acabado, por lo cual la elección de cada una influirá de forma directa a la cantidad de materiales y mano de obra.

$$\text{número de láminas} = \frac{\text{área a cubrir}}{\text{área de lamina}}$$

a) Mano de obra

– Tiempo necesario paraleado y entarimado:

$$\text{tiempo} = \frac{\text{área a cubrir}}{(\text{rendimiento})(\text{horas laborales})(\text{número de días})}$$

2.9.4.2 Colocación concreto, vibrado y enrasado

En la sección 2.10.3.4 se especifica como determinar cada ítem que compone esta sub-partida.

2.9.4.3 Curado

En la sección 2.10.3.5 se especifica como determinar cada ítem que compone esta sub-partida.

CAPÍTULO III

CAPÍTULO III

ANÁLISIS TÉCNICO

3.1 Introducción

Este capítulo comprende el diseño de los cuatro sistemas de losas de entrepiso más utilizados en El Salvador. Con estos resultados se determina en posteriores capítulos cuál de ellos presenta menor costo teniendo en cuenta las ventajas estructurales como de construcción. La planta a diseñarse estará compuesta por ocho tableros regulares; a continuación, se mencionan los tipos de losas a diseñar:

- a) losa densa unidireccional.
- b) losa densa bidireccional.
- c) losa tradicional de vigueta-bovedilla de la empresa COPRESA.
- d) losa compuesta de concreto y lámina de acero galvanizado del tipo GalvaDeck 25.

Para el diseño de estos sistemas se usaron los reglamentos siguientes:

- 1) Reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones en El Salvador (RESESCO)
- 2) Reglamento ACI 318S 14
- 3) Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto, México D.F
- 4) Catálogo COPRESA 2012
- 5) Especificación Técnica y guía de diseño GalvaDeck

Como primer paso se realizó la descripción técnica del edificio del cual se obtuvo la planta de diseño el cual fue el objeto de estudio, el destino o uso posibilita definir la carga viva establecida en el RESESCO, secciones transversales, así como sus cargas muertas y las propiedades mecánicas de los materiales a utilizar.

3.2 Descripción técnica del edificio

El edificio para este proyecto está formado por cuatro niveles, los cuales se muestran en la figura 3.1 con una altura libre de entrepiso de 3.25 metros y claros centro a centro de vigas de 6 m y 5 m. El sistema estructural del edificio es de marcos especiales de concreto reforzado resistentes a momento con columnas de 65 cmx65 cm y vigas primarias de 40 cmx65 cm. El uso de la estructura es de oficinas administrativas.

3.2.1 Resistencia de los materiales

Las barras para el refuerzo longitudinal y transversal necesarios para el armado de las losas densas unidireccional y bidireccional serán de diámetro 3/8" o 1/2" según lo requerido por el diseño; las varillas por contracción y temperatura serán de diámetro 1/4". Todas las barras se usarán en grado 60 con un esfuerzo de fluencia de 4200 kg/cm².

El concreto utilizado para el colado de las losas tendrá una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² a los 28 días. El peso del concreto reforzado se usará como 2400 kg/m³.

3.2.2 Dimensiones del edificio

a) Elevación

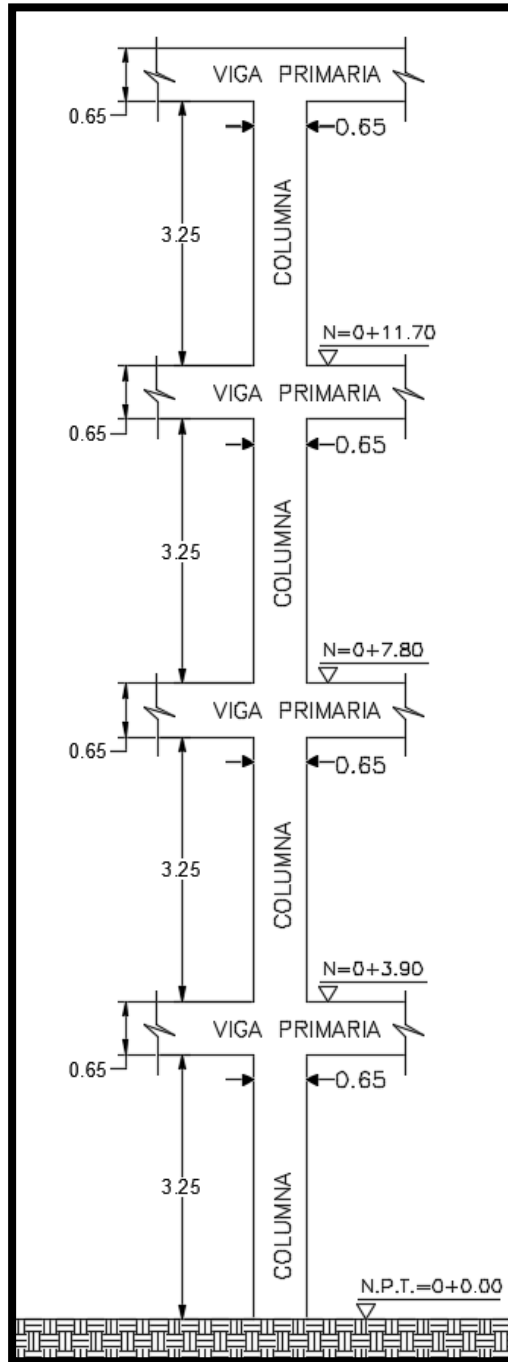


Figura 3.1: Elevación de columnas y vigas primarias.
Fuente Propia

b) Planta estructural

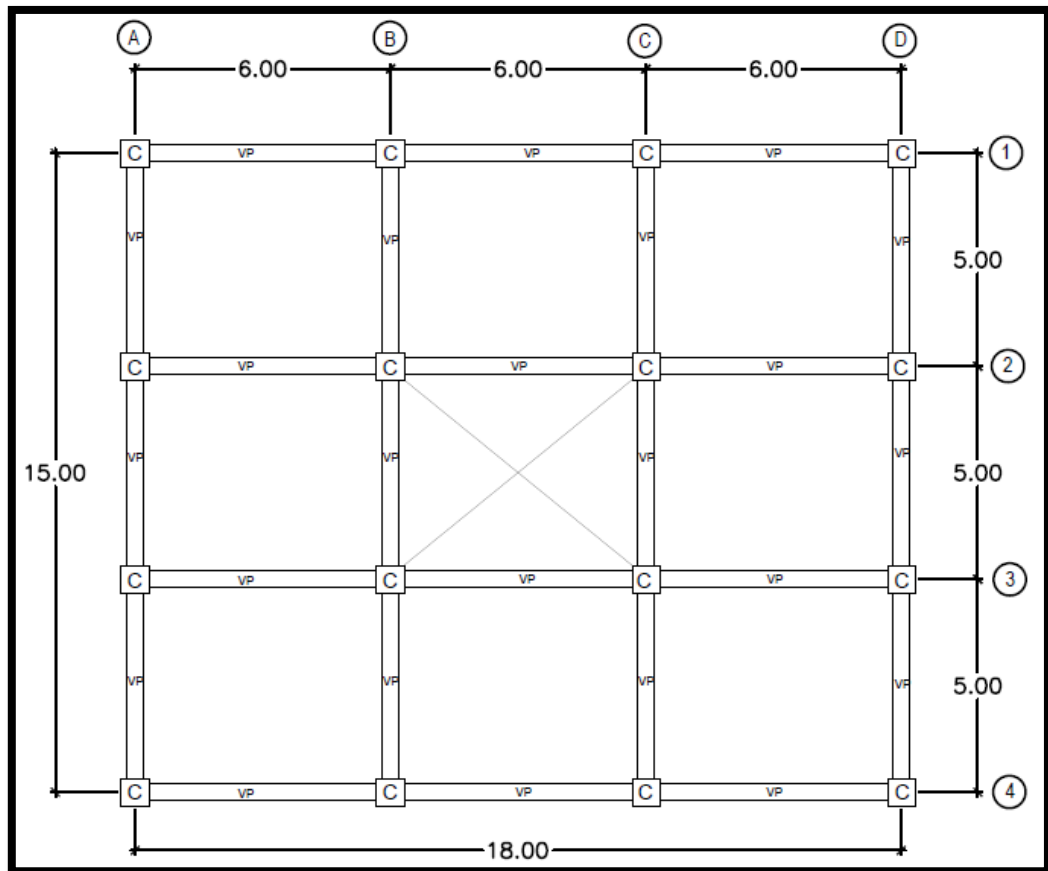


Figura 3.2: Vista en planta del edificio.
Fuente Propia

c) Vigas y columnas

En las figuras 3.3 a), b) y c) se presentan las secciones transversales de las vigas y columnas que se usaron para el diseño de los sistemas de entepiso, como se mencionó anteriormente, las vigas primarias (VP) son de 65 cmx40 cm para el caso que sea necesario acortar los claros se usaran vigas secundarias (VS) de 50 cmx30 cm. En el caso de las columnas (C) todas serán de 65 cmx65 cm.

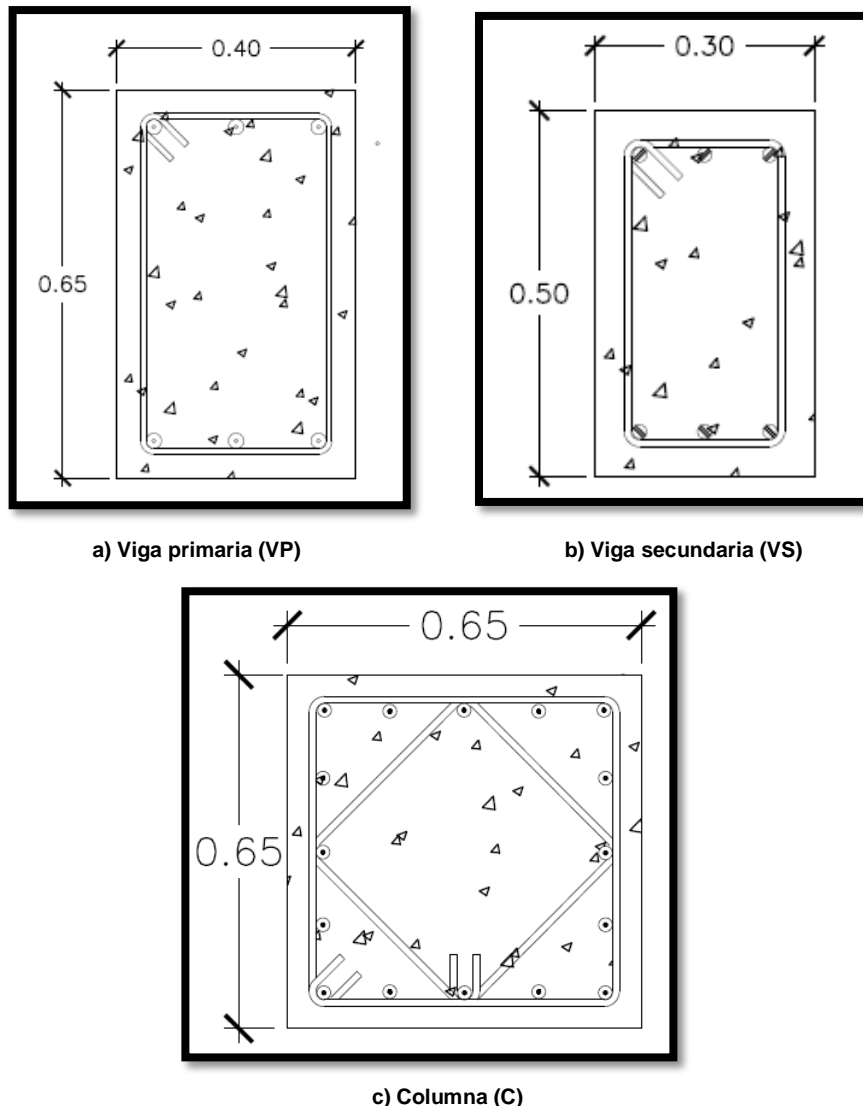


Figura 3.3: Sección de viga primaria, secundaria y columnas las cuales serán usadas en el diseño.

Fuente Propia

3.2.3 Cargas de la estructura

En cada sistema de entrepiso se utilizaron los mismos componentes para el cálculo de la carga muerta como son la cerámica, losa adicional de concreto, cielo falso e instalaciones eléctricas, divisiones interiores (ver tabla 3.1) el peso propio dependerá del sistema que se utilice por lo que

no especifica su valor. La carga viva depende el uso del edificio el cual será considerado en todos los casos como un edificio de oficinas administrativas.

a) Carga muerta (D)

Elemento	Peso (kg/m ²)
Peso propio	x
Cerámica	66
Losa adicional	20
CF+IE	30
Divisiones internas	40
Total	156+x

Tabla 3.1: Cargas muertas a utilizar en el diseño de los diferentes sistemas de entrecimpo
Fuente: Reglamento de Emergencia de Diseño Sísmico de la República de El Salvador, 1989

b) Carga viva (L)

Se consideró el uso de la estructura como de oficinas administrativas por lo que la carga viva tomada de la tabla 2.15 del anterior capítulo es de 250 kg/m².

Carga viva: 250 kg/m²

3.3 Diseño de losa densa unidireccional

El diseño se realizó según lo descrito en el capítulo dos del presente proyecto siguiendo lo especificado en la norma ACI 318S 14 y en la Norma Técnica Para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto de El Salvador (NTDCEC 1994). Se presenta los pasos constitutivos del diseño de losas unidireccionales de concreto reforzado en el flujograma Diagrama para el diseño de una losa densa unidireccional basado en el reglamento ACI 318S 14 (Anexo A.1).

Como primer paso antes del diseño de una losa de concreto reforzado se debe revisar cual es la transmisión de las cargas y así definir si esta es una losa de concreto unidireccional o bidireccional para ello se verifica la relación claro largo (L) entre claro corto (a) a continuación:

3.3.1 Revisión de claro largo (L) entre claro corto (a)

El análisis se realizó para conocer teóricamente cómo será la transferencia de carga por lo que al observar la planta estructural se tienen 8 tableros rectangulares con dimensiones de $6.0\text{ m} \times 5.0\text{ m}$, para realizar para revisión se calculó la longitud rostro a rostro tanto para el claro largo como para el claro corto.

$$\frac{\text{Claro largo}}{\text{Claro corto}} = \frac{L}{a} = \frac{6.0 - 0.4}{5.0 - 0.4} = \frac{5.6}{4.6} = 1.2 < 2$$

Debido a que el relación largo entre ancho es menor de 2 esto indica que debe ser diseñada como losa en dos direcciones pero con el objetivo de diseñar un sistema de entrepiso como losa unidireccional, se colocaron vigas secundarias de las dimensiones antes descritas así diseñarla como tal, estas vigas serán paralelas al lado más largo resultando una relación

$\frac{L}{a} = \frac{5.60}{2.15} = 2.6 > 2$, la relación de lados, satisface el requisito de una losa unidireccional.

3.3.2 Planta para el diseño de losa unidireccional con vigas secundarias

En la planta estructural (figura 3.4) se muestran dos cortes los cuales serán utilizados para el respectivo análisis ya que, por ejemplo, el corte 1-1 contiene seis tableros continuos mientras que en el corte 2-2 la sección contiene dos tableros únicamente, esto permitió realizar una mejor distribución del acero de refuerzo.

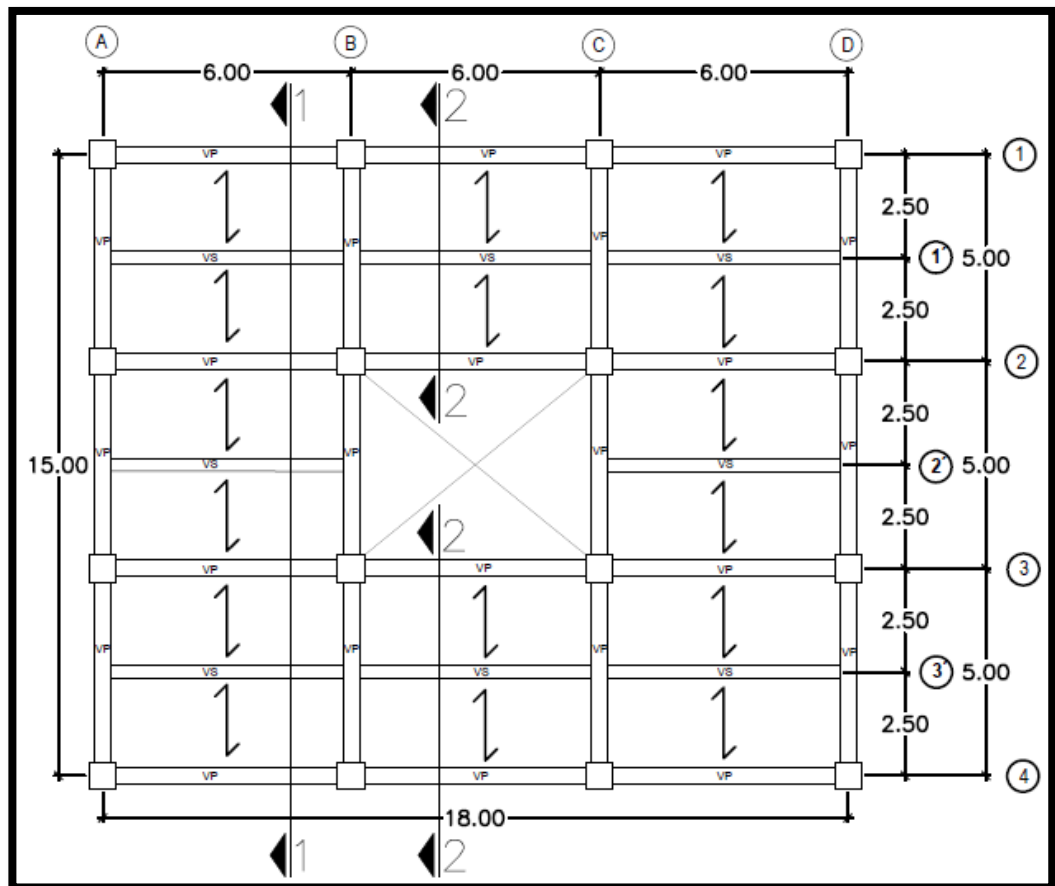


Figura 3.4: Distribución de cargas en planta.
Fuente Propia

3.3.3 Procedimiento de diseño

Este paso consistió en la revisión del espesor mínimo (h_{\min}) y dimensionar el espesor de losa para poder determinar la carga muerta total, así como la carga viva ya definida. Al factorizar las cargas se tendrán las cargas de diseño se realizó el cálculo del acero de refuerzo considerando una franja unitaria de un metro para luego determinar las longitudes de desarrollo, traslapes, ganchos entre otros. A continuación, se hará el cálculo del diseño de la losa densa unidireccional.

a) Revisión del espesor mínimo (h_{\min}) de la losa

En el corte 1-1 la sección tiene 6 tableros continuos en ambos extremos lo cual se representa a continuación:

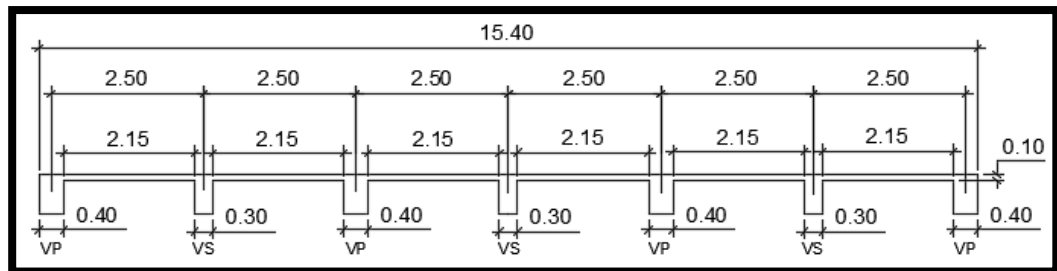


Figura 3.5: Corte 1-1 en sección transversal de losas y vigas.
Fuente Propia

El cálculo del espesor mínimo se realizó según la tabla 2.18 del capítulo 2 el cual establece que este será $h_{\min} = \frac{l_n}{28}$, debido a que se tienen más de 3 tablero en la sección 1-1 según figura 3.5.

$$h_{\min} = \frac{l_n}{28}$$

$$l_n = 250\text{cm} - 20\text{cm} - 15\text{cm}$$

$$l_n = 215\text{ cm}$$

$$h_{min} = \frac{215}{28}$$

$$h_{min} = 7.68 \text{ cm}$$

En el corte 2-2 la sección tiene 2 tableros continuos en ambos extremos lo cual se representa en la figura 3.6:

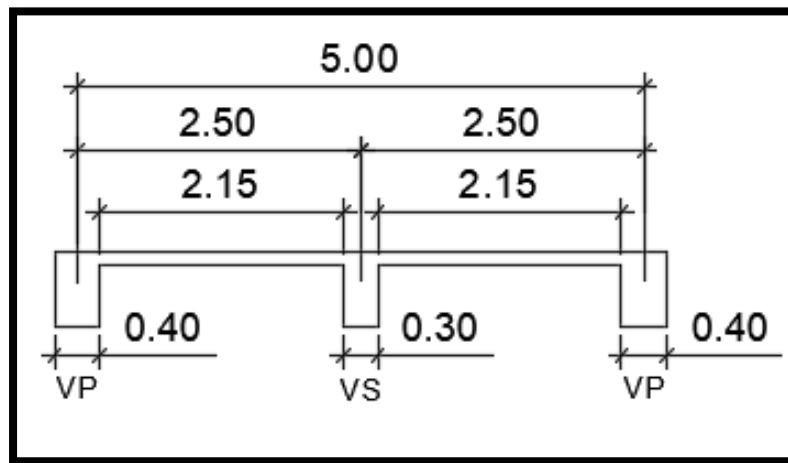


Figura 3.6: Corte de losas y vigas 2-2.
Fuente Propia

Para determinar el espesor mínimo de losa se tomará $h_{min} = \frac{l_n}{28}$, debido a que se tienen 2 tableros según figura 3.6 la cual muestra la sección transversal en el corte 2-2:

$$h_{min} = \frac{l_n}{24} \quad (\text{Tabla 2.18 capítulo II})$$

$$l_n = 250\text{cm} - 20\text{cm} - 15\text{cm}$$

$$l_n = 215 \text{ cm}$$

$$h_{min} = \frac{215}{24}$$

$$h_{min} = 8.96 \text{ cm}$$

Para ambos cálculos en la sección 1-1 y 2-2 del espesor mínimo (h_{\min}) obtenido es de 7.68 cm y 8.96 cm respectivamente por lo que se diseñarán los 8 tableros de losa con espesor de 10 cm.

b) Cargas de diseño

La Carga muerta (D) es la siguiente:

Elemento	Peso (kg/m^2)
Peso propio	$0.10 \times 2400 = 240$
Piso de cerámica	66
Losa adicional	20
CF+IE	30
Divisiones internas	40
Total	396

Tabla 3.2: Cargas permanentes.
Fuente Propia

Carga muerta: 396 kg/m^2

Carga viva (L)

Como se definió al inicio del capítulo el uso de la estructura es para oficinas administrativas por lo que la carga viva que respectiva es la siguiente:

Carga viva: 250 kg/m^2

Factorización de las cargas

Utilizando los factores de amplificación de cargas de en la tabla 2.16 del capítulo anterior y basada en el ACI-318S 14, se tiene la siguiente combinación de cargas gravitacionales:

$$U = 1.2D + 1.6L$$

$$U = 1.2(396) + 1.6(250)$$

$$U = 875.2 \frac{kg}{m^2}$$

El análisis se realizó considerando una franja de losa unitaria de un metro de ancho en el corte 1-1 (figura 3.5).

La carga lineal última será de $w_u = 875.2 \frac{kg}{m^2} \times 1.0m = 875.2 \frac{kg}{m}$

c) Cálculo de cortantes y momentos

Los momentos se calcularon utilizando la tabla 2.15 del capítulo anterior o en su defecto la tabla 6.5.2 del ACI 318S 14 tanto para momento negativo como positivo. Se hace la aclaración que para los momentos negativos se toma el criterio para losas con luces que no excedan de 3.0 metros, para este caso el claro libre es de 2.15. Para el cálculo del cortante se usará la tabla 2.16 del mismo capítulo.

Momentos negativos de los apoyos tanto externos como internos (Al rostro de las vigas).

Considerando claros menores a 3 metros se tiene la siguiente fórmula:

$$M_u = \frac{w_u l_n^2}{12} \text{ (Tabla 2.24 C2)}$$

$$M_u = \frac{875.2(2.15)^2}{12}$$

$$M_u = 337.13 \text{ kg} - m$$

Momento positivo para apoyos monolíticos externos (Centro del claro)

$$M_u = \frac{w_u l_n^2}{14} \text{ (Tabla 2.24 C2)}$$

$$M_u = \frac{875.2(2.15)^2}{14}$$

$$M_u = 288.97 \text{ kg} - m$$

Momento positivo para apoyos internos (Centro del claro)

$$M_u = \frac{w_u l_n^2}{16} \text{ (Tabla 2.24 C2)}$$

$$M_u = \frac{875.2(2.15)^2}{16}$$

$$M_u = 252.85 \text{ kg} - m$$

Cálculo del Cortante

Apoyos externos

$$V_u = \frac{w_u l_n}{2} \text{ (Tabla 2.25 C2)}$$

$$V_u = \frac{875.2 \times 2.15}{2}$$

$$V_u = 940.84 \text{ kg}$$

Apoyos internos

$$V_u = \frac{1.15 w_u l_n}{2} \text{ (Tabla 2.25 C2)}$$

$$V_u = \frac{1.15(876)(2.15)}{2}$$

$$V_u = 1081.97 \text{ kg}$$

En resumen, se presenta la figura 3.7 y 3.8 la cual muestra los cortantes y momentos de diseño.

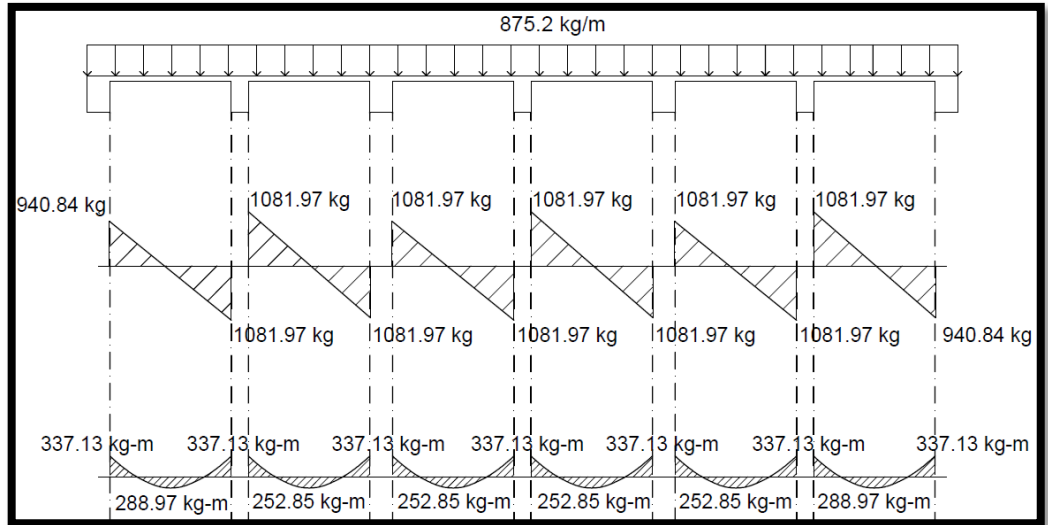


Figura 3.7: Representación de los cortantes y momentos en la sección de losa 1-1.
Fuente Propia

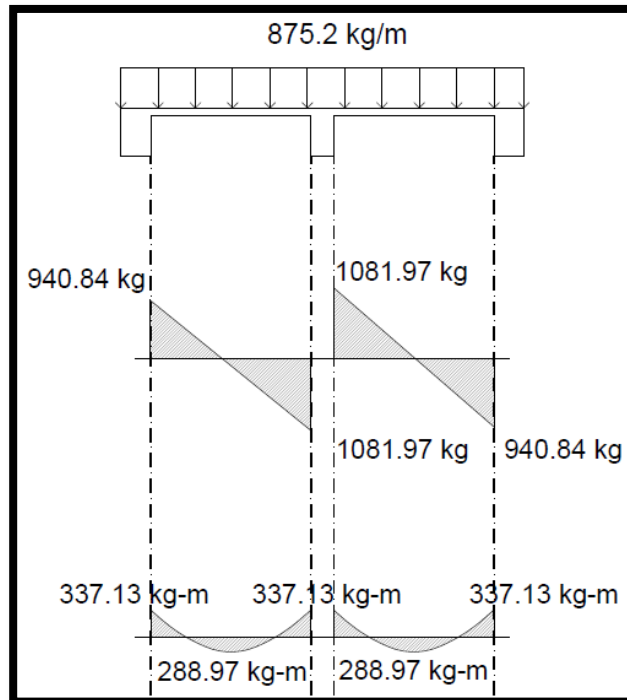


Figura 3.8: Representación de los cortantes y momentos en la sección de losa 2-2.
Fuente Propia.

d) Revisión por cortante considerando un ancho unitario(b) de 100

cm



Figura 3.9: Franja de análisis de ancho unitario de 1.0 m.
Fuente Propia.

Análisis considerando una franja de losa unitaria de un metro de ancho el corte 2-2

Cálculo del peralte efectivo de la losa considerando varilla número 3.

$$d = h - rec - \frac{\phi_{var}}{2}$$

$$d = 10 - 2 - \frac{0.95}{2} = 7.53 \text{ cm}$$

$$d = 7.53 \text{ cm}$$

Contribución del concreto

$$\phi V_c = \phi 0.53 \sqrt{f'_c} b d \quad (22.5.5.1 \text{ ACI } 318S \ 14)$$

$$\phi V_c = 0.75(0.53)\sqrt{210}(100)(7.53)$$

$$\phi V_c = 4337.52 \text{ kg}$$

El cortante último (V_u) en los apoyos internos es de 1081.97 kg y en los apoyos externos es 940.84 kg lo cual es menor que la contribución a cortante del concreto el cual es de 4337.52 kg. Debido que $\phi V_c \gg V_u$ se concluye que no necesita refuerzo por cortante.

e) Acero de refuerzo por flexión

a continuación, se describe el proceso de cálculo del acero por flexión positiva en cada uno de los tableros que componen a toda la planta.

e.1) Flexión positiva (Centro del claro)

$$M_u = \phi \omega f'_c (1 - 0.59\omega) b d^2 \text{ (kg - cm) (Ecuación 3-2}^{12}\text{)}$$

$$\omega = \rho \frac{f_y}{f'_c} \quad \rho = \frac{A_s}{b d} \quad A_s = \rho b d$$

e.1.1) Tableros extremos

$$M_u = 288.97 \text{ kg - m} = 28897 \text{ kg - cm}$$

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}$$

Sustituyendo valores

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{28897}{0.9(210)(100)(7.53)^2}$$

Resolviendo para ω , tenemos:

$$\omega_1 = 1.66751$$

$$\omega_2 = 0.02741$$

Tomando $\omega_2 = 0.02741$

$$\rho = \omega \frac{f'_c}{f_y}$$

$$\rho = (0.02741) \frac{210}{4200} = 0.0014$$

$$A_s = 0.0014(100)(7.53) = 1.05 \text{ cm}^2$$

¹² Diseño de concreto reforzado 8ª Ed. Jack McCormac

e.1.2) Tableros internos

$$M_u = 252.85 \text{ kg} - m = 25285 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}$$

Sustituyendo valores

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{25285}{0.9(210)(100)(7.53)^2}$$

Resolviendo para ω , tenemos:

$$\omega_1 = 1.67098$$

$$\omega_2 = 0.02393$$

Tomando $\omega_2 = 0.02393$

$$\rho = \omega \frac{f'_c}{f_y}$$

$$\rho = (0.02393) \frac{210}{4200} = 0.0012$$

$$A_s = 0.0012(100)(7.53) = 0.90 \text{ cm}^2$$

e.2) Flexión negativa en los apoyos internos y externos

El acero calculado será igual para todos los apoyos ya que el momento negativo calcula es el mismo.

$$M_u = 337.13 \text{ kg} - m = 33713 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}$$

Sustituyendo valores

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{33713}{0.9(210)(100)(7.53)^2}$$

Resolviendo para ω , tenemos:

$$\omega_1 = 1.66285$$

$$\omega_2 = 0.03207$$

Tomando $\omega_2 = 0.03207$

$$\rho = \omega \frac{f'_c}{f_y}$$

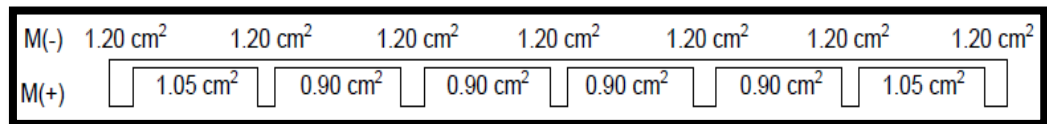
$$\rho = (0.03207) \frac{210}{4200} = 0.0016$$

$$A_s = 0.0016(100)(7.53) = 1.20 \text{ cm}^2$$

El acero calculado 1.25 cm^2 es el indicado en todos apoyos.

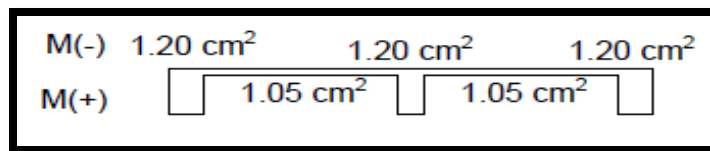
En la figura 3.10 se presentan las secciones para el cual se calculó el acero necesario tanto para momento positivo como negativo:

Sección 1-1



(a)

Sección 2-2



(b)

Figura 3.10: Acero requerido según cálculos en los cortes 1-1 (a) y 2-2 (b).
Fuente Propia.

f) Revisión del acero mínimo por flexión y refuerzo por temperatura

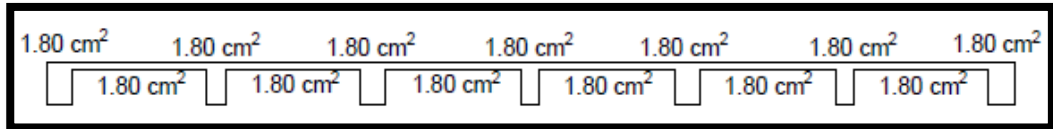
El acero de fuerza por flexión requerido muchas veces no cumple con el refuerzo mínimo establecido por el ACI-318S-14 del cual se presenta la tabla 2.18 en el capítulo II para cuando se tiene un esfuerzo del fluencia del acero (f_y) mayor o igual que $4200 \frac{kg}{cm^2}$ por lo que se utilizará el valor mayor entre a) y b) presentado en la tabla 3.3:

Fórmula	Cálculo	Revisión
a) $\frac{0.0018 \times 4200}{f_y} bd$	$\frac{0.0018 \times 4200}{4200} (100)(10) = 1.80 \text{ cm}^2$	(Rige)
b) $0.0014bd$	$0.0014(100)(10) = 1.40 \text{ cm}^2$	

Tabla 3.3: Acero mínimo y refuerzo por temperatura.
Fuente Propia

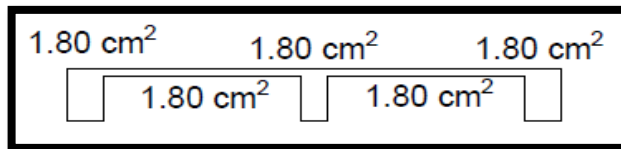
Como se observa en los cálculos, las áreas de acero necesarios no cumplen con el refuerzo mínimo por lo que se tomará como refuerzo en todos los apoyos y centros de los claro como el acero mínimo 1.80 cm^2 , al igual que para el refuerzo por temperatura (ver figura 3.11).

Sección 1-1



(a)

Sección 2-2



(b)

Figura 3.11: Acero mínimo rige el diseño para las secciones de 6 (a) y 2 (b) claros continuos respectivamente.

Fuente Propia

g) Número de varillas y separación máxima del refuerzo longitudinal

Se calculó el número de varillas y se revisó la separación máxima por flexión positiva y negativa al igual que para temperatura usando un área de refuerzo de 1.80 cm^2 según lo detallado en la tabla 2.19 del capítulo anterior:

g.1) Número de varillas

$$n = \frac{A_s}{A_{var}}$$

$$n^{#3} = \frac{1.80}{0.71} = 2.53 = 3 \text{ varillas}$$

$$n^{#4} = \frac{1.80}{1.27} = 1.42 = 2 \text{ varillas}$$

g.2) Separación por flexión negativa y positiva del refuerzo longitudinal y por temperatura:

I) Por flexión se tomará el menor de:

$$\left\{ \begin{array}{l} 3h = 3(10) = 30 \text{ cm (Rige)} \\ 45 \text{ cm} \end{array} \right.$$

Separaciones para varillas número 3.

$$S^{#3}_{flexión} = \frac{100(0.71)}{1.80} = 39.44 \text{ cm (No cumple)}$$

$$S^{#4}_{temp} = \frac{100(1.27)}{1.80} = 70.55 \text{ cm (No cumple)}$$

Colocar varilla número 3 @ 30 cm.

II) Por temperatura:

$$\left\{ \begin{array}{l} 5h = 5(10) = 50 \text{ cm} \\ 45 \text{ cm} \end{array} \right.$$

$$S_{temp}^{\#3} = \frac{100(0.71)}{1.80} = 39.44 \text{ cm (Rige)}$$

Colocar varilla #3 @ 35 cm por temperatura en la dirección transversal

h) Detallado del acero de refuerzo

Cuando los claros son aproximadamente iguales y cargadas de modo uniforme resultan satisfactorios los puntos de corte mostrados en la figura 3.12.

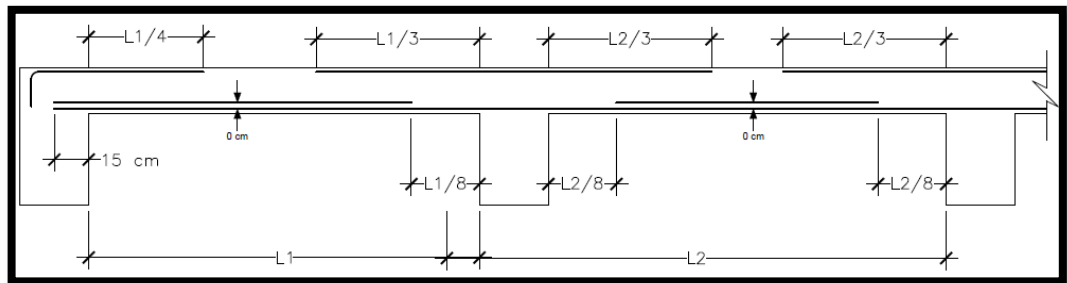


Figura 3.12: Puntos estándar de corte.
Fuente: Diseño de estructuras de concreto, Arthur H. Nilson, página 180

h.1) Longitud de los bastones para flexión negativa en los apoyos internos

Como se observó en la figura 3.5 la losa se apoya en vigas primarias y secundarias las cuales tiene diferentes dimensiones por lo que a continuación se determinarán las longitudes de desarrollo para los bastones superiores en los apoyos internos según la información de la figura 3.14:

$$L = \text{Ancho viga} + 2 \left(\frac{1}{3} \right) l_n$$

Sea

l_n : Longitud del claro libre de losa.

l_d : Longitud de desarrollo

L_{be} : Longitud de bastones superiores en apoyos externos.

L_{bi} : Longitud de bastones superiores en apoyos internos.

l_{dh} = Longitud de desarrollo del gancho

d_b = Diámetro nominal de la varilla

h.2) Apoyo interno en viga secundaria

$$L_{bi} = 2l_d + \text{ancho de viga}$$

$$L_{bi} = 2 \left(\frac{1}{3} l_n \right) + \text{ancho de viga}$$

$$L_{bi} = 2 \left(\frac{1}{3} \right) (2.15m) + 0.30m = 1.73 m$$

Usar 1.75 m

h.3) Apoyo interno en viga primaria

$$L_{bi} = 2 \left(\frac{1}{3} \right) (2.15m) + 0.40m = 1.83 m$$

Usar 1.85 m

Para evitar el desperdicio las varillas de acero se usarán bastones de longitud igual 2.0 metros tanto en apoyos internos en viga primaria y secundaria.

h.4) Apoyo externos

La Longitud de los bastones con gancho a 90° en los apoyos externos se determinó según lo detallado en la figura 3.13.

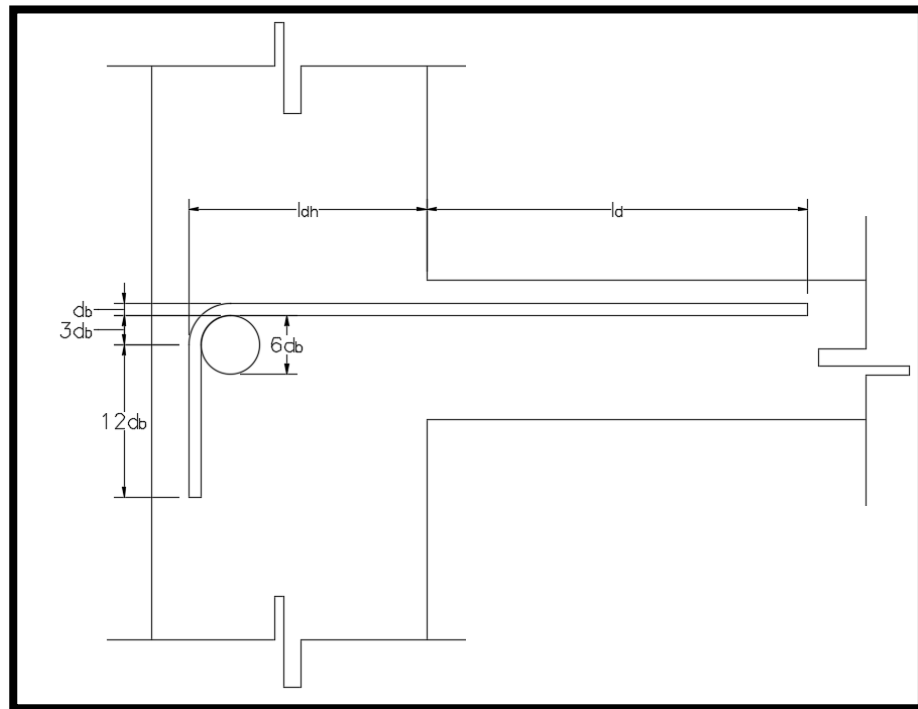


Figura 3.13: Longitud de bastones más el gancho de empotramiento.
Fuente Propia

Las longitudes de los bastones en el apoyo externo han sido tomadas según la figura 3.13, así como de la tabla 25.3.1 del ACI 318S 14 “Geometría del gancho estándar para el desarrollo de barras corrugadas en tracción”.

La longitud del bastón usando varilla número 3:

$$l_d = 0.25l_n = 0.25 \times 215 \text{ cm} = 53.75 \text{ cm} \approx 55 \text{ cm}$$

La longitud de anclaje ($L_{anclaje}$) en apoyos externos para varilla número 3 desde el rostro de la viga interno hasta el refuerzo longitudinal de la viga:

$$L_{anclaje} = l_{dh} + 16d_b$$

$$l_{dh} = \text{ancho viga} - \text{Recub. de viga} - \phi_{est. de viga}$$

$$l_{dh} = 0.40 - 0.04 - .0095 = 0.35 \text{ m}$$

El diámetro para el doblaje según ACI 318S 14 en la tabla 25.3.1 debe ser de $6d_b$, tomando como referencia la figura 3.13 se tiene:

$$l_{pata} = 12d_b + 3d_b + d_b = 16d_b$$

$$l_{pata} = 16 \times 0.95 = 15.2 \text{ cm}$$

$$L_{anclaje} = 0.35 + 0.15 = 50 \text{ cm}$$

Longitud total de los bastones en los apoyos externos

$$L_{be} = l_d + L_{anclaje}$$

$$L_{be} = 55 \text{ cm} + 50 \text{ cm} = 105 \text{ cm}$$

$$L_{be} = \mathbf{105 \text{ cm} = 1.05 \text{ m}}$$

Para hacer un diseño seguro y económico es necesario conocer las longitudes de todas las barras por lo que también se calculan a continuación la longitud total de las barras longitudinales para refuerzo por flexión positiva.

h.5) Longitud de las barras corridas para flexión positiva

Sección corte 1-1

$$L_{flexión(+)} = \text{Claro libre entre apoyos extenos} + 2(L_{anclaje})$$

$$L_{flexión(+)} = 14.60 \text{ m} + 2(0.50 \text{ m}) = 15.60 \text{ m}$$

Sección corte 2-2

$$L_{flexión(+)} = \text{Claro libre entre apoyos externos} + 2(L_{anclaje})$$

$$L_{flexión(+)} = 4.60 \text{ m} + 2(0.50 \text{ m}) = 5.60 \text{ m}$$

h.6) Longitud de los traslapes de las varillas número 3

Según el ACI 318S 14 en el apartado 25.4.2 se tomaron como longitud de traslape o empalme $\ell_d = \frac{f_y \psi_e}{6.6 \sqrt{f'_c}} d_b$ para varillas menores a 7/8" pero mayor de 30 cm. Para el traslape superior $\psi_e = 1.3$, y para traslape en las varillas inferiores $\psi_e = 1.0$.

El empalme de la varilla número 3 en el lecho superior

$$\ell_d = \frac{4200(1.3)(0.95)}{6.6\sqrt{210}} = 55 \text{ cm}$$

El empalme de la varilla número 3 en el lecho inferior

$$\ell_d = \frac{4200(1.0)(0.95)}{6.6\sqrt{210}} = 40 \text{ cm}$$

h.7) Longitudes de las barras de refuerzo por temperatura (dirección transversal a la por flexión)

La planta estructural tiene tableros regulares iguales de claros libres en ambas direcciones de 4.6 mx5.6 m mostrado en la figura 3.14:

I) Dirección corta

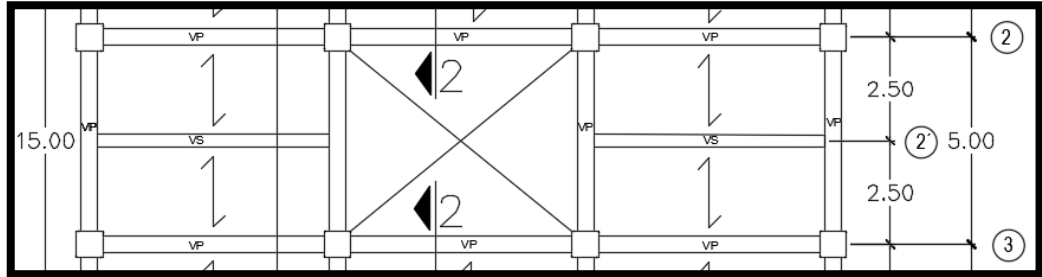


Figura 3.14: Tablero intermedio.
Fuente Propia

El acero por temperatura no necesita anclarse a través de una pata o gancho por lo que esta longitud se determinó restando a la longitud total de la planta el recubrimiento de la viga en ambos extremos.

L_{temp} : Longitud total del refuerzo por temperatura

L_{temp} : Longitud total de la planta $- 2(\text{Recub. de viga})$

Para el tablero intermedio se tiene:

$$L_{temp} = 6.40 - 0.08 = 6.32 \approx 6.30m$$

$$L_{temp} = 6.30 m$$

ii) Dirección larga

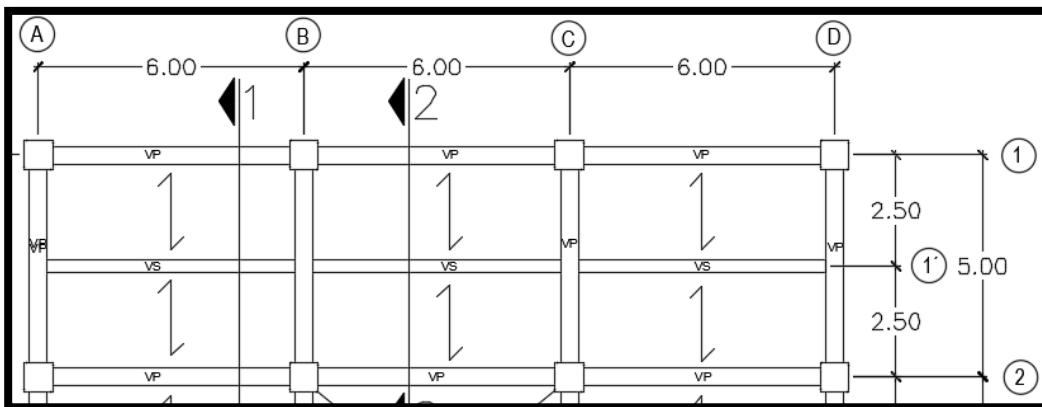


Figura 3.15: Longitudes del tablero para la obtención de acero por temperatura.
Fuente Propia

$$L_{temperatura} = 18.40 - 2(0.04) = 18.32 \text{ m}$$

$$L_{temperatura} = 18.30 \text{ m}$$

i) Tablas resumen de las diferentes varillas de acero.

A continuación, se presenta las tablas resumen de las longitudes del acero de refuerzo tanto por flexión como por temperatura a emplearse en la construcción de la losa unidireccional la cual sirvió para calcular el costo de esta losa en el capítulo IV.

i.1) Bastones en el lecho superior (LS)


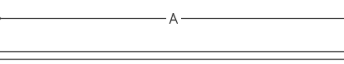
Apoyo	Barra	A	B	Longitud	Espaciamiento
Externos Viga primaria (l_{be})		0.15m	0.90m	1.05m	#3@30 cm
Interno Viga primaria y secundaria (l_{bi})		2.00m	0.00m	2.00m	#3@30 cm

Tabla 3.4: Longitud de bastones en LS.
Fuente Propia

i.2) Longitud de las varillas del lecho inferior (LI)

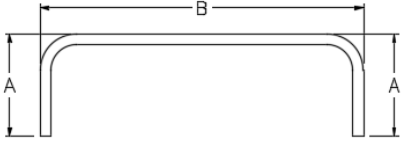
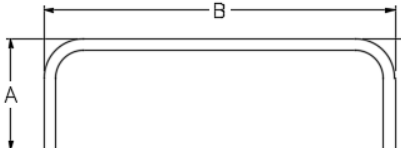
sección	Barra	A	B	Total	Espaciamiento
1-1		0.15m	15.30m	15.60m	#3@30 cm
2-2		0.15m	5.30m	5.60m	#3@30 cm

Tabla 3.5: Longitud del acero corrido en LI.
Fuente Propia

i.3) Longitud de las varillas por temperatura en la dirección transversal al en lecho superior (LS)

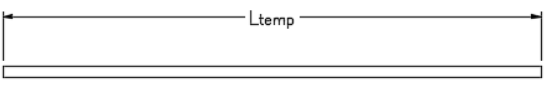
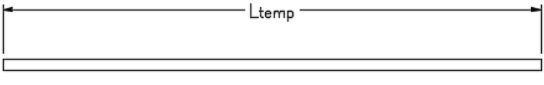
Dirección	Barra	Ltemp	Espaciamiento
Longitud mayor		18.30 m	#3@35 cm
Longitud menor		6.30 m	#3@35 cm

Tabla 3.6: Longitud del refuerzo por temperatura (LS).
Fuente Propia

El plano estructural se presenta en el anexo B.1.

3.4 Diseño de losa densa bidireccional

Las losas densas bidireccionales o losas en dos direcciones, pueden ser diseñadas por el método de los coeficientes del ACI. Estas se usan mayormente para cubrir claros relativamente grandes sin vigas intermedias como: teatros, auditorios, almacenes entre otros. Para la aplicación de este método fue necesario hacer el análisis por cada uno de los tableros de losa.

Para el análisis y diseño de este tipo de losas se verificó según la Norma Técnica del País (NTDCEC) y el Reglamento ACI 318S 14. Para usar el método de los coeficientes del ACI se usarán las tablas 2.33 a las 2.34 detalladas en el capítulo anterior las cuales fueron retomadas de libro de Diseño de estructuras de concreto, Nilson Arthur.

3.4.1 Planta de diseño

La planta estructural como se ha descrito anteriormente está compuesta por ocho tableros, la cual se presenta en la figura 3.16 enumerando cada uno de ellos y clasificándolos según es el caso detallado en las tablas 2.33 a la 2.34 y así determinar los coeficientes en cada tablero.

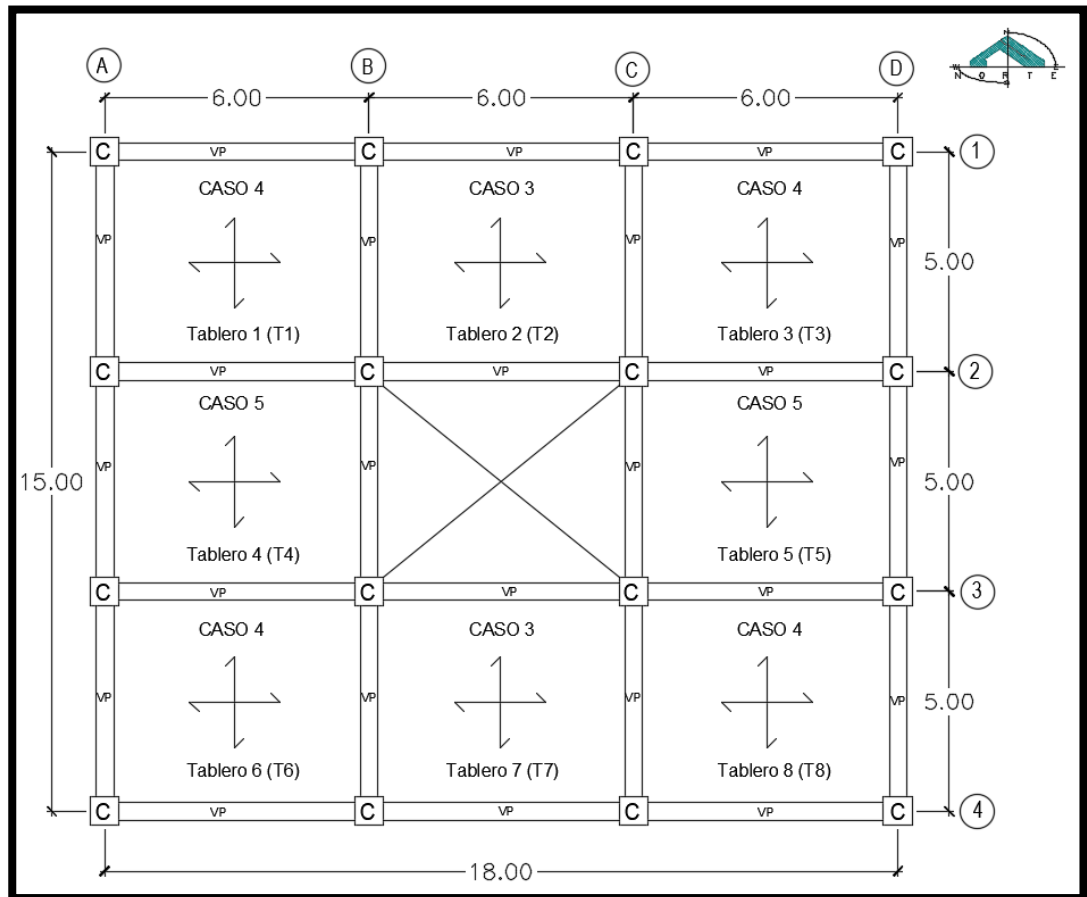


Figura 3.16: Planta estructural clasificada por caso según método de los coeficientes.
Fuente Propia

3.4.2 Procedimiento de diseño

En el anexo A.2 se presenta el flujograma “Diagrama para el diseño de una losa densa bidireccional basado en el reglamento ACI 318S 14” en él

se detallada cada uno de los pasos a seguir para el diseño de una losa densa bidireccional. Como se detalló en el diseño de la losa unidireccional la relación $\frac{L}{a} = \frac{5.6}{4.6} = 1.22$ permite diseñar la losa como bidireccional.

a) Predimensionamiento de la losa

Usualmente se recomienda calcular de forma empírica el espesor mínimo (h_{min}) y luego comparar si cumple los valores mínimo del ACI 318S 14 para una losa densa bidireccional. Existen diferentes métodos para predimensionar el espesor de la losa, en este caso se hace uso del método establecido por la NTC de México DF, la cual permite omitir el cálculo de deflexiones si el peralte efectivo no es menor que el perímetro del tablero entre 250 para concreto clase 1 ($\gamma_{C/R} > 2200kg/m^3$) y 170 para concreto clase 2 ($1900 kg/m^3 < \gamma_{C/R} < 2200kg/m^3$)¹³. En este cálculo, la longitud de lados discontinuos se incrementará 50 por ciento si los apoyos de la losa no son monolíticos con ella, y 25 por ciento cuando lo sean.

La losa bidireccional tiene dos claros libres en ambos sentidos un corto y un largo los cuales miden 4.60 metros y 5.60 metros respectivamente. Cada uno de los ocho tableros que conforman la planta de diseño tienen las mismas medidas, pero diferentes clases de apoyo perimetral por lo

¹³ Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto, México DF acápite 1.5.1

que se calcula a continuación el peralte mínimo para los tableros 1, 2 y 4 (ver figura 3.16). Se determina el mayor entre los tres y se realiza una iteración más para obtener un peralte adecuado.

Para poder realizar el predimensionamiento se debe verificar ambos criterios, caso contrario se debe calcular el perímetro corregido, las unidades que se debe utilizar en las fórmulas para que estén sean válidas son en kg y cm según la magnitud física:

$$\begin{cases} F_s \leq 0.6f_y = 0.6(4200) = 2520 \frac{kg}{m^2} (\text{Criterio 1}) \\ W \leq 380 \frac{kg}{m^2} (\text{Criterio 2}) \end{cases}$$

Si cumplen ambos criterios se debe calcular el peralte efectivo según las fórmulas siguientes:

$$d = \begin{cases} \frac{P}{250} (\text{concreto clase 1}) \\ \frac{P}{170} (\text{concreto clase 2}) \end{cases}$$

Caso contrario se calculará de la siguiente forma:

$$d = \begin{cases} \frac{P_{\text{corregido}}}{250} (\text{concreto clase 1}) \\ \frac{P_{\text{corregido}}}{170} (\text{concreto clase 2}) \end{cases}$$

donde

$$P_{\text{corregido}} = P \times 0.032^4 \sqrt{F_s W}$$

El criterio 1 se cumple ya que estamos usamos un acero de refuerzo con una fluencia de 4200 kg/cm² por lo que $F_s = 0.6(4200) = 2520 \frac{kg}{m^2}$.

Para revisar el criterio 2 se hace el análisis de cargas haciendo una estimación del espesor de la losa y se calcula la sobrecarga:

Cálculo de la sobrecarga

Para el cálculo de la sobrecarga en la losa o carga muerta se considera un espesor de losa de 10 cm.

Carga muerta (D)

Elemento	Peso (kg/m ²)
Peso propio	0.10x2400=240
Cerámica	66
CF+IE	30
Divisiones internas	40
Losa adicional	20
Total	396

Tabla 3.7: Cargas permanentes en losa densa bidireccional.
Fuente Propia

Carga muerta (D): 396 kg/m²

Carga viva (L): 250 kg/m²

Sobrecarga: 646 kg/m²

$$646 \text{ kg/m}^2 > 380 \text{ kg/m}^2$$

Por lo que se calculó el perímetro corregido en cada uno de los tableros 1, 2, 4 los cuales tienen las mismas condiciones de apoyo que los demás tableros:

Tablero 1:

$$P = (460 + 560) + 1.25(460 + 560) = 2295 \text{ cm}$$

$$d = \frac{P_{\text{corregido}}}{250} = \frac{P \times 0.032^4 \sqrt{F_s W}}{250}$$

$$d = \frac{2295(0.032)^4 \sqrt{(2520)(646)}}{250} = 10.49 \text{ cm}$$

Tablero 2:

$$P = (460 + 460) + 1.25(560 + 560) = 2320 \text{ cm}$$

$$d = \frac{P_{\text{corregido}}}{250} = \frac{P \times 0.032^4 \sqrt{F_s W}}{250}$$

$$d = \frac{2320(0.032)^4 \sqrt{(2520)(646)}}{250} = 10.61 \text{ cm}$$

Tablero 4:

$$P = 1.25(460 + 460) + (560 + 560) = 2270 \text{ cm}$$

$$d = \frac{P_{\text{corregido}}}{250} = \frac{P \times 0.032^4 \sqrt{F_s W}}{250}$$

$$d = \frac{2270(0.032)^4 \sqrt{(2560)(646)}}{250} = 10.38 \text{ cm}$$

Para fines prácticos y debido a que el tablero 2 presenta un mayor peralte efectivo se hará la iteración con su valor hasta obtener un valor adecuado del espesor mínimo con el cual se diseñará toda la planta.

$$h_{\text{mín}} = d + 2$$

$$h_{\text{mín}} = 10.61 + 2 = 12.61 = 13 \text{ cm}$$

Calculando la sobrecarga considerando un incremento de 3 cm de losa de concreto reforzado debido a que en la tabla 2.7 se calculó de forma aproximada la carga muerta con un espesor de 10 cm:

$$W = 646 + 0.03(2400) = 718 \text{ kg/m}^2$$

$$d = \frac{P_{\text{corregido}}}{250} = \frac{P \times 0.032^4 \sqrt{F_s W}}{250}$$

$$d = \frac{2320(0.032)^4 \sqrt{(2520)(718)}}{250} = 10.89 \text{ cm}$$

$$h_{\text{mín}} = 11 + 2 = 13 \text{ cm}$$

b) Revisión del espesor mínimo predimensionado

Verificando el espesor mínimo según 8.3.1.2, ACI 318S 14 tabla 2.27 se tomará como espesor de la losa el valor mayor de:

$$\left\{ \begin{array}{l} h = \frac{l_n \left(0.8 + \frac{f_y}{14000} \right)}{36 + 9\beta} \\ 9.0 \text{ cm} \end{array} \right.$$

$$\beta = \frac{\text{Claro largo}}{\text{Claro corto}} = \frac{5.6 \text{ m}}{4.6 \text{ m}} = 1.22$$

$$h = \frac{560 \left(0.8 + \frac{4200}{14000} \right)}{36 + 9(1.22)}$$

$$h = 13.11 \text{ cm}$$

El espesor predimensionado por el método del reglamento del D.F. al hacer la revisión y comparación con el espesor mínimo para losas densas de concreto reforzado determinado por el reglamento ACI 318S-14 este no cumple ya que fue de 13 cm por lo que se utilizara un espesor de diseño de 14 cm: **$h = 14 \text{ cm}$**

c) Cargas de diseño

Ya realizado el predimensionamiento se obtuvo un espesor de 14 cm por lo que a continuación se calculó las cargas permanentes en la losa:

Carga muerta (D)

Elemento	Peso (kg/m ²)
Peso propio	0.14x2400=336
Cerámica	66
CF+IE	30
Divisiones internas	40
Losa adicional	20
Total	492

Tabla 3.8: Cargas permanentes en losa densa bidireccional.
Fuente Propia

Carga muerta (D): 492 kg/m²

Carga viva (L)

Se consideró el uso de la estructura como de oficinas administrativas por lo que la carga viva que se presenta es la siguiente:

Carga viva (L): 250 kg/m²

Factorización de las cargas

Utilizando los factores de mayoración del ACI 318S 14 para el diseño de losas presentado en la tabla 2.16 del capítulo anterior se tiene la siguiente combinación de cargas gravitacionales:

$$U = 1.2D + 1.6L$$

$$U = 1.2(492) + 1.6(250)$$

$$U = 590.4 + 400$$

$$U = 990.4 \frac{kg}{m^2}$$

d) Determinación de los momentos en cada tablero del entrepiso

Para determinar los momentos en cada tablero se utilizó los coeficientes de las tablas proporcionadas por Arthur H. Nilson en su libro Diseño de

Estructuras de Concreto presentado en el capítulo anterior teniendo en cuenta que para los momentos en los bordes no continuos se calculó como un tercio del momento máximo en el centro del claro.

Relación de los lados del tablero según claros libres corto y largo:

$$m = \frac{\text{claro corto}}{\text{claro largo}} = \frac{l_a}{l_b} = \frac{4.6 \text{ m}}{5.6 \text{ m}} = 0.80$$

Los momentos en los tableros 1, 3, 6 y 8 son los mismos ya que constituyen tableros de esquina los cuales tienen dos lados adyacentes continuos y los dos restantes adyacentes no continuos (ver figura 3.24) por lo que según las tablas de Arthur Nilson aplica el caso 4.

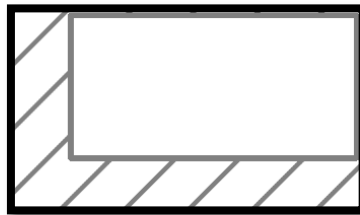


Figura 3.17: Caso 4. Lados achurados se consideran continuos.
Fuente: Diseño de Estructuras de Concreto, Arthur Nilson.

Momento negativo en los bordes continuos: (Tabla 2.23, Capítulo II)

$$M_{a,neg} = 0.071(990.4)(4.6)^2 = 1487.94 \text{ kg} - m$$

$$M_{b,neg} = 0.029(990.4)(5.6)^2 = 900.71 \text{ kg} - m$$

Momento positivo: (Tablas 2.24 y 2.25, Capítulo II)

$$M_{a,pos dl} = 0.039(590.4)(4.6)^2 = 487.22 \text{ kg} - m$$

$$M_{a,pos ll} = 0.048(400)(4.6)^2 = 406.27 \text{ kg} - m$$

$$M_{a,pos total} = 893.49 \text{ kg} - m$$

$$M_{b, pos dl} = 0.016(590.4)(5.6)^2 = 296.24 \text{ kg} - m$$

$$M_{b, pos ll} = 0.020(400)(5.6)^2 = 250.88 \text{ kg} - m$$

$$M_{b, pos total} = 547.12 \text{ kg} - m$$

Momentos negativos en los bordes discontinuos

Se considera como un tercio del momento positivo

$$M_{a, neg} = \frac{M_{a, pos total}}{3} = \frac{893.16}{3} = 297.72 \text{ kg} - m$$

$$M_{b, neg} = \frac{M_{b, pos total}}{3} = \frac{547.12}{3} = 182.37 \text{ kg} - m$$

Fuerza cortante: (Tabla 2.26, Capítulo II)

Distribución de las cargas en las direcciones del lado corto " l_a " y del lado largo " l_b ". En la figura 3.18 se esquematiza como se presenta los cortantes en cada panel de losa, que son equivalentes a las reacciones que transmite la losa a la viga.

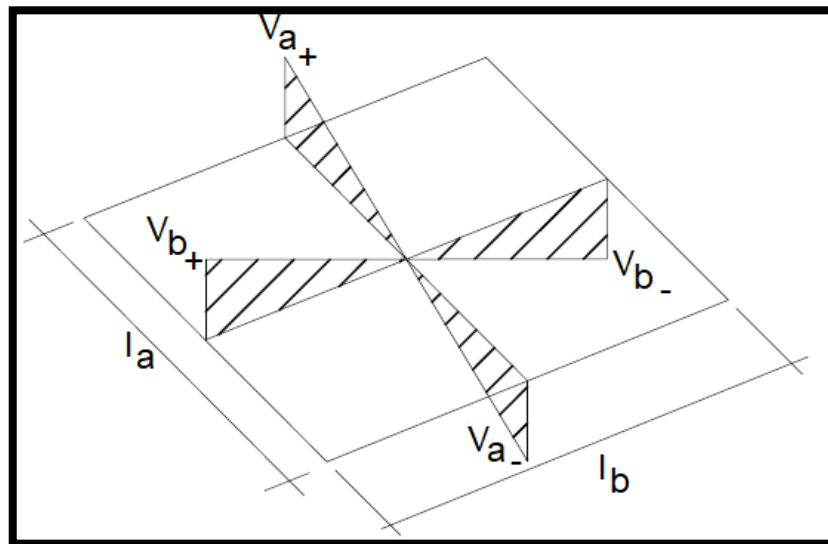


Figura 3.18: Reacciones y cortantes en losas en dos direcciones.
Fuente Propia

La tabla 2.26 del capítulo 2 para el caso 4, indica que el 71% de la carga se transmite en la dirección corta y el 29% en la dirección larga.

$$V = \frac{\text{carga total sobre el panel}}{2} \times \frac{\% \text{ de carga}}{\text{longitud de viga}}$$

Carga por metro sobre la viga larga

$$V_a = \frac{0.71(990.4)(5.6)(4.6)}{2(5.6)} = 1617.32 \text{ kg}$$

Carga por metro sobre la viga corta

$$V_b = \frac{0.29(990.4)(5.6)(4.6)}{2(4.6)} = 804.20 \text{ kg}$$

Ahora se calcularán los momentos en los tableros 2 y 7, ya que estos tienen dos lados cortos continuos paralelos y dos no continuos (ver figura 2.19) resultando el caso de aplicación 3.



Figura 3.19: Lados achurados se consideran continuos (caso3).
Fuente: Diseño de Estructuras de Concreto, Arthur Nilson.

Momento negativo en los bordes continuos: (Tabla 2.23, Capítulo II)

$$M_{b,neg} = 0.061(990.4)(5.6)^2 = 1894.60 \text{ kg} - m$$

Momento positivo: (Tablas 2.24 y 2.25, Capítulo II)

$$M_{a,pos dl} = 0.034(590.4)(4.6)^2 = 424.76 \text{ kg} - m$$

$$M_{a,pos ll} = 0.045(400)(4.6)^2 = 380.88 \text{ kg} - m$$

$$M_{a,pos total} = 805.64 \text{ kg} - m$$

$$M_{b,pos dl} = 0.020(590.4)(5.6)^2 = 370.30 \text{ kg} - m$$

$$M_{b,pos ll} = 0.022(400)(5.6)^2 = 275.97 \text{ kg} - m$$

$$M_{b,pos total} = \mathbf{646.27 \text{ kg} - m}$$

Momentos negativos en los bordes discontinuos

Se considera como un tercio del momento positivo

$$M_{a,neg} = \frac{M_{a,pos total}}{3} = \frac{805.64}{3} = 268.55 \text{ kg} - m$$

Fuerza cortante: (Tabla 2.26, Capítulo II)

La distribución de las cargas en las direcciones del lado corto " l_a " y del lado largo " l_b ".

La tabla 2.26 indica que el 33% de la carga se transmite en la dirección corta y el 67% en la dirección larga.

$$V = \frac{\text{carga total sobre el panel}}{2} \times \frac{\% \text{ de carga}}{\text{longitud de viga}}$$

Carga por metro sobre la viga larga

$$V_a = \frac{0.33(990.4)(5.6)(4.6)}{2(5.6)} = 751.71 \text{ kg}$$

Carga por metro sobre la viga corta

$$V_b = \frac{0.67(990.4)(5.6)(4.6)}{2(4.6)} = 1857.99 \text{ kg}$$

Los momentos en los tableros 4 y 5, se calcular con los coeficientes del caso 5 ya que estos tienen dos lados largos continuos paralelos y los dos cortos opuestos no continuos (ver figura 3.20).

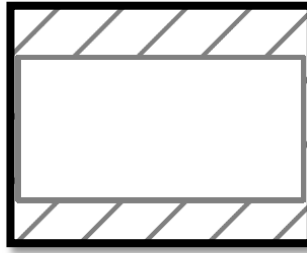


Figura 3.20: Caso 5. Lados achurados se consideran continuos
Fuente: Diseño de Estructuras de Concreto, Arthur Nilson.

Momento negativo en los bordes continuos: (Tabla 2.23, Capítulo II)

$$M_{a,neg} = 0.083(990.4)(4.6)^2 = 1739.42 \text{ kg} - m$$

Momento positivo: (Tablas 2.24 y 2.25, Capítulo II)

$$M_{a,pos dl} = 0.032(590.4)(4.6)^2 = 400 \text{ kg} - m$$

$$M_{a,pos ll} = 0.044(400)(4.6)^2 = 372.42 \text{ kg} - m$$

$$M_{a,pos total} = 772.42 \text{ kg} - m$$

$$M_{b,pos dl} = 0.009(590.4)(5.6)^2 = 166.63 \text{ kg} - m$$

$$M_{b,pos ll} = 0.016(400)(5.6)^2 = 200.70 \text{ kg} - m$$

$$M_{b,pos total} = 367.33 \text{ kg} - m$$

Momentos negativos en los bordes discontinuos

Se considera como un tercio del momento positivo

$$M_{b,neg} = \frac{M_{b,pos total}}{3} = \frac{367.33}{3} = 122.44 \text{ kg} - m$$

Fuerza cortante: (Tabla 2.26, Capítulo II)

Distribución de las cargas en las direcciones del lado corto " l_a " y del lado largo " l_b ".

La tabla 2.26 indica que el 92% de la carga se transmite en la dirección corta y el 8% en la dirección larga.

$$V = \frac{\text{carga total sobre el panel}}{2} \times \frac{\% \text{ de carga}}{\text{longitud de viga}}$$

Carga por metro sobre la viga larga

$$V_a = \frac{0.92(990.4)(5.6)(4.6)}{2(5.6)} = 2095.69 \text{ kg}$$

Carga por metro sobre la viga corta

$$V_b = \frac{0.08(990.4)(5.6)(4.6)}{2(4.6)} = 221.85 \text{ kg}$$

e) Revisión del esfuerzo cortante

El cortante que les transmite la losa a las vigas es numéricamente igual a las cargas verticales sobre las vigas. Este cortante se compara con la contribución del concreto el cual se toma a partir de un ancho unitario de diseño (ver figura 3.21) a continuación, se realiza el cálculo del peralte efectivo (d):

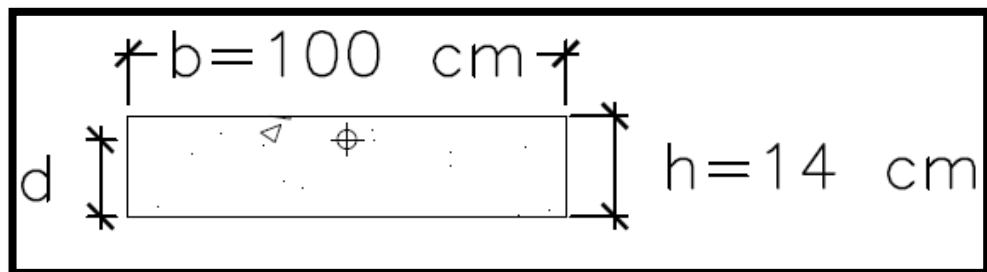


Figura 3.21: Franja de análisis de ancho unitario de 1.0 m.
Fuente Propia

Cálculo del peralte efectivo de la losa considerando varilla número 3.

$$d = h - rec - \frac{\phi_{var}}{2}$$

$$d = 14 - 2 - \frac{0.95}{2} = 11.53 \text{ cm}$$

$$d = 11.53 \text{ cm}$$

La resistencia a cortante de la losa es:

$$\phi V_c = \phi(0.53)\sqrt{f'_c}bd$$

$$\phi V_c = 0.75(0.53)\sqrt{210}(100)(11.53) = 6641.65 \text{ kg/m}$$

Todos los cortantes calculados son menores a 6641.65 kg/m por lo que se concluye que no se requiere refuerzo transversal.

A continuación, se presentan los momentos calculados en la franja central de los tableros 1, 4 y 6 en la dirección corta (ver figura 3.22) y los momentos calculados para la franja central en la dirección larga de los tableros 1, 2 y 3 (ver figura 3.23), tales momentos flectores son los que regirán el diseño de todo el sistema de losas de entrepiso en la dirección corta y larga respectivamente.

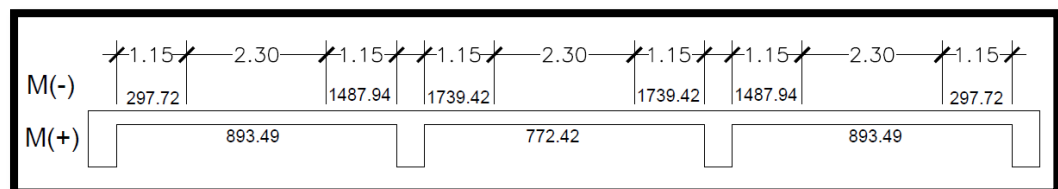


Figura 3.22: Momentos (kg-m) en la franja central en la dirección corta de los tableros 1, 4 y 6.
Fuente Propia

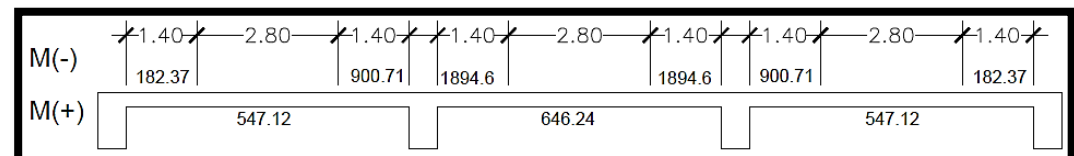


Figura 3.23: Momentos (kg-m) en la franja central en la dirección larga de los tableros 1, 4 y 6.
Fuente Propia

g) Determinación del refuerzo a flexión

Se realizará el cálculo del acero de refuerzo en la dirección corta a partir de los momentos flectores calculados en la franja central y mostrado en la figura 3.22.

Tableros extremos son simétricos por lo que se realizó un único cálculo.

Centro de la luz $M_u = 893.49 \text{ kg} - \text{m} = 89,349 \text{ kg} - \text{cm}$

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}$$

Sustituyendo valores

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{89,349}{0.9(210)(100)(11.53)^2}$$

Resolviendo para ω , tenemos:

$$\omega_1 = 1.65858$$

$$\omega_2 = 0.03634$$

Tomando $\omega_2 = 0.03634$

$$\rho = \omega \frac{f'_c}{f_y}$$

$$\rho = (0.03634) \frac{210}{4200} = 0.0018$$

$$A_s = 0.0018(100)(11.53) = 2.08 \text{ cm}^2 \text{ Rige el mínimo}$$

Borde continuo (Momento flector negativo)

$$M_u = 1487.94 \text{ kg} - \text{m} = 148794 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}$$

Sustituyendo valores

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{148794}{0.9(210)(100)(11.53)^2}$$

Resolviendo para ω , tenemos:

$$\omega_1 = 1.63347$$

$$\omega_2 = 0.06145$$

Tomando $\omega_2 = 0.06145$

$$\rho = \omega \frac{f'_c}{f_y}$$

$$\rho = (0.06145) \frac{210}{4200} = 0.0031$$

$$A_s = 0.0031(100)(11.53) = 3.57 \text{ cm}^2 \text{ Rige}$$

Borde discontinuo (Momento flector negativo)

$$M_u = 297.72 \text{ kg} - \text{m} = 29772 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}$$

Sustituyendo valores

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{29772}{0.9(210)(100)(11.53)^2}$$

Resolviendo para ω , tenemos:

$$\omega_1 = 1.68298$$

$$\omega_2 = 0.01193$$

Tomando $\omega_2 = 0.01193$

$$\rho = \omega \frac{f'_c}{f_y}$$

$$\rho = (0.01193) \frac{210}{4200} = 0.0006$$

$$A_s = 0.0006(100)(11.53) = 0.69 \text{ cm}^2 \text{ Rige el mínimo}$$

Cálculo del acero de refuerzo para el tablero 4 (Tablero intermedio)

Centro de la luz (Momento flector positivo)

$$M_u = 772.42 \text{ kg} - m = 77242 \text{ kg} - cm$$

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}$$

Sustituyendo valores

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{77242}{0.9(210)(100)(11.53)^2}$$

Resolviendo para ω , tenemos:

$$\omega_1 = 1.66359$$

$$\omega_2 = 0.03132$$

Tomando $\omega_2 = 0.03132$

$$\rho = \omega \frac{f'_c}{f_y}$$

$$\rho = (0.03132) \frac{210}{4200} = 0.0016$$

$$A_s = 0.0016(100)(11.53) = 1.84 \text{ cm}^2 \text{ Rige el mínimo}$$

Borde continuo (Momento flector negativo)

$$M_u = 1739.42 \text{ kg} - m = 173942 \text{ kg} - cm$$

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}$$

Sustituyendo valores

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{173942}{0.9(210)(100)(11.53)^2}$$

Resolviendo para ω , tenemos:

$$\omega_1 = 1.62260$$

$$\omega_2 = 0.07231$$

Tomando $\omega_2 = 0.07231$

$$\rho = \omega \frac{f'_c}{f_y}$$

$$\rho = (0.07231) \frac{210}{4200} = 0.0036$$

$$A_s = 0.0036(100)(11.53) = 4.15 \text{ cm}^2 \text{ Rige}$$

Calculado el acero en la dirección corta ahora se realizó el cálculo del acero de refuerzo en la dirección larga a partir de los momentos flectores calculados en la franja central mostrados en la figura 3.23.

Tableros extremos son simétricos por lo que se realiza único cálculo en el centro del claro

Centro de la luz (Momento flector positivo)

$$M_u = 547.12 \text{ kg} - \text{m} = 54712 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}$$

Sustituyendo valores

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{54712}{0.9(210)(100)(11.53)^2}$$

Resolviendo para ω , tenemos:

$$\omega_1 = 1.67285$$

$$\omega_2 = 0.02206$$

Tomando $\omega_2 = 0.02206$

$$\rho = \omega \frac{f'_c}{f_y}$$

$$\rho = (0.02206) \frac{210}{4200} = 0.0011$$

$$A_s = 0.0011(100)(11.53) = 1.27 \text{ cm}^2 \text{ Rige el mínimo}$$

Borde continuo (Momento flector negativo)

$$M_u = 900.71 \text{ kg} - \text{m} = 90071 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}$$

Sustituyendo valores

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{90071}{0.9(210)(100)(11.53)^2}$$

Resolviendo para ω , tenemos:

$$\omega_1 = 1.65828$$

$$\omega_2 = 0.03664$$

Tomando $\omega_2 = 0.03664$

$$\rho = \omega \frac{f'_c}{f_y}$$

$$\rho = (0.03664) \frac{210}{4200} = 0.0018$$

$$A_s = 0.0018(100)(11.53) = 2.08 \text{ cm}^2 \text{ Rige el mínimo}$$

Borde discontinuo (Momento flector negativo)

$$M_u = 182.37 \text{ kg} - \text{m} = 18237 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}$$

Sustituyendo valores

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{18237}{0.9(210)(100)(11.53)^2}$$

Resolviendo para ω , tenemos:

$$\omega_1 = 1.68763$$

$$\omega_2 = 0.00729$$

Tomando $\omega_2 = 0.00729$

$$\rho = \omega \frac{f'_c}{f_y}$$

$$\rho = (0.00729) \frac{210}{4200} = 0.0004$$

$$A_s = 0.0004(100)(11.53) = 0.46 \text{ cm}^2 \text{ Rige el m\u00ednimo}$$

Ahora se analizar\u00e1 el tablero 2 el cual es un tablero intermedio

Centro de la luz (Momento flector positivo)

$$M_u = 646.27 \text{ kg} - \text{m} = 64627 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}$$

Sustituyendo valores

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{64627}{0.9(210)(100)(11.53)^2}$$

Resolviendo para ω , tenemos:

$$\omega_1 = 1.66879$$

$$\omega_2 = 0.02612$$

Tomando $\omega_2 = 0.02612$

$$\rho = \omega \frac{f'_c}{f_y}$$

$$\rho = (0.02612) \frac{210}{4200} = 0.0013$$

$$A_s = 0.0013(100)(11.53) = 1.50 \text{ cm}^2 \text{ Rige el mínimo}$$

Borde continuo (Momento flector negativo)

$$M_u = 1894.60 \text{ kg} - \text{m} = 189460 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}$$

Sustituyendo valores

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{189574}{0.9(210)(100)(11.53)^2}$$

Resolviendo para ω , tenemos:

$$\omega_1 = 1.61582$$

$$\omega_2 = 0.07910$$

Tomando $\omega_2 = 0.07910$

$$\rho = \omega \frac{f'_c}{f_y}$$

$$\rho = (0.07910) \frac{210}{4200} = 0.0040$$

$$A_s = 0.0040(100)(11.53) = 4.61 \text{ cm}^2 \text{ Rige!}$$

f) Cálculo del Acero mínimo ($A_{s, \min}$) y su separación máxima (S_{\max})

Debido a que el acero de refuerzo tiene un esfuerzo de fluencia de 4200 kg/cm² el de refuerzo mínimo según el reglamento ACI 318S es del 0.0018 del área gruesa, el cual por ser una losa bidireccional el refuerzo por temperatura es cubierto con el acero mínimo en ambas direcciones el cual se calcula a continuación. En aquellos casos donde el acero requerido es menor que el mínimo se se sustituye por este valor cumpliendo así con el reglamento ACI 318S-14:

$$A_{s, \min} = 0.0018A_g$$

$$A_{s, \min} = 0.0018(100)(14) = 2.52 \text{ cm}^2$$

Número de varillas

$$n = \frac{A_s}{A_{var}}$$

$$n^{\#3} = \frac{2.52}{0.71} = 3.55 = 4 \text{ varillas}$$

$$n^{\#4} = \frac{2.52}{1.27} = 1.98 = 2 \text{ varillas}$$

Para todas las secciones que requieran un refuerzo menor que el mínimo serán sustituidos por este.

La separación máxima (S_{\max}) para el acero mínimo ($A_{s, \min}$) en las franjas centrales se determina a continuación:

Por flexión positiva en franja central (Lecho inferior)

$$\text{el menor de } \begin{cases} 2h = 2(14) = 28 \text{ cm (Rige)} \\ 45 \text{ cm} \end{cases}$$

$$S^{\#3}_{\text{flexión}} = \frac{100(0.71)}{2.52} = 28.17 \text{ cm}$$

$$S^{\#4}_{\text{flexión}} = \frac{100(1.27)}{2.52} = 50.40 \text{ cm (No cumple)}$$

Usar varilla #3 @ 25 cm

Flexión negativa en franja central (Lecho superior)

$$\text{el menor de } \begin{cases} 2h = 2(14) = 28 \text{ cm (Rige)} \\ 45 \text{ cm} \end{cases}$$

$$S^{\#3}_{\text{flexión}} = \frac{100(0.71)}{2.52} = 28.17 \text{ cm}$$

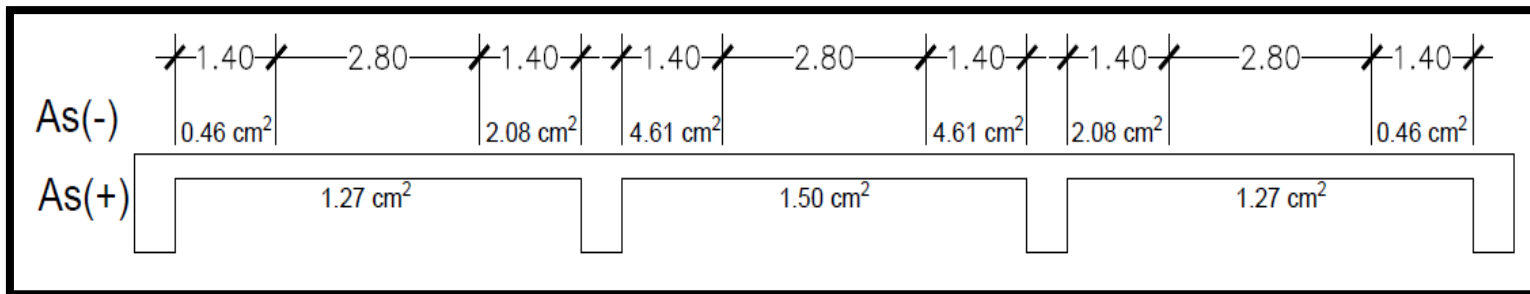
$$S^{\#4}_{\text{flexión}} = \frac{100(1.27)}{2.52} = 50.40 \text{ cm (No cumple)}$$

Usar varilla #3 @ 25 cm

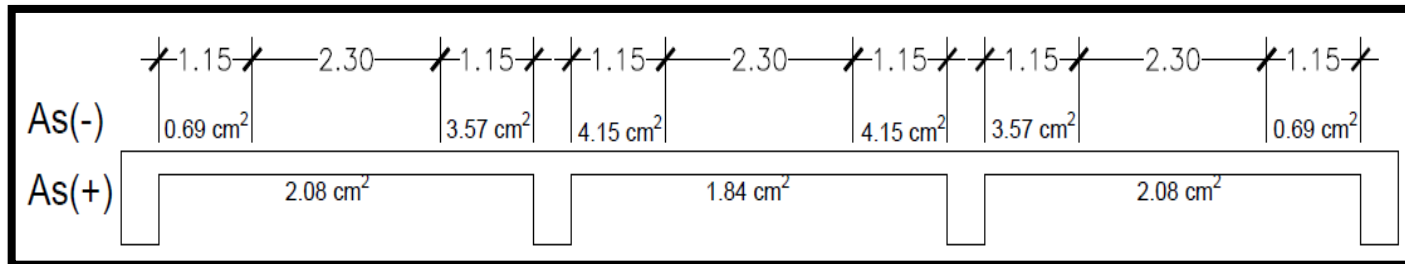
Los 8 tableros de diseñaron de la misma forma a partir de los valores obtenidos para las franjas medias en la cual se presenta la mayor sollicitación de esfuerzos para las franjas de borde; no se hará ninguna modificación dejando la misma separación de las barras que el calculado en las franjas medias. Los tableros 2, 4, 5 y 7 se diseñaron de la misma forma ya que sus momentos flectores fueron menores que en los demás tableros. A continuación, en la figura 3.24 se presentan las áreas de acero requeridas y en la figura 3.25 se presentan las correcciones cumpliendo con el acero mínimo especificado por la norma ACI 318S 14.

Resumen de las áreas de acero en las franjas centrales para las direcciones larga y corta

En la mayoría de la losa gobierna el acero mínimo de 2.52 cm^2 (ver figura 3.8) por lo que se presenta la losa con sus respectivos aceros propuestos

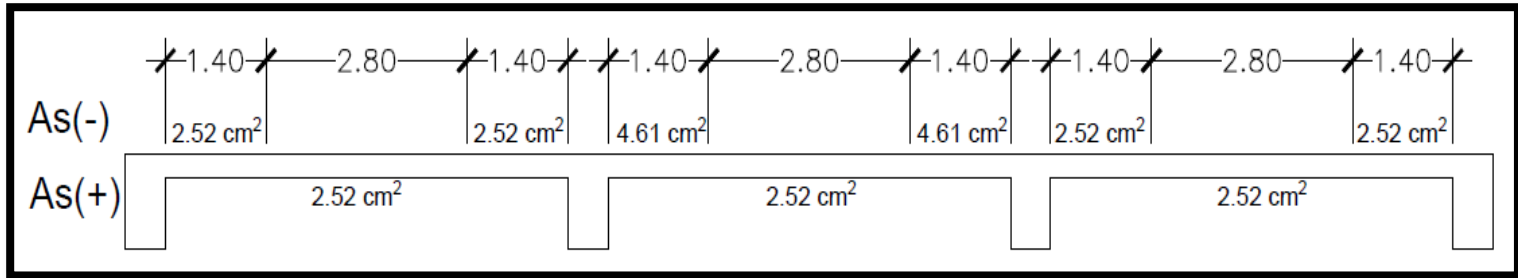


a) Franja central en la dirección larga.
Fuente Propia

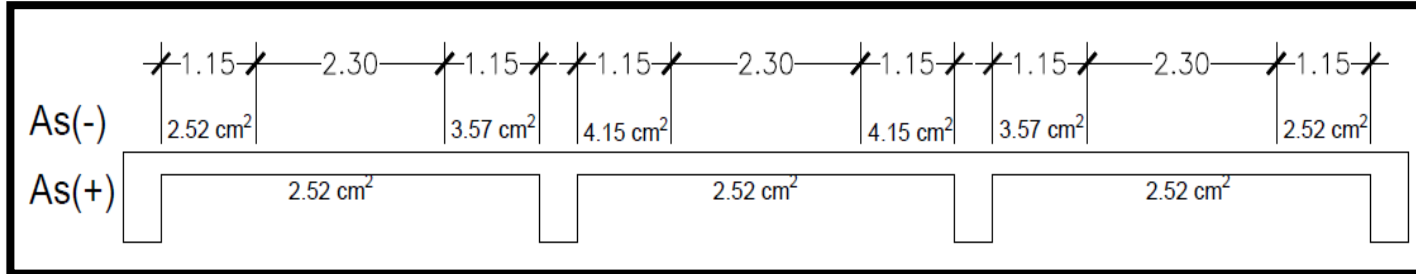


b) Franja central en la dirección corta.

Figura 3.24: Acero requerido en las franjas centrales en la dirección larga (a) y corta (b) de cada tablero.
Fuente Propia



a) Franja central en la dirección larga



b) Franja central en la dirección corta

Figura 3.25: Revisión del acero mínimo en las franjas centrales en la dirección larga (a) y corta (b) de cada tablero.
Fuente Propia

h) Cálculo de bastones y separación máxima (S_{max}) para lecho superior (Momento flector negativo)

En los apoyos de los tableros adyacentes en la dirección corta se tiene el acero requerido de 3.57 cm^2 y 4.15 cm^2 en el lecho superior por lo que se usara 4.15 cm^2 para calcular la separación de las varillas (ver tabla 3.9).

$$A_s = 4.15 \text{ cm}^2$$

$$\text{el menor de } \begin{cases} 2h = 2(14) = 28 \text{ cm} \\ 45 \text{ cm} \end{cases}$$

$$S^{\#3}_{flexion} = \frac{100(0.71)}{4.15} = 17.11 \text{ cm (Rige)}$$

$$S^{\#4}_{flexión} = \frac{100(1.27)}{4.15} = 30.60 \text{ cm}$$

Para no usar varillas de diferentes diámetros y lograr simplicidad en el uso de las varillas se usará varilla **# 3 @ 15 cm.**

En los apoyos de los tableros adyacentes en la dirección larga se tiene acero requerido de 2.52 cm^2 y 4.61 cm^2 en el lecho superior por lo que se usara 4.61 cm^2 para la separación de las varillas.

$$A_s = 4.61 \text{ cm}^2$$

$$\text{el menor de } \begin{cases} 2h = 2(14) = 28 \text{ cm} \\ 45 \text{ cm} \end{cases}$$

$$S^{\#3}_{flexion} = \frac{100(0.71)}{4.61} = 15.40 \text{ cm (Rige)}$$

$$S^{\#4}_{flexión} = \frac{100(1.27)}{4.61} = 37.55 \text{ cm}$$

Para no usar varillas de diferentes diámetros y lograr simplicidad en el uso de las varillas se usará varilla **# 3 @ 15 cm.**

i) Longitud de los traslapes de las varillas # 3

Según el ACI 318S 14 en el apartado 25.4.2 se tomara como longitud de traslape o empalme $\ell_d = \frac{f_y \psi_e}{6.6 \sqrt{f'_c}} d_b$ para varillas menores a 7/8" pero mayor de 30 cm. Para el traslape superior $\psi_e = 1.3$, y para traslape en las varillas inferiores $\psi_e = 1.0$.

Empalme de la varilla número 3 en el lecho superior

$$\ell_d = \frac{4200(1.3)(0.95)}{6.6\sqrt{210}} = 55 \text{ cm}$$

Empalme de la varilla número 3 en el lecho inferior

$$\ell_d = \frac{4200(1.0)(0.95)}{6.6\sqrt{210}} = 40 \text{ cm}$$

j) Tablas resumen de longitudes de las diferentes varillas de acero

j.1) Varillas en el lecho inferior (LI)

Refuerzo en la dirección	Barra	A	B	Total	Espaciamiento
Larga (3 tableros)		0.15m	18.25 m	18.55 m	#3@25 cm
Corta (3 tableros)		0.15m	15.25 m	15.55 m	#3@25 cm
Larga (1 tablero)		0.15m	6.25 m	6.55m	#3@25 cm
Corta (1 tablero)		0.15m	5.25 m	5.55m	#3@25 cm

Tabla 3.9: Longitud de bastones en LI.
Fuente Propia

i.2) Longitud de los bastones externos en el lecho superior (LS)

Apoyo	Barra	A	B	Total	Espaciamiento
Externos Viga primaria ambos direcciones (l_{be})		0.15m	1.70 m	1.85 m	#3@15 cm

Tabla 3.10: Longitud del acero corrido en LS.
Fuente Propia

i.1) Longitud de los bastones internos en el lecho superior (LS)

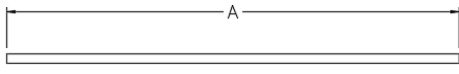
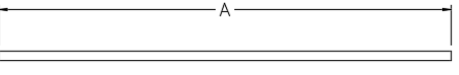
Apoyo	Barra	A	Total	Espaciamiento
Dirección larga (l_{bi})		3.20m	3.20 m	#3@15 cm
Dirección corta (l_{bi})		2.70m	2.70 m	#3@15 cm

Tabla 3.11: Longitud del acero corrido en LS.
Fuente Propia

El plano estructural del acero de refuerzo para la losa densa de concreto reforzado bidireccional se encuentra en el anexo B.3.

3.5 Diseño de losa tradicional COPRESA

La planta está compuesta por 8 tableros de $6.0\text{ m} \times 5.0\text{ m}$ de claros libres $5.6\text{ m} \times 4.6\text{ m}$ (ver figura 3.26). Según el catálogo COPRESA 2012 en la página 3 exige que cuando las luces sean mayores a 4 metros se debe colocar un diafragma central lo cual para la planta de diseño se requiere el uso de vigas secundarias.

3.5.1 Planta estructural

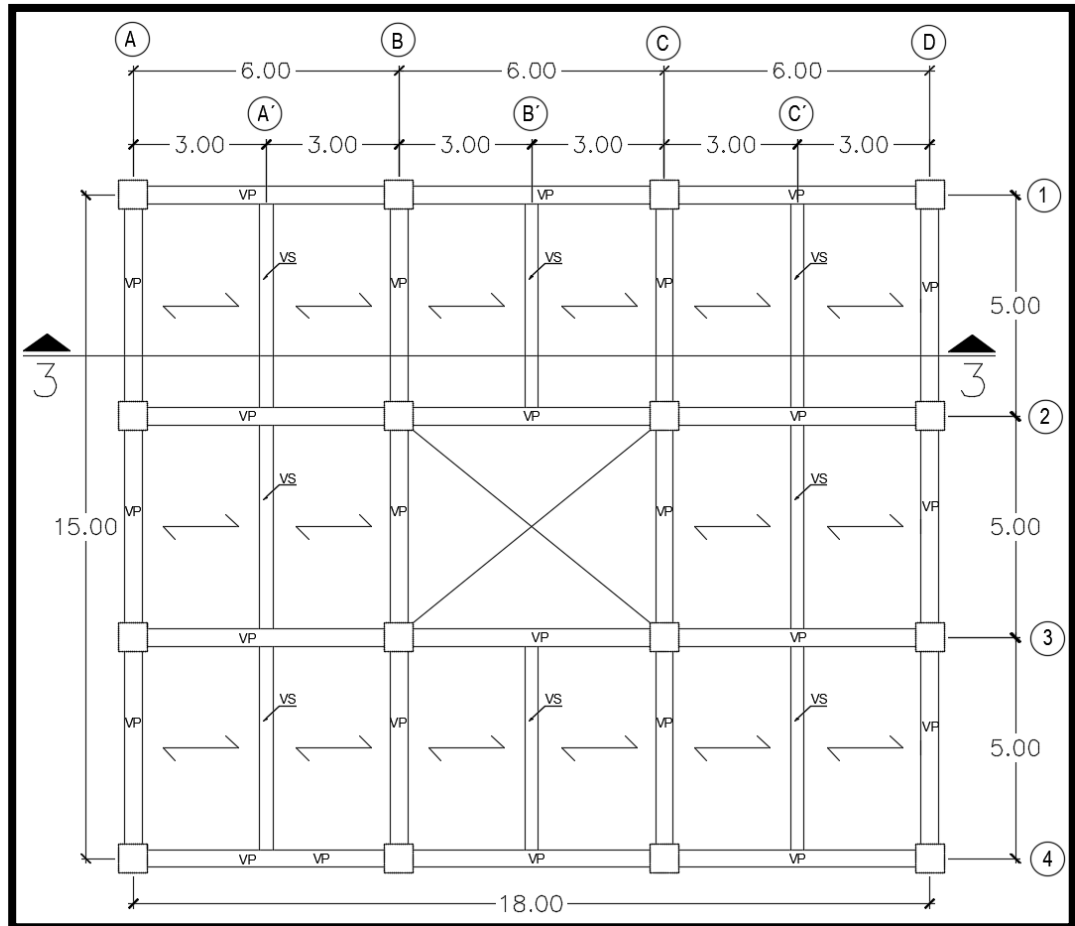


Figura 3.26: Planta de losa para el diseño como sistema de vigueta y bovedilla.
Fuente Propia

Para que la losa funcione eficientemente se colaron vigas secundarias con las dimensiones descritas al inicio del capítulo y paralelas al lado corto de los tableros por lo que la luz libre será:

$$l_n = 300\text{cm} - 20\text{cm} - 15\text{cm}$$

$$l_n = 265\text{ cm}$$

3.5.2 Procedimiento de diseño

a) Selección del tipo de vigueta a utilizar

Al seleccionar el tipo de losa para el diseño se puede utilizar la tabla 1.3 del catálogo COPRESA o en su defecto la tabla 2.40 del capítulo anterior con la sobrecarga de la losa sin su propio peso y la luz libre. Para una mejor comprensión del proceso de diseño se presentan los pasos el anexo A.3

a.1) Cálculo de la sobrecarga sin considerar peso propio de la losa.

Carga muerta (D):

Elemento	Peso (kg/m ²)
Cerámica	66
Losa adicional	20
CF+IE	30
Divisiones internas	40
Total	156

Tabla 3.1: Cargas permanentes en losa COPRESA.
Fuente Propia

Carga muerta (D): 156 kg/m²

Carga viva (L):

Se considerará el uso de la estructura como de oficinas administrativas por lo que la carga viva que se presentará es la siguiente:

Carga viva (L): 250 kg/m²

Sobrecarga sin factorizar: $D + L = 156 + 250 = 406 \text{ kg/m}^2$

a.2) Datos para seleccionar tipo de vigueta

Luz libre (ℓ_n): 2.65 m

Sobrecarga: 406 kg/m²

Luz libre (m)	Tipo de vigueta		
	vt1-15	vt1-20	vt1-25
	Carga máxima admisible (kg/m ²)		
2.0	1272		
2.2	1115	1656	2094
2.4	989	1468	1847
2.6	884	1314	1647
2.8	796	1185	1482
3.0	721	1077	1343
3.2	657	983	1225

Tabla 3.13: Tabla de cargas
Fuente: Catálogo COPRESA tabla 1.3; Capítulo II tabla 2.27.

Ya que la luz libre de la losa es de 2.65 m y no se encuentra en la tabla 3.13, no es posible realizar una interpolación por lo que se debe retomar de esta tabla el claro inmediato superior a 2.65 m el cual es 2.80 m. Con esto vemos que la carga máxima admisible es de 796 kg/m² siendo mucho mayor que la sobrecarga de 406 kg/m² de la losa. El sistema de viguetas seleccionado según lo analizado es el tipo VT1-15 y, con este sistema de losa seleccionado se procede a revisar el espesor mínimo (h_{\min}).

b) Revisión del espesor mínimo de la losa corte 3-3

A continuación, se realiza la revisión del espesor mínimo según el ACI 318-11. En la tabla 2.28 del capítulo anterior se tiene el espesor mínimo cuando se tiene tableros continuos ver figura 3.27 para el corte 3-3.

$$h_{\min} = \frac{l_n}{21}$$

$$h_{\min} = \frac{265}{21}$$

$$h_{\min} = 12.62 \text{ cm}$$

Usar un espesor $h = 15 \text{ cm}$

Tipo de losa tradicional COPRESA VT1-15 es adecuada para el diseño.

c) Análisis de cargas

c.1) Cálculo de la sobrecarga en la losa

Se determina el peso de la losa a partir del catálogo COPRESA la cual presenta la tabla 3.14.

Materiales	vt1-15	vt1-20
Concreto m^3/m^2	0.058	0.066
Concreto m^3/m^2	0.058	0.066
Acero Temperatura N° 2 lb/m^2	4.50	4.50
Bovedillas unidad/ m^2	7.2	7.2
Peso de Losa Kg / m^2	238	260
Puntales: Cantidad para luz Máxima	2	3
Luz Máxima p/ 400 Kg/m^2	4.4	5.2

Tabla 3.14: Material utilizado en Losa Copresa Tradicional.
Fuente: Catálogo COPRESA

c.2) Cargas vivas y permanentes

Elemento	Peso (kg/m^2)
Peso propio	238
Cerámica	66
Losa adicional	20
CF+IE	30
Divisiones internas	40
Total	394

Tabla 3.15: Cargas permanentes en losa COPRESA incluyendo peso propio,
Fuente Propia

Carga muerta (D): $394 \text{ kg}/\text{m}^2$

Carga viva (L): $250 \text{ kg}/\text{m}^2$

c.3) Factorización de las cargas

$$U = 1.2D + 1.6L$$

$$U = 1.2(394) + 1.6(250)$$

$$U = 872.8 \frac{kg}{m^2}$$

d) Cálculo de bastones en cada vigueta

El análisis se realizó considerando una franja de losa de 70 cm de ancho en el corte 3-3. En la figura 3.27 se presenta la sección transversal de la vigueta a la cual se le realizará el diseño para momento flector negativo.

La carga lineal última será de:

$$w_u = 872.8 \frac{kg}{m^2} \times 0.70m = 610.96 \frac{kg}{m}$$

$$w_u = 610.96 \frac{kg}{m}$$

Peralte efectivo

Para calcular el momento flector actuante en la losa es necesario conocer el peralte efectivo (d) así como el ancho efectivo (b) de la losa. El reglamento ACI 318S-14 permite incluir la porción de las bovedillas que queda sobre el patín de la vigueta por lo que se tiene un ancho efectivo igual al ancho del patín ver figura 3.27.

Ancho del patín

$$b = 14 \text{ cm}$$

Peralte efectivo (d)

$$d = 15 \text{ cm} - 2 \text{ cm} - \frac{0.95}{2}$$

$$d = 12.53 \text{ cm}$$

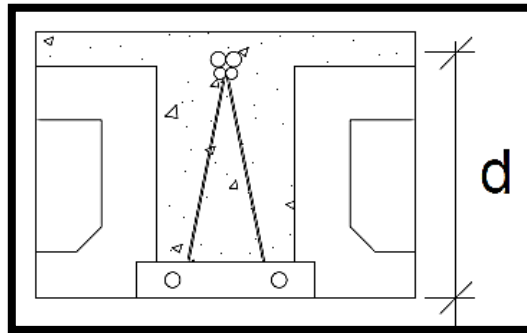


Figura 3.27: Sección de viga para el cálculo del peralte efectivo.
Fuente Propia

Momentos flectores negativos en los apoyos tanto externos como internos en el corte 3-3 al rostro de las vigas.

Considerando claros menores a 3 metros se tiene la siguiente fórmula:

$$M_u = \frac{w_u l_n^2}{12}$$

$$M_u = \frac{610.96(2.65)^2}{12}$$

$$M_u = 357.54 \text{ kg} - \text{m}$$

Flexión negativa

$$M_u = \phi \omega f'_c (1 - 0.59\omega) b d^2 \text{ (kg} - \text{cm)}$$

$$\omega = \rho \frac{f_y}{f'_c}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b d}$$

$$A_s = \rho b d$$

Todos los apoyos

$$M_u = 357.54 \text{ kg} - \text{m} = 35754 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}$$

Sustituyendo valores

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{35754}{0.9(210)(14)(12.53)^2}$$

Resolviendo para ω , tenemos:

$$\omega_1 = 1.60347$$

$$\omega_2 = 0.09095$$

Tomando $\omega_2 = 0.09095$

$$\rho = \omega \frac{f'_c}{f_y}$$

$$\rho = (0.09095) \frac{210}{4200} = 0.0045$$

$$A_s = 0.0045(14)(13) = 0.79 \text{ cm}^2$$

Número de varillas

$$n = \frac{A_s}{A_{var}}$$

$$n^{\#3} = \frac{0.79}{0.71} = 1.12 = 2 \text{ varillas}$$

$$n^{\#4} = \frac{0.79}{1.27} = 0.62 = 1 \text{ varillas}$$

Usar 2 bastones de 3/8" en cada vigueta

Revision del refuerzo mínimo para momento flector negativo

$$A_{stemp} = 0.0018bh$$

$$A_{s,min} = 0.0018(14)(13) = 0.3276 \text{ cm}^2 \text{ Reglametno ACI 318S-14}$$

Catalogo COPRESA recomienda 2 bastones #3 lo que hace un área de refuerzo de 1.42 cm². El valor proporcionado es mayor que el recomendado.

e) Acero por contracción y temperatura

$$A_{stemp} = 0.0018bh$$

El valor de “b” se considera una franja unitaria de un metro y “h” es el espesor del topping de concreto en este caso es 5 cm.

$$A_{stemp} = 0.0018(100)(5)$$

$$A_{stemp} = 0.90 \text{ cm}^2$$

Se usará electromalla recomendada por el catálogo.

Espesor de concreto sobre la cresta	Especificación de la Malla	A_{stemp} de la sección especificada (cm ² /m)	A_{stemp} Mínimo (cm ² /m)
5 cm y 6 cm	15.2cmx15.2cm calibre 6/6	1.22	0.90
8 cm y 10 cm	15.2cmx15.2cm calibre 4/4	1.68	1.52
12 cm	15.2cmx15.2cm calibre 3/3	1.97	1.82

Tabla 3.16: Especificación de Armado por Temperatura para Diferentes Espesores de Concreto
Fuente: Catálogo Losacero Sección 4, IMSA-MEX, S.A. de C.V.

calibre	Diámetro del alambre (mm)
6	4.88
4	5.72
3	6.19

Tabla 3.17: Diámetro del alambre de la malla electrosoldada según su calibre
Fuente: Catálogo Losacero Sección 4, IMSA-MEX, S.A. de C.V.

f) Cálculo de longitudes de viguetas y bastones de refuerzo

f.1) Longitud de viguetas (L_v)

$$L_v = L_n + 2(\text{apoyo de vigueta})$$

$$L_v = 2.65 + 2(0.05) = 2.65 + 0.1$$

$$L_v = 2.75 \text{ m}$$

f.2) Longitud de los bastones de empotramiento exterior e interior

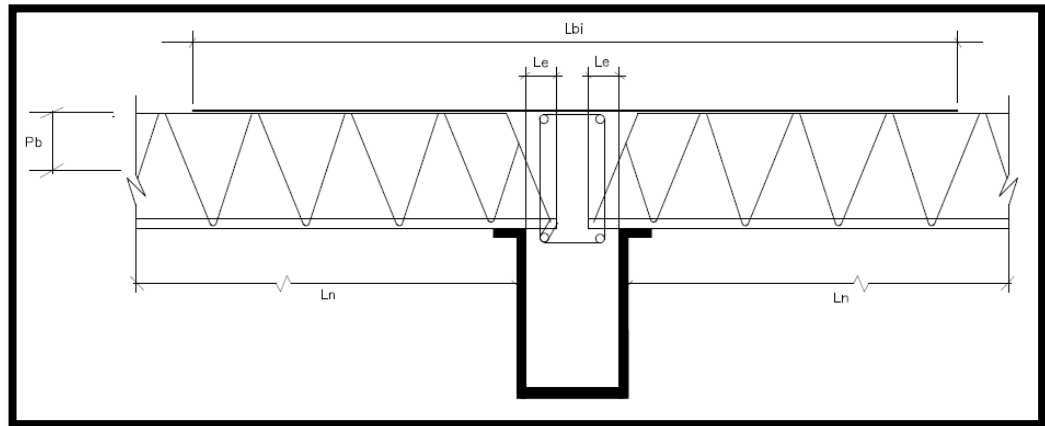


Figura 3.29: Apoyo de vigueta en viga intermedia.
Fuente Propia

Longitud de los bastones internos apoyados sobre la viga primaria (L_{bip})

$$L_{be1} = L_{be2} = 55 \text{ cm}$$

$$L_{bip} = 2(55) + 40$$

$$L_{bip} = 150 \text{ cm}$$

Longitud de los bastones internos apoyados sobre la viga secundaria (L_{bis})

$$L_{be1} = L_{be2} = 55 \text{ cm}$$

$$L_{bis} = 2(55) + 30$$

$$L_{bis} = 140 \text{ cm}$$

Para evitar el desperdicio de acero se usó bastones de 150 cm de longitud para que las barras de 12 metros que divididas en 8 bastones completos. A continuación, se presenta en la tabla 3.18 resumen sobre la longitud de viguetas a utilizar, así como las longitudes del acero de refuerzo para momento flector negativo.

Cuadro de bastones (VT1-15)	
Lv	275 cm
Lbe	85 cm
Lbip	150 cm
Lbis	150 cm
PB	15 cm
No Varilla	2#3/vigueta

Tabla 3.18: Longitud de vigueta y bastones de refuerzo.
Fuente Propia.

Plano de detalle de encuentro en el anexo B.4.

3.6 Diseño de losa Galvadeck 25

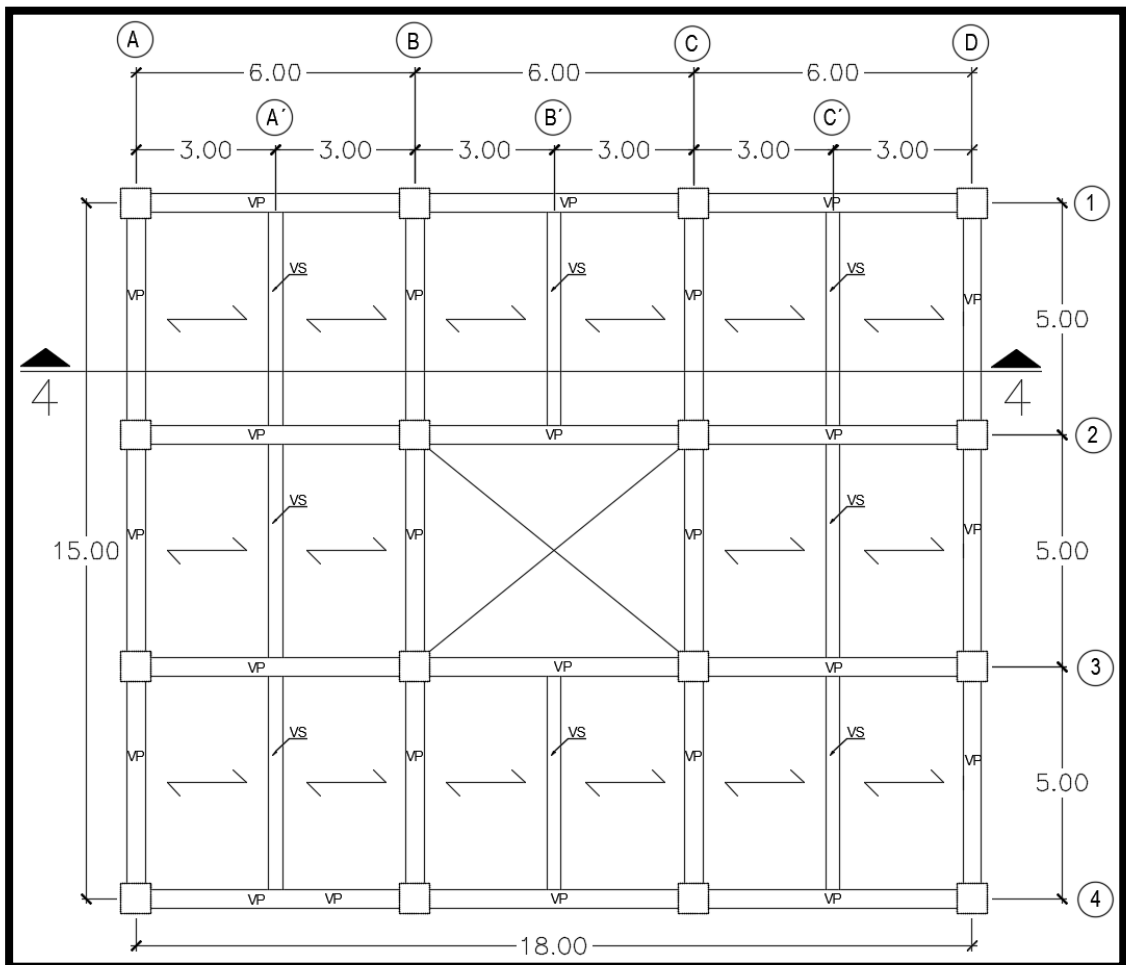


Figura 3.30: Planta estructural para el diseño de la losa Galvadeck 25.
Fuente Propia.

3.6.1 Planta de diseño

3.6.2 Procedimiento de diseño

La planta está compuesta por 8 tableros de $6.0\text{ m} \times 5.0\text{ m}$ y se usaron vigas secundarias paralelas al lado corto con dimensiones iguales al utilizado en el diseño de losa COPRESA como densa unidireccional. Se realizó el corte 4-4 (ver figura 3.32) obteniendo en la sección transversal 6 tableros continuos en ambos extremos quedando la distancia entre vigas de apoyo de:

$$l_n = 300\text{cm} - 20\text{cm} - 15\text{cm}$$

$$l_n = 265\text{ cm}$$

El diseño del sistema de losa con lámina colaborante se realizó con base a lo establecido por el manual del fabricante (Especificación Técnica GalvaDeck y Guía de Diseño). La tabla de especificaciones del manual se encuentra en el anexo C.

a) Selección del calibre y espesor de losa

Para estimar la sobrecarga total se consideró únicamente una carga muerta debido a los materiales que se colocaran sobre la losa (ver tabla 3.19) más la carga uso, ya que para el uso de la tabla 3.20 las sobrecargas admisibles incluyen el peso de la misma.

La carga muerta que se consideró fueron las de uso común como lo son la cerámica, cielo falso, instalaciones eléctricas, divisiones internas así como la losa adicional que establece el reglamento RESESCO, estas cargas se detallan a continuación:

Carga muerta (D):

Elemento	Peso (kg/m ²)
Cerámica	66
Losa adicional	20
CF+IE	30
Divisiones internas	40
Total	156

Tabla 3.19: Cargas permanentes en losa Galvadeck.
Fuente Propia.

Carga muerta (D): 156 kg/m²

Carga viva (L):

Se consideró el uso de la estructura como de oficinas administrativas por lo que la carga viva que se presentará es la siguiente:

Carga viva (L): 250 kg/m²

Sobrecarga sin factorizar

$$D + L = 156 + 250 = 406 \text{ kg/m}^2$$

Datos para seleccionar calibre, espesor y sobre carga admisible.

Luz libre: 2.65 m

Sobrecarga: 406 kg/m²

Calibre	L metros	Espesor de concreto cm.				
		t=5	t=6	t=8	t=10	t= 12
24	1.8	1346	1631	2305	2902	3498
	2	1053	1280	1951	2581	3113
	2.2	836	1020	1567	2294	2798
	2.4	672	822	1274	1878	2535
	2.6	543	668	1047	1555	2210
	2.8	442	546	866	1298	1857
	3	360	448	721	1091	1571
	3.2	292	367	601	921	1338
	3.4	237	300	503	780	1145
	3.6	190	244	420	663	983
	3.8	151	197	350	563	845
	4		156	290	478	728
	4.2			238	405	627
	4.4			194	341	540*
22	1.8	1408	1706	2302	2900	3496
	2	1248	1514	2046	2579	3111
	2.2	1116	1352	1835	2316	2795
	2.4	907	1101	1597	2097	2532
	2.6	744	906	1321	1884	2310
	2.8	614	751	1102	1582	2119
	3	510	625	926	1338	1874
	3.2	424	523	782	1138	1604
	3.4	353	438	662	972	1380
	3.6	294	367	562	833	1192
	3.8	243	307	477	716	1033
	4	200	255	404	616	897
	4.2	163	211	342	529	781
	4.4	131	173	288	455	679

Tabla 3.20: Sobrecargas permisibles
Fuente: Catálogo GALVADECK.

NOTA: Los valores sombreados requieren apuntalamiento temporal al centro del claro.
* Se requiere apuntalamiento temporal a los tercios del claro.

Se seleccionó la losa sin conectores de cortante de calibre 22 con un espesor de 5 cm ya que $406 \text{ kg/m}^2 < 614 \text{ kg/m}^2$.

b) Revisión por cortante vertical

En el uso del sistema de losa metálica colaborante es inusual que esta falle por cortante vertical, pero es posible verificar la resistencia de la sección a dicho esfuerzo según los datos proporcionados por el catálogo: De tabla que se presenta en la página 10 del catálogo, la resistencia a cortante para una losa calibre 22 y espesor de concreto de 5 cm es:

$$V_r = \phi V_n = 1445 \text{ kg}.$$

Este valor se compara con el cortante calculado a partir de las cargas mayoradas.

b.1) Cargas de diseño

Peso de losa considerando la lámina más el concreto (W_{dl}):

$$W_{dl} = 197 \text{ kg/m}^2 \text{ (Página 10, Catálogo)}$$

Carga muerta:

Elemento	Peso (kg/m^2)
Peso losa	197
Cerámica	66
Losa adicional	20
CF+IE	30
Divisiones internas	40
Total	353

Tabla 3.21: Cargas permanentes en losa GALVADECK.
Fuente Propia.

Carga muerta: 353 kg/m^2

Carga viva: 250 kg/m^2

Factorización de las cargas

$$U = 1.2D + 1.6L$$

$$U = 1.2(353) + 1.6(250)$$

$$U = 823.6 \frac{kg}{m^2}$$

$$w_u = 823.6 \frac{kg}{m}$$

Cálculo de los cortantes de diseño usando el método del ACI 318S

14 acápite 6.5.2:

Apoyos externos

$$V_u = \frac{w_u l_n}{2}$$

$$V_u = \frac{823.6 \times 2.65}{2}$$

$$V_u = 1091.27 \text{ kg}$$

Apoyos internos

$$V_u = \frac{1.15w_u l_n}{2}$$

$$V_u = \frac{1.15(823.6)(2.65)}{2}$$

$$V_u = 1254.96 \text{ kg}$$

Por lo tanto

$$\phi V_n > V_u$$

$$1445 \text{ kg} > 1254.96 \text{ kg}$$

No se requiere aumentar capa de concreto

Es importante revisar también que las deflexiones de la sección compuesta cumplan con las deflexiones permitidas por el ACI 318S 14 detalladas en la tabla 2.43 del capítulo de lo contrario será necesario aumentar la capa de concreto.

c) Revisión de sección compuesta

c.1) Deflexión por la sobrecarga de diseño, considerando un valor

menor o igual a $\frac{L}{360}$.

De la tabla de propiedades de sección de acero: $I_c = 391 \text{ cm}^4/m$

Sobrecarga de diseño: $W_u = 823.6 \text{ kg}/m^2$

Deflexión:

$$\Delta = \frac{5W_u L^4}{384E_s I_c}$$

$$\Delta = \frac{5(823.6)(2.65)^4(100)^3}{384(2.03 \times 10^6)(391)} = 0.67 \text{ cm}$$

$$\Delta_{adm} = \frac{L}{360} = \frac{265}{360} = 0.74 \text{ cm}$$

Como $\Delta < \Delta_{adm}$ no se requiere aumentar capa de concreto.

c.2) Revisión del esfuerzo en la fibra superior del concreto el cual debe ser menor o igual que el esfuerzo permitido a compresión en el concreto (F_c).

Esfuerzo permitido en la fibra superior del concreto

$$F_c = 0.45f'_c = 0.45(210)$$

$$F_c = 94.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$n = \frac{2.03 \times 10^6}{15100\sqrt{210}}$$

$$n = 9.28$$

Esfuerzo actuante en la fibra superior

De la tabla de propiedades de la sección compuesta: $S_{sc} = 105 \text{ cm}^3/m$

$$f_{sup} = \frac{M_u}{nS_{sc}}$$

$$f_{sup} = \frac{w_u L^2}{8nS_{sc}}$$

$$f_{sup} = \frac{823.6(2.65)^2(100)}{8(9.28)(105)}$$

$$f_{sup} = 74.20 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{sup} < F_c$$

Esfuerzo actuante en la fibra de concreto a compresión es menor que el permitido por lo que no se requiere aumentar la capa de concreto.

c.3) Revisión del esfuerzo a tensión en la lámina de acero galvanizada debe ser menor de $F_b = (0.6F_y)$.

De la tabla de propiedades de sección compuesta: $S_{ic} = 51 \text{ cm}^3/m$

Carga total

$$W_u = W_{dl} + W_{diseño}$$

$$W_u = 823.6 \text{ kg/m}^2$$

Momento flector actuante en el centro del claro

$$M = \frac{W_{total}L^2}{8}$$

$$M = \frac{(823.6)(2.65)^2}{8} = 722.97 \text{ kg} - m$$

$$M = 72297 \text{ kg} - cm$$

Esfuerzo actuante en la fibra inferior

Esfuerzo en la fibra inferior

$$f_{inf} = \frac{M}{S_{inf}}$$

$$f_{inf} = \frac{72297}{51}$$

$$f_{inf} = 1417.59 \text{ kg/m}^2$$

Esfuerzo permitido

Esfuerzo en la fibra inferior

$$F_b = (0.6F_y) = (0.6)(2600)$$

$$F_b = 1560 \text{ kg/m}^2$$

$$f_{inf} < F_b$$

Por lo tanto, no se requiere aumentar capa de concreto.

d) Revisión de apuntalamiento

d.1) Deflexión del Galvadeck ejercida por su propio peso y el de

concreto deberá ser menor o igual a $\frac{L}{180}$ o 1.9 cm.

De la tabla de propiedades de sección de acero: $I = 76.153 \text{ cm}^4/m$

De la tabla de propiedades de sección compuesta: $W_{dl} = 197 \text{ kg}/m^2$

Deflexión:

$$\Delta = \frac{5W_{dl}L^4}{384E_sI}$$

$$\Delta = \frac{5(197)(2.65)^4(100)^3}{384(2.03 \times 10^6)(76.153)} = 0.82 \text{ cm}$$

$$\Delta_{adm} = \frac{L}{180} = \frac{265}{180} = 1.47 \text{ cm (Rige)}$$

$$\Delta < \Delta_{adm}$$

No se requiere apuntalamiento al centro del claro.

d.2) El esfuerzo ejercido por el peso propio (Galvadeck + concreto) y una carga viva por instalación de $100 \text{ kg}/m^2$, debe ser menor o igual a $0.6f_y$

De la tabla de propiedades de sección de la lámina de acero:

$$S_{sup} = 23.647 \text{ cm}^3/m$$

$$S_{inf} = 24.333 \text{ cm}^3/m$$

Carga total

$$W_{total} = W_{dl} + 100$$

$$W_{total} = 197 + 100 = 297 \text{ kg}/m^2$$

Momento flector actuante en el centro del claro

$$M = \frac{W_{total}L^2}{8}$$

$$M = \frac{(297)(2.65)^2}{8} = 260.71 \text{ kg} - m = 26071 \text{ kg} - cm$$

Esfuerzo en fibra superior e inferior

Esfuerzo en la fibra superior

$$f_{sup} = \frac{M}{S_{sup}}$$
$$f_{sup} = \frac{26071}{23.647}$$
$$f_{sup} = 1102.51 \text{ kg/m}^2$$

Esfuerzo en la fibra inferior

$$f_{inf} = \frac{M}{S_{sup}}$$
$$f_{inf} = \frac{26071}{24.333}$$
$$f_{inf} = 1071.43 \text{ kg/m}^2$$

Esfuerzo permitido

Esfuerzo en la fibra superior

$$F_b = 0.6F_y = 0.6(2600)$$
$$F_b = 1560 \text{ kg/m}^2$$

Se concluye que no necesita apuntalamiento por cargas de instalación ya que los esfuerzos en la fibra superior e inferior son menores que el esfuerzo permitido.

d.3) El esfuerzo producido por el peso propio (Galvadeck + concreto) y el de una carga concentrada igual a 90 kg sobre una franja de 30 cm de ancho, deberá ser menor de $1.33(0.6F_y)$.

Momento flector actuante en el centro del claro

$$M = \frac{W_{dl}L^2}{8} + \frac{\left(\frac{90}{0.30}\right)L}{4}$$

$$M = \frac{(197)(2.65)^2}{8} + 699.62 \text{ kg} - m$$

$$M = 69962 \text{ kg} - cm$$

Esfuerzo en fibra superior e inferior

Esfuerzo en la fibra superior

$$f_{sup} = \frac{M}{S_{sup}}$$

$$f_{sup} = \frac{69962}{23.647}$$

$$f_{sup} = 2958.60 \text{ kg}/m^2$$

Esfuerzo en la fibra inferior

$$f_{inf} = \frac{M}{S_{sup}}$$

$$f_{inf} = \frac{69962}{24.333}$$

$$f_{inf} = 2875.19 \text{ kg}/m^2$$

Esfuerzo permitido

Esfuerzo en la fibra superior

$$F_b = 1.33(0.6F_y) = 1.33(0.6)(2600)$$

$$F_b = 2074.8 \text{ kg}/m^2$$

Ambos esfuerzos son mayores que el permitido por lo que se debe apuntalar la losa en su punto medio.

e) Cálculo de acero de refuerzo para momento flector negativo

Se realizó el análisis para el cálculo de refuerzo para momento flector negativo considerando una franja de losa de 100 cm de ancho en el corte 4-4

La carga lineal ultima será de $w_u = 823.6 \frac{kg}{m^2} \times 1.0 m = 823.6 \frac{kg}{m}$

$$w_u = 823.6 \frac{kg}{m}$$

e.1) Cálculo de bastones en apoyos continuos

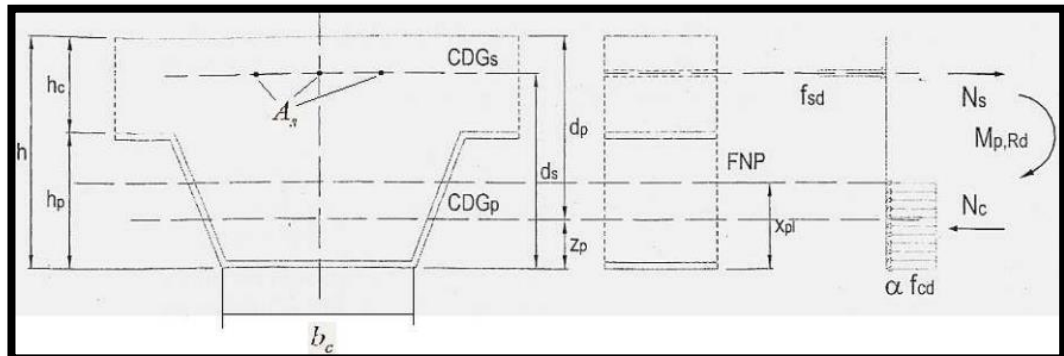


Figura 3.31: Distribución de tensiones para el momento negativo.
Fuente: Estudio numérico del fallo a rasante en forjados nervados de chapa colaborante.

Peralte efectivo considerando una varilla #3

$$d = h - rec - \frac{\varphi_{var}}{2}$$

$$d = 11.3 \text{ cm} - 2 \text{ cm} - \frac{0.95}{2}$$

$$d = 8.9 \text{ cm}$$

Ancho de diseño

$$b = 31.5 \text{ cm}$$

Momentos negativos de los apoyos tanto externos como internos al rostro de las vigas.

Considerando claros menores a 3 metros se tiene la siguiente fórmula:

$$M_u = \frac{w_u l_n^2}{12}$$

La carga de diseño es de $823.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ por lo que considerando un ancho de 31.5 cm se tiene una carga lineal de:

$$w_u = 823.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 0.315 \text{ m} = 259.43 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$w_u = 259.43 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$M_u = \frac{w_u l_n^2}{12}$$

$$M_u = \frac{259.43(2.65)^2}{12}$$

$$M_u = 151.82 \text{ kg} - \text{m}$$

Flexión negativa

$$M_u = \phi \omega f'_c (1 - 0.59\omega) b d^2 \text{ (kg} - \text{cm)}$$

$$\omega = \rho \frac{f_y}{f'_c}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b d}$$

$$A_s = \rho b d$$

Todos los apoyos

$$M_u = 151.82 \text{ kg} - \text{m} = 15182 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}$$

Sustituyendo valores

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{15182}{0.9(210)(31.5)(8.9)^2}$$

Resolviendo para ω , tenemos:

$$\omega_1 = 1.66209$$

$$\omega_2 = 0.03283$$

Tomando $\omega_2 = 0.03283$

$$\rho = \omega \frac{f'_c}{f_y}$$

$$\rho = (0.03283) \frac{210}{4200} = 0.0016$$

$$A_s = 0.0016(31.5)(8.9) = 0.45 \text{ cm}^2$$

El área de la varilla #3 es 0.71 cm^2 por lo que es suficiente para el área que se necesita reforzar. Su separación será un **bastón @ 31.5 cm** o lo que es lo mismo ubicar la varilla de refuerzo en el punto medio del valle de la lámina por encima de la electromalla cumpliendo con el **recubrimiento de 2 cm.**

f) Longitud de los bastones para contrarrestar el agrietamiento debido al momento flector negativo

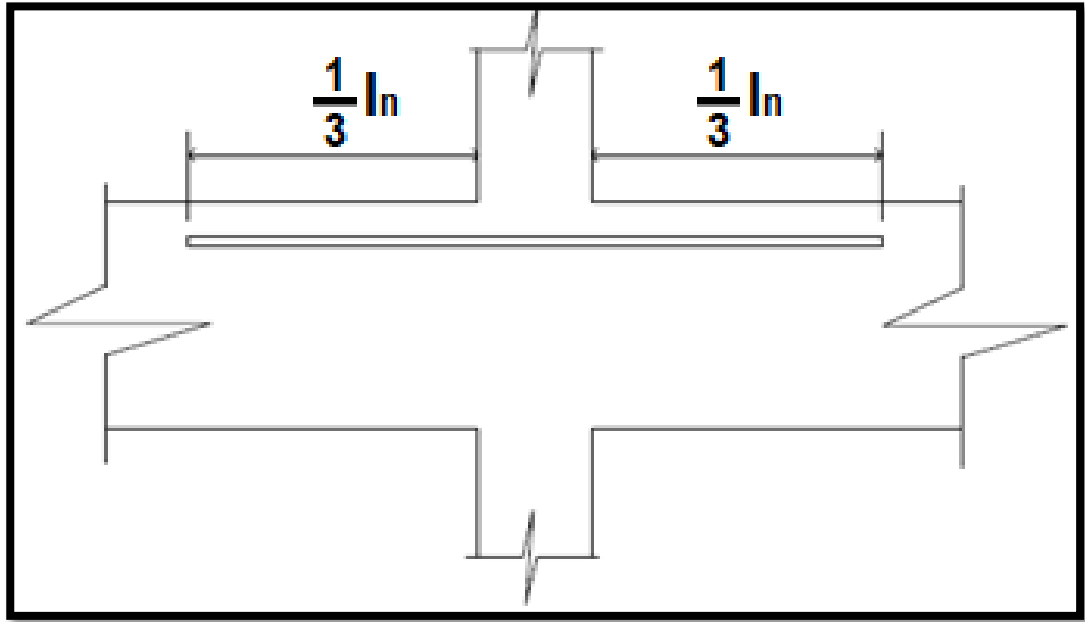


Figura 3.32: Longitud de bastones corridos en los apoyos internos.
Fuente Propia

$$L = \text{Ancho viga} + 2(0.30)l_n$$

Sea L: longitud de bastones superiores en apoyos internos

Apoyo interno en viga primaria

$$L = 0.40m + 2\left(\frac{1}{3}\right)(2.15m) = 1.85 m$$

Usar 1.85 m

Apoyo interno en viga secundaria

$$L = 0.30m + 2\left(\frac{1}{3}\right)(2.15m) = 1.75 m$$

Usar 1.75 m

Se recomienda utilizar los bastones en ambas direcciones para evitar posibles agrietamientos. Por consideraciones económicas se colocarán bastones de 2.0 m de longitud.

g) Acero por contracción y temperatura

$$A_{stemp} = 0.0018(100)(5)$$

$$A_{stemp} = 0.90 \text{ cm}^2$$

Se usará electromalla recomendada por el catálogo.

Espesor de concreto sobre la cresta	Especificación de la Malla	A_{stemp} de la Sección Especificada (cm ² /m)	A_{stemp} Mínimo (cm ² /m)
5 cm y 6 cm	15.2cmx15.2cm - 6/6	1.22	0.90
8 cm y 10 cm	15.2cmx15.2cm - 4/4	1.68	1.52
12 cm	15.2cmx15.2cm - 3/3	1.97	1.82

Tabla 3.22: Especificación de Armado por Temperatura para Diferentes Espesores de Concreto
Fuente: Catálogo Losacero Sección 4, IMSA-MEX, S.A. de C.V.

calibre	Diámetro del alambre (mm)
6	4.88
4	5.72
3	6.19

Tabla 3.23: Diámetro del alambre de la malla electrosoldada según su calibre
Fuente: Catálogo Losacero Sección 4, IMSA-MEX, S.A. de C.V.

h) Tabla resumen de los bastones del lecho superior (LS)

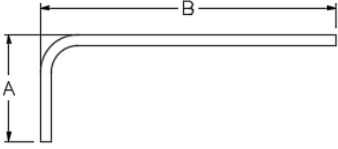
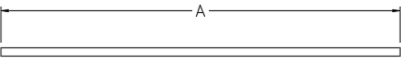
Apoyo	Barra	A	B	Total	Espaciamiento
Externos Viga primaria (l _{be})		0.15m	0.90m	1.05m	#3@31.5 cm
Interno Viga primaria y secundaria (l _{bi})		2.00m	0.00m	2.00m	#3@31.5 cm

Tabla 3.24: Longitud de bastones en LS.
Fuente Propia.

3.7 Cálculo de momentos flectores y sus respectivas áreas de acero de refuerzo en el software de diseño Etabs 16.2.1.

En la figura 3.38 se presenta la planta estructural de la losa de entrepiso que se usó para el modelamiento con el software Etabs versión 16.2.1. Cada sistema de losa se modelo según las características de cada una y tomando como parámetro el mismo entrepiso diseñado manualmente para que los datos fueran plausibles.

Los momentos flectores y áreas de acero de refuerzo fueron calculado únicamente para los sistemas de losas de entrepiso densa unidireccional, bidireccional además del sistema COPRESA, esto debido a que el programa Etabs tiene la limitante que no diseña el sistema de losa con lámina de acero galvanizado colaborante solo permite realizar su modelamiento para dimensionar vigas y columnas, por lo que no se pudo realizar una comparación entre el diseño manual y con un diseño más preciso.

ETABS integra todos los aspectos del proceso de diseño de ingeniería, la creación de modelos, ya que tiene comandos de dibujo intuitivas que permiten la rápida modelación de la estructura.

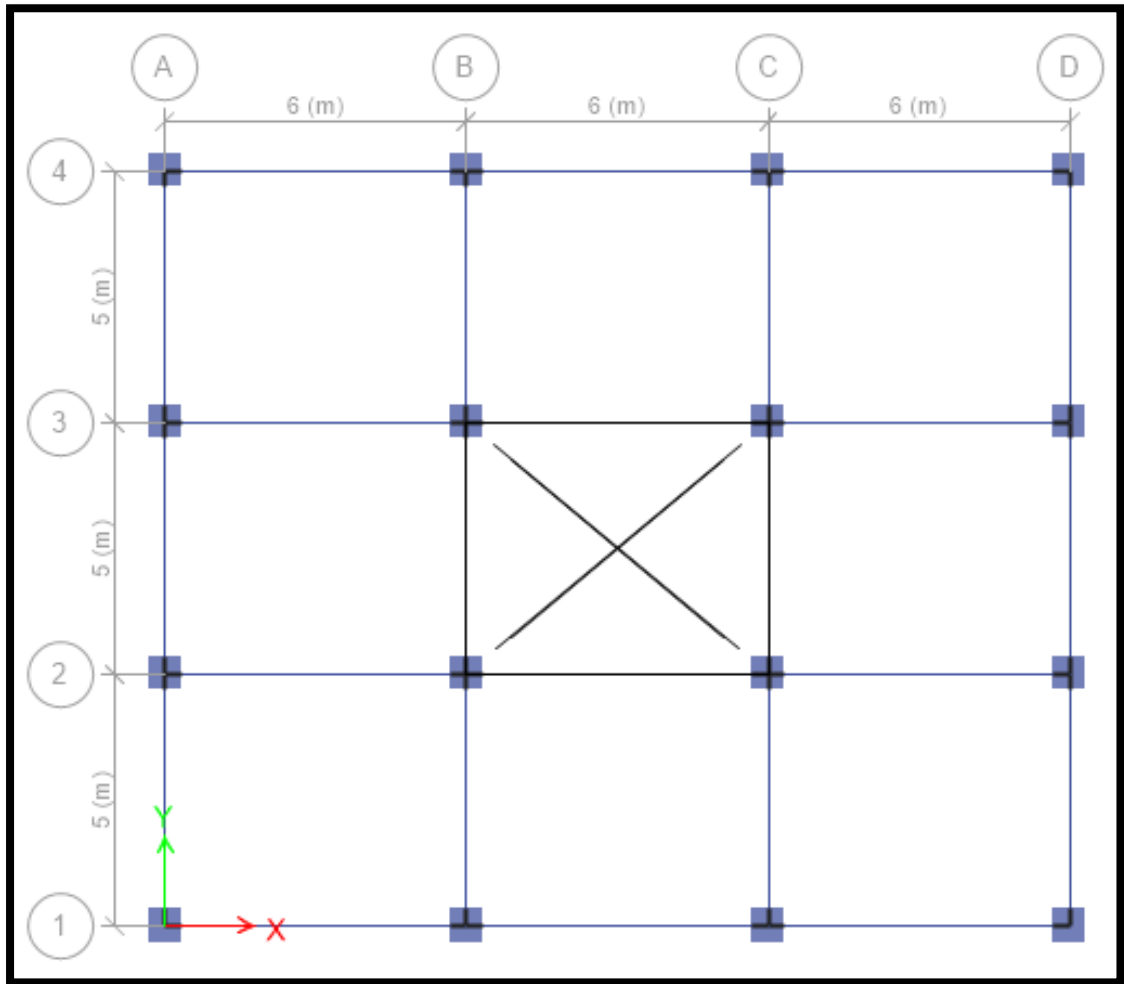


Figura 3.33: Planta de entresido para modelación de los sistemas de losa.
Fuente propia.

El dimensionamiento los elementos, así como de sus propiedades mecánicas fueron modeladas según los valores y dimensiones descritos al inicio del presente capítulo.

Para el diseño se utilizó el cálculo de los momentos fleccionantes para una franja unitaria de un metro de ancho al igual que el diseño manual. El método se le conoce como **Strip Band** y fue usado para revisar los sistemas antes mencionados.

A continuación, se presentan los diagramas y valores de los momentos flectores obtenidos por el software Etabs para los tres sistemas de losa de entrepiso.

3.7.1 Momentos flectores y Acero de refuerzo para losa densa unidireccional

En la figura 3.34 se presenta los momentos flectores (kg-m) para las franjas intermedias de un metro de ancho.

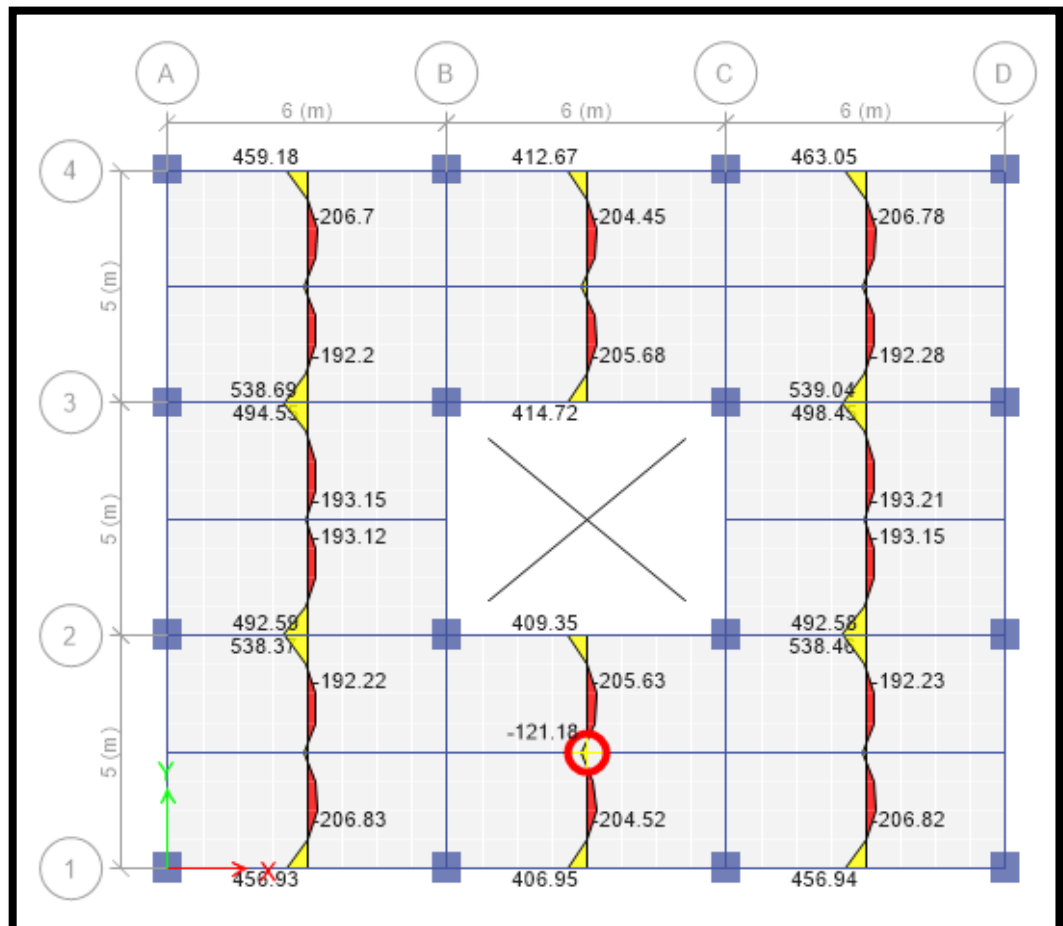


Figura 3.34: Momentos (kg-m) en losa densa unidireccional para franja unitaria intermedia.
Fuente propia

Con los momentos flectores calculados se procedió a determinar el acero de refuerzo necesario para lo cual se utilizó la opción de revisar el acero mínimo y automáticamente sustituir aquellos valores que no cumplen este requisito, en la figura 3.35

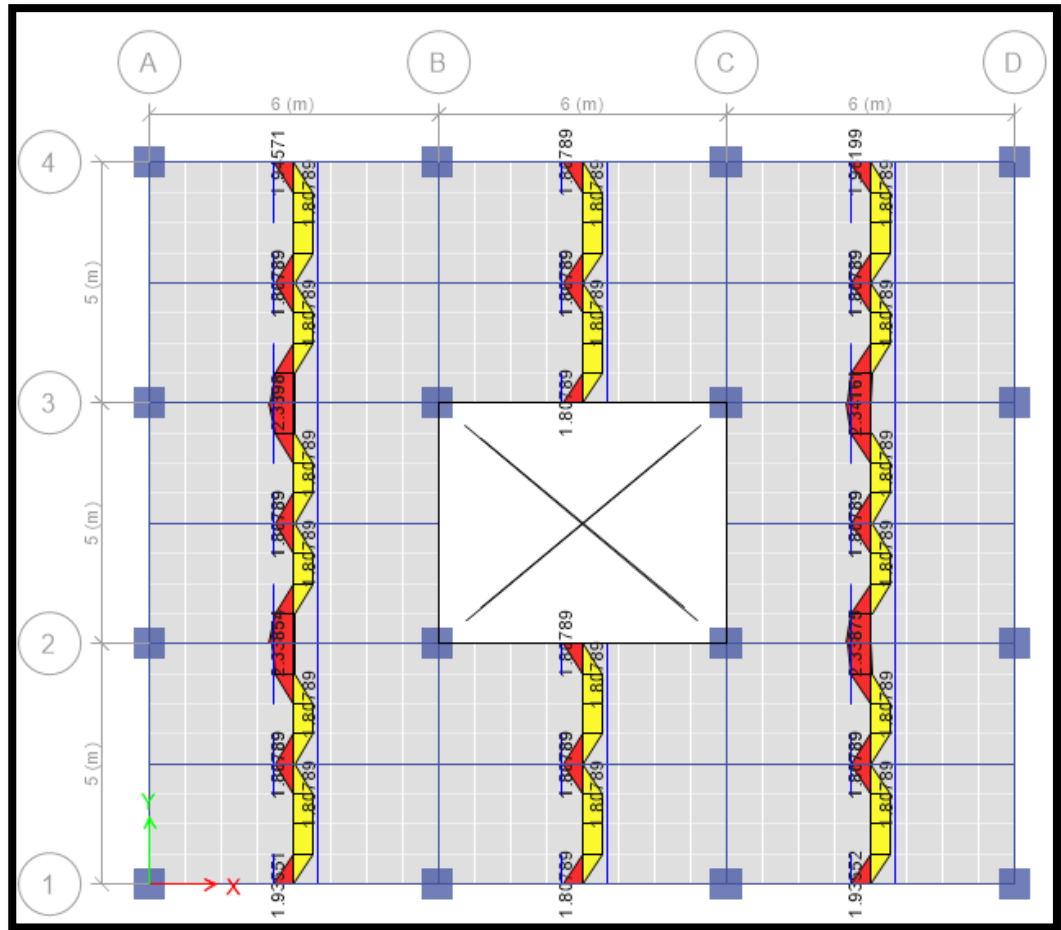


Figura 3.35: Acero de refuerzo (cm^2/m)
Fuente propia

3.7.2 Momentos y Acero de refuerzo para losa densa bidireccional

Para el modelamiento de este sistema se realizó considerando franjas unitarias intermedias (Strip Band) en ambas direcciones obteniéndose los momentos presentados en las figuras 3.36 y 3.37.

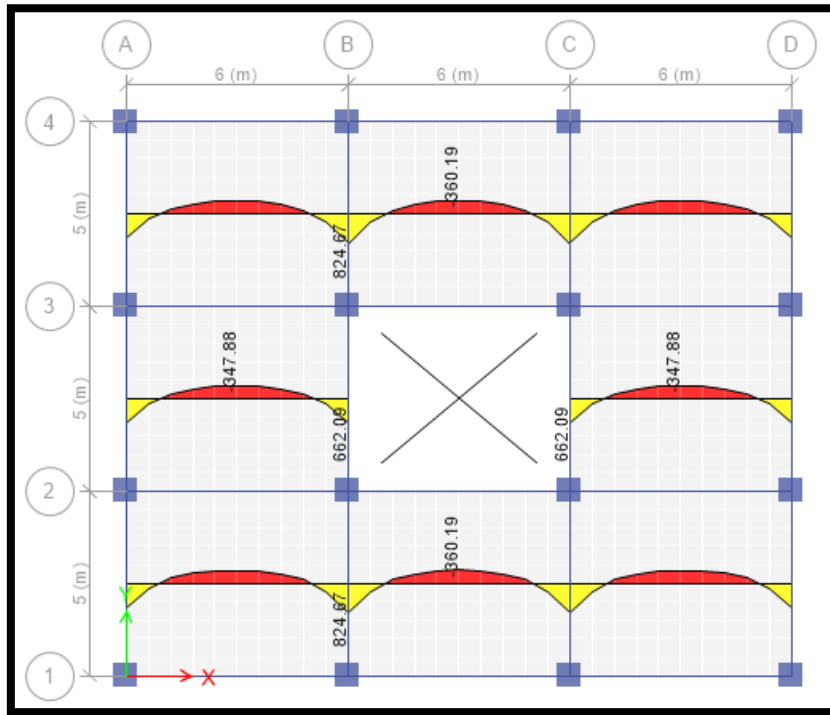


Figura 3.36: Momentos flectores (kg-m) en LD bidireccional para franja unitaria intermedia en dirección larga.
Fuente propia

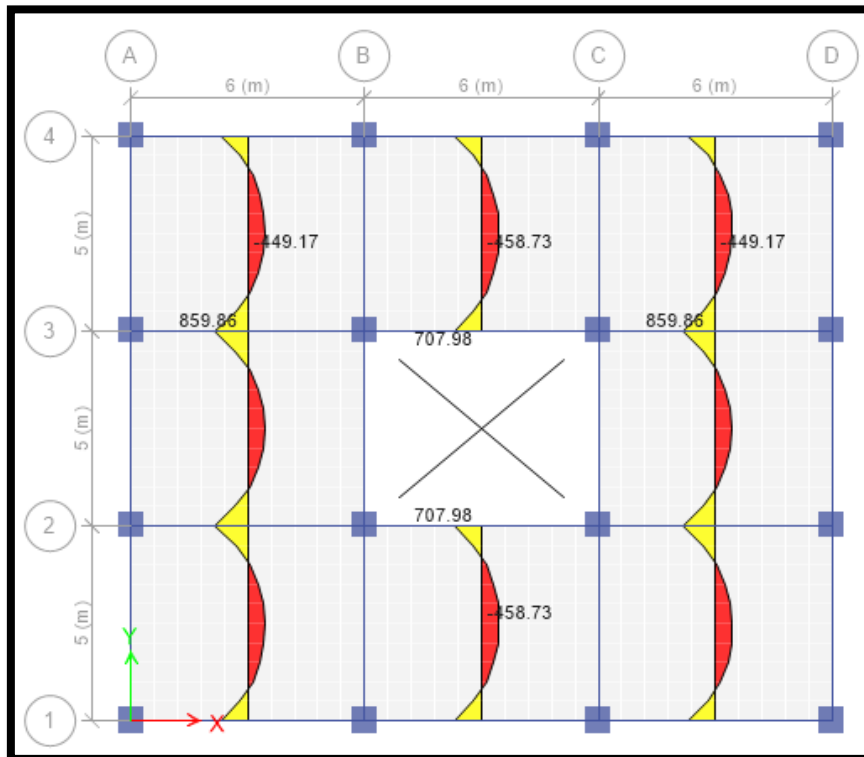


Figura 3.37: Momentos flectores (kg-m) en LD bidireccional para franja unitaria intermedia en dirección corta.

Según los momentos flectores obtenidos el programa diseño para un ancho de 100 cm y espesor de 14 cm y se obtuvieron las áreas de acero de refuerzo en ambas direcciones presentadas en las figuras 3.38 y 3.39. El color rojo representa el refuerzo por flexión positiva mientras que el color amarillo representa el refuerzo para momento flector negativo o en los apoyos de la losa.

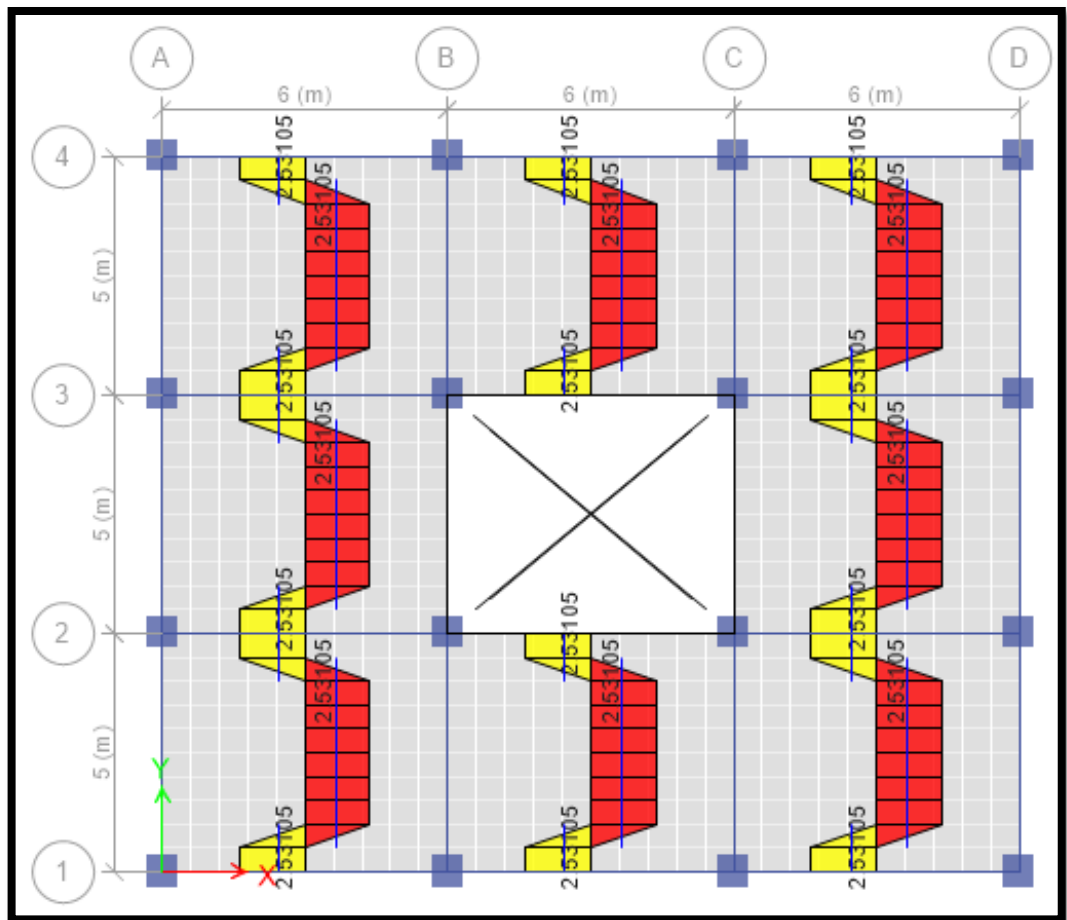


Figura 3.38: Acero de refuerzo (cm²/m) dirección corta.
Fuente propia.

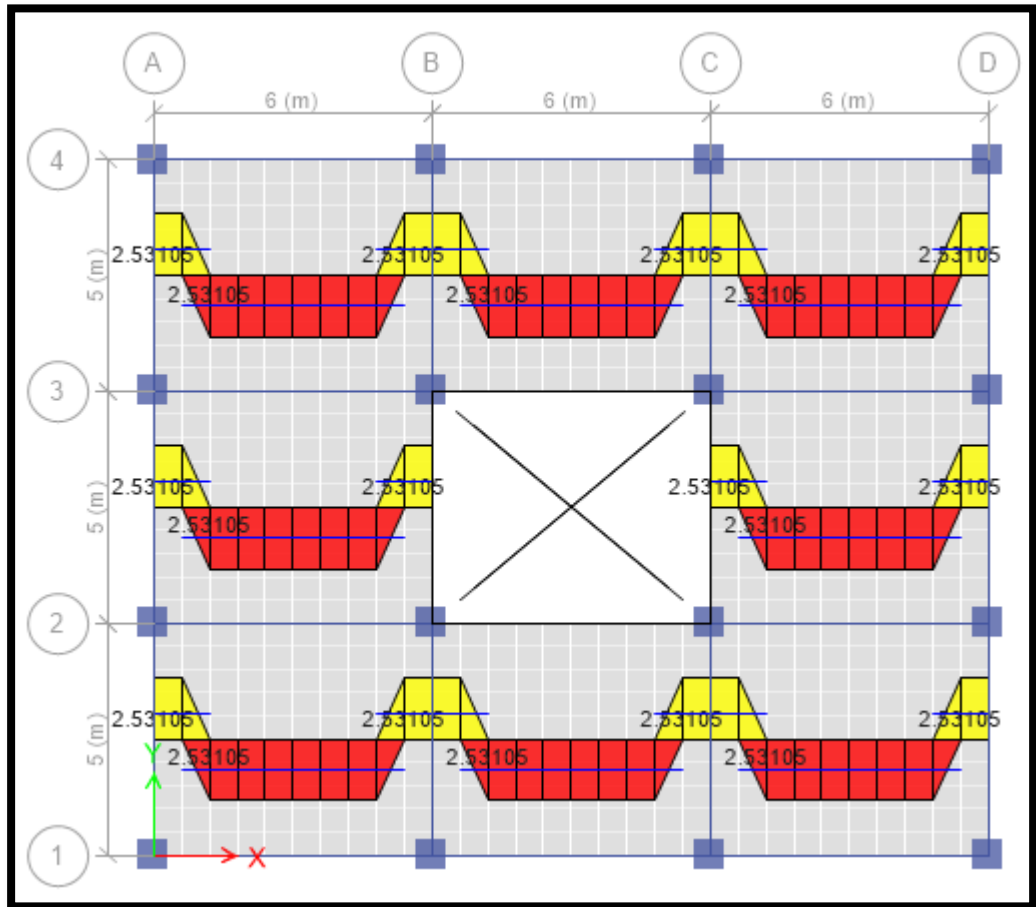


Figura 3.39: Acero de refuerzo (cm²/m) dirección larga.
Fuente propia.

3.7.3 Momentos flectores y acero de refuerzo para losa de vigueta y bovedilla

Para el modelamiento de esta losa se usó la opción “Ribbed” la cual permite dimensionar la losa según lo establecido por el catálogo COPRESA y para el cálculo de momentos flectores y acero de refuerzo se utilizó una franja de 70 cm, los resultados se presentan en las figuras 3.40.

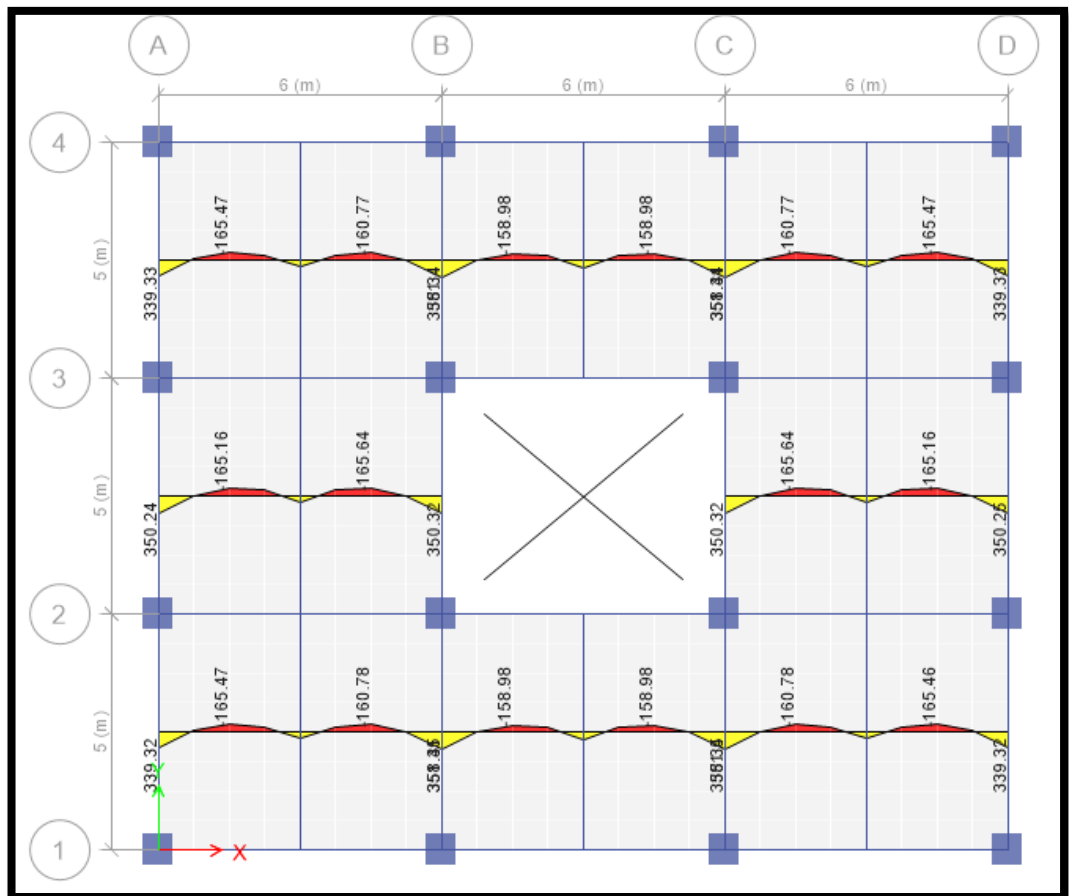


Figura 3.40: Momentos flectores (kg-m) en losa COPRESA para franja unitaria intermedia. Fuente propia.

En la figura 3.41 se presenta el acero de refuerzo necesario para evitar el agrietamiento producto de los momentos flectores negativos que se presentan en los apoyos de la losa.

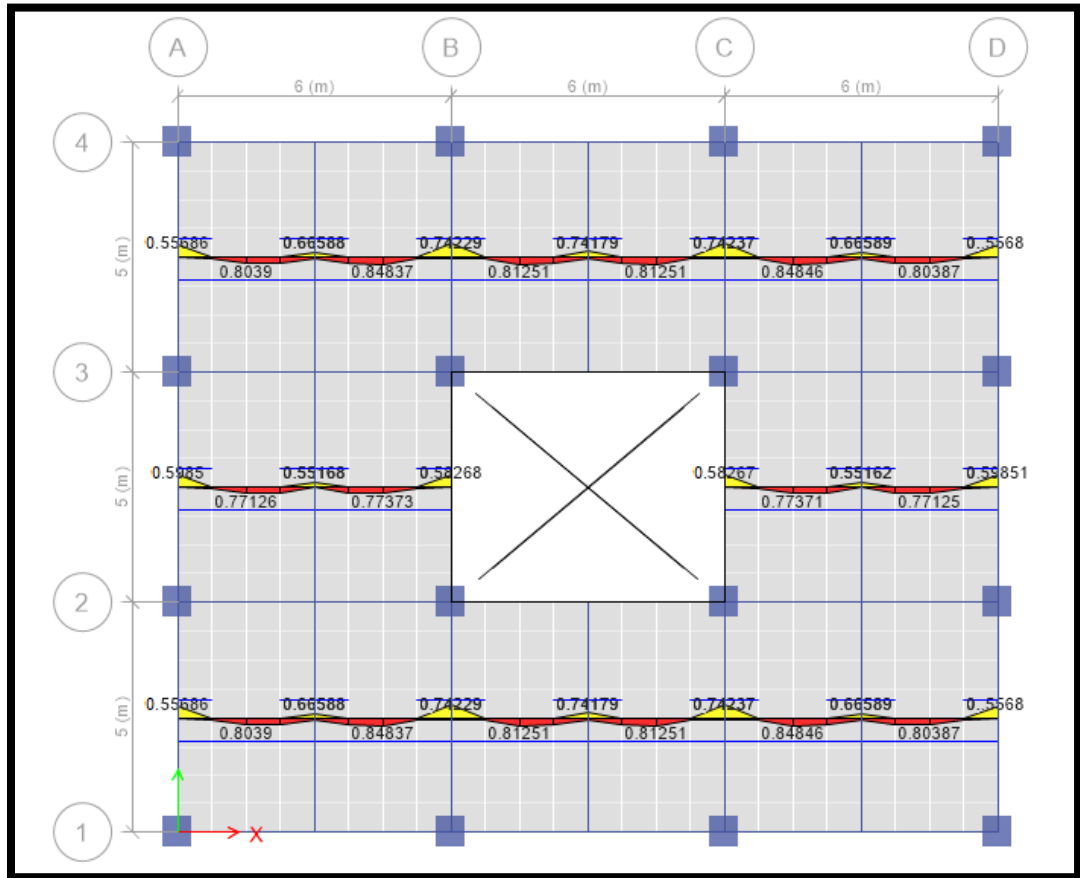


Figura 3.41: Acero de refuerzo (cm²/vigüeta).
Fuente propia.

Cada uno de valores de momento flector, así como del área de acero propuesta tanto por los métodos manuales como por el método exacto se presentan en las siguientes tablas la cuales serán utilizadas en el capítulo V para su respectiva comparación.

Tablas resumen de losa densa unidireccional

Método\Posición	Apoyo		Centro del claro	
	Externo	Internos	Externo	Interno
Manual	337.13	337.13	288.97	252.85
Software	459.18	121.18	206.83	193.15

Tabla 3.25: Momentos flectores (kg-m)
Fuente propia.

Método\Posición	Apoyo		Centro del claro	
	Externo	Internos	Externo	Interno
Manual	1.8	1.8	1.8	1.8
Software	3.59	3.83	1.89	1.81

Tabla 3.2: Acero de refuerzo (cm²/m)
Fuente propia

Tablas resumen de losa densa bidireccional

frangas centrales dirección corta						
Posición/ Método	Tablero externo			Tablero intermedio		
	Apoyo externo	centro	apoyo interno	apoyo interno	centro	apoyo interno
Manual	297.72	893.49	1487.94	1739.42	772.42	1739.42
Software	859.86	449.17	859.86	859.86	449.17	859.86

Tabla 3.27: Momentos flectores (kg-m)
Fuente propia

frangas centrales dirección larga						
Posición/ Método	Tablero externo			Tablero intermedio		
	Apoyo externo	centro	apoyo interno	apoyo interno	centro	apoyo interno
Manual	182.37	547.12	900.71	1894.6	646.24	1894.6
Software	824.67	360.19	824.67	824.67	360.19	824.67

Tabla 3.28: Momentos flectores (kg-m)
Fuente propia

frangas centrales dirección corta						
Posición/ Método	Tablero externo			Tablero intermedio		
	Apoyo externo	centro	apoyo interno	apoyo interno	centro	apoyo interno
Manual	2.52	2.52	3.57	4.15	2.52	4.15
Software	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53

Tabla 3.29: Acero de refuerzo (cm²/m)
Fuente propia

frangas centrales direccin larga						
	Tablero externo			Tablero intermedio		
Posicin/ Mtodo	Apoyo externo	centro	apoyo interno	apoyo interno	centro	apoyo interno
Manual	2.52	2.52	2.52	4.61	2.52	4.61
Software	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53

Tabla 3.30: Acero de refuerzo (cm^2/m)
Fuente propia

Tabla resumen de losa tradicional COPRESA

	Apoyo	
Mtodo\Posicin	Externo	Internos
Manual	357.54	357.54
Software	131.82	130.92

Tabla 3.31: Momentos flectores ($\text{kg}\cdot\text{m}$)
Fuente propia

	Apoyo	
Mtodo\Posicin	Externo	Internos
Manual	0.79	0.79
Software	0.66	0.67

Tabla 3.32: Acero de refuerzo ($\text{cm}^2/\text{vigüeta}$)
Fuente propia

Para la losa Galvadeck 25 no se presenta una comparacin debido a que el software Etabs no realiza el diseo de este tipo de losa; únicamente permite su modelamiento para realizar el diseo de los demás elementos estructurales como vigas, columnas y fundaciones.

CAPÍTULO IV

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1 Introducción

Para realizar el análisis económico de los sistemas de entepiso, se retomaron aspectos del Capítulo II, como lo son los tipos de losa más utilizados en el país: losa densa unidireccional y bidireccional, losa prefabricada de vigueta y bovedilla, losa acero; para desarrollar el presupuesto de cada sistema anteriormente mencionado, se debe tener el pleno conocimiento de sus respectivos procesos constructivos, también expuestos en el capítulo II, y presentar de forma ordenada, el presupuesto de cada sistema de entepiso , se retomaron del capítulo II apartado 2.9, donde se presentó como se debe calcular la cantidad de los materiales, mano de obra, herramienta y equipo.

En cuanto a la determinación del precio individual de cada elemento, estos se obtuvieron por medio de una cotización realizada en el último semestre de 2018, en el caso de la mano obra necesaria como lo son: auxiliares, carpinteros, mecánicos armadores; se consultó el salario diario y el factor de prestación, según el laudo arbitral edición 2018; ya con todos estos elementos se procedió a conforma las sub partidas, que a su vez formaron la partida total de cada sistema.

4.2 Presupuesto de losa densa unidireccional

Después de haber realizado en el capítulo III, el diseño estructural de la losa densa unidireccional, especificado por el ACI-318S 14, se procedió al análisis de costo, para esto se tomó una sección de losa en el entrepiso 1 de 6 mx15 m (figura 4.1), $A= 72.2 \text{ m}^2$ que será representativa para el cálculo o costo por m^2 de la losa densa de concreto.

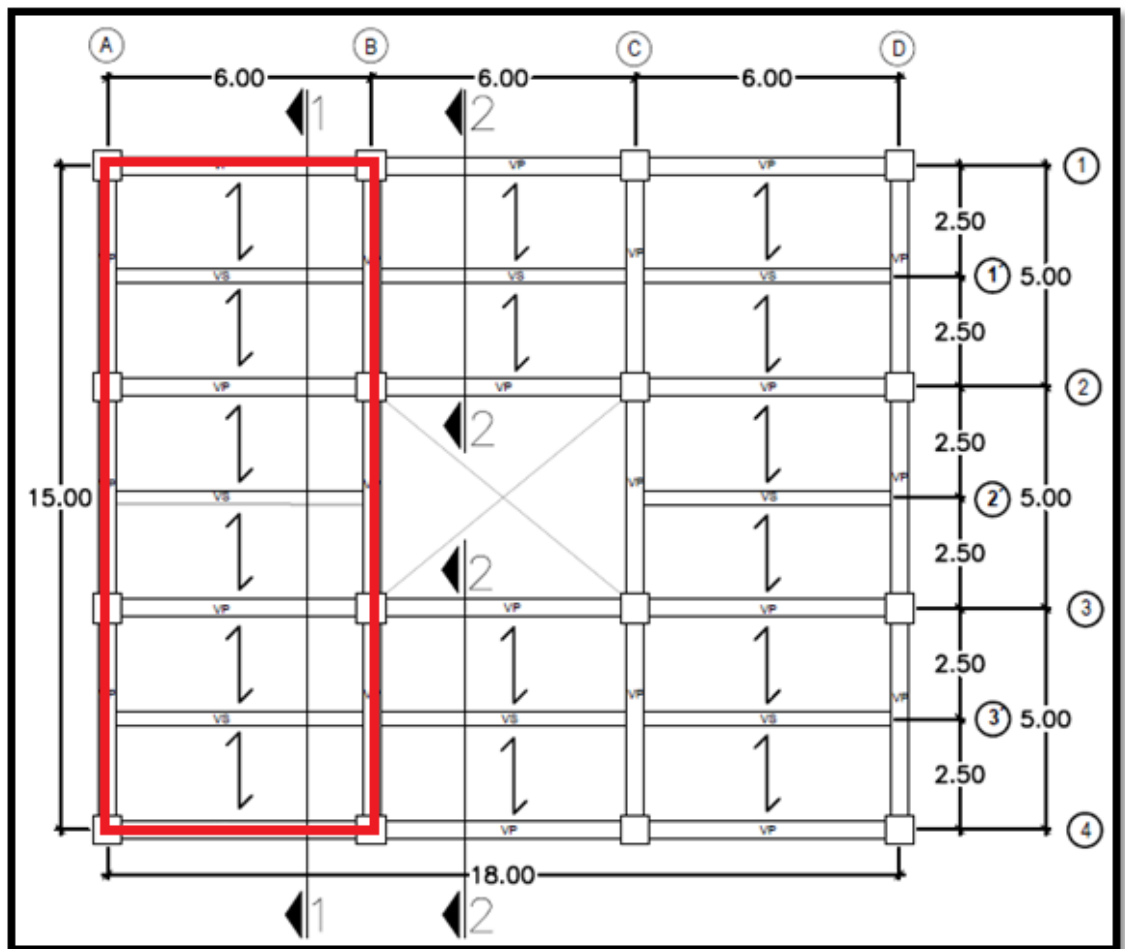


Figura 4.1: Área a considerar para presupuesto de losa densa unidireccional.
Fuente: Propia.

Con base al proceso constructivo de la losa densa unidireccional, expuesto en el Capítulo II, se desglosó cada elemento constituyente del sistema, con el fin de llegar establecer el costo unitario del sistema.

4.2.1 Encofrado de madera

a) Materiales

• Cuartón madera (puntales estructurales)

Estos elementos se colocan en ambas direcciones, para luego dividirlo entre los claros y determinar el número de puntales por tablero para luego determinar el número de puntales para la sección.

Para este caso se tomará una separación de 0.8 m.

❖ Dirección 1-4

$$\text{Número de puntales por tablero} = \frac{15}{0.8} = 18.8 \approx 19 \text{ puntales}$$

❖ Dirección A-B

$$\text{Número de puntales por tablero} = \frac{6}{0.8} = 7.5 \approx 8 \text{ puntales}$$

❖ Puntales necesarios

$$\text{total puntales} = 19 * 8 = 152 \text{ puntales de seccion (15X 6 m)}$$

Esta cantidad se multiplicará por la altura que debe tener cada puntal, en este caso se tiene 3.25 m.

- **Cantidad de varas para los cuartones**

Los cuartones que serán utilizados como puntales se les dar 3 usos:

$$\text{cantidad en varas} = 152 * 3.25 \text{ m} = 494 \text{ m}$$

$$\text{cantidad en varas} = 494 \text{ m} * \left(\frac{\text{varas}}{0.835 \text{ m}} \right) = 591.6 \text{ varas} \approx 592 \text{ varas}$$

Si se considera que cada vara de cuartón será utilizada para 3 usos

$$\text{varas necesarias} = \frac{592 \text{ varas}}{3 \text{ usos}} = 197.3 \text{ varas de cuartón } 4" \times 4"$$

- **Número de piezas de plywood (entablado)**

El ancho de la pieza es de 1.20 m y tiene una longitud de 2.40 m y de espesor de $\frac{3}{4}$ ", la cantidad de piezas se obtiene dividiendo el área de la sección entre el área del pliego.

$$\text{ancho de tabla} = 1.2 \text{ m}$$

$$\text{longitud de tabla} = 2.0 \text{ m}$$

- ❖ **Área a cubrir por pliego**

$$\text{Área de pliego} = (1.2 \times 2) = 2.4 \text{ m}^2$$

- ❖ **Número de piezas.**

$$\text{Número de piezas} = \frac{90 \text{ m}^2}{2.4 \text{ m}^2} = 37.5 \approx 38 \text{ pliegos}$$

- ❖ **Cantidad de piezas necesarias**

$$\text{tablas necesarias} = \frac{38 \text{ pliegos}}{3 \text{ usos}} = 12.7 = 13 \text{ pliegos}$$

- **Cuartón de madera (para vigas).**

$$\text{número de vigas} = \left(\frac{6}{0.8}\right) = 7.5 \approx 8 \text{ vigas}$$

$$\text{total vigas} = 8 \times 15 \text{ m} = 120 \text{ m}$$

$$\text{varas necesarias} = \frac{120 \text{ m}}{3 \text{ usos}} = 40 \text{ m} * \left(\frac{\text{varas}}{0.835 \text{ m}}\right) = 47.90 \text{ varas}$$

- **Cuartón de madera (viguetas)**

- ❖ **Número de viguetas necesarias:**

$$\text{Número de vigas} = \frac{15}{0.8} = 18.8 \approx 19 \text{ viguetas}$$

$$\text{total viguetas} = 19 \times 6 = 114 \text{ m}$$

$$\text{varas necesarias} = \frac{114 \text{ m}}{3 \text{ usos}} = 38 \text{ m} = 45.51 \text{ varas}$$

- **Costanera 2x2 (arrostramiento)**

En el caso que la altura de los puntales sobrepasa los 3 m, es necesario arriostrar los puntales en ambas direcciones para garantizar la estabilidad. Normalmente se toma arriostres diagonales que cubran un cierto porcentaje de la longitud de puntales total. Normalmente se toma un 60%.

$$\text{total} = 0.6 \times (197.3) = 118.38 \text{ varas.}$$

- **Cuartón madera (cuñas)**

Se considera que para un puntal se debe utilizar una cuña de 4x4 cm y 8 cm de largo (del mismo puntal) que es aproximadamente el 2.5% de la longitud total del puntal.

$$\text{cantidad} = 0.025 \times 198 = 4.95 \text{ varas}$$

- **Clavos a utilizar**

$$\text{rendimiento} = \frac{1 \text{ lb}}{2 \text{ m}^2}$$

$$\text{total a utilizar} = 90 \times 0.5 = 45 \text{ lb}$$

- **Desenmoldante**

$$\text{rendimiento desenmoldante} = 0.05555 \frac{\text{litro}}{\text{m}^2}$$

$$\text{área total a aplicar} = 90 \text{ m}^2$$

$$\text{cantidad} = 90 * 0.0555 = 5.00 \text{ litro}$$

- **Cantidad de agua:**

$$\text{agua para humedecer superficie encofrado} = 0.50 \frac{\text{litro}}{\text{m}^2}$$

$$\text{agua necesaria para humedecer} = 90 \text{ m}^2 * 0.5 \frac{\text{lt}}{\text{m}^2} = 45 \text{ litro}$$

b) Mano de obra

- **Para instalación del encofrado**

$$\text{rendimiento} = 7 \frac{\text{m}^2}{\text{h} - \text{h}}$$

- **Tiempo necesario:**

$$\text{tiempo} = \frac{90 \text{ m}^2}{\left(7 \frac{\text{m}^2}{\text{h} - \text{h}}\right) \times 7\text{h}} = 2 \text{ días (1 auxiliar y 1 carpintero)}$$

c) Equipo y herramientas

Descripción	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Total
Martillo	Días	\$0.154	2	\$ 0.31
Alicate	Días	\$0.145	2	\$ 0.20
Andamio	Días	\$6.09	2	\$ 12.18

Tabla 4.1: Equipo y herramientas, para encofrado
Fuente propia

d) Sub-partida de encofrado de madera

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total (\$)
Encofrado de madera					
Materiales					
Puntales (cuartón madera)	Unidad	320.63	\$1.60	1.1	\$ 564.31
Plywood	Pliego	13	\$29.50	1.1	\$ 421.85
Vigas y viguetas (cuartón)	Varas	93.41	\$2.5	1.1	\$ 256.88
Clavos	Lb	45	\$1.2	1.05	\$ 56.70
Desencofrante	Lt	5	\$4.2	1.05	\$ 22.05
Agua humedecer madera	LI	45	\$0.003	1	\$ 0.14
Mano de obra					
Auxiliar	Días	2	\$10.50	1.88	\$ 39.48
Carpintero	Días	2	\$12.86	1.88	\$ 48.35
Equipo y herramientas					
Martillo	Días	2	\$0.154	1	\$ 0.31
Alicate	Días	2	\$0.145	1	\$ 0.29
Andamio	Días	2	\$6.09	1	\$ 12.18
Total					\$ 1,422.54

Tabla 4.2: Sub-partida de encofrado de madera
Fuente propia

4.2.2 Hechura del concreto

a) Materiales

-Diseño de mezcla de concreto

Para el diseño de la mezcla de concreto los factores a considerar son los siguientes: la resistencia del concreto de 210 kg/cm² y la proporción de la mezcla 1:2:2(Manual del constructor).

A continuación, se muestra los materiales necesarios para la elaboración de 1 m³.

Determinación de los materiales necesarios para la elaboración de un 1 m³ de concreto

-Cálculo para un metro cubico de concreto

Contracciones superficiales=28%

Porcentaje de desperdicio=5%

$$\left(\frac{1}{1 - 0.28}\right) * 1.05 = 1.46$$

Se determinó la proporción de un concreto 210 kg/cm².

Proporción 1:2:2, según el manual del constructor.

$$\frac{1.46}{1:2:2} = \frac{1.46}{5} = 0.29 \text{ m}^3$$

Bolsas de cemento necesarias:

$$\frac{0.29}{0.028} = 10.36 \text{ bolsas de cemento}$$

-Determinación de agregados para la relación 1:2:2:

Para una relación: 1:2:2

Arena	2	x	0.29	=	0.58
Grava	2	x	0.29	=	0.58
Agua	20	x	10.30	=	206.0

-Costo de producción:

1. Volumen de concreto producido en un día

Horas laboradas: 6 horas

Concreteira: revoltura de mortero cada 15 minutos

$$(6 \times 60) / 15 = 24 \text{ bolsas}$$

$$X = 24 / 10.36 = 2.32 \text{ m}^3 \text{ por día}$$

2. Mano de Obra

Se efectuará una cuadrilla compuesta por:

1 operador de concreteira + 2 auxiliares

Costo de cuadrilla (c) = 1 operador \$12.86/ día \$12.86

2 auxiliares \$10.50/ día \$21.00

Sub Total = \$33.86

Prestaciones:

$$0.88\% \text{ de } \$33.86 = \$29.80$$

\$33.86

Total= \$63.66

Costo de mano de Obra por m³ de concreto:

$$c/x \quad \$63.66 / 2.32 \quad = \quad \$27.44$$

3. Renta de equipo

Renta por día: precio/x

Precio de alquiler: \$17 sin IVA

$$\text{Renta de equipo por m}^3 \quad \$17 / 2.32 = \quad \$7.33$$

4. Combustible (G)

Costo de combustible por metro cubico

x = metros cúbicos de concreto por día

$$G = \frac{14N(HC)}{0.85x}$$

N = Potencia de concretera (Se tomará un valor de 4HP)

0.14=factor de consumo de gasolina por hora

H=Número de horas efectivas de trabajo (se tomarán siguiendo laudo arbitral 6 horas)

C=el precio de galón de gasolina (\$2.65)

0.85=Factor de eficiencia de equipo

N = 4, c = \$2.65, x = 2.32

G = ((0.14x4)x(6x2.65)) /(0.85x2.32)=\$4.52

Determinación de los materiales necesarios para la elaboración de un 1 m³ de concreto (consideraciones)		
Contracciones superficiales	28.00%	
Perdidas por desperdicio	5.00%	
Teniéndose que producir de concreto fresco	1.46	m ³
Dosificación de materiales para 1m³ de cemento		
Materiales	Dosificación	
Cemento	1	Unidad
Arena	2	Unidad
Grava	2	Unidad
Agua	20	Lt
Número de bolsas de cemento necesarias		
Bolsas de cemento	0.29	m ³
Cemento para 1m ³	10.36	Pie ³
Bolsas de cemento necesarias para 1m ³	10.36	Bolsas
Cantidades de otros materiales		
Arena	0.58	m ³
Grava	0.58	m ³
Agua	206.0	Lt
Tabla continua en siguiente página		

Costo de producción del concreto		
Volumen de concreto producido por día		
Horas efectivas de trabajo	6	Horas
Minutos efectivas de trabajo	360	Min
Número de bolsas por m ³	1	Bolsa
Asumiendo una revoltura de	15	Min
Producción diaria en bolsas	24	Bolsas
Producción de m ³ por día	2.32	m ³

Tabla 4.3: Determinación de los materiales a utilizar para elaboración de concreto.
Fuente propia

b) Equipo y herramientas

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Sub-total (\$)	Total (\$)
Concreteira	m ³	1	\$ 7.33	\$ 7.33	\$ 7.33
Combustible	m ³	1	\$ 4.52	\$ 4.52	\$ 4.52

Tabla 4.4: Mano de obra para elaboración de concreto.
Fuente propia.

c) Sub-partida de hechura de concreto

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total (\$)
Costo de concreto por m3					
Materiales					
Cemento	Bolsa	10.36	\$ 8.58	1	\$ 88.89
Arena	m ³	0.58	\$ 12.80	1	\$ 7.42
Grava	m ³	0.58	\$ 36.00	1	\$ 20.88
Agua	Lt	206.00	\$ 0.0015	1	\$ 0.31
Mano de obra					
Operario y Auxiliar	m ³	1	\$ 27.44	1	\$ 27.44
Equipos y herramientas					
Concreteira	m ³	1	\$ 7.33	1	\$ 7.33
Combustible	m ³	1	\$ 4.52	1	\$ 4.52
Total					\$156.79

Tabla 4.5: Sub-partida de hechura de concreto.
Fuente propia

El volumen de concreto para un área de 7.2 m² para un espesor de 10 cm. se obtiene un volumen de 7.2 m³, debido a que se resta el volumen de las vigas, únicamente se toman los tableros de losa.

$$\text{total de costo por } m^3 \text{ de concreto} = \left(\frac{\$156.79}{m^3} \right) \times 7.2m^3 = \$1128.89$$

4.2.3 Acero de refuerzo para armado.

a) Materiales

Se deberán revisar primeramente los planos estructurales, para conocer la separación del acero de refuerzo su grado y cantidad, traslapes, en este caso se retomó del capítulo III.

- **Traslapes:**

longitud de traslape = 40 cm

Por tanto, se tomarán longitudes de traslapes de: **40 cm**

$$\text{Cantidad de traslapes} = \frac{\text{longitud de claro}}{\text{longitud de varilla}}$$

$$\text{Cantidad de traslapes} = \frac{14.6 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 2.4 \approx 2$$

- **Longitud de bastones superiores en apoyos internos:**

Se retomarán las longitudes de desarrollo para los bastones superiores en los apoyos internos, del capítulo III:

- ❖ **Apoyo interno en viga secundaria**

$$\text{LVS} = 2.0 \text{ m}$$

- ❖ **Apoyo interno en viga primaria**

$$\text{LVP} = 2.0 \text{ m}$$

- ❖ **Apoyo externos**

Se retomó las longitudes del diseño del capítulo III:

Longitud del bastón número 3:

$$0.25(l_n) = 53.75 \text{ cm}$$

Longitud de anclaje:

$$L_{\text{gancho}} = 48.08 \text{ cm}$$

Longitud total de los bastones en los apoyos externos

$$L_T = 1.0 \text{ m}$$

❖ Refuerzo de lecho inferior

Los bastones irán colocados en los extremos de las vigas, por tanto, se tienen 2.

$$L_{\text{flex}} = 15.60 \text{ m}$$

La longitud obtenida anteriormente se le suman 0.80m, por los dos traslapes en el lecho inferior:

$$L_{T \text{ flex}} = 15.60 + 0.80 = 16.40 \text{ m}$$

Dirección por temperatura:

$$L_{\text{Tem}} = (\text{longitud de claro} + 2(\text{gancho}))$$

$$L_{\text{Tem}} = 5.60 + 2(0.48) = 6.56 \text{ m}$$

❖ Refuerzo de lecho superior

Varillas longitudinales:

LB = longitud de varilla para bastón.

LVP = longitud de varilla para viga primaria.

LVS = longitud de varilla para viga secundaria.

$$L_T = 2LB + 2LVP + 3LVS$$

$$LT = 2(0.55) + 2(2.0) + 3(2.0) = 11.10 \text{ m}$$

❖ **Número de varillas transversales por cada tramo**

NB = Número de varillas por longitud de bastón.

NVP = Número de varillas por longitud de viga primaria.

NVS = Número de varillas por longitud de viga secundaria.

$$NB = \left(\frac{0.55}{0.35}\right) = 1.6 \approx 2$$

$$NVP = \left(\frac{2.0}{0.35}\right) = 5.7 \approx 6$$

$$NVS = \left(\frac{2.0}{0.35}\right) = 5.7 \approx 6$$

$$\text{Número de varillas} = 2NB + 2NVP + 3NVS$$

$$\text{Número de varillas} = 2(2) + 2(6) + 3(6) = 34 \text{ varillas}$$

Elemento	Número de varilla	Lo (m)	N	l_{total} (m)	Peso (kg/m)	Peso total neto (kg)	W + 15% (qq)
Lecho inferior							
Acero longitudinal	No.3@30cm	16.40	20	328.00	0.56	183.68	4.65
Acero por temperatura	No.3@35cm	6.56	43	282.08	0.56	157.96	4.00
Lecho superior							
Tramos de acero longitudinal	No.3@30cm	11.10	20	222.00	0.56	124.32	3.15
Acero por temperatura	No.3@35cm	6.56	34	223.04	0.56	124.90	3.16
total							14.96

Tabla 4.6: Cantidad de acero de refuerzo necesario para el armado.
Fuente propia.

• **Alambre:**

$$\text{cantidad de alambre} = \text{cantidad de acero de refuerzo}(\text{qq}) \times 10 \text{ lb/qq}$$

$$\text{cantidad de alambre} = 14.96 \text{ qq} \times 10 \frac{\text{lb}}{\text{qq}} = 149.60 \text{ lb}$$

- **Burros o sillas de separación acero doble lecho**

$$1 \text{ m}^2 = 1 \text{ burro}$$

$$\text{longitud de burro} = 50 \text{ cm}$$

Para un área de 90 m^2 , se necesitan 90 burros. Por tanto, se necesitan 45 m de varilla No.3.

$$\text{cantidad de acero} = 45 \text{ m} * 0.56 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times \frac{1 \text{ qq}}{100 \text{ kg}} = 0.252 \text{ qq}$$

- **Separadores de plástico**

Colocaran a cada metro de distancia en ambas direcciones, por tanto

$$L = 6 \text{ m y } L = 15 \text{ m se tendrá:}$$

$$\text{Número de separadores plásticos} = 6 \times 15 = 90 \text{ separadores}$$

b) Mano de obra

- **Armado del acero de refuerzo**

$$\text{rendimiento} = 0.60 \frac{\text{qq}}{\text{h} - \text{h}}$$

$$\text{tiempo} = \frac{15.21 \text{ qq}}{0.60 \frac{\text{qq}}{\text{h} - \text{h}} * \frac{7 \text{ h}}{\text{dia}}} = 3.55 \text{ dias}$$

$$\text{tiempo} = 3.62 \text{ dias}$$

- **Colocación de electromalla**

$$\text{rendimiento} = 60 \frac{\text{m}^2}{\text{h} - \text{h}}$$

Tiempo necesario:

$$\text{tiempo} = \frac{90 \text{ m}^2}{\left(60 \frac{\text{m}^2}{\text{h}} - \text{h}\right) * 7\text{h}} = 0.21 \text{ días (1auxiliar)}$$

c) Equipo y herramientas

Equipo y Herramientas					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Total
Cinta métrica	Días	3.62	0.016	1	\$0.06
Cortadora de hierro	Días	3.62	3.18	1	\$11.51
Tenaza de presión	Días	3.62	0.0064	1	\$0.02

Tabla 4.7: Equipo y herramientas, para armado de acero de refuerzo.
Fuente propia

d) Sub-partida de acero de refuerzo

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unidad(\$)	Factor	Sub-Total (\$)
Acero de refuerzo					
Materiales					
Acero refuerzo N°3	qq	14.96	45	1	\$673.20
Alambre de Amarre	Lb	149.60	1.25	1	\$187.00
Separadores plásticos	Unidad	90	0.1	1.1	\$9.90
Acero para burros N°3	qq	0.252	45	1.1	\$12.47
Malla electro soldada	pieza(m")	7.5	84.2	1	\$631.50
Mano de Obra					
Armador	Días	3.62	12.86	1.88	\$87.52
Auxiliar	Días	0.21	10.50	1.88	\$4.15
Equipo y Herramientas					
Cinta métrica	Días	3.62	0.016	1	\$0.06
Cortadora de hierro	Días	3.62	3.18	1	\$11.51
Tenaza de presión	Días	3.62	0.0064	1	\$0.02
Total					\$1,617.33

Tabla 4.8: Sub-partida de acero de refuerzo.
Fuente Propia

4.2.4 Colocación concreto, vibrado y enrasado

a) Mano de obra

- Acarreo y colocación de concreto

El costo de mano de obra para acarreo y colocación de concreto hecho en obra, se obtiene con el rendimiento de $0.5 \text{ m}^3 / \text{h-h}$.

Tiempo de acarreo y colocación de concreto para losa densa

$$\text{tiempo} = \frac{7.2 \text{ m}^3}{0.5 \frac{\text{m}^3}{\text{h-h}} * 7 \text{ h-día}} = 2.06 \text{ días (1 auxiliar)}$$

- Vibrado

El rendimiento de un auxiliar con vibrador mecánico es de $2 \text{ m}^3/\text{hora}$

$$\text{tiempo} = \frac{7.2 \text{ m}^3}{2 \text{ m}^3/\text{h-h} \times 7 \text{ h-día}} = 0.51 \text{ días (1 auxiliar)}$$

- Enrasado

El rendimiento 2 auxiliares $10 \text{ m}^2/\text{hora}$

$$\text{Tiempo} = \frac{72.2 \text{ m}^2}{10 \text{ m}^2/\text{h-h} \times 7 \text{ h-día}} = 1.03 \text{ días (2 auxiliares)}$$

b) Equipo y herramientas

Equipo y Herramientas					
Descripción	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Factor	Total
Vibrador	Días	0.016	0.64	1	\$ 0.01

Tabla 4.9: Equipo para vibrado de concreto.
Fuente propia.

c) sub-partida de hechura y colocación concreto, vibrado y enrasado

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unidad(\$)	Factor	Sub-Total (\$)
Hechura y colocación concreto, vibrado y enrasado					
Materiales					
Concreto f'c=280 kg/cm ²	m ³	7.2	156.79	1	\$ 1128.89
Mano de Obra					
Auxiliar	Días	4.63	10.50	1.88	\$ 91.40
Equipo y Herramientas					
Vibrador	Días	0.016	0.64	1	\$ 0.01
Total					\$1220.29

Tabla 4.10: Sub-partida de colado, vibrado y enrasado del concreto.
Fuente propia

4.2.5 Curado a partir de sellador liquido

a) Materiales:

Aditivo: Adisol en Galón

Área a cubrir: 72.2 m²

Rendimiento: 20 m² por galón

$$\text{Cantidad de material} = \frac{72.2 \text{ m}^2}{20 \text{ m}^2 \text{ por galón}} = 3.61 \text{ galones}$$

b) Mano de obra:

- Colocación del aditivo

Área = 72.2 m²

Rendimiento: 14 m²/h-h

$$\text{Tiempo de colocación} = \frac{72.2 \text{ m}^2}{14 \frac{\text{m}^2}{\text{h}} * \frac{7\text{h}}{\text{día}}} = 0.74 \text{ días (Auxiliar)}$$

- Desencofrado:

Área = 72.2 m²

Rendimiento: 10 m²/h-h

$$\text{Tiempo necesario} = \frac{72.2 \text{ m}^2}{10 \frac{\text{m}^2}{\text{h-h}} * \frac{7\text{h}}{\text{día}}} = 1.03 \text{ días (1auxiliar y 1carpintero)}$$

c) Equipo y herramientas

Equipo y Herramientas					
Descripción	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Factor	Total
Bomba de aspersión	Días	\$ 0.74	0.20	1	\$ 0.15

Tabla 4.11: Equipo para curado de concreto.
Fuente propia

d) Sub-partida de curado losa utilizando adisol

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unidad(\$)	Factor	Sub-Total (\$)
Curado losa utilizando adisol					
Materiales					
Adisol	Galón	3.61	7.99	1.1	\$ 31.73
Mano de Obra					
Auxiliar	Días	1.77	10.50	1.88	\$ 34.94
Carpintero	Días	1.03	12.86	1.88	\$ 24.90
Equipo y Herramientas					
Bomba de aspersión	Días	0.74	0.20	1	\$ 0.15
Total					\$ 91.72

Tabla 4.12: Sub-partida de curado de concreto.
Fuente propia.

4.2.6 Hoja universal del sistema de losa densa unidireccional (costo directo).

Hoja universal					
Encofrado					
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Puntales (cuartón madera)	Unidad	320.63	\$1.60	1.1	\$ 564.31
Plywood	Pliego	13	\$29.50	1.1	\$ 421.85
Vigas y viguetas(cuartón)	Varas	93.41	\$2.5	1.1	\$ 256.88
Clavos	Lb	45	\$1.2	1.05	\$ 56.70
Desencofrante	Lt	5	\$4.2	1.05	\$ 22.05
Agua humedecer madera	LI	45	\$0.003	1	\$ 0.14
Mano de obra					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Auxiliar	Días	2	\$10.50	1.88	\$ 39.48
Carpintero	Días	2	\$12.86	1.88	\$ 48.35
Equipo y herramientas					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Martillo	Días	2	\$0.154	1	\$ 0.31
Alicate	Días	2	\$0.145	1	\$ 0.29
Andamio	Días	2	\$6.09	1	\$ 12.18
Total					\$ 1,422.54
Acero de refuerzo					
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Acero refuerzo N°3	qq	14.96	45	1	\$673.20
Alambre de Amarre	Lb	149.60	1.25	1	\$187.00
Separadores plásticos	Unidad	90	0.1	1.1	\$9.90
Acero para burros N°3	qq	0.252	45	1.1	\$12.47
Malla electro soldada	pieza(m ²)	7.5	84.2	1	\$631.50
Mano de obra					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Armador	Días	3.62	12.86	1.88	\$87.52
Auxiliar	Días	0.21	10.50	1.88	\$4.15
Equipo y herramientas					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Cinta métrica	Días	3.62	0.016	1	\$0.06
Cortadora de hierro	Días	3.62	3.18	1	\$11.51

Tenaza de presión	Días	3.62	0.0064	1	\$0.02
Total					\$1617.33
Hechura y colocación de concreto, vibrado y enrasado					
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Concreto f'c=210 kg/cm ²	m ³	7.2	156.79	1	\$ 1128.89
Mano de obra					
Descripción	unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Auxiliar	Días	4.63	10.50	1.88	\$ 91.40
Equipo y herramientas					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Vibrador	Días	0.016	0.64	1	\$ 0.01
Total					\$1220.29
Curado losa con adisol y desencofrado					
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Adisol	Galón	3.61	7.99	1.1	\$ 31.73
Mano de obra					
Descripción	Unidad	cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Auxiliar	Días	1.77	10.50	1.88	\$ 34.94
Carpintero	Días	1.03	12.86	1.88	\$ 24.90
Equipo y herramientas					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	sub-total
Bomba de aspersión	Días	0.74	0.20	1	\$ 0.15
Total					\$ 91.72
Total partida					\$ 4,351.88

Tabla 4.13: Hoja universal de losa densa unidireccional
Fuente propia.

El costo total de la partida es de \$4,351.88, se procede a determinar el costo unitario del sistema, dividiendo este costo entre el área considerada.

$$\text{Costo unitario por m}^2 = \$ 4,351.88 / 72.24 \text{ m}^2 = \$60.24$$

4.3 Presupuesto de losa densa bidireccional

Después de haber realizado en el capítulo III, el diseño estructural de la losa densa bidireccional, especificado por el ACI318S 14, se procede al análisis de costo, para esto se tomará una sección de losa en el entrepiso 1 de 6x15m (Figura 4.16), $A= 77.28 \text{ m}^2$ que será representativa para el cálculo o costo por m^2 de la losa densa de concreto.

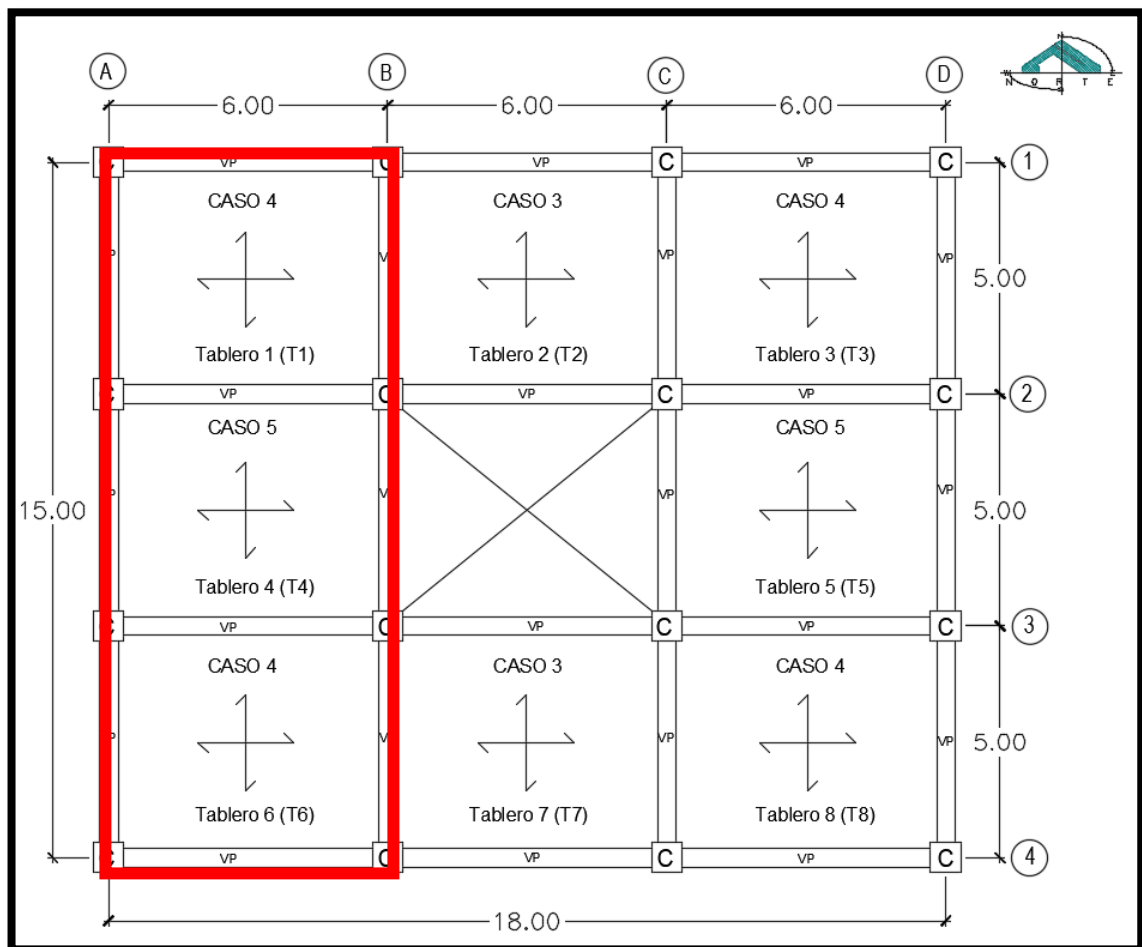


Figura 4.2: Área a considerar para presupuesto de losa densa bidireccional.
Fuente: Propia.

Con base al proceso constructivo de la losa densa bidireccional, expuesto en el capítulo II, se desglosa cada elemento constituyente del sistema, con el fin de llegar a establecer el costo unitario del sistema.

4.3.1 Encofrado de madera

Sub-partida de encofrado de madera

Se retomará del presupuesto de losa unidireccional.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total (\$)
Encofrado de madera					
Materiales					
Puntales (cuartón madera)	Varas	320.63	\$1.60	1.1	\$ 564.31
Plywood	Pliego	13	\$29.50	1.1	\$ 421.85
Vigas y viguetas (cuartón)	Varas	93.41	\$2.5	1.1	\$ 256.88
Clavos	Lb	45	\$1.2	1.05	\$ 56.70
Desencofrante	Lt	5	\$4.2	1.05	\$ 22.05
Agua humedecer madera	LI	45	\$0.003	1	\$ 0.14
Mano de obra					
Auxiliar	Días	2	\$10.50	1.88	\$ 39.48
Carpintero	Días	2	\$12.86	1.88	\$ 48.35
Equipo y herramientas					
Martillo	Días	2	\$0.154	1	\$ 0.31
Alicate	Días	2	\$0.145	1	\$ 0.29
Andamio	Días	2	\$6.09	1	\$ 12.18
Total					\$ 1,422.54

Tabla 4.14: Sub-partida de encofrado de madera, para losa bidireccional.
Fuente propia

4.3.2 Hechura del concreto

Sub-partida de hechura de concreto

Se retomará del presupuesto de losa unidireccional.

El volumen de concreto para un área de 72.2 m², para un espesor de 14 cm, se obtiene un volumen de 10.1 m³.

total de costo por metro cubico de concreto

$$= \left(\frac{\$156.79}{\text{m}^3} \right) \times 10.1\text{m}^3 = \$1,583.58$$

4.3.3 Acero de refuerzo

a) Materiales

Se revisó los planos estructurales, para conocer la separación del acero de refuerzo, su grado, cantidad, traslapes, en este caso se retomó del capítulo III.

❖ Traslapes:

longitud de traslape = 40 cm

Por tanto, se tomarán longitudes de traslapes de: **40 cm**

Cantidad de traslapes = (longitud de claro)/(longitud de varilla)

$$\text{Cantidad de traslapes} = \frac{14.6 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 2.4 \approx 2$$

Longitud de bastones superiores en apoyos internos:

Se retomarán las longitudes de desarrollo para los bastones superiores en los apoyos internos, del capítulo III:

❖ Apoyo interno en viga primaria

$L_{vp} = 2.70 \text{ cm}$

❖ Apoyo externos

Se retomará las longitudes del diseño del capítulo III:

Longitud del bastón número 3:

$$0.25(l_n) = 53.75 \text{ cm}$$

Longitud de anclaje:

$$L_{\text{gancho}} = 48.08 \text{ cm}$$

Longitud total de los bastones en los apoyos externos

$$L_T = 1.0 \text{ m}$$

❖ Refuerzo de lecho inferior

La longitud obtenida anteriormente se le suma 0.80m, por los dos traslapes en el lecho inferior:

$$L_{T \text{ flex}} = 15.60 + 0.80 = 16.40 \text{ m}$$

Dirección transversal:

$$L_{\text{Trans}} = (\text{longitud de claro} + 2(\text{gancho}))$$

$$L_{\text{Trans}} = 5.60 + 2(0.48) = 6.56 \text{ m}$$

❖ Refuerzo de lecho superior**Varillas longitudinales:**

$$L_{T \text{ flex}} = 15.60 + 0.80 = 16.40 \text{ m}$$

❖ Apoyo interno en viga superior

$$T = 2(2.70) + 2(0.4808) = 6.36 \text{ m}$$

Número de varillas transversales centro de tablero de losa

NVP = Número de varillas transversales en el centro de tablero.

$$NBC = \left(\frac{2.30}{0.25} \right) = 9.2 \approx 10$$

Número de varillas = 2NBC

Número de varillas = 2(10) = 20 varillas

Elemento	Número de varilla	Lo (m)	N	L _{TOTAL} (m)	Peso (Kg/m)	Peso total neto (Kg)	W + 15% (qq)
Lecho inferior							
Acero longitudinal	No.3@25cm	16.40	24	393.60	0.56	220.42	5.58
Acero por transversal	No.3@25cm	6.56	60	393.60	0.56	220.42	5.58
Lecho superior							
Acero longitudinal	No.3@25cm	16.40	24	393.60	0.56	220.42	5.58
Tramos de acero longitudinal	No.3@25cm	6.36	24	152.64	0.56	85.48	2.16
Acero transversal	No.3@25cm	6.56	60	393.60	0.56	220.42	5.58
Tramos de acero transversal	No.3@25cm	6.56	20	131.20	0.56	73.47	1.86
Total							26.34

Tabla 4.15: Cantidad de acero de refuerzo necesario para el armado, para losa bidireccional.
Fuente propia.

- **Alambre:**

cantidad de alambre = cantidad de acero de refuerzo(qq) * 10 lb/qq

$$\text{cantidad de alambre} = 26.34 \text{ qq} * 10 \frac{\text{lb}}{\text{qq}} = 263.34 \text{ lb}$$

- **Burros o sillas de separación acero doble lecho**

1 m² = 1 burro

longitud de burro = 50 cm

Para un área de 90 m², se necesitan 90 burros. Por tanto, se necesitan 45 m de varilla No.3.

$$\text{cantidad de acero} = 45 \text{ m} * 0.56 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * \frac{1 \text{ qq}}{100 \text{ kg}} = 0.252 \text{ qq}$$

- **Separadores de plástico**

Colocaran a cada metro de distancia en ambas direcciones, por tanto

L= 6 m y L= 15 m se tendrá:

Número de separadores plásticos = 6x15 = 90 separadores

- **Cantidad de electro malla.**

Electro malla 6x6 -9/9 por cada 12 m².

$$\text{cantidad de electromalla} = \frac{\text{Área de tramo de losa}}{\text{Área a cubrir por electromalla}}$$

$$\text{cantidad de electromalla} = \frac{90}{12} = 7.5$$

b) Mano de obra

- **Armado de acero de refuerzo**

$$\text{rendimiento} = 0.60 \frac{qq}{h - h}$$

$$\text{tiempo} = \frac{26.59 qq}{0.60 \frac{qq}{h - h} * \frac{7 h}{\text{dia}}} = 6.3 \text{ dias}$$

tiempo = 6.3 dias

- **Colocación de electromalla**

$$\text{rendimiento} = 60 \frac{m^2}{h - h}$$

- **Tiempo necesario:**

$$\text{tiempo} = \frac{90 m^2}{\left(60 \frac{m^2}{h - h}\right) * 7h} = 0.21 \text{ días (1auxiliar)}$$

c) Equipo y herramientas

Equipo y Herramientas					
Cinta métrica	Día	6.3	0.016	1	\$0.11
Cortadora de hierro	Día	6.3	3.18	1	\$20.03
Tenaza de presión	Día	6.3	0.0064	1	\$0.04
Total					\$20.18

Tabla 4.16: Equipo y herramientas, para armado de acero de refuerzo, para losa bidireccional.
Fuente propia.

d) Sub partida de acero de refuerzo

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unidad(\$)	Factor	Sub-Total (\$)
Acero de refuerzo					
Materiales					
Acero refuerzo N°3	qq	26.34	45	1	\$1,185.30
Alambre de Amarre	Lb	263.4	1.25	1	\$329.25
Separadores plásticos	Unidad	90	0.1	1.1	\$9.90
Acero para burros N°3	qq	0.252	45	1.1	\$12.47
Malla electrosoldada	pieza(m ²)	7.5	84.2	1	\$631.50
Mano de Obra					
Armador	Días	6.3	12.86	1.88	\$152.31
auxiliar	Días	0.21	10.50	1.88	\$4.15
Equipo y Herramientas					
Cinta métrica	Días	6.3	0.016	1	\$0.11
Cortadora de hierro	Días	6.3	3.18	1	\$20.03
Tenaza de presión	Días	6.3	0.0064	1	\$0.04
Total					\$2,364.40

Tabla 4.17: Sub-partida de acero de refuerzo, para losa bidireccional.
Fuente: Propia

4.3.4 Colocación concreto, vibrado y enrasado

a) Mano de obra

- Acarreo y colocación de concreto

Costo de mano de obra para acarreo y colocación de concreto hecho en obra es con un rendimiento de 0.5 m³ / h-h.

Tiempo de acarreo y colocación de concreto para losa densa

$$\text{tiempo} = \frac{10.1 \text{ m}^3}{0.5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 7\text{h} - \text{dia}} = 2.89 \text{ dias (1 auxiliar)}$$

- Vibrado

Rendimiento de un auxiliar con vibrador mecánico 2 m³/hora

$$\text{tiempo} = \frac{10.1 \text{ m}^3}{2 \text{ m}^3/\text{h} - \text{h} \times 7 \text{ h} - \text{h}/\text{dia}} = 0.72 \text{ dias un auxiliar}$$

- Enrazado

Rendimiento 2 auxiliares 10m²/hora

$$\text{Tiempo} = \frac{72.2 \text{ m}^2}{10 \text{ m}^2/\text{h} - \text{h} \times 7 \text{ h} - \text{h}/\text{dia}} = 1.03 \text{ dias (dos auxiliares)}$$

b) Equipo y herramientas

Equipo y Herramientas					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unidad(\$)	Factor	Sub-Total (\$)
Vibrador	día	0.72	0.016	1	\$0.01

Tabla 4.18: Equipo para vibrado de concreto.
Fuente propia

c) Sub-partida de hechura y colocación concreto, vibrado y enrasado

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unidad(\$)	Factor	Sub-Total (\$)
Hechura y colocación concreto, vibrado y enrasado					
Materiales					
Concreto (F'c=210 Kg/cm ²)	M ³	10.1	156.79	1	\$ 1583.58
Mano de Obra					
Auxiliar	Días	5.67	10.50	1.88	\$ 111.93
Equipo y Herramientas					
Vibrador	Días	0.72	0.016	1	\$0.01
Total					\$ 1695.52

Tabla 4.19: Sub-partida de colado, vibrado y enrasado del concreto.
Fuente propia.

4.3.5 Curado a partir de sellador liquido

Se retomó del presupuesto de losa unidireccional, ya que el área a curar es similar.

a) sub-partida de curado losa utilizando adisol

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unidad(\$)	Factor	Sub-Total (\$)
Curado losa utilizando adisol					
Materiales					
Adisol	Galón	3.61	7.99	1.1	\$ 31.73
Mano de Obra					
Auxiliar	Días	1.77	10.50	1.88	\$ 34.94
Carpintero	Días	1.03	12.86	1.88	\$ 24.90
Equipo y Herramientas					
Bomba de aspersión	Días	0.74	0.20	1	\$ 0.15
Total					\$ 91.72

Tabla 4.20: Sub-partida de curado de concreto.
Fuente propia

4.3.6 Hoja universal del sistema de losa densa bidireccional

(Costo directo)

Hoja universal					
Encofrado					
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Puntales (cuartón madera)	Varas	320.63	\$1.60	1.1	\$ 564.31
Plywood	Pliego	13	\$29.50	1.1	\$ 421.85
Vigas y viguetas(cuartón)	Varas	93.41	\$2.5	1.1	\$ 256.88
Clavos	Lb	45	\$1.2	1.05	\$ 56.70
Desencofrante	Lt	5	\$4.2	1.05	\$ 22.05
Agua humedecer madera	LI	45	\$0.003	1	\$ 0.14
Mano de obra					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Auxiliar	Días	2	\$10.50	1.88	\$ 39.48
Carpintero	Días	2	\$12.86	1.88	\$ 48.35
Equipo y herramientas					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total

Martillo	Días	2	\$0.154	1	\$ 0.31
Alicate	Días	2	\$0.145	1	\$ 0.29
Andamio	Días	2	\$6.09	1	\$ 12.18
Total					\$ 1,422.54
Acero de refuerzo					
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Acero refuerzo N°3	qq	26.34	45	1	\$1,185.30
Alambre de Amarre	Lb	263.4	1.25	1	\$329.25
Separadores plásticos	Unidad	90	0.1	1.1	\$9.90
Acero para burros N°3	qq	0.252	45	1.1	\$12.47
Malla electrosoldada	pieza(m")	7.5	84.2	1	\$631.50
Mano de obra					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Armador	Días	6.3	12.86	1.88	\$152.31
Auxiliar	Días	0.21	10.50	1.88	\$4.15
Equipo y herramientas					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Cinta métrica	Días	6.3	0.016	1	\$0.11
Cortadora de hierro	Días	6.3	3.18	1	\$20.03
Tenaza de presión	Días	6.3	0.0064	1	\$0.04
Total					\$2,364.40
Hechura y colocación de concreto, vibrado y enrasado					
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Concreto f'c=210 kg/cm ²	M ³	10.1	156.79	1	\$ 1583.58
Mano de obra					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Auxiliar	Días	5.67	10.50	1.88	\$ 111.93
Equipo y herramientas					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Vibrador	Días	0.72	0.016	1	\$0.01
Total					\$ 1695.52
Curado losa con adisol y desencofrado					
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Adisol	Galón	3.61	7.99	1.1	\$ 31.73
Mano de obra					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total

Auxiliar	Días	1.77	10.50	1.88	\$ 34.94
Carpintero	Días	1.03	12.86	1.88	\$ 24.90
Equipo y herramientas					
descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Bomba de aspersión	Días	0.74	0.20	1	\$ 0.15
Total					\$ 91.72
Total partida					\$ 5,574.18

Tabla 4.21 Hoja universal de losa densa unidireccional
Fuente propia.

El costo total de la partida es de \$5,574.18, se procede a determinar el costo unitario del sistema, dividiendo este costo entre el área considerada.

$$\text{Costo Por m}^2 = \$ 5,574.18 / 77.28 \text{ m}^2 = \$72.13$$

4.4 presupuesto de losa COPRESA VT1-15.

Después de haber realizado en el capítulo III, el diseño estructural de la losa VTA-15, especificado por el catálogo de la empresa COPRESA, se procede al análisis de costo, para esto se tomará una sección de losa en el entrepiso 1 de 3x5m (Figura 4.26), $A = 12.19 \text{ m}^2$ que será representativa para el cálculo o costo por m^2 de la losa COPRESA VT1-15.

Con base al proceso constructivo de la losa prefabricada de vigueta y bovedilla, expuesto en el capítulo II, se procedió a desglosar cada elemento constituyente del sistema, con el fin de llegar establecer el costo unitario del sistema.

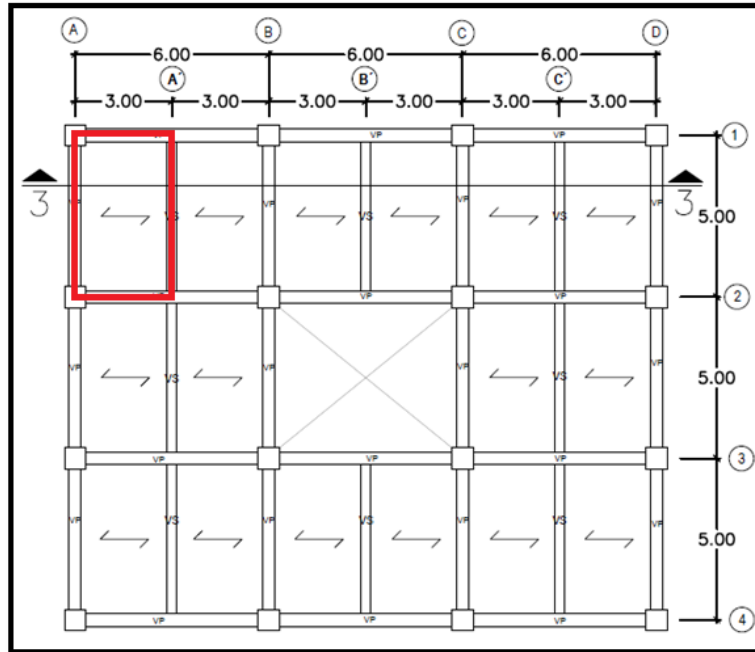


Figura 4.3: Área a considerar para presupuesto de losa COPRESA.
Fuente: Propia.

4.4.1 Apuntalamiento

a) Materiales

- **Cuartón madera (durmientes)**

Para este caso se tomó una separación de 1.0 m.

$$\text{Número de cuartones} = \frac{\text{longitud total}}{\text{separacion}}$$

$$\text{Número de cuartones} = \frac{2.65}{1} = 2.65 \approx 2 \text{ cuartones}$$

$$\text{longitud total} = 2 \times (4.60 + 2(0.05)) = 9.40 \text{ m}$$

- **Puntales estructurales**

Se tiene una luz de 4.60 metros, por lo que se colocó 3 puntales por cada larguero.

Cantidad de puntales = Número de cuarterones * puntales por cuarteron

Cantidad de puntales = $2 \times 3 = 6$ puntales

b) Mano de obra

• Colocación de puntales metálicos

$$\text{rendimiento} = 7 \frac{\text{m}^2}{\text{h} - \text{h}}$$

• Tiempo necesario:

$$\text{tiempo} = \frac{15 \text{ m}^2}{\left(7 \frac{\text{m}^2}{\text{h} - \text{h}}\right) * 7\text{h}} = 0.31 \text{ días (1auxiliar)}$$

c) Equipo y herramientas

Descripción	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Total
Martillo	Días	\$0.154	0.31	\$ 0.05
Alicate	Días	\$0.145	0.31	\$ 0.04

Tabla 4.22: Equipo y herramientas, para apuntalamiento.
Fuente propia.

d) Sub-partida de apuntalamiento

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total (\$)
Apuntalamiento					
Materiales					
Puntal Estructural	Día	6	\$1.26	1	\$7.56
Cuartón	M	9.4	\$2.05	1.05	\$20.23
Clavos	Lb	0.5	\$1.20	1.05	\$0.63
Alambre	Lb	0.5	\$1.22	1.05	\$0.64
Mano de obra					
Auxiliar	Día	0.31	10.50	1.88	\$6.12
Equipo y herramientas					
Martillo	Día	0.31	0.154	1	\$0.05
Alicate	Día	0.31	0.145	1	\$0.04
Andamio	Días	0.31	6.09	1	\$ 1.89
Total					\$37.17

Tabla 4.23: Sub-partida de apuntalamiento de vigueta y bovedilla.
Fuente propia.

4.4.2 Sistema de vigueta y bovedilla

a) Materiales

- **Cantidad de vigueta.**

$$\text{Número de viguetas} = \frac{\text{Claro 1} - 2 + \text{apoyo de vigueta en viga}}{\text{Separacion entre viguetas}}$$

$$\text{Número de viguetas} = \frac{4.65 + 0.04}{0.70} = 6.69 \approx 7 \text{ viguetas}$$

Se utilizó 7 viguetas para el tablero mostrado, ya que las bovedillas se colocan apoyadas en los extremos sobre la viga y una vigueta, para luego ir colocando las bovedillas entre dos viguetas.

- **Cantidad de bovedilla.**

Para el tablero de losa a analizar, se tiene un área de:

$$A = 12.19 \text{ m}^2$$

Por lo que para una VT1-15 según la tabla anterior se calculó 7.2 bovedillas/m²

$$\text{Número de bovedillas} = 7.2 * 12.19 = 87.8 \approx 88 \text{ bovedillas.}$$

- **Longitud de vigueta**

De acuerdo a los precios de venta de la losa COPRESA, se tiene el costo de cada uno de estos elementos de vigueta en función de los metros lineales a utilizar, para este caso fue de 2.75m.

$$\text{metros lineales} = 7 \times 2.75 = 19.25 \text{ ml}$$

b) Mano de obra

- **Acarreo de bovedilla**

Rendimiento 100 bovedillas/h – h

- **Tiempo necesario:**

$$\text{tiempo} = \frac{88 \text{ bovedillas}}{100 \frac{\text{bovedillas}}{h - 8h} \times 7h} = 0.13 \text{ días (8 auxiliares)}$$

- **Acarreo vigueta**

Rendimiento: $6 \frac{\text{viguetas}}{h - 2h}$

- **Tiempo necesario:**

$$\text{tiempo} = \frac{7 \text{ viguetas}}{6 \frac{\text{viguetas}}{h - 2h} \times 7h} = 0.17 \text{ días (2 auxiliares)}$$

- **Colocación de vigueta y bovedilla en obra.**

Rendimiento = $2.11 \text{ m}^2/\text{h} - 2h$

$$\text{tiempo} = \frac{12.19 \text{ m}^2}{2.11 \frac{\text{m}^2}{h - 2h} \times 7h} = 0.83 \text{ días (2 auxiliares)}$$

c) Equipo y herramientas

Descripción	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Total
Alicate	Días	\$0.145	3.04	\$0.44

Tabla 4.24: Equipo y herramientas, para colocación de vigueta y bovedilla.
Fuente propia.

d) Sub-partida de sistema de vigueta y bovedilla

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total (\$)
Sistema de vigueta y bovedilla					
Materiales					
Vigueta	Unidad	19.25	\$2.73	1.1	\$57.81
Bovedilla	Unidad	88	\$1.27	1.1	\$122.94
Mano de obra					
Auxiliar	Día	3.04	10.50	1.88	\$60.01
Equipo y herramientas					
Alicate	Día	3,04	\$0.145	1	\$0.44
Total					\$241.20

Tabla 4.25: Sub-partida colocación de vigueta y bovedilla.
Fuente Propia

4.4.3 Acero de refuerzo

a) Materiales

- Longitud de los bastones de empotramiento exterior e interior

Bastones externos

De capítulo IV la longitud de los bastones externos será de 1.0 m incluyendo la longitud del gancho.

Bastones interiores

En el diseño estructural se determinó que la longitud de los bastones en todos los apoyos internos sería de 1.50 m reduciendo así el desperdicio de acero.

- Longitud total de bastones interiores:

Longitud total de bastones#3 = $L_{bip} + L_{bis} = 150 + 150 = 300$ cm

Longitud total del acero = Número de viguetas * longitud total de bastones

Longitud total del acero = $7 \times 300 = 2100$ cm = 21 m

$$\text{cantidad de acero} = 21 \text{ m} \times 0.56 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times \frac{1 \text{ qq}}{100 \text{ kg}} = 0.118 \text{ qq}$$

- **Cantidad de electro malla**

Electro malla 6x6 -9/9 por cada 12 m².

$$\text{cantidad de electromalla} = \frac{\text{Área de tramo de losa}}{\text{Área a cubrir por electromalla}}$$

$$\text{cantidad de electromalla} = \frac{12.19}{12} = 1 \text{ pieza}$$

- **Alambre:**

cantidad de alambre = cantidad de acero de refuerzo(qq) * 10 lb/qq

$$\text{cantidad de alambre} = 0.118 \text{ qq} * 10 \frac{\text{lb}}{\text{qq}} = 1.18 \text{ lb}$$

b) Mano de obra

Armado de bastones: rendimiento = $0.30 \frac{\text{qq}}{\text{h-h}}$

$$\text{tiempo} = \frac{0.118 \text{ qq}}{0.30 \frac{\text{qq}}{\text{h-h}} * \frac{7 \text{ h}}{\text{día}}} = 0.06 \text{ días}$$

- **Colocación de electromalla**

$$\text{rendimiento} = 60 \frac{\text{m}^2}{\text{h-h}}$$

- **Tiempo necesario:**

$$\text{tiempo} = \frac{12.19 \text{ m}^2}{\left(60 \frac{\text{m}^2}{\text{h-h}}\right) * 7 \text{ h}} = 0.03 \text{ días (1auxiliar)}$$

c) Equipo y herramientas

Descripción	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Total
Cinta métrica	Día	\$0.016	0.06	\$0.001
Cortadora de hierro	Día	\$3.18	0.06	\$ 0.19
Tenaza de presión	Día	\$0.0064	0.06	\$0.0004

Tabla 4.26: Equipo y herramientas, para armado de acero de refuerzo.
Fuente propia.

d) Sub-partida de acero de refuerzo

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Factor	Sub-total (\$)
Materiales					
Hierro no.3 (3/8")	qq	0.118	\$45.00	1.1	\$5.84
Alambre de amarre	Lb	1.18	\$1.25	1	\$1.48
Malla electrosoldada	Pieza	1	\$84.2	1	\$84.2
Mano de obra					
Armador	Días	0.06	\$12.86	1.88	\$1.45
Auxiliar	Días	0.04	\$10.50	1.88	\$0.79
Equipo y herramientas					
Cinta métrica	Días	\$0.016	0.06	1	\$0.001
Cortadora de hierro	Días	\$3.18	0.06	1	\$ 0.19
Tenaza de presión	Días	\$0.0064	0.06	1	\$0.0004
Total					\$93.95

Tabla 4.27: Sub-partida de acero de refuerzo.
Fuente Propia

4.4.4 Colado de losa aligerada VT1-15.

Usar un porcentaje de concreto de $0.058 \frac{m^3}{m^2}$, según catálogo COPRESA.

Tipo de losa tradicional COPRESA VT1-15

Área de tablero = 12.19 m²

Volumen de concreto = 12.19 m² × 0.058 m³/m² = 0.71 m³

Hechura del concreto

Se retomará del presupuesto de la losa unidireccional.

a) Sub-partida de hechura de concreto

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total (\$)
Costo de concreto por m³					
Materiales					
Cemento	bolsa	10.36	\$ 8.58	1	\$ 88.89
Arena	m ³	0.58	\$ 12.80	1	\$ 7.42
Grava	m ³	0.58	\$ 36.00	1	\$ 20.88
Agua	lt	206.00	\$ 0.0015	1	\$ 0.31
Mano de obra					
Operario y Auxiliar	m ³	1	\$ 27.44	1	\$ 27.44
Equipo y herramientas					
Concreteira	m ³	1	\$ 7.33	1	\$ 7.33
Combustible	m ³	1	\$ 4.52	1	\$ 4.52
Total					\$ 156.79

Tabla 4.28: Sub-partida de hechura de concreto.
Fuente propia.

$$\text{Total de costo por m}^3 \text{ de concreto} = \left(\frac{\$156.79}{\text{m}^3} \right) \times 0.71\text{m}^3$$

$$\text{Total de costo por m}^3 \text{ de concreto} = \$111.32$$

Se investigó cuanto costaba el metro cubico de concreto ya elaborado dándonos un costo para nuestra resistencia de \$127.49

$$\text{Total costo por m}^3 \text{ de concreto} = \left(\frac{\$127.49}{\text{m}^3} \right) * 0.71\text{m}^3$$

$$\text{Total de costo por m}^3 \text{ de concreto} = \$90.52$$

4.4.5 Colocación concreto, vibrado y enrasado

a) Mano de obra

Acarreo y colocación de concreto

Costo de mano de obra para acarreo y colocación de concreto hecho en obra es con un rendimiento de 0.5 m³ / h-h.

Tiempo de acarreo y colocación de concreto para losa COPRESA

VT1-15.

$$\text{tiempo} = \frac{0.71 \text{ m}^3}{0.5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 7\text{h} - \text{dia}} = 0.20 \text{ dias (1 auxiliar)}$$

• Vibrado

Rendimiento de un auxiliar con vibrador mecánico 2 m³/hora

$$\text{tiempo} = \frac{0.71 \text{ m}^3}{2 \text{ m}^3/\text{h} - \text{h} \times 7 \text{ h} - \text{h}/\text{dia}} = 0.05 \text{ dias (1 auxiliar)}$$

• Enrazado

Rendimiento 2 auxiliares 10m²/hora

$$\text{Tiempo} = \frac{12.19 \text{ m}^2}{10 \text{ m}^2/\text{h} - \text{h} \times 7 \text{ h} - \text{h}/\text{dia}} = 0.17 \text{ dias (2 auxiliares)}$$

b) Equipo y herramientas

Equipo y Herramientas					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unidad(\$)	Factor	Sub-Total (\$)
Vibrador	Día	0.05	0.016	1	\$0.001

Tabla 4.29: Equipo para vibrado de concreto.
Fuente propia

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unidad(\$)	Factor	Sub-Total (\$)
Hechura y colocación concreto, vibrado y enrasado					
Materiales					
Concreto (F'c=210 Kg/cm ²)	m ³	0.71	156.79	1	\$ 111.32
Mano de Obra					
Auxiliar	Día	0.59	10.50	1.88	\$ 11.65
Equipo y Herramientas					
Vibrador	Día	0.05	0.016	1	\$ 0.001
Total					\$ 122.97

Tabla 4.30: Sub-partida de colado, vibrado y enrazado del concreto.
Fuente propia

c) **Sub-partida de hechura y colocación concreto, vibrado y enrasado**

4.4.6 Curado a partir de sellador liquido

a) Materiales:

Aditivo: Adisol en Galón

Área a cubrir: 12.19 m²

Rendimiento: 20 m² por galón

Cantidad de material = 12.19 m² / 20 m² por galón = 0.61 galones

b) Mano de obra:

Colocación del aditivo

Área = 12.19 m²

Rendimiento: 14 m²/hora

$$\text{Tiempo de colocación} = \frac{12.19 \text{ m}^2}{14 \frac{\text{m}^2}{\text{h}} \times 7 \frac{\text{h} - \text{h}}{\text{día}}} = 0.12 \text{ días (Auxiliar)}$$

c) Equipo y herramientas

Equipo y Herramientas					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unidad(\$)	Factor	Sub-Total (\$)
Bomba de aspersión	día	0.12	0.2	1	\$0.02

Tabla 4.31: Equipo para curado de concreto.
Fuente propia.

d) Sub-partida de curado losa utilizando adisol

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unidad(\$)	Factor	Sub-Total (\$)
Curado losa utilizando adisol					
Materiales					
Adisol	Galón	0.61	7.99	1.1	\$ 5.36
Mano de Obra					
Auxiliar	Día	0.12	10.50	1.88	\$ 2.37
Equipo y Herramientas					
Bomba de aspersión	Día	0.12	0.20	1	\$ 0.02
Total					\$ 7.75

Tabla 4.32: Sub-partida de curado de concreto.
Fuente propia

**4.4.7 Hoja universal del sistema de vigueta y bovedilla COPRESA
VT1-15 (costo directo)**

Hoja universal					
Apuntalamiento					
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Puntal estructural	Día	6	\$1.26	1	\$7.56
Cuartón	M	9.4	\$2.05	1.05	\$20.23
Clavos	Lb	0.5	\$1.20	1.05	\$0.63
Alambre	Lb	0.5	\$1.25	1.05	\$0.66
Mano de obra					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Auxiliar	Días	0.31	10.50	1.88	6.12
Equipo y herramientas					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Martillo	Días	0.31	0.154	1	\$0.05
Alicate	Días	0.31	0.145	1	\$0.04
Andamio	Días	0.31	6.09	1	\$ 1.89
Total					\$37.17
Sistema de vigueta y bovedilla					
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Vigueta	unidad	19.25	\$2.73	1.1	\$57.81
Bovedilla	unidad	88	\$1.27	1.1	\$122.94
Mano de obra					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Auxiliar	Día	3.04	10.50	1.88	\$60.01
equipo y herramientas					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Alicate	Día	3,04	\$0.145	1	\$0.44
Total					\$241.20

Acero de refuerzo					
Materiales					
Descripción	unidad	cantidad	precio unitario	factor	sub-total
Hierro no.3 (3/8")	qq	0.118	\$45.00	1.1	\$5.84
Alambre de amarre	Lb	1.18	\$1.25	1	\$1.48
Malla electrosoldada	Pieza	1	\$84.2	1	\$84.2
Mano de obra					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Armador	Día	0.06	\$12.86	1.88	\$1.45
Auxiliar	Días	0.04	\$10.50	1.88	\$0.79
Equipo y herramientas					
Descripción	unidad	cantidad	precio unitario	factor	sub-total
Cinta métrica	Días	\$0.016	0.06	1	\$0.001
Cortadora de hierro	Días	\$3.18	0.06	1	\$ 0.19
Tenaza de presión	Días	\$0.0064	0.06	1	\$0.0004
Total					\$93.95
Hechura y colocación de concreto, vibrado y enrasado					
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
concreto f'c=210 kg/cm ²	m ³	0.71	156.79	1	\$ 111.32
Mano de obra					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Auxiliar	Día	0.59	10.50	1.88	\$ 11.65
Equipo y herramientas					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Vibrador	Día	0.05	0.016	1	\$ 0.001
Total					\$ 122.97
Curado losa con adisol					
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Adisol	galón	0.61	7.99	1.1	\$ 5.36
mano de obra					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Auxiliar	Día	0.12	10.50	1.88	\$ 2.37
Equipo y herramientas					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Bomba de aspersión	Día	0.12	0.20	1	\$ 0.02
Total					\$ 7.75
Total partida					\$ 503.04

Tabla 4.33: Hoja universal de losa de vigueta y bovedilla.
Fuente propia.

El costo total de la partida es de \$503.04 por lo tanto el costo unitario es:

$$\text{Costo por m}^2 = \$ 503.04 / 12.19 \text{ m}^2 = \$41.27$$

4.5 Presupuesto de losa acero GalvaDeck

Después de haber realizado en el capítulo III, el diseño estructural de la losa acero GALVADECK 25, especificado por el catálogo de la empresa GALVADECK, se procedió al análisis de costo, para esto se tomará una sección de losa en el entrepiso 1 de 3x5m (Figura 4.39), $A= 12.19 \text{ m}^2$ que será representativa para el cálculo o costo por m^2 de la losa GALVADECK 25.

Con base al proceso constructivo de la losa acero GALVADECK 25, expuesto en el capítulo II, se procede a desglosar cada elemento constituyente del sistema, con el fin de llegar a establecer el costo unitario del sistema.

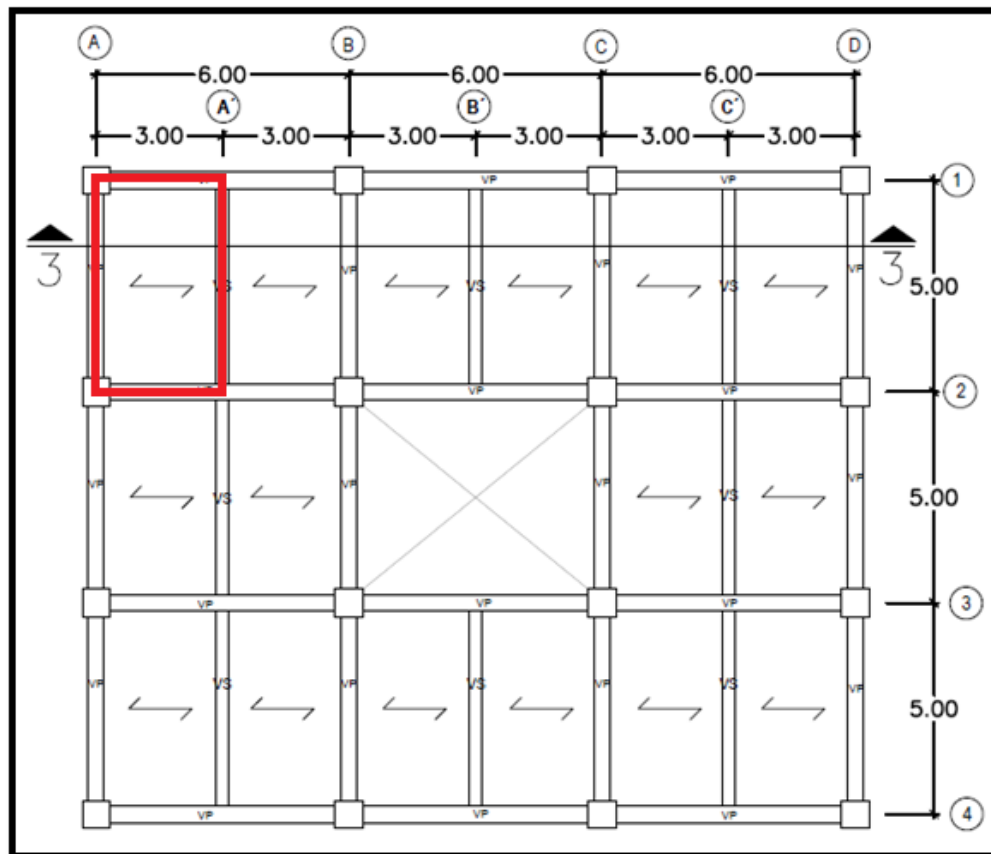


Figura 4.4: Área a considerar para presupuesto de losa acero GALVADECK.
Fuente: Propia.

4.5.1 Paraleado y entarimado

a) Materiales

- **Cantidad de lámina colaborante**

El fabricante en este caso la empresa GALVADECK, dispone en su catálogo diferente tipos de lámina colorante, cada una con distintos peraltes, claros, calibre y acabado, por lo cual la elección de cada una influirá de forma directa a la cantidad de materiales y mano de obra.

$$\text{Ancho a cubrir} = 5.00 - 2(0.2) = 4.60 \text{ m}$$

$$\text{Número de láminas} = \frac{\text{ancho a cubrir}}{\text{ancho de la lámina}} = \frac{4.60}{0.9144} = 5.09$$

El costo de una lámina Galvadeck 25, calibre 22 se obtiene por metros lineales.

- **Puntales estructurales**

Se tiene una luz de 4.60 metros, se colocó a una separación de 0.80 m.

$$\text{Cantidad de puntales} = \frac{4.60\text{m}}{0.80\text{m}} = 5.75 \approx 6 \text{ puntales}$$

b) Mano de obra

- **Colocación de puntales metálicos**

$$\text{rendimiento} = 7 \frac{\text{puntales}}{\text{h} - \text{h}}$$

Tiempo necesario:

$$\text{tiempo} = \frac{6 \text{ puntales}}{\left(7 \frac{\text{puntales}}{\text{h} - \text{h}}\right) \times 7\text{h}} = 0.12 \text{ días (1auxiliar)}$$

- **Colocación de láminas galvadeck**

$$\text{rendimiento: } 16.5 \frac{\text{m}^2}{\text{h} - \text{h}}$$

Tiempo necesario:

$$\text{tiempo de colocacion} = \frac{12.19 \text{ m}^2}{16.5 \frac{\text{m}^2}{\text{h} - \text{h}} \times 7\text{h}} = 0.11 \text{ dias}$$

c) Equipo y herramientas

Descripción	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Total
Martillo	Días	\$0.154	0.12	\$ 0.02
Alicate	Días	\$0.145	0.12	\$ 0.02
Nylon	Días	\$0.05	0.11	\$0.01
Cinta métrica	Días	\$0.016	0.11	\$0.002

Tabla 4.34: Equipo y herramientas, paraleado y entarimado
Fuente propia.

d) Sub-partida de paraleado y entarimado

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Paraleado y entarimado					
Materiales					
Lámina galvadeck calibre: C22	Unidad	5.09	\$8.31	1.1	\$46.52
Mano de obra					
Auxiliar	Día	0.23	10.50	1.88	\$4.54
Equipo y herramientas					
Martillo	Días	\$0.154	0.12	1	\$ 0.02
Alicate	Días	\$0.145	0.12	1	\$ 0.02
Nylon	Días	\$0.05	0.11	1	\$0.01
Cinta métrica	Días	\$0.016	0.11	1	\$0.002
Total					\$51.11

Tabla 4.35: Sub-partida de paraleado y entarimado de losa GALVADECK
Fuente propia.

4.5.2 Colocación de electromalla y acero para refuerzo negativo

a) Materiales

Retomando del capítulo III, se tiene bastones de 1.0 m de longitud, en ambos extremos a cada 35 cm.

$$\text{Numero de varillas} = \frac{4.60}{0.35} = 13.14 = 14$$

$$\text{peso de acero de refuerzo} = 14 * 2(1\text{m}) \times 0.56 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times 2.2 \frac{\text{lb}}{\text{kg}} \times \frac{\text{qq}}{100\text{lb}}$$

$$\text{peso de acero de refuerzo} = 0.345 \text{ qq}$$

- **Cantidad de electro malla.**

Electro malla 6x6 -9/9 por cada 12 m².

$$\text{cantidad de electromalla} = \frac{\text{área de tablero}}{\text{área a cubrir por electromalla}}$$

$$\text{cantidad de electromalla} = \frac{12.19}{12} = 1$$

- **Cantidad de alambre de amarre.**

Se utilizó 3.45 lb de alambre de amarre para la colocación de bastones.

b) Mano de obra

Armado de bastones:

$$\text{rendimiento} = 0.30 \frac{\text{qq}}{\text{h} - \text{h}}$$

$$\text{tiempo} = \frac{0.345 \text{ qq}}{0.30 \frac{\text{qq}}{\text{h} - \text{h}} \times \frac{7 \text{ h} - \text{h}}{\text{dia}}} = 0.16 \text{ dias (1auxiliar)}$$

- **Colocación de electromalla**

$$\text{rendimiento} = 60 \frac{\text{m}^2}{\text{h} - \text{h}}$$

• **Tiempo necesario:**

$$\text{tiempo} = \frac{15 \text{ m}^2}{\left(60 \frac{\text{m}^2}{\text{h}}\right) \times 7\text{h} - \text{h}} = 0.04 \text{ días (1auxiliar)}$$

b) **Equipo**

Descripción	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Total
Alicate	Días	\$0.145	0.20	\$ 0.03
Cinta métrica	Días	\$0.016	0.20	\$0.003

Tabla 4.36: Equipo y herramientas, para colocación de electromalla.
Fuente propia.

c) **Sub-partida colocación de electromalla y acero de refuerzo**

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Colocación de electromalla y acero de refuerzo					
Materiales					
Malla electro soldada	Pieza(M")	1	84.2	1.10	92.62
Acero refuerzo N°3	qq	0.345	45	1.1	17.08
Alambre de amarre	Lb	0.5	1.25	1	0.63
Mano de obra					
Auxiliar	Días	0.20	10.50	1.88	3.95
Equipo y herramientas					
Alicate	Días	\$0.145	0.20	1	\$ 0.03
Cinta métrica	Días	\$0.016	0.20	1	\$0.003
Total					\$114.31

Tabla 4.37: Sub-partida colocación de electromalla.
Fuente propia

• **Recubrimiento de concreto.**

Sé utilizo un porcentaje de concreto de $0.085 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2}$, según catálogo

GALVADECK.

Área de tablero = 12.19 m^2

Volumen de concreto = $12.19 \text{ m}^2 \times 0.085 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} = 1.04 \text{ m}^3$

4.5.3 Hechura del concreto

a) Sub-partida de hechura de concreto

Se retomó del presupuesto de la losa unidireccional.

$$\text{total de costo por metro cubico de concreto} = \left(\frac{\$156.79}{\text{m}^3} \right) \times 1.04\text{m}^3$$

$$\text{Costo por metro cubico de concreto} = \$163.06$$

- **Colocación concreto, vibrado y enrasado**

- **Mano de obra**

- Acarreo y colocación de concreto**

- Costo de mano de obra para acarreo y colocación de concreto

- hecho en obra es con un rendimiento de $0.5 \text{ m}^3 / \text{h-h}$.

- Tiempo de acarreo y colocación de concreto para losa**

- GALVADECK.**

- $$\text{tiempo} = \frac{1.04 \text{ m}^3}{0.5 \frac{\text{m}^3}{\text{h-h}} \times 7 \frac{\text{h-h}}{\text{dia}}} = 0.30 \text{ dias (1 auxiliar)}$$

- **Vibrado**

- Rendimiento de un auxiliar con vibrador mecánico $2 \text{ m}^3/\text{hora}$

- $$\text{tiempo} = \frac{1.04 \text{ m}^3}{2 \text{ m}^3/\text{h-h} \times 7 \text{ h-h}/\text{dia}} = 0.07 \text{ dias (1 auxiliar)}$$

- **Enrasado**

- Rendimiento 2 auxiliares $10\text{m}^2/\text{hora}$

- $$\text{Tiempo} = \frac{12.19 \text{ m}^2}{10 \text{ m}^2/\text{h-h} \times 7 \text{ h-h}/\text{dia}} = 0.17 \text{ dias (2 auxiliares)}$$

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unidad(\$)	Factor	Sub-Total (\$)
Hechura y colocación concreto, vibrado y enrasado					
Materiales					
Concreto (F'c=210 Kg/cm ²)	m ³	1.04	156.79	1	\$ 163.06
Mano de Obra					
Auxiliar	Día	0.71	10.50	1.88	\$ 14.02
Equipo y Herramientas					
Vibrador	Día	0.07	0.016	1	\$ 0.001
Total					\$ 177.08

Tabla 4.38: Sub-partida de colado, vibrado y enrasado del concreto.
Fuente propia.

4.5.4 Curado a partir de sellador liquido

a) sub-partida de curado losa utilizando adisol

Se retomará del presupuesto de la losa COPRESA.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unidad(\$)	Factor	Sub-Total (\$)
Curado losa utilizando adisol					
Materiales					
Adisol	Galón	0.61	7.99	1.1	\$ 5.36
Mano de Obra					
Auxiliar	Día	0.12	10.50	1.88	\$ 2.37
Equipo y Herramientas					
Bomba de aspersión	Día	0.12	0.20	1	\$ 0.02
Total					\$ 7.75

Tabla 4.39: Sub-partida de curado de concreto.
Fuente propia.

**4.5.5 Hoja universal del sistema de losa acero GALVADECK 25
(costo directo).**

Hoja universal					
Paraleado y entarimado					
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Lámina galvadeck calibre: c22	Unidad	5.09	\$8.31	1.1	\$46.52
Mano de obra					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Auxiliar	Días	0.23	10.50	1.88	\$4.54
Equipo y herramientas					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Martillo	Días	\$0.154	0.12	1	\$ 0.02
Alicate	Días	\$0.145	0.12	1	\$ 0.02
Nylon	Días	\$0.05	0.13	1	\$0.01
Cinta métrica	Días	\$0.016	0.13	1	\$0.002
Total					\$51.11
Colocación de electromalla y acero de refuerzo					
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Malla electro soldada	Pieza(M")	1	84.2	1.10	92.62
Acero refuerzo N°3	qq	0.345	45	1.1	17.08
Alambre de amarre	Lb	0.5	1.25	1	0.63
Mano de obra					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Auxiliar	Días	0.20	10.50	1.88	3.95
Equipo y herramientas					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Alicate	Días	\$0.145	0.20	1	\$ 0.03
Cinta métrica	Días	\$0.016	0.20	1	\$0.003
Total					\$114.31
Hechura y colocación de concreto, vibrado y enrasado					
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total

Concreto f'c=210 kg/cm ²	m ³	1.04	156.79	1	\$ 163.06
Mano de obra					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Auxiliar	Días	0.71	10.50	1.88	\$ 14.02
Equipo y herramientas					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Vibrador	Días	0.07	0.016	1	\$ 0.001
Total					\$ 177.08
Curado losa con adisol					
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Adisol	Galón	0.61	7.99	1.1	\$ 5.36
Mano de obra					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Auxiliar	Días	0.12	10.50	1.88	\$ 2.37
equipo y herramientas					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Factor	Sub-total
Bomba de aspersión	Días	0.12	0.20	1	\$ 0.02
Total					\$9.58
Total partida					\$ 352.08

Tabla 4.40: Hoja universal de losa acero GALVADECK.
Fuente propia

El costo total de la partida es de \$352.08, se procedió a determinar el costo unitario del sistema, dividiendo este costo entre el área considerada.

$$\text{Costo Por m}^2 = \$ 352.08 / 12.19 \text{ m}^2 = \$28.88$$

CAPÍTULO V

CAPÍTULO V

COMPARACION TÉCNICA-ECONÓMICA ENTRE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE LOSA DE ENTREPISO

5.1 Introducción

En los capítulos anteriores se obtuvo información y resultados sobre los procesos constructivos de cada sistema, en cuanto al diseño estructural, así como de los costos directos de cada sistema de losa de entrepiso en estudio. Estos parámetros mencionados anteriormente son la base para el desarrollo del presente capítulo; el cual es el análisis comparativo técnico-económico de los diferentes sistemas de entrepiso seleccionados, como son:

- a) Losa densa unidireccional.
- b) Losa densa bidireccional.
- c) Losa tradicional de vigueta-bovedilla de la empresa COPRESA.
- d) Losa compuesta de concreto y lámina de acero galvanizado del tipo GalvaDeck 25.

Cada uno de estos sistemas tienen las ventajas y desventajas, que dependen de las condiciones tanto económicas, ubicación en la que se encuentra el proyecto, la disponibilidad de los materiales en el mercado y su diseño; es decir, dependiendo en qué región del país se construya, puede variar el uso de un sistema de vigueta y bovedilla a una losa densa o si se requiere tiempos menores de ejecución podría optarse a un sistema de losa compuesta con lámina de acero galvanizado colaborante.

5.2 Comparación técnica-económica de cada uno de los sistemas de losas de entepiso.

El análisis comparativo se desarrolló en tres categorías: diseño estructural, costo directo el cual contempla los materiales, mano de obra y equipo y herramientas y por el último el proceso constructivo de cada sistema. Cada uno de los resultados presentados en el análisis fue tomado de los capítulos anteriores. La geometría de cada tablero para el diseño de los sistemas, consistió en tableros rectangulares de $4.6\text{ m} \times 5.6\text{ m}$, medido rostro a rostro de las vigas.

5.2.1 Análisis sobre los resultados obtenidos por métodos de diseño manual y uso de Software.

En el capítulo III se realizó el diseño de los sistemas de losas de entepiso más comunes en el país a través de métodos manuales, así como usando el software de diseño estructural (Etabs, versión 16.2.1) por consiguiente se realizó un análisis comparativo basados en los resultados obtenidos entre ambos métodos manual y (Etabs), para ello se presentan a continuación los resultados tabulados en las gráficas de barras.

Se presentaron los resultados del análisis de diseño en los que se tomaron parámetros como: momentos flectores, área de acero de refuerzo, peso propio, cuantía de acero y volumen de concreto.

a) Gráficos comparativos sobre el diseño de losa densa unidireccional

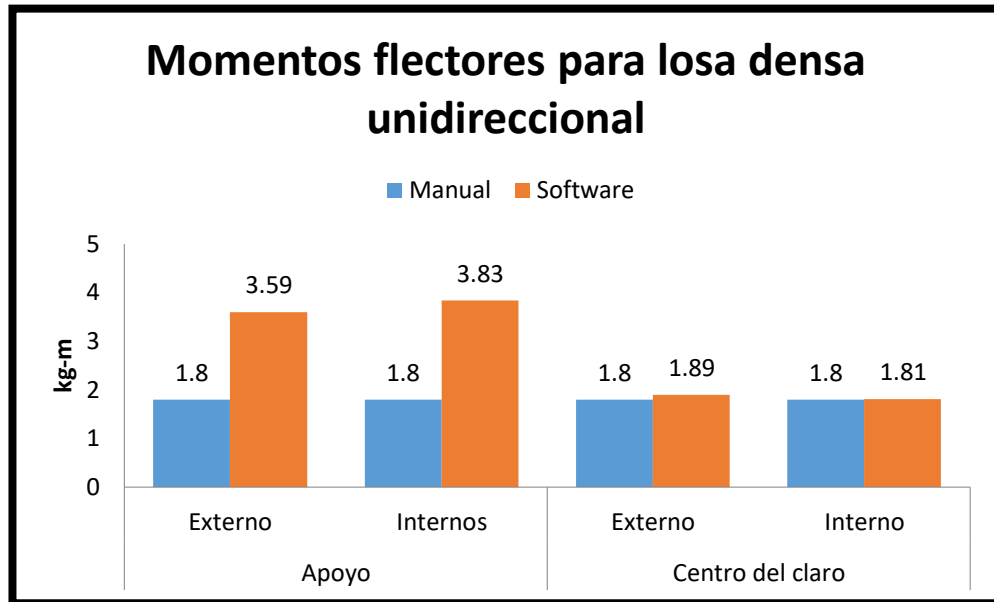


Gráfico 5.1: Momentos obtenidos por método manual y software.
Fuente: propia.

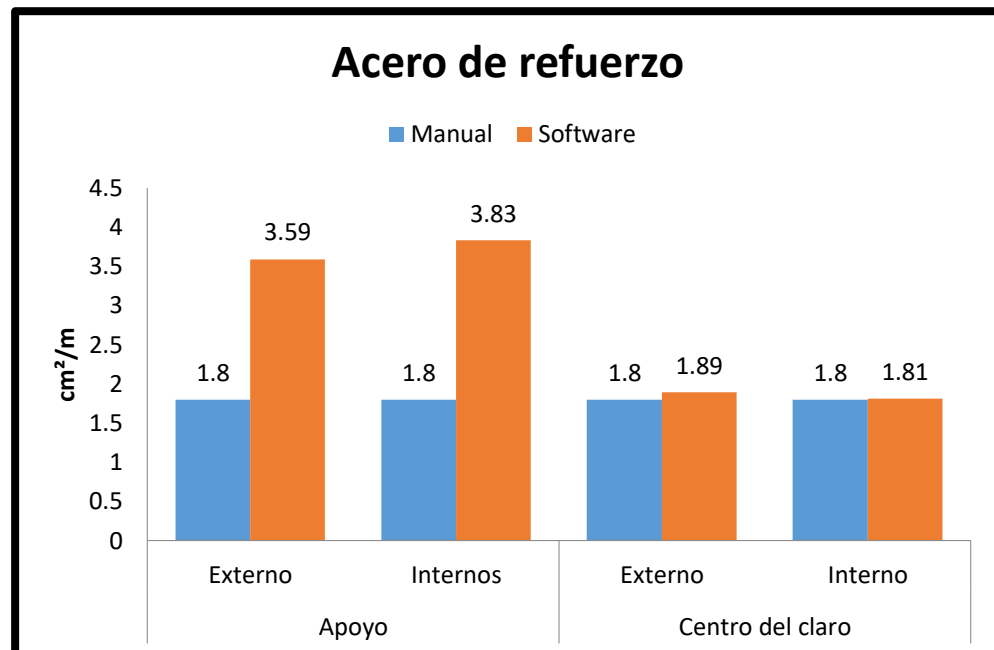


Gráfico 5.2: Acero de refuerzo obtenido por software y manual.
Fuente: propia

En las gráficas 5.1 y 5.2 se presentan las magnitudes de las acciones internas de la losa como lo son los momentos flectores con sus respectivas áreas de acero de refuerzo por metro lineal calculado por ambos métodos.

En ambas gráficas se observó que los momentos flectores calculado por los métodos manuales difieren en 19.40% con respecto a los calculados con el software. Esta variación porcentual es según el promedio obtenido por cada método tomando como base los momentos flexionantes mayores que resultaron ser los del método manual. Con los resultados de la gráfica 5.2 se observó que las áreas de acero necesario para reforzar la misma sección por ambos métodos, únicamente varían en 1.8% valores muy parecidos debido a que ambos métodos se rigen por los valores mínimos permisibles en las normativas de diseño como el ACI 318S-14.

b) Gráficos comparativos sobre el diseño de losa densa bidireccional

En los gráficos 5.3 y 5.4 se presentan los momentos en la losa densa bidireccional tanto en la dirección larga del entrepiso como en la dirección corta, ya que esta losa trabaja en ambas direcciones es necesario reforzarla de la misma forma. Estos valores se obtuvieron a través del método de los coeficientes del ACI, así como a través del software Etabs 16.2.1.

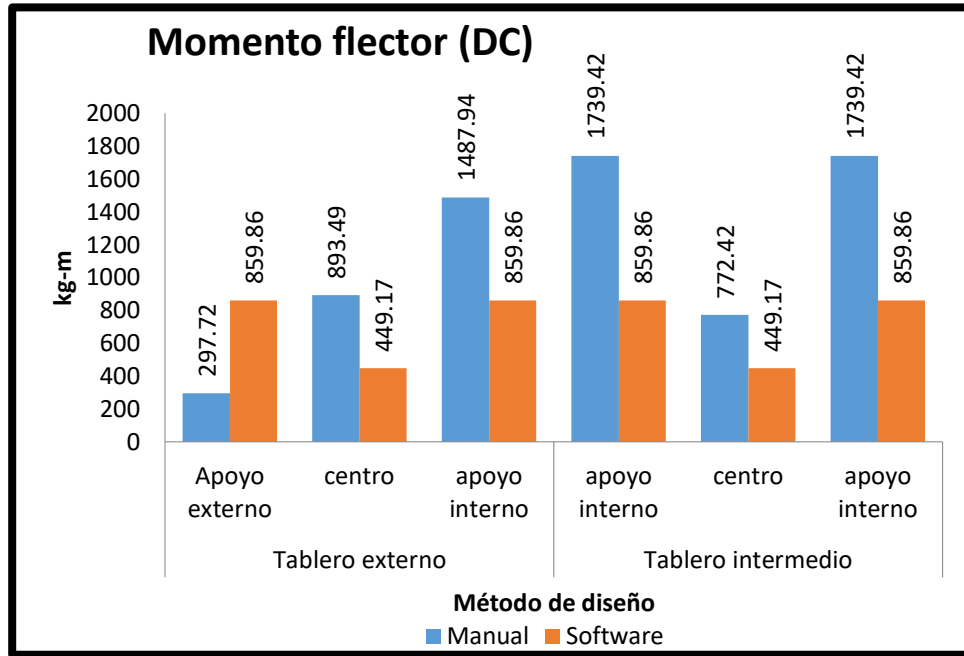


Gráfico 5.3: Momentos flectores obtenido en losa densa bidireccional (D. corta)
 Fuente: propia.

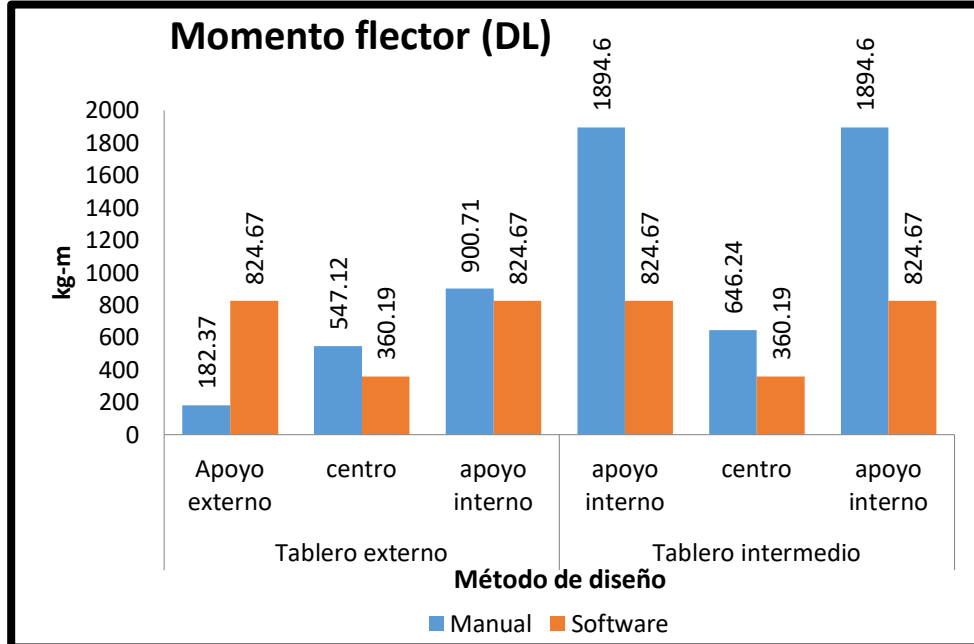


Gráfico 5.4: Momentos flectores obtenido en losa densa bidireccional (D. larga)
 Fuente: propia.

En gráficos mostrados se observa la variación de los momentos flectores en ambas direcciones de la losa y se evidencia la tendencia a que por el método manual se obtienen resultados mayores con respecto al uso de software, por ejemplo, en promedio la variación de los momentos flectores por el método manual con respecto al software es del 37.4% en la dirección corta y 33.7% en la dirección larga.

En los gráficos 5.5 y 5.6 se presenta el área de acero de refuerzo en cm^2 por cada metro de losa según los métodos antes indicados.

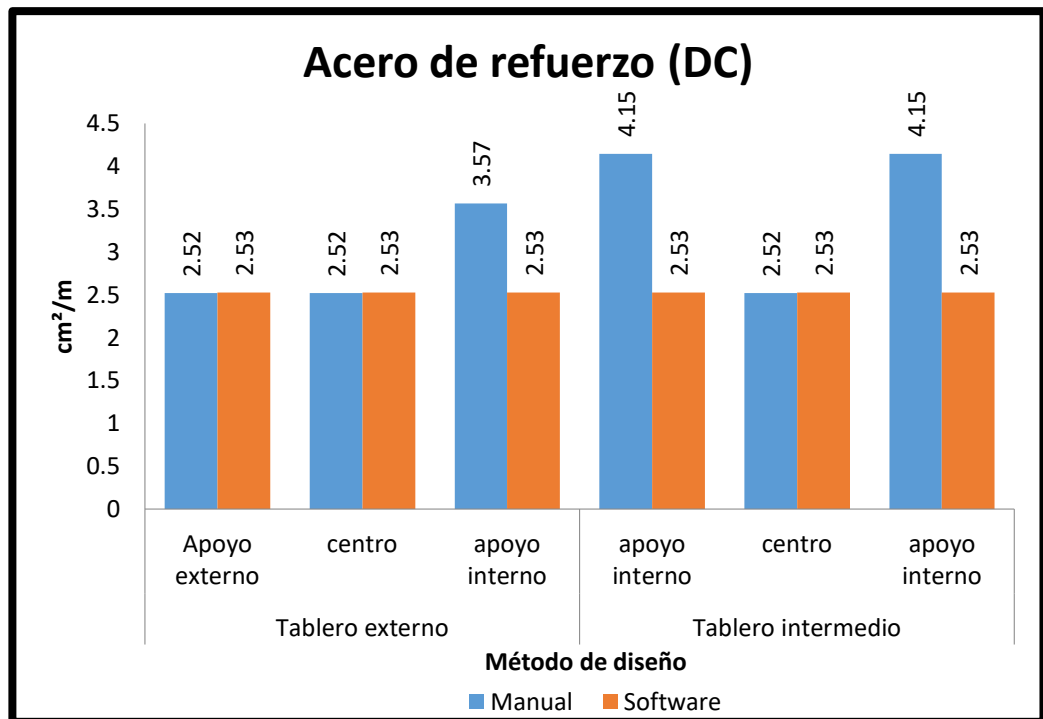


Gráfico 5.5: Acero de refuerzo en la dirección corta obtenido por software y manualmente
Fuente propia

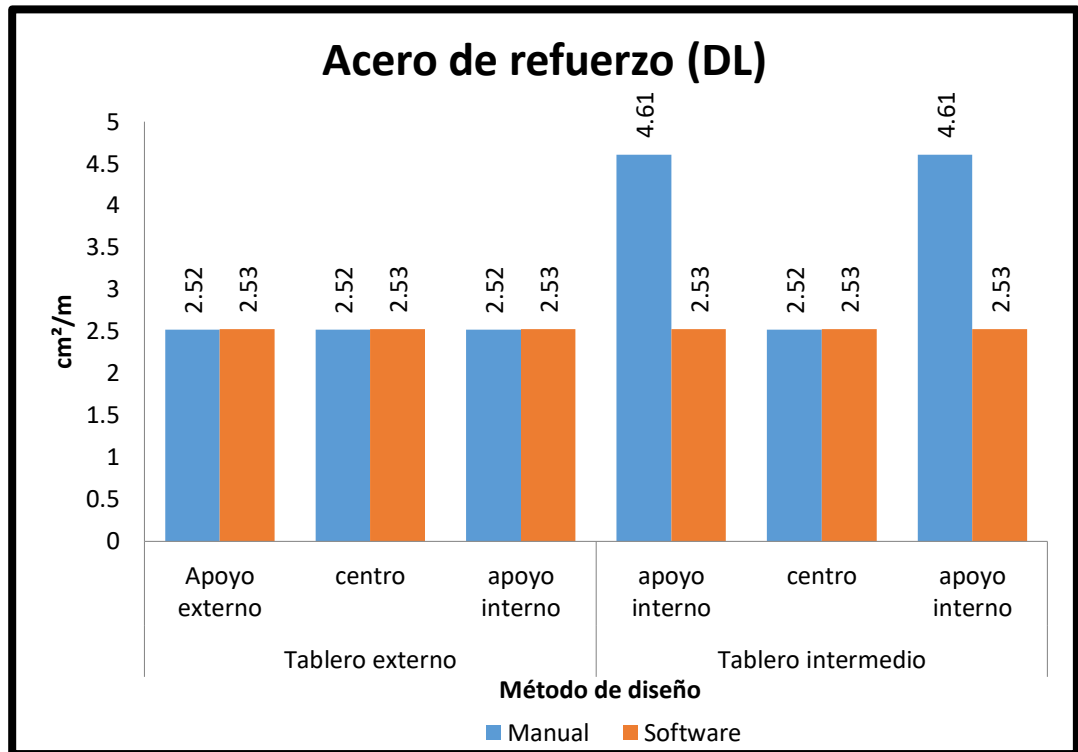


Gráfico 5.6: Acero de refuerzo obtenido por método manual y software
Fuente propia

Se concluye que en diseño por software gobernó la cuantía de acero mínimo mientras que el manual resultó mayores áreas de acero. Esto debido a que el método manual solo considera las reacciones directamente en los apoyos mientras que el software considera la interacción que tiene cada elemento con los demás elementos que conforman la estructura.

c) Gráficos comparativos sobre el diseño de losa COPRESA

Para la losa COPRESA se obtuvieron valores de momento iguales para apoyos internos y externos, estos valores son de momentos negativo los

cuales el catálogo ya sugiere la cantidad a usarse, y que según el programa de análisis y diseño están del lado de la seguridad.

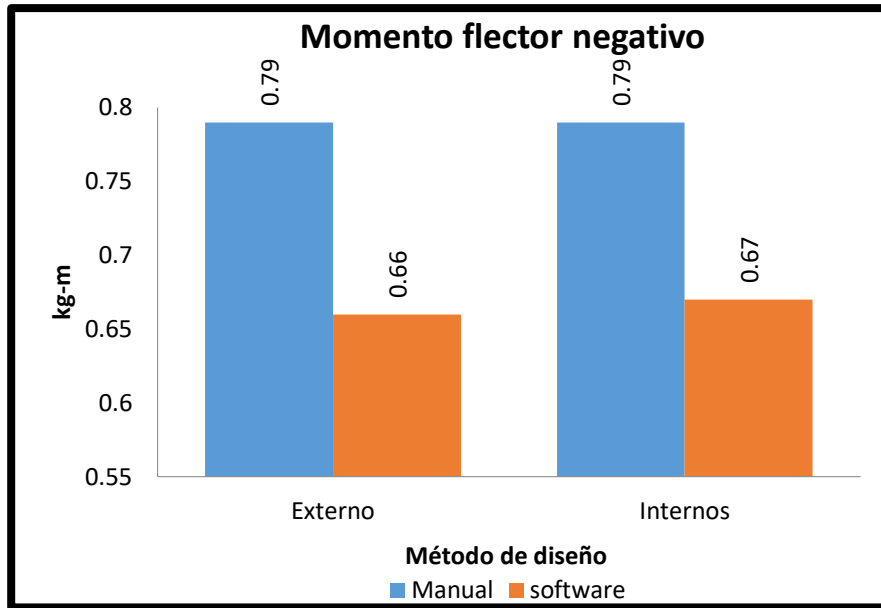


Gráfico 5.7: Momentos flectores obtenidos en los apoyos en losa COPRESA
Fuente propia

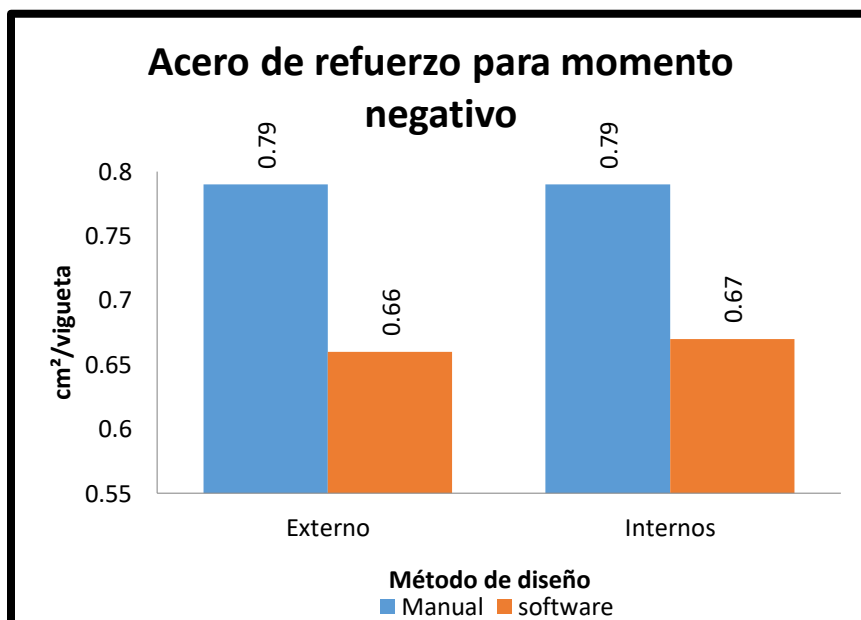


Gráfico 5.8: Acero de refuerzo obtenido por software y manual
Fuente propia

La variación entre los momentos flectores calculados por el método tradicional es 63.4% con respecto los valores obtenidos en Etabs 16.2.1, una variación bastante grande que se reduce al obtener las cantidades de acero necesarias para reforzar la losa para evitar el agrietamiento debido a momento flector negativo, esta variación en la cantidad de acero con respecto a los momentos se reduce al 15.2%.

Como podemos observar tanto en las gráficas que presentan los momentos flectores en las losas y las que presentan las áreas de refuerzo necesarias, se puede concluir que los métodos manuales seguidos en esta investigación siguen teniendo de su lado la seguridad en el diseño ya que presenta valores mayores en promedio que los calculados por el software que es considerado el uso de software.

Estas variaciones permiten concluir que los métodos manuales presentan valores bastante conservadores en algunos casos con respecto al software. Esto conlleva a que los costos económicos también sean más elevados con respecto a los diseños asistidos por computadoras. Hoy en día es necesario dominar software de análisis y diseño ya que se ha vuelto lo más usual por los diseñadores estructurales, pero como alternativa ante la ausencia o poco dominio de estos programas de diseño, se concluye que los métodos manuales ayudan a obtener valores confiables.

5.2.2 Peso total de cada uno de los sistemas de entrepiso

Debido a que cada sistema de losa de entrepiso se diseñó considerando las mismas cargas muertas y vivas, para realizar la comparación sobre el peso que cada una de estos sistemas aportan al edificio se tomara únicamente el peso propio.

a) Losa densa unidireccional

De diseño se tienen los siguientes parámetros los cuales permiten determinar el peso propio del sistema de losa densa unidireccional.

$$h_{losa} = 10 \text{ cm}$$

$$\gamma_{C/R} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

Viga secundaria (VS) para la reducción del claro.

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$h_{vs} = 50 \text{ cm}$$

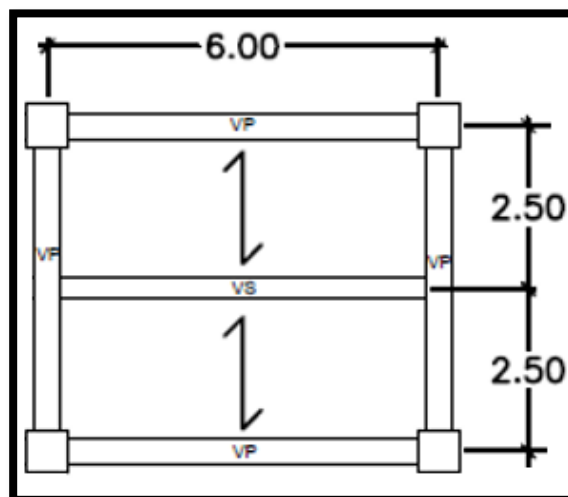


Figura 5.1: Planta de losa densa unidireccional.
Fuente: propia

Peso propio

Se considera el peso de la viga secundaria (ver figura 5.1) ya que esta servirá para poder construir la losa densa unidireccional.

$$w_{total} = w_{losa} + w_{vs}$$

$$w_{total/Tabl} = 2[0.10(2400)(2.15)(5.6)] + (2400)(5.6)(0.3)(0.5)$$

$$w_{total/Tabl} = 7795.2 \text{ kg/tablero}$$

Para ocho tableros que componen al entrepiso se tiene un peso total de:

$$w_{total} = 8 \text{ tableros} \times w_{total/Tabl}$$

$$w_{total} = 8 \text{ tabl}(7795.2 \text{ kg/tabl})$$

$$w_{total} = 62,364.88 \text{ kg}$$

b) Losa densa bidireccional

$$h_{losa} = 14 \text{ cm}$$

$$\gamma_{C/R} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

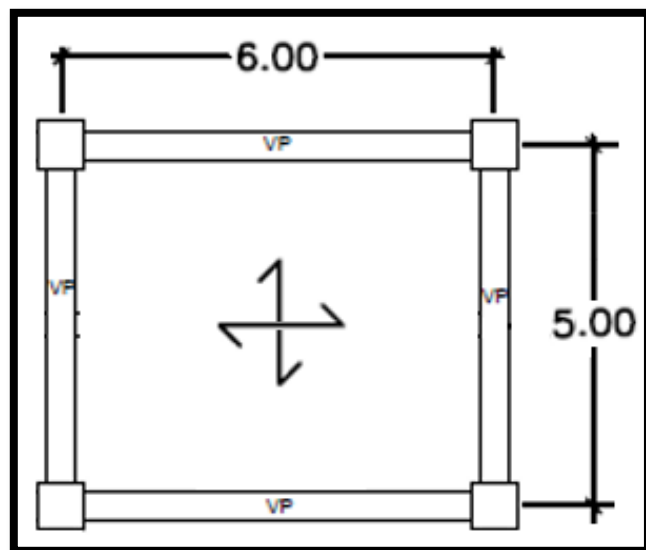


Figura 5.2: Planta de losa densa bidireccional.

Fuente: propia

Peso propio

Para el caso de la losa densa bidireccional no se considera viga secundaria (ver figura 5.2) por lo que el peso total se determina a continuación:

$$W_{total} = W_{total/Tabl}$$

$$W_{total/Tabl} = 0.14(2400)(4.6)(5.6)$$

$$W_{total/Tabl} = 8655.36 \text{ kg/tablero}$$

Para ocho tableros que componen al entrepiso se tiene un peso total de:

$$W_{total} = 8 \text{ tableros} \times W_{total/Tabl}$$

$$W_{total} = 8 \text{ tabl}(8655.36 \text{ kg/tabl})$$

$$W_{total} = 69,242.88 \text{ kg}$$

c) Losa de vigueta y bovedilla (COPRESA)

El catálogo COPRESA ya establece el peso propio del sistema de losa de entrepiso terminado por lo que únicamente se le sumara el peso de la viga secundaria (ver figura 5.3) usada para acortar claros.

$$W_{catalogo} = 238 \text{ kg/m}^2$$

$$\gamma_{C/R} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

Viga secundaria (VS) para la reducción del claro.

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$h_{vs} = 50 \text{ cm}$$

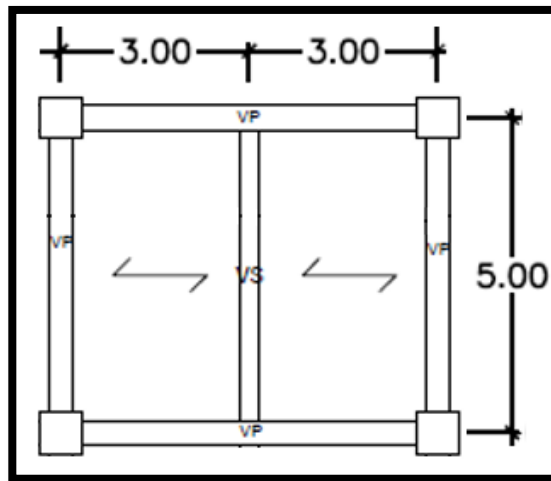


Figura 5.3: Planta de losa COPRESA
Fuente: propia

Peso propio

$$W_{total} = W_{losa} + W_{vs}$$

$$W_{total/Tabl} = 2[(238)(2.65)(4.6)] + (2400)(4.6)(0.3)(0.5)$$

$$W_{total/Tabl} = 7458.44 \text{ kg/m}$$

Para ocho tableros que componen al entrepiso se tiene un peso total de:

$$W_{total} = 8 \text{ tableros} \times W_{total/Tabl}$$

$$W_{total} = 8 \text{ tabl}(7458.44 \text{ kg/tabl})$$

$$W_{total} = 59,667.52 \text{ kg}$$

d) Sistema de losa de entrepiso GALVADECK

El peso propio del sistema se calcula considerando el peso propio del sistema brindado por el catálogo, así como la viga secundaria empleada para el diseño.

$$W_{catalogo} = 197 \text{ kg/m}^2$$

$$\gamma_{C/R} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

Viga secundaria (VS) para la reducción del claro.

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$h_{vs} = 50 \text{ cm}$$

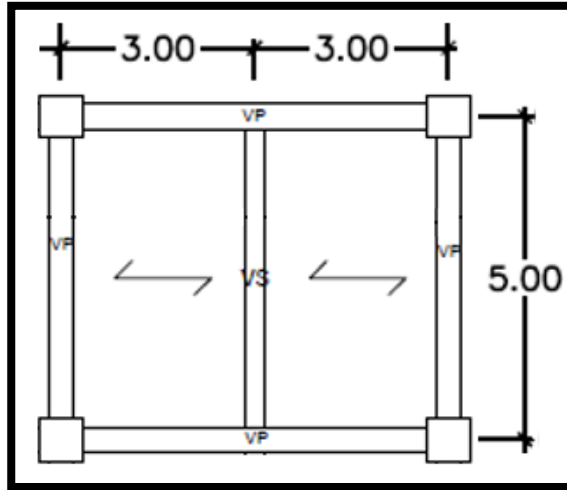


Figura 5.4: Planta de losa GalvaDeck
Fuente: propia

Peso propio

$$w_{total} = w_{losa} + w_{vs}$$

$$w_{total/Tabl} = 2[(197)(2.65)(4.6)] + (2400)(4.6)(0.3)(0.5)$$

$$w_{total/Tabl} = 6458.86 \text{ kg/tablero}$$

Para ocho tableros que componen al entrepiso se tiene un peso total de:

$$w_{total} = 8 \text{ tableros} \times w_{total/Tabl}$$

$$w_{total} = 8 \text{ tabl}(6458.86 \text{ kg/tabl})$$

$$w_{total} = 51,670.88 \text{ kg}$$

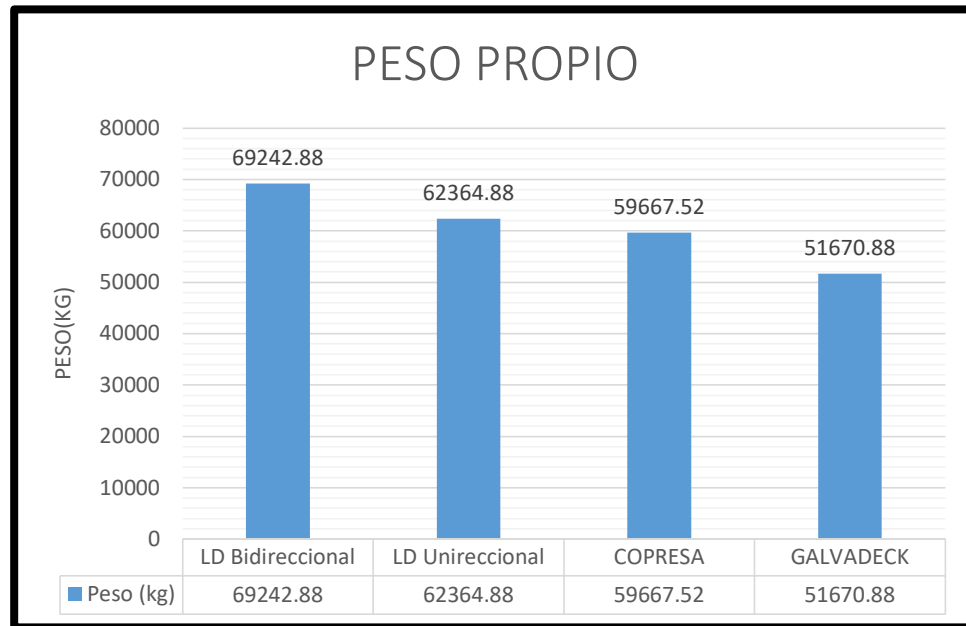


Gráfico 5.9: Peso propio de los sistemas de losa de entrapiso
Fuente: propia

Para el sistema de losa densa (LD) unidireccional y bidireccional, sistema GalvaDeck y sistema de losa tradicional COPRESA, debido a que se tenían longitudes mayores a los 4 metros fue necesario la utilización de una viga secundaria, para cumplir las diferentes normas y parámetros establecidos en los catálogos. El diseño de la viga secundaria, está fuera del alcance de este proyecto, por lo que solo se consideró sus dimensiones dadas en apartados anteriores, para el cálculo del peso propio de cada sistema. Aunque en el sistema de losa densa (LD) bidireccional, no fue necesario el uso de una viga secundaria el peso propio de este sistema es mayor que cada uno de los analizados el cual fue de 69,242.88 kg. Expresado en porcentaje el peso la losa densa bidireccional varía en 10%, 14% y 25% con respecto a la losa

densa unidireccional, COPRESA y GalvaDeck respectivamente, siendo este sistema que más peso le aporta a la estructura, debido a que el espesor de concreto es mayor a los otros sistemas. El peso del sistema de entrepiso influye en el dimensionamiento de los elementos estructurales, en las que este se apoya, ya se han vigas o columnas.

5.2.3 Cuantías de acero de refuerzo, concreto por metro cuadrado y tiempo de ejecución de cada sistema de losa de entrepiso

5.2.3.1 Cuantías de acero de refuerzo

a) Losa unidireccional

Se consideran 3 tableros de dimensiones $4.6\text{ m} \times 5.6\text{ m}$ para facilitar el cálculo del acero ya que todos los tableros tiene el mismo diseño (ver figura 5.5).

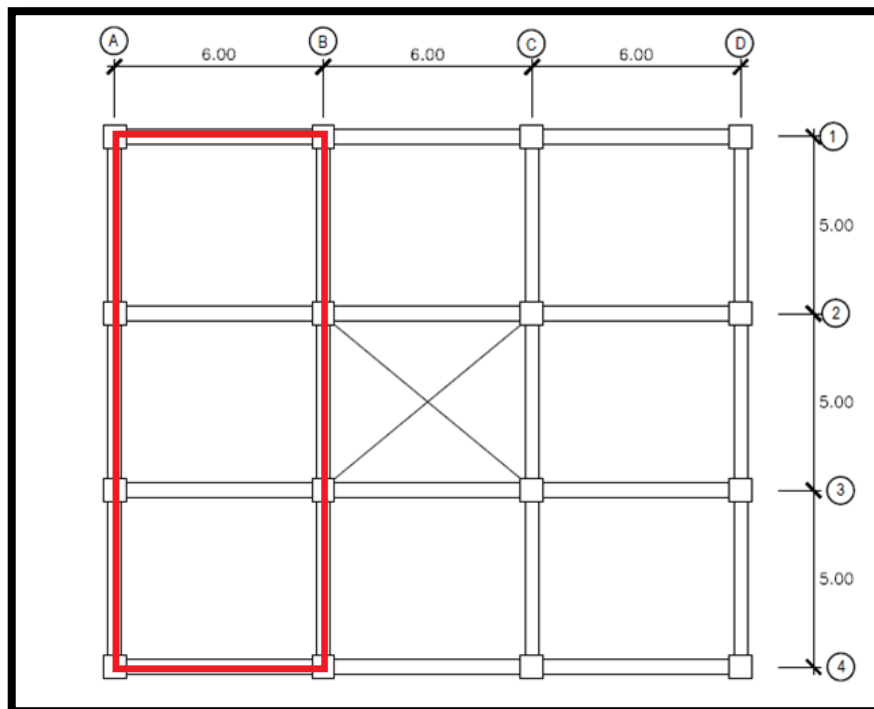


Figura 5.5: Planta de losa para obtener costos unitarios
Fuente: propia

- Acero de refuerzo

Cantidad de varillas	Longitud(mL)	Ltotal (mL)	Wtotal(kg)
19 varillas #3	15.40 m	292.6	Kg/mL para la varilla #3 0.559 kg/m
95 bastones internos #3	2.0 m	190	
38 bastones externos #3	1.0 m	38	
42 varillas Número 3	6.0 m	252	772.6x0.559
Total		772.6	431.88 kg

Tabla 5.1: Peso del acero de refuerzo (LD unidireccional)
Fuente: propia

-Acero por metro cuadrado

$$\frac{431.88 \text{ kg}}{3(4.6\text{m})(5.6\text{m})} = 5.59 \text{ kg/m}^2$$

b) Losa Densa Bidireccional

- Acero de refuerzo

Cantidad de varillas	Longitud(mL)	Ltotal (mL)	Wtotal(kg)
23 varillas #3	15.60 m	358.8	Kg/mL para la varilla #3 0.559 kg/m
57 varillas #3	6.60 m	376.2	
200 bastones externos #3	2.0 m	400.0	
76 bastones internos #3	2.70 m	205.2	1439.4x0.559
62 bastones internos #3	1.60 m	99.2	
Total		1439.4 mL	804.62 kg

Tabla 5.2: Peso del acero de refuerzo (LD bidireccional)
Fuente: propia.

-Acero por metro cuadrado

$$\frac{804.62 \text{ kg}}{3(4.6\text{m})(5.6\text{m})} = 10.41 \text{ kg/m}^2$$

c) Losa de vigueta y bovedilla (COPRESA)

- Acero de refuerzo por temperatura

El refuerzo por temperatura según el catálogo es de 4.5 lb/m² lo que es equivalente a 2 kg/m². Considerando un tablero 4.6 m × 5.6m se tiene un total de 51.52 kg lo cual será sumado al acero de refuerzo

multiplicándolo por 3 ya que es el número de tableros que contiene la franja de análisis.

Cantidad de varillas	Longitud(mL)	Ltotal (mL)	Wtotal(kg)
24 bastones externos #3	1.00 m	24.0	kg/mL para la varilla #3 0.559 kg/m 114x0.559=63.73
60 bastones internos #3	1.50 m	90.0	
Refuerzo por temperatura			154.56 kg
Total		114 mL	218.29 kg

Tabla 5.3: Peso del acero de refuerzo (COPRESA)
Fuente: propia.

Acero por metro cuadrado

$$\frac{218.29 \text{ kg}}{3(4.6\text{m})(5.6\text{m})} = 2.82 \text{ kg/m}^2$$

d) Sistema de losa compuesta con lámina de acero galvanizado colaborante (GalvaDeck)

- Acero de refuerzo

El refuerzo por temperatura según el catálogo es de 4.5 lb/m² lo que es equivalente a 2 kg/m². Considerando un tablero 4.6 m × 5.6m se tiene un total de 51.52 kg lo cual será sumado al acero de refuerzo multiplicándolo por 3 ya que es el número de tableros que contiene la franja de análisis.

Cantidad de varillas	Longitud(mL)	Ltotal (mL)	Wtotal(kg)
30 bastones externos #3	1.00 m	30.0	Kg/mL para la varilla #3 0.559 kg/m 180x0.559=100.62 kg
75 bastones internos #3	2.0 m	150.0	
Refuerzo por temperatura			154.56 kg
	total	180mL	255.18 kg

Tabla 5.4: Peso del acero de refuerzo (GalvaDeck)
Fuente: propia.

Acero por metro cuadrado

$$\frac{255. kg}{3(4.6m)(5.6m)} = 3.30 kg/m^2$$

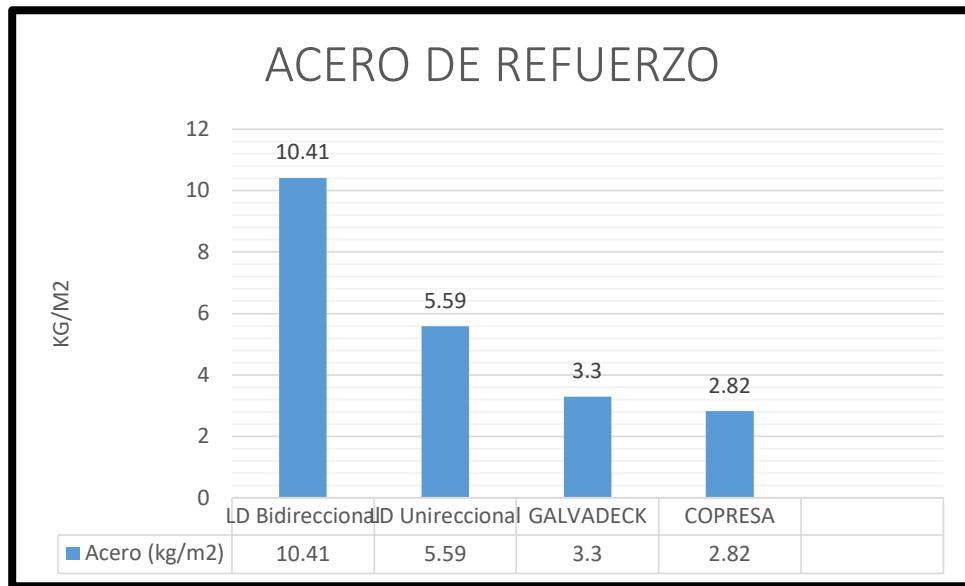


Gráfico 5.10: Cuantía de acero de refuerzo de los sistemas de losa de entrepiso
Fuente: propia.

En el Gráfico 5.10 se presenta el peso del acero de refuerzo por metro cuadrado, para cada sistema de losa de entrepiso, se puede visualizar claramente que en el caso de la losa bidireccional presenta mayor cuantía de acero que los demás sistemas, debido al armado en dos direcciones en el sistema, con cuantía 10.41 kg/m^2 . Los sistemas de losa COPRESA (2.82 kg/m^2) y GalvaDeck (3.3 kg/m^2) presentan una menor cantidad de acero, debido a que estos sistemas prefabricados están compuestos de elementos, como la vigueta pretensada y la lámina de acero galvanizada respectivamente, en las cuales su función es absorber la demanda de esfuerzo de tensión reduciendo así la cantidad de acero

de refuerzo necesario para el diseño y construcción. Expresado en porcentaje el acero de refuerzo varía en 46%, 73% y 68% con respecto a la losa densa unidireccional, COPRESA y Galvadeck respectivamente siendo este sistema que más acero aporta a la estructura. La cuantía de acero de refuerzo, es un factor determinante en el costo unitario de cada sistema de entrepiso, ya que entre mayor sea, se necesitaría mayor cantidad de acero de refuerzo, armadores y equipo necesario para el armado.

5.2.3.2 Volumen de concreto por sistema de losa de entrepiso

A continuación, se calculan los volúmenes de concreto considerando el espesor y las dimensiones en planta del tablero de losa diseñado para las losas densas. Para el sistema COPRESA y GalvaDeck se tomará los porcentajes de volumen de concreto establecidos en sus catálogos.

Volumen de concreto por área a cubrir según el catálogo de cada sistema:

$$V_{\text{catalogo COPRESA (VT1-15)}} = 0.058 \frac{m^3}{m^2}$$

$$V_{\text{catalogo GALVADECK}} = 0.085 \frac{m^3}{m^2}$$

a) Losa densa unidireccional

$$V_{\text{concreto}} = h_{\text{losa}} \times l_a \times l_b \times \text{numero de tableros}$$

$$V_{\text{concreto}} = 0.1(4.6)(5.6)(8) = 20.61 \text{ m}^3$$

b) Losa densa bidireccional

$$V_{concreto} = h_{losa} \times l_a \times l_b \times \text{numero de tableros}$$

$$V_{concreto} = 0.14(4.6)(5.6)(8) = 28.85 \text{ m}^3$$

c) Losa de vigueta y bovedilla (COPRESA)

$$V_{concreto} = V_{catalogo} \times l_a \times l_b \times \# \text{ de tableros}$$

$$V_{concreto} = 0.058 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} (4.6\text{m})(5.6\text{m})(8) = 11.95 \text{ m}^3$$

d) Sistema de losa compuesta con lámina de acero galvanizado colaborante (GalvaDeck)

$$V_{concreto} = V_{catalogo} \times l_a \times l_b \times \text{numero de tableros}$$

$$V_{concreto} = 0.085 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} (4.6\text{m})(5.6\text{m})(8) = 17.52 \text{ m}^3$$

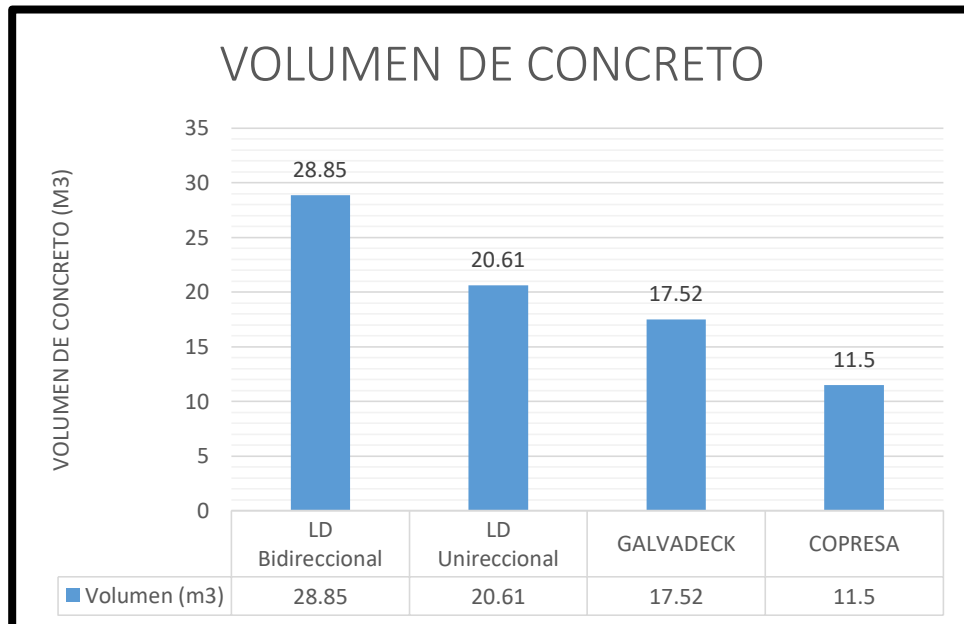


Gráfico 5.11: Volumen total de concreto para los sistemas de losa de entepiso
Fuente: propia.

Los volúmenes de concreto que se presenta en el gráfico 5.11, tienen un mayor volumen de concreto el sistema de losa bidireccional de 28.85 m³, debido a que su espesor (14 cm) es el mayor que los otros sistemas; el sistema que presenta menor volumen de concreto, es la losa tradicional COPRESA de 11.5 m³, esto debido a que el uso de bovellidas de peso ligero y viguetas pretensadas en el sistema COPRESA disminuyen el espesor de concreto necesario para resistir los momentos de servicio, siendo necesario en la losa COPRESA un volumen de concreto mucho menor que con respecto a la losa densa bidireccional y en general entre los cuatro sistemas analizados. Expresado en porcentaje el volumen de concreto de la losa densa bidireccional varía en 29%, 60% y 39% con respecto a la losa densa unidireccional, COPRESA, Galvadeck respectivamente siendo este sistema que más volumen de concreto genera. El volumen de concreto influye directamente en el peso del sistema de entrepiso, además que este influye en la cantidad de materiales a utilizar para la hechura de concreto, mano de obra y equipo necesario para colocar, enraizar y el curado.

5.2.3.3 Tiempo de ejecución

Se presentó las tareas para la construcción de los sistemas de entrepiso, así como el tiempo de cada uno de estos, en base a estos se determinará el tiempo de ejecución del área seleccionada de los diferentes sistemas de entrepiso.

Proceso constructivo de losa densa unidireccional

- Encofrado de madera= 2 días (auxiliar y carpintero)
- Acero de refuerzo=3.62 días (armador y auxiliar)
- Colocación concreto, vibrado y enrasado=4.63 días (auxiliares)
- Curado y desencofrado=1.77 días (auxiliar y carpintero)

Total=12.02 días=84.14 h (para 72.24 m² de losa)

Proceso constructivo de losa densa bidireccional

- Encofrado de madera= 2 días (auxiliar y carpintero)
- Acero de refuerzo=6.3 días (armador y auxiliar)
- Colocación concreto, vibrado y enrasado=5.67 días (auxiliares)
- Curado y desencofrado=1.77 días (auxiliar y carpintero)

Total=15.74 días=110.18 h (para 77.28 m² de losa)

Proceso constructivo de losa prefabricada de vigueta y bovedilla

- Apuntalamiento=0.31 días (auxiliar)
- Colocación de viguetas y bovedilla=0.42 días (auxiliar)
- Acero de refuerzo=0.06 días (auxiliar y armador)
- Colocación concreto, vibrado y enrasado=0.59 días (auxiliar)
- Curado y desapuntalamiento=0.12 días (auxiliar)

Total=1.50 días=10.5 h (para 12.19 m² de losa)

Proceso constructivo de losa compuesta con lámina de acero galvanizado.

- Paraleado y entarimado=0.23 días (auxiliar)

- Acero de refuerzo=0.20 días (auxiliar y armador)
- Colocación concreto, vibrado y enrasado=0.71 días (auxiliar)
- Curado y desapuntalamiento=0.12 días (auxiliar)

Total=1.26 días=8.82 h (para 12.19 m² de losa)

Considerando que la losa de entrepiso diseñada tiene 8 tableros de 5.0m x 6.0m se presenta la tabla 5.5 que resume el tiempo de ejecución para los 8 tableros según el sistema construido.

Sistema de losa	Tiempo (días)
Losa densa unidireccional	33
Losa densa bidireccional	42
Losa tradicional COPRESA	24
Losa GalvaDeck	21

Tabla 5.5: Tiempo de ejecución
Fuente: propia.

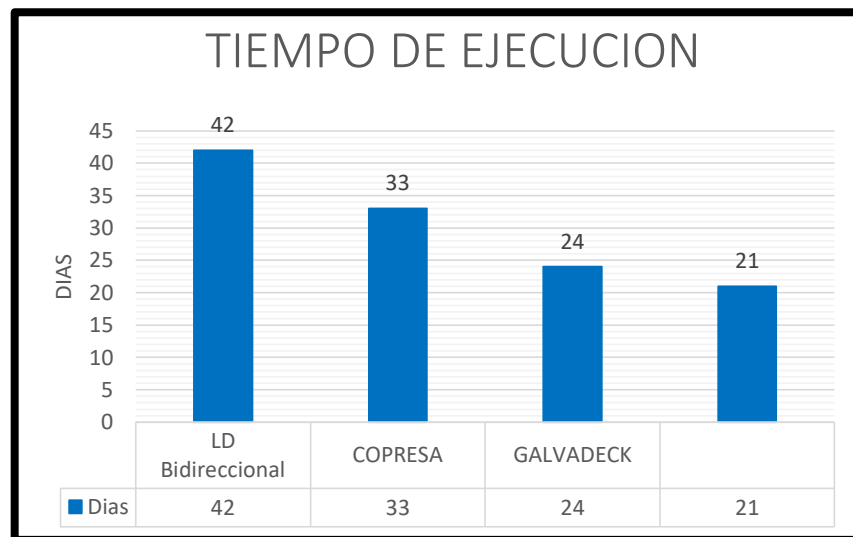


Gráfico 5.12: Tiempo de ejecución de cada sistema de losa de entrepiso
Fuente: propia.

Al observar los datos tabulados y presentado en la gráfica 5.12 se puede inferir que los tiempos de ejecución de cada sistema de losa de entrepiso

es un factor determinante en su selección, ya que la losa GalvaDeck se construye mucho más rápido que la losa COPRESA, siendo un tiempo de 21 y 24 días respectivamente; esto debido a que la lámina de acero galvanizada es usada como formaleta lo que permite realizar colados mucho más rápido y conlleva a un ahorro en el alquiler de equipos para encofrado, pago a trabajadores, maquinaria entre otros.

En el caso de las losas densas, el sistema que necesita más tiempo de instalación es la losa bidireccional con 42 días, este sistema tiene una diferencia con la losa unidireccional de 9 días, esta diferencia radica en el aumento en el volumen de concreto y en el armado del acero de refuerzo.

5.2.4 Costos e indicadores

Cada uno de los costos unitarios será expresado por metro cuadrado considerando que para obtener el costo total de cada sistema el análisis se realizó para diferentes dimensiones.

5.2.4.1 Materiales

a) Losa densa unidireccional

Retomando del capítulo IV, el costo de materiales es igual a: \$3,996.62

$$\frac{\text{Costo}}{m^2} = \frac{\$3996.62}{72.24 m^2} = \frac{\$55.32}{m^2}$$

b) Losa densa bidireccional

Retomando del capítulo IV, el costo de materiales es igual a: \$ 5,505.66

$$\frac{\text{Costo}}{m^2} = \frac{\$5,105.66}{77.28 m^2} = \frac{\$66.07}{m^2}$$

c) Losa de vigueta y bovedilla

Retomando del capítulo IV, el costo de materiales es igual a: \$418.03

$$\frac{\text{Costo}}{m^2} = \frac{\$418.03}{12.19 m^2} = \frac{\$34.29}{m^2}$$

d) Sistema de losa compuesta con lámina de acero galvanizado colaborante (GalvaDeck)

Retomando del capítulo IV, el costo de materiales es igual a: \$325.27

$$\frac{\text{Costo}}{m^2} = \frac{\$325.27}{12.19 m^2} = \frac{\$26.68}{m^2}$$

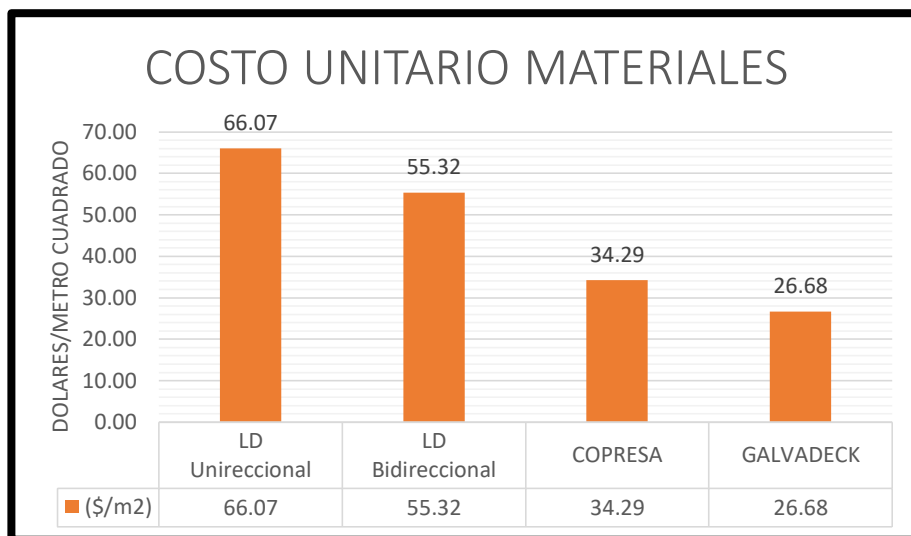


Gráfico 5.13: Costo unitario de los materiales utilizados en los sistemas de losa de entrapiso.
Fuente: propia.

Considerando únicamente los materiales necesarios para un metro cuadrado de losa, el sistema con mayor demanda de materiales es la losa densa (LD) bidireccional seguida de la LD unidireccional, COPRESA

y por último el sistema de losa GalvaDeck. Los materiales representan el factor determinante en el costo final de cada sistema por lo que se puede observar en la gráfica 5.13 el sistema Galvadeck tiene el menor costo unitario de materiales por lo que será la más económica. Expresado en porcentaje el costo unitario de materiales más equipo y herramientas de la losa densa bidireccional varía en 22%, 65% y 63% con respecto a la losa densa unidireccional, COPRESA, Galvadeck respectivamente siendo este sistema que más costo unitario de materiales genera; además en el sistema bidireccional se necesita más espesor de concreto y acero de refuerzo por lo cual su costo de materiales será mayor, seguido de la losa unidireccional, en los sistemas de losa- acero y losa tradicional COPRESA, se eliminan los materiales para el encofrado, se reduce los volúmenes de concreto y el acero de refuerzo.

5.2.4.2 Materiales, equipo y herramientas

a) Losa densa unidireccional

Retomando del capítulo IV, el costo de materiales, equipo y herramientas este es de \$ 4021.15

$$\frac{\text{Costo}}{m^2} = \frac{\$4021.15}{72.24 m^2} = \frac{\$55.66}{m^2}$$

b) Losa densa bidireccional

Retomando del capítulo IV, el costo de materiales, equipo y herramientas, es igual a: \$ 5138.78

$$\frac{\text{Costo}}{m^2} = \frac{\$5138.78}{77.28 m^2} = \frac{\$66.50}{m^2}$$

c) Losa de vigueta y bovedilla

Retomando del capítulo IV, el costo de materiales, equipo y herramientas, es igual a: \$ 420.66

$$\frac{\text{Costo}}{m^2} = \frac{\$420.66}{12.19 m^2} = \frac{\$34.51}{m^2}$$

d) Sistema de losa compuesta con lámina de acero galvanizado colaborante (GalvaDeck)

Retomando del capítulo IV, el costo de materiales, equipo y herramientas, es igual a: \$ 325.38

$$\frac{\text{Costo}}{m^2} = \frac{\$325.38}{12.19 m^2} = \frac{\$26.69}{m^2}$$

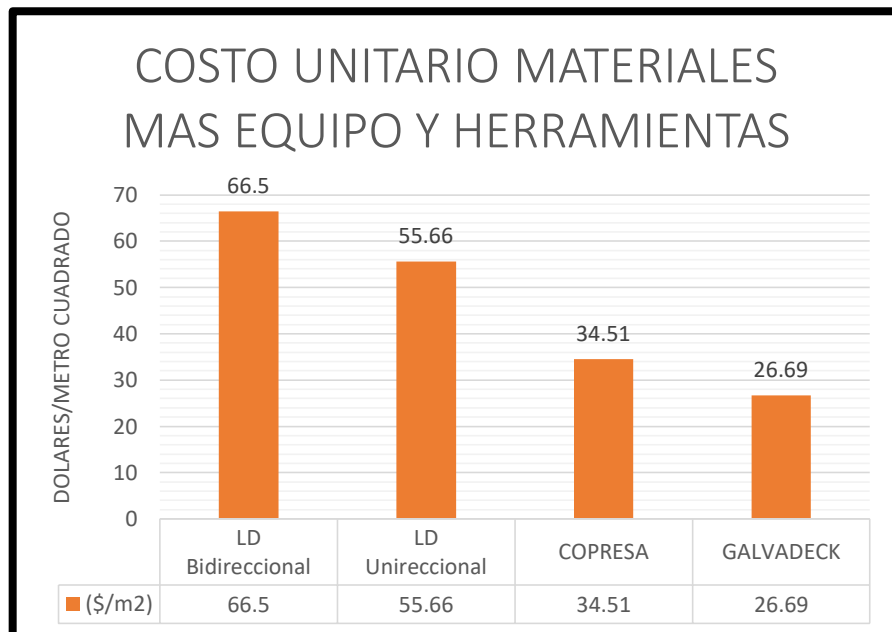


Gráfico 5.14: Costo de Materiales + equipo para la construcción de los sistemas de losa de entrapiso. Fuente: propia.

En la gráfica 5.14 se muestra el costo unitario de dos de los factores que influyen directamente en el costo final de una edificación, estos son el costo de los materiales, el costo de los equipos y herramientas. Basándonos en ellos y determinando el valor de cada uno para cada sistema de losa, vemos como la tendencia del costo de la losa densa bidireccional es más elevado (\$66.50/m²) por consiguiente esta losa será considerada antieconómica por el alto uso de materiales y equipos y herramientas con respecto a los otros sistemas. Tomando como referencia la gráfica 5.10 vemos que esta tiene mayor porcentaje de acero de refuerzo incrementando el uso de equipo y herramientas para el corte y doblado del mismo. Expresado en porcentaje el costo unitario de materiales de la losa densa bidireccional varía en 22%, 41% y 67% con respecto a la losa densa unidireccional, COPRESA, Galvadeck respectivamente. Por lo que el sistema que más costo unitario de materiales, herramienta y equipo genera es el de losa densa bidireccional.

5.2.4.3 Costo directo.

Cada uno de los precios unitarios presentado en la tabla 5.6 representa únicamente el costo directo de cada sistema de losa de entrepiso y han sido tomados del capítulo IV retomando el costo total de los materiales, equipos, herramientas y la mano de obra empleada para construir el cada uno de los sistemas. Expresado en porcentaje el costo de la losa

densa bidireccional varia en 22%,41% y 67% con respecto a la losa densa unidireccional, COPRESA, Galvadeck respectivamente. Se concluye que la losa densa bidireccional es la que más costos genera en la construcción de edificios.

Sistema de losa de entepiso	Costo unitario (\$/m ²)
Losa densa Unidireccional	60.24
Losa densa Bidireccional	72.13
COPRESA	41.27
GALVADECK	28.88

Tabla 5.6: Costo unitario total
Fuente: propia.

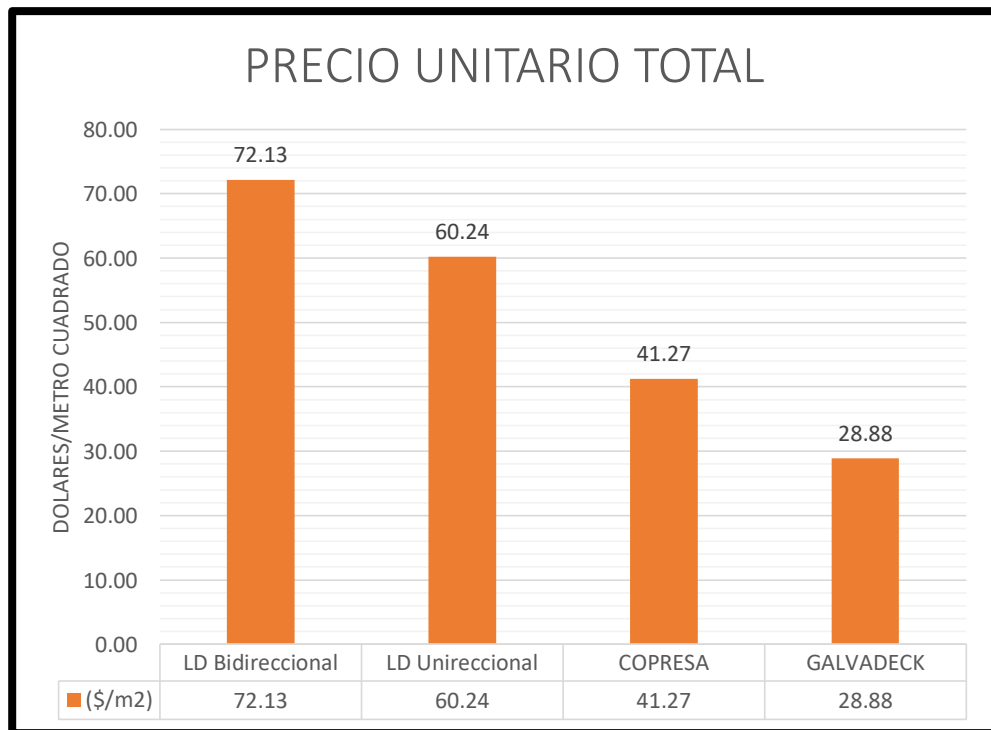


Gráfico 5.15: Costo unitario total para la construcción de los sistemas de losa de entepiso
Fuente: propia.

Al observar la gráfica comparativa 5.15 podemos concluir que el sistema de entrepiso más económico es el sistema Galvadeck o de lámina de acero galvanizado colaborante, debido a que al emplear este sistema en una estructura con marcos de concreto la lámina metálica colaborante absorbe gran parte los momentos flectores positivos de la losa, reduciendo así la demanda de acero de refuerzo para este sistema y además cumple la función de encofrado al momento de realizar el colado de la losa, generando así un ahorro en alquiler o diseño y construcción de encofrados para losas.

Expresado en porcentaje el costo unitario total de la losa densa bidireccional varia en 22%, 41% y 67% con respecto a la losa densa unidireccional, COPRESA, Galvadeck respectivamente.

CAPÍTULO VI

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Los resultados obtenidos mediante el software de diseño estructural Etabs 16.2.1 fueron comparados con los resultados obtenidos a través de los cálculos manuales indicados por diferentes autores y Reglamentos Nacionales e Internacionales, y se ha podido comprobar que los métodos manuales presentan resultados bastante conservadores. Una de las ventajas del software sobre el diseño manual es el tiempo empleado en el cálculo y la precisión con la que este trabaja, pero podemos concluir que con ambos métodos se obtienen resultados seguros.

- La variación en el acero de refuerzo propuesto por los métodos manuales con respecto al software de diseño es: Losa densa unidireccional 35%, losa densa bidireccional en la dirección corta 8.5% en la dirección larga 5.5%, losa COPRESA 59.5%. Estas variaciones son resultados de que los métodos manuales son bastante conservadores con respecto a los métodos exactos en este caso respecto al software Etabs 16.2.1, ya que los métodos manuales no consideran los efectos producidos por la interacción que existe entre todos los elementos de la estructura.

- Cuanto mayor sea el peso del Sistema de losa de entrepiso mayor será el reforzamiento necesario para los demás elementos estructurales, en nuestro caso resulto ser el sistema de losa bidireccional el más pesado con un peso de 69,242.88 kg, lo cual conllevaría a obtener dimensiones diferentes para los elementos de apoyo con respecto a los otros sistemas de losa de entrepiso.

- Cada sistema de entrepiso presenta ventajas y desventajas, las cuales tienen que ser tomadas como criterio para la selección al momento de realizar el diseño un edificio buscando la mayor eficiencia y economía. Una de las variables más influyentes es la mano de obra calificada, ya que se debe construir con la mayor precisión apegado a las especificaciones técnicas.

- Las losas compuestas con viguetas pretensadas y láminas colaborantes (MetalDeck) permiten minimizar costo de formaletas ya que se reduce el área de contacto, así como la reducción de las proporciones de acero de refuerzo, a diferencia de las losas densas, que hace uso de cantidades mayores de acero incrementando así los costos de colocación y compra del mismo, generando un costo de encofrado de \$1,422.54.

- El sistema de losa que presenta menor costo es el sistema de entrepiso compuesto con lámina de acero galvanizado, con un costo de \$28.88/m², seguido del sistema de vigueta y bovedilla, con un costo de

\$41.27/m², sistema de losa densa unidireccional y por último el sistema de losa bidireccional, con un costo de \$60.24/m² y \$72.13/m² respectivamente, esto se debe más que toda a la disminución significativa en la cantidad de acero de refuerzo y volumen de concreto.

- En los sistemas de losa densa unidireccional y bidireccional, su proceso constructivo es más complejo, ya que se debe instalar un sistema de encofrado, existe la necesidad de guiarse de planos estructurales y planos de taller en el proceso de armado, ya que se debe evitar algún tipo de error; en el sistema prefabricado de vigueta y bovedilla, la mano de obra, no necesariamente debe ser calificada, ya que al guiarse del catálogo del fabricante, el proceso constructivo se vuelve sencillo, de igual forma en el caso del sistema compuesto de lámina de galvanizado. También se debe tener en cuenta las principales ventajas y desventajas de cada sistema, las cuales se presentan en este trabajo.

- El sistema de losa-acero presenta mayor rendimiento y menores tiempos de instalación, con respecto a los otros sistemas de entrepiso que se han considerado en este trabajo, dando un tiempo de ejecución para el área de losa seleccionada fue de 21 días; por lo que sus costos de mano de obra disminuyen y por lo tanto el costo directo de este.

- Los sistemas de losa con lámina de acero galvanizado y vigueta y bovedilla, evitan el uso de encofrado y desencofrado, ya que el propio sistema cumple esta labor, también estos sistemas reducen la cantidad de apuntalamiento con respecto al sistema de losa densa.

- En el caso de losa densa, la losa bidireccional presenta mayor costo con respecto de la losa densa unidireccional, siendo el costo de la losa bidireccional de \$72.13/m² y en la losa unidireccional de \$60.24/m², debido al aumento del espesor de la losa y el aumento en las cantidades de acero de refuerzo, siendo el más influyente este último factor.

- Conocer las ventajas tanto técnicas como económicas de cada uno los sistemas de entrepiso para lograr hacer edificios eficientes al más bajo costo. Por lo anterior es indispensable, Innovar y propiciar el uso de los nuevos sistemas de entrepiso para lograr una mayor calidad de la obra y demanda de los mismos, lo que implicará una reducción en los costos, frente a los métodos tradicionales.

6.2 Recomendaciones

- En el sector de la construcción es necesario mantenerse al tanto de los nuevos materiales o procedimientos, que favorezcan la reducción de costo en los sistemas de losa, sin dejar de lado, la funcionabilidad y durabilidad de la obra.

- Para realizar un diseño con mayor precisión se recomienda considerar paredes divisorias, cargas concentradas, equipos, materiales, así como acabados y demás, para poder establecer de forma adecuada las cargas permanentes; ya que estas alteran significativamente el diseño estructural de los sistemas de entrepiso; así como adicionar las sub-partidas de instalaciones hidráulicas y eléctricas, para lograr obtener un valor de costo más acorde a las necesidades del proyecto.

- En los casos del sistema de losa densa tanto unidireccional como bidireccional, se recomienda hacer planos de taller del encofrado, el cual debe ser diseñado según las necesidades del proyecto.

- Se debe tener en cuenta el diseño y las características estructurales de los sistemas de losa, ya que se pueden tomar como factores de selección, así como la facilidad de instalación, acabados, desperdicios y seguridad.

- Se recomienda usar otros métodos para el cálculo del diseño estructural de losas de entrepiso ya que existen softwares específicos para estas, los cuales facilitan el cálculo y que tienen mayor precisión que los métodos manuales.

- Se debe tener en cuenta la disponibilidad de los materiales, para los sistemas prefabricados de entrepiso, ya que de no considerar su disponibilidad puede encarecer el costo del sistema, en este trabajo se consideró que los materiales están a disposición, en el Área Metropolitana de San Salvador.

- En el análisis económico de la presente investigación se usaron rendimientos mostrados en catálogos y libros de presupuesto con objetivo de realizar las comparaciones, técnicas y económicas, como una herramienta para elegir la mejor alternativa, por lo que se recomienda que para llevar a cabo una construcción de un sistema de entrepiso se realice un estudio o cálculo de los rendimientos de los obreros tienen según sus capacidades los cuales intervendrán en la obra, esto servirá para obtener tiempos de construcción apegados a cada proyecto.

- Se recomienda que esta investigación sirva como base para que en futuros proyectos se realice un software para el modelamiento y diseño de los diferentes sistemas de losas de entrepiso. En el país únicamente se cuenta con softwares de marca internacional el cual su uso bajo licencia tiene altos valores económico. Un software de diseño propio de esta universidad sería una útil herramienta tanto para estudiante como para diseñadores estructurales.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Concreto Presforzado Salvadoreño S.A de C.V, (2012). *Catálogo COPRESA*, San Salvador, El Salvador, páginas 2-13.
- Estructuras de Concreto S.A de C.V, (sin fecha). *Catálogo ECONSA*, San Salvador, El Salvador.
- MONOLIT, (sin fecha). *Catálogo MONOLIT*, Guatemala, C.A.
- Galvadeck, (sin fecha). *Especificación técnica GALVADECK y guía de diseño*. México, páginas 9 y 10.
- ACI 318S, (2014). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*, Estados Unidos de América.
- ANSI/SDI (2011), *Composite Steel Floor Deck-Slab*, Estados Unidos de América.
- Arnal, E. y Epelboim, S. (1985), *Manual para proyectos de estructuras de concreto reforzado*, Colombia.
- Universidad de El Salvador, (2008). *Trabajo de tesis. "influencia de la estructuración sísmica en el proceso del diseño estructural en edificios"*. San Salvador, El Salvador.
- Luis Rodolfo Nosiglia, (1996). *Reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones (RESESCO)*. San Salvador, El Salvador.
- Nilson, Arthur; Winter George, (1997). *Diseño de estructuras de concreto*, Colombia, santa fe de Bogotá, McGraw- Hill, 770 pp.

- Óscar M. González Cuevas Francisco Robles Fernández-Villegas, (2005). *Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado, Cuarta edición*. México, Limusa Noriega Editores.
- Comité ACI 302, (2004), *Guía para la construcción de losas y pisos de concreto*. Estados Unidos de America.
- Ing. Néstor Luis Sánchez, (sin fecha), *Proceso constructivo de losa de concreto armado concreto armado*.
- SUTC, (2018). *Laudo arbitral*. San Salvador, El Salvador.
- Ing. Carlos Suarez Salazar, (2002). *Costo y tiempo tercer edición*. Balderas 95, México DF, Editorial LIMUSA
- <https://enlacearquitectura.com/crecimiento-urbano-vertical-es-una-solucion-sustentable/>
- <http://www.elsalvador.com/noticias/expansion/454426/proyecto-torre-16-una-nueva-opcion-de-vivienda-vertical/>
- <http://www.elsalvador.com/noticias/expansion/441650/a-que-se-debe-el-boom-de-edificios-de-apartamentos/>
- <http://elmundo.sv/sector-construccion-le-apuesta-a-la-%e2%80%a8edificacion-vertical/>
- <http://revistasumma.com/salvador-se-suma-la-tendencia-la-construccion-vertical-centroamerica/>
- <https://www.nacion.com/tecnologia/arquitectos-salvadorenos-a-favor-de-los-edificios-altos-pero-antisismicos/hm6xeglzj5bitcnxlypgsduqq4/story/>

- <https://www.reforzadodelosa.blogspot.com/>
- http://biblioteca.unet.edu.ve/db/alexandr/db/bcunet/edocs/teunet/2010/pregrado/arquitectura/perezp_joseg/capitulo3.pdf/
- <http://www.lamigal.com.ve/manual-instalacion-losacero-15.pdf>
- <http://www.emprendepyme.net/que-es-un-presupuesto.html>

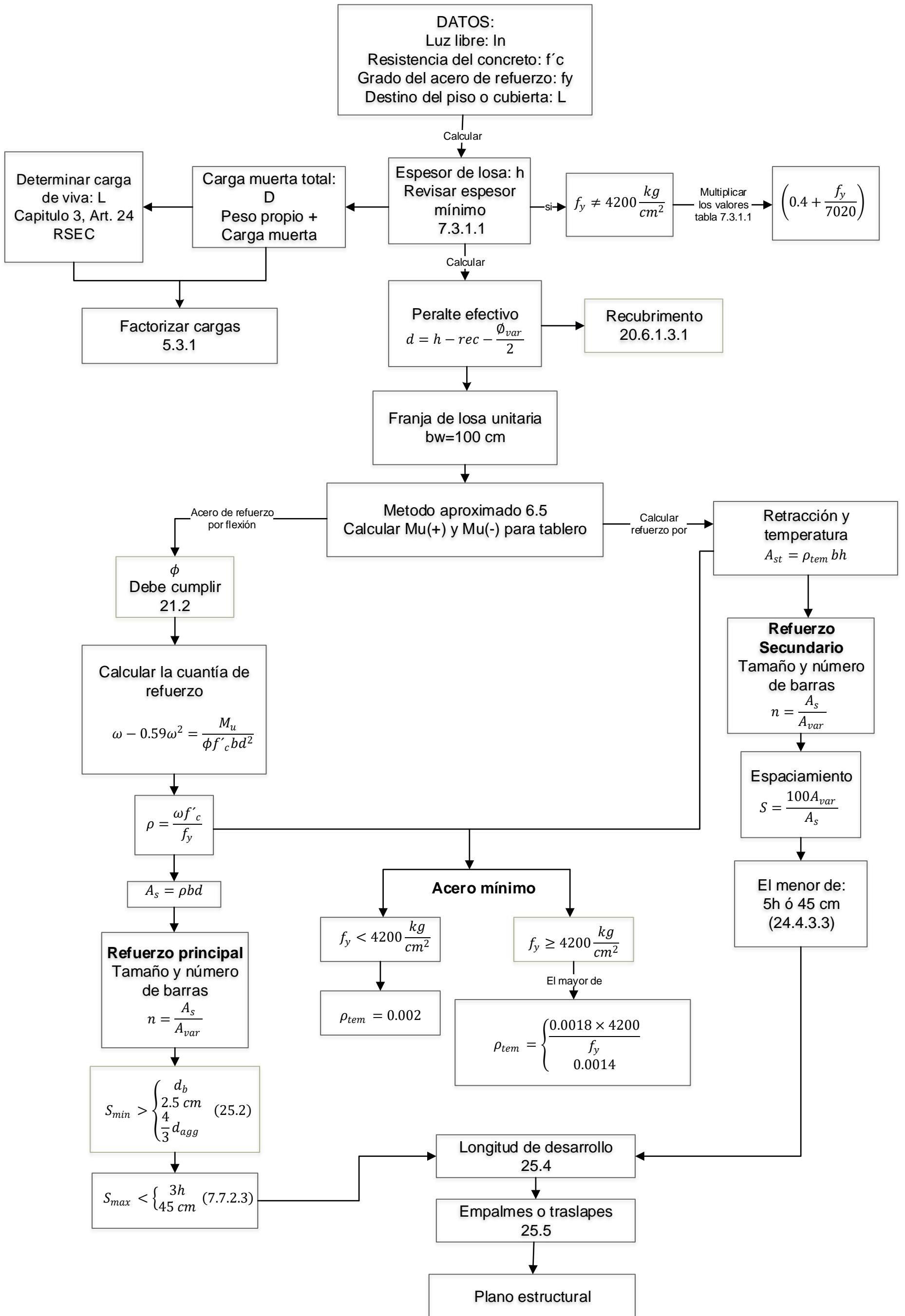
ANEXOS

ANEXO A.1

DIAGRAMA PARA EL DISEÑO DE UNA LOSA DENSA UNIDIRECCIONAL

BASADO EN EL REGLAMENTO ACI 318S 14

**Anexo A.1:
Diagrama para el diseño de una losa densa unidireccional basado en el
reglamento ACI 318S 14**



ANEXO A.2

DIAGRAMA PARA EL DISEÑO DE UNA LOSA DENSA BIDIRECCIONAL

BASADO EN EL REGLAMENTO ACI 318S 14

Anexo A.2:
Diagrama para el diseño de una losa
densa bidireccional basado en el
reglamento ACI 318S 14

DATOS:
 Claro corto: l_a
 Claro largo: l_b
 Resistencia del concreto: f'_c
 Grado del acero de refuerzo: f_y
 Destino del piso o cubierta: L

Revisión de la transmisión de cargas a las vigas $l_b/l_a < 2$ se considera losa bidireccional

Predimensionamiento del espesor de losa.

Determinar carga de viva: L
 Capítulo 3, Art. 24
 RSEC

Carga muerta total: D
 Peso propio +
 Carga muerta

Espesor de losa: h
 Revisar espesor mínimo
 8.3.1.2

Calculo de las rigideces de las vigas perimetrales y la losa

Inercia de Viga efectiva en los apoyos

Inercia de losa limitada por la mitad de los tableros adyacentes

Factorizar cargas
 5.3.1

Peralte efectivo
 $d = h - rec - \frac{\phi_{var}}{2}$

Recubrimiento
 20.6.1.3.1

Franja de losa unitaria
 $b_w = 100 \text{ cm}$

$$\alpha_f = \frac{I_b}{I_s}$$

$$\alpha_{fm} > 2.0$$

Método de los coeficientes del ACI
 Tablas de coeficientes tomadas de Diseño de Estructuras de concreto con las cuales se calcula $M_u(+)$ y $M_u(-)$ para las franjas centrales

ϕ
 Debe cumplir
 21.2

Calcular la cuantía de refuerzo
 $\omega - 0.59\omega^2 = \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}$

$$\rho = \frac{\omega f'_c}{f_y}$$

$$A_s = \rho b d$$

Refuerzo principal y transversal
 Tamaño y número de barras
 $n = \frac{A_s}{A_{var}}$

$$s_{min} > \begin{cases} d_b \\ 2.5 \text{ cm} \\ \frac{4}{3} d_{agg} \end{cases} \quad (25.2)$$

Sección crítica
 $s_{max} > \begin{cases} 2h \\ 45 \text{ cm} \end{cases} \quad (8.7.2.2)$
 Otras secciones
 $s_{max} > \begin{cases} 3h \\ 45 \text{ cm} \end{cases} \quad (8.7.2.2)$

Longitud de desarrollo
 25.4

Empalmes o traslapes
 25.5

Plano estructural

Acero de refuerzo por flexión

Acero mínimo

$$f_y < 4200 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\rho_{min} = 0.002$$

$$f_y \geq 4200 \frac{kg}{cm^2}$$

El mayor de

$$\rho_{min} = \begin{cases} \frac{0.0018 \times 4200}{f_y} \\ 0.0014 \end{cases}$$

ANEXO A.3

**DIAGRAMA PARA EL DISEÑO DE UNA LOSA TRADICIONAL COPRESA
UNIDIRECCIONAL BASADO EN EL REGLAMENTO ACI 318S 14**

**Anexo A.3:
Diagrama para el diseño de una losa tradicional COPRESA unidireccional basado en el reglamento ACI 318S 14**

DATOS:
Luz libre: In
Resistencia del concreto: f'_c
Grado del acero de refuerzo: f_y
Destino del piso o cubierta: L

Determinar carga de uso: L
Capítulo 3, Art. 24 RSEC

Carga muerta: D
No incluye peso propio

Sumar D+L

Sobrecarga de servicio= D+L

Luz libre: In

Determinar tipo de losa a utilizar
Tabla de cargas 2.25

Revisar espesor mínimo
Tabla 9.5a
ACI 318S 11

$$\left(0.4 + \frac{f_y}{7000}\right)$$

Multiplicar los valores tabla 7.3.1.1

$$f_y \neq 4200 \frac{kg}{cm^2}$$

Tipo de losa seleccionada
VT1-15
VT1-20
VT1.25
VT1 -35

Calcular Peso Propio con h seleccionado

Factorizar la cargas 5.3.1

Recubrimiento o 20.6.1.3.1

Peralte efectivo $d = h - r_{ec}$

Metodo aproximado 6.5
Calcular $\mu_u(-)$ para los extremos y cada apoyo

Franja de losa con ancho $b=70$ cm
Calcular carga lineal

Recubrimiento o 20.6.1.3.1

ϕ Debe cumplir 21.2

$$\omega - 0.59\omega^2 = \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}$$

$$\rho = \frac{\omega f'_c}{f_y}$$

$$A_s = \rho b d$$

Refuerzo para momento negativo
Tamaño y numero de bastones en cada vigueta

Refuerzo Secundario
Tamaño y número de barras
 $n = \frac{A_s}{A_{var}}$

Retracción y temperatura
 $A_{st} = \rho_{tem} b h$

Cuantía mínima 24.4.3.3

Plano estructural

$$S = \frac{70 A_{var}}{A_s}$$

El menor de:
5h ó 45 cm
(24.4.3.3)

$$f_y < 4200 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\rho_{tem} = 0.002$$

$$f_y \geq 4200 \frac{kg}{cm^2}$$

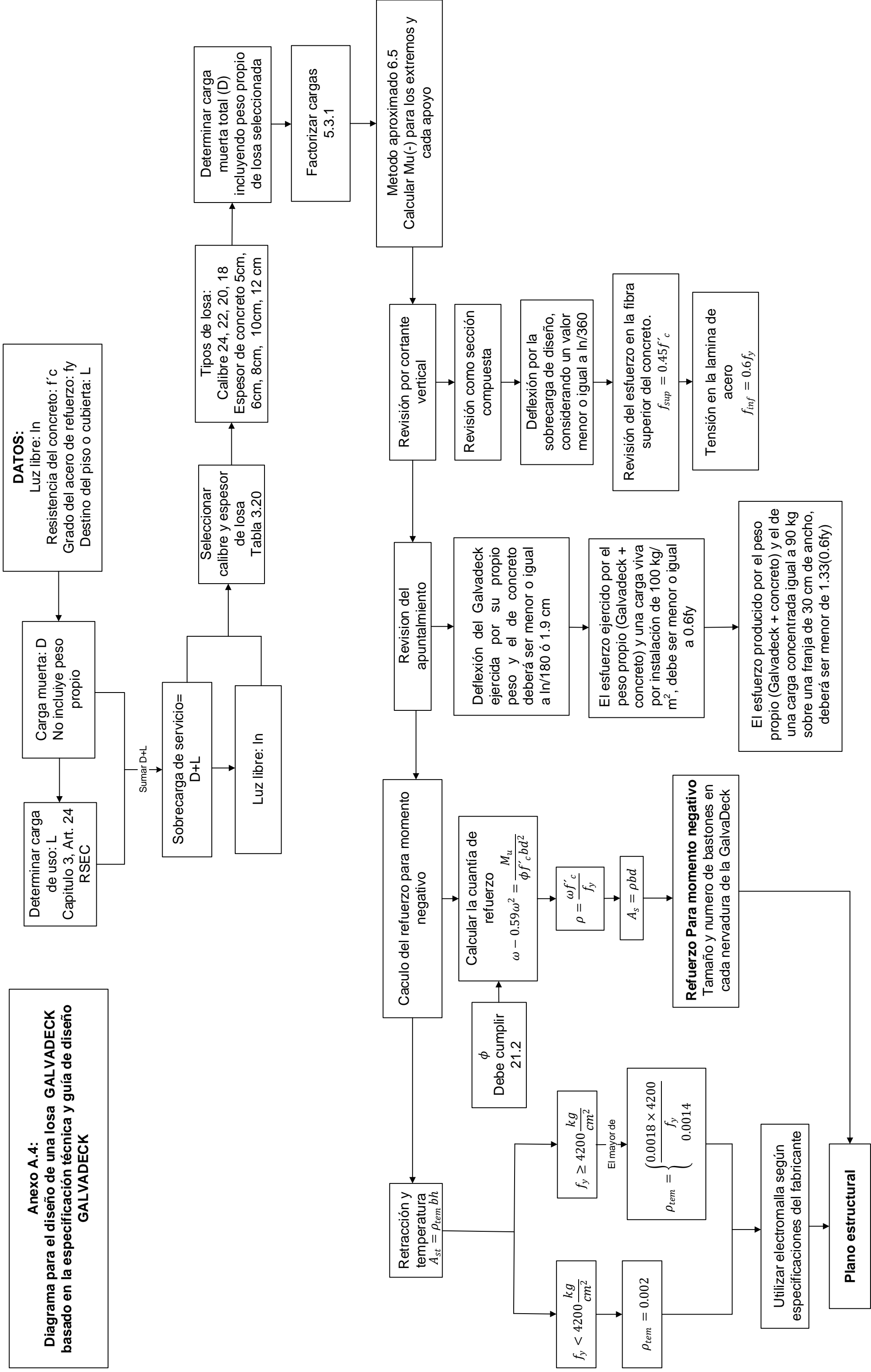
El mayor de

$$\rho_{tem} = \begin{cases} \frac{0.0018 \times 4200}{f_y} \\ 0.0014 \end{cases}$$

ANEXO A.4

**DIAGRAMA PARA EL DISEÑO DE UNA LOSA GALVADECK BASADO EN
LA ESPECIFICACIÓN TÉCNICA Y GUÍA DE DISEÑO GALVADECK**

Anexo A.4:
Diagrama para el diseño de una losa GALVADECK
basado en la especificación técnica y guía de diseño
GALVADECK



DATOS:

Luz libre: ln
 Resistencia del concreto: f'c
 Grado del acero de refuerzo: fy
 Destino del piso o cubierta: L

Carga muerta: D
 No incluye peso propio

Determinar carga de uso: L
 Capítulo 3, Art. 24 RSEC

Sumar D+L

Sobrecarga de servicio= D+L

Luz libre: ln

Seleccionar calibre y espesor de losa
 Tabla 3.20

Tipos de losa:
 Calibre 24, 22, 20, 18
 Espesor de concreto 5cm, 6cm, 8cm, 10cm, 12 cm

Determinar carga muerta total (D) incluyendo peso propio de losa seleccionada

Factorizar cargas 5.3.1

Metodo aproximado 6.5
 Calcular Mu(-) para los extremos y cada apoyo

Revisión por cortante vertical

Revisión como sección compuesta

Deflexión por la sobrecarga de diseño, considerando un valor menor o igual a ln/360

Revisión del esfuerzo en la fibra superior del concreto.
 $f_{sup} = 0.45f'_c$

Tensión en la lamina de acero
 $f_{inf} = 0.6f_y$

Revisión del apuntalamiento

Deflexión del Galvadeck ejercida por su propio peso y el de concreto deberá ser menor o igual a ln/180 ó 1.9 cm

El esfuerzo ejercido por el peso propio (Galvadeck + concreto) y una carga viva por instalación de 100 kg/m², debe ser menor o igual a 0.6fy

El esfuerzo producido por el peso propio (Galvadeck + concreto) y el de una carga concentrada igual a 90 kg sobre una franja de 30 cm de ancho, deberá ser menor de 1.33(0.6fy)

Calculo del refuerzo para momento negativo

Calcula la cuantía de refuerzo
 $\omega - 0.59\omega^2 = \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}$

$$\rho = \frac{\omega f'_c}{f_y}$$

$$A_s = \rho b d$$

Refuerzo Para momento negativo
 Tamaño y numero de bastones en cada nervadura de la GalvaDeck

Retracción y temperatura
 $A_{st} = \rho_{tem} b h$

ϕ Debe cumplir 21.2

$$f_y < 4200 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\rho_{tem} = 0.002$$

$$f_y \geq 4200 \frac{kg}{cm^2}$$

El mayor de

$$\rho_{tem} = \left\{ \begin{array}{l} 0.0018 \times 4200 \\ f_y \\ 0.0014 \end{array} \right.$$

Utilizar electromalla según especificaciones del fabricante

Plano estructural

ANEXO B.1
NOTAS ESTRUCTURALES

TABLA 1

TRASLAPES Y DOBLECES DE VARILLAS DE REFUERZO ASTM A706/A615						
CONCRETO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ ACERO $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$, Grado 60 (G-60)						
DESIGNACION VARILLAS DE REFUERZO						
N° VARILLA	DIÁMETRO (Pulgadas)	DIÁMETRO (mm)	GRADO	LECHO INFERIOR LOSAS (CM)	LECHO SUPERIOR Y COLUMNAS (CM)	LONG. DE ANCLAJE PATA RECTA (CM)
# 3	3/8"	9.5 mm	G-60	30.0	40.0	15.0
# 4	1/2"	12.7 mm	G-60	40.0	50.0	20.0
# 5	5/8"	15.9 mm	G-60	50.0	70.0	25.0
DESIGNACION DE VARILLAS DE REFUERZO G-60						
N° VARILLA	DIÁMETRO (Pulgadas)	DIÁMETRO (mm)	RADIO INTERNO DE DOBLEZ (R)	LONGITUD DE ANCLAJE (L _a)	LONGITUD DE ANCLAJE (L _a)	LONGITUD DE ANCLAJE (L _a)
# 3	3/8"	9.5 mm	3.0	15.0	6.5	2.0
# 4	1/2"	12.7 mm	4.0	15.0	6.5	3.0
# 5	5/8"	15.9 mm	5.0	20.0	7.5	4.0
GANCHOS PARA REFUERZO LONGITUDINAL (cms)						
REFUERZO PPAL			GANCHO A 90°		GANCHO A 180°	GANCHO A 135°
N° VARILLA	DIÁMETRO (mm)	RADIO INTERNO DE DOBLEZ (R)	LONGITUD DE ANCLAJE (L _a)	LONGITUD DE ANCLAJE (L _a)	RADIO INTERNO DE DOBLEZ (R)	LONGITUD DE ANCLAJE (L _a)
# 3	3/8"	9.5 mm	15.0	6.5	2.0	7.5
# 4	1/2"	12.7 mm	4.0	15.0	3.0	10.0
# 5	5/8"	15.9 mm	5.0	20.0	4.0	10.0

1. CONCRETO REFORZADO

a) EL CONCRETO A UTILIZAR EN LOS 4 SISTEMAS DE LOSAS DE ENTREPISO SERÁ DE PESO VOLUMETRICO NORMAL, CON UNA RESISTENCIA ÚLTIMA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (f_c) SEGUN DETALLE SIGUIENTE :

- LOSAS DE ENTREPISO $f_c=210\text{kg/cm}^2$

b) EL CEMENTO A UTILIZAR SERA PORTLAND TIPO I, QUE CUMPLA LA NORMA ASTM C 150 PARA ELEMENTOS PRIMARIOS. PARA NERVADURAS SE PUEDE EMPLEAR CEMENTO ASTM C 1157 GU. LOS AGREGADOS DEBERAN CUMPLIR LA NORMA ASTM C33, Y SU TAMAÑO MÁXIMO NO DEBERA EXCEDER 0.75 VECES LA SEPARACION MINIMA ENTRE BARRAS DE REFUERZO DEL ELEMENTO A COLAR.

c) EL AGUA DEBERA SER LIMPIA, LIBRE DE RESIDUOS DE ACEITE, ACIDOS, ALCALIS, SALES, MATERIA ORGANICA U OTRA SUSTANCIA QUE PUEDAN SER DAÑINAS PARA LA MEZCLA O CUALQUIER METAL EMBEBIDO EN EL CONCRETO. LA RELACION AGUA-CEMENTO, PARA LA MEZCLA DE CONCRETO A UTILIZAR EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRIMARIOS COMO VIGAS, COLUMNAS, PAREDES ESTRUCTURALES Y LOSAS NO DEBERA EXCEDER DEL 0.45.

d) CUALQUIER TIPO DE ADITIVO A UTILIZAR EN LA MEZCLA DEBERA DE SER APROBADO PREVIAMENTE POR LA SUPERVISION

e) LA CALIDAD DEL CONCRETO SE VERIFICARA A TRAVES DE PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS ELABORADOS, CURADOS Y ENSAYADOS DE ACUERDO A LAS NORMAS ASTM C31 Y C39. TAMBIEN APLICAN LAS NORMAS DE CONTROL DE CONCRETO FLUIDO COMO REVENIMIENTO SEGUN ASTM C 143 Y TEMPERATURA SEGUN ASTM E 1155.

2. LOCALIZACION DE JUNTAS DE COLADO:

a) EN CASO DE SER NECESARIAS LAS JUNTAS DE COLADOS EN EL ENTREPISO, DEBERAN LOCALIZARSE A UNA DISTANCIA IGUAL A DOS VECES EL PERALTE DE LOS ABACOS A PARTIR DE LOS BORDES DE ESTOS.

b) LAS JUNTAS EN LAS LOSAS DE ENTREPISO DEBERAN SER ESTABLECIDAS EN CAMPO EN COMUN ACUERDO CON LA SUPERVISION Y EL ASESOR ESTRUCTURAL Y SIGUIENDO EL CRITERIO DEL LITERAL A

3. ACERO DE REFUERZO

a) LAS PROPIEDADES DE LAS VARILLAS A UTILIZAR COMO REFUERZO SE MUESTRAN EN LAS TABLA 1.

b) TODOS LOS DOBLECES EN LAS VARILLAS DE REFUERZO DEBERAN EFECTUARSE EN FRIO. LOS DIÁMETROS INTERNOS DE DOBLEZ A SER UTILIZADOS SERAN DE ACUERDO AL DETALLE SIGUIENTE:

c) GANCHOS ESTANDAR A 90 Y 180 GRADOS = SEIS VECES EL DIÁMETRO DE LA VARILLA A DOBLAR.

d) GANCHO A 135 Y 180 GRADOS EN ESTRIBOS = CUATRO VECES EL DIÁMETRO DE LA VARILLA A DOBLAR.

e) LA TOLERANCIA EN CUANTO A LAS DIMENSIONES GENERALES DE LA SECCION DE UN ELEMENTO DE CONCRETO SERA DE +/- 10mm. Y LA TOLERANCIA EN CUANTO A LOS RECUBRIMIENTOS SERA DE 6.0 mm.

f) LA SEPARACION MINIMA ENTRE VARILLAS PARALELAS DE REFUERZO, CUANDO ESTA NO SEAN ESPECIFICADAS COMO UN PAQUETE, SERA 25 mm.

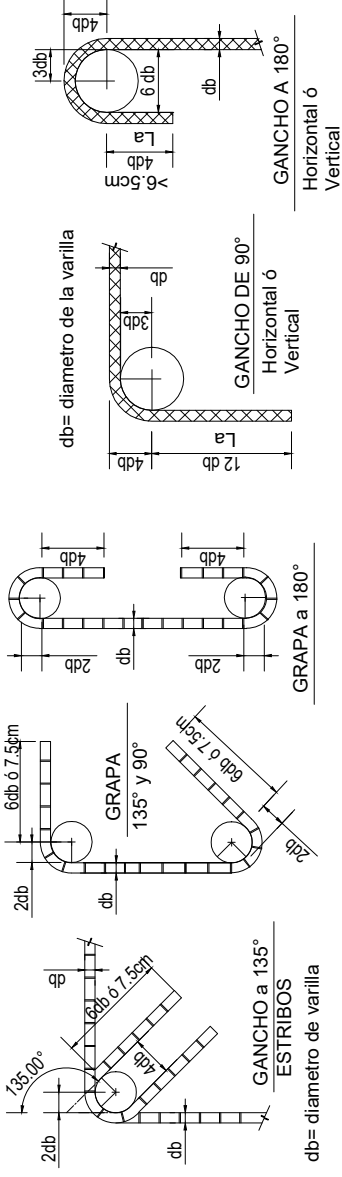
g) LAS VARILLAS LONGITUDINALES QUE DEBEN DE SER DOBLADAS POR REQUISITOS DE TRASLAPE O PASO A TRAVES DE NUDOS, DEBERAN DOBLARSE CON UNA PENDIENTE MAXIMA DE 1:6 RESPECTO DEL EJE DE LA VARILLA.

h) EL ACERO DE REFUERZO (VARILLAS DEL #3 AL #10) SERA CORRUGADO, QUE ADEMAS DE SATISFACER LA NORMA ASTM A706 ó A615 GRADO 60 ($F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$), CUMPLA LOS SIGUIENTES REQUISITOS:

EL ESFUERZO DE FUENCIA REAL DE LAS VARILLAS NO EXCEDERA EN 1.050KG/CM² EL VALOR ESPECIFICADO DE F_y . LA RELACION ENTRE EL ESFUERZO ULTIMO DE TENSION REAL Y EL ESFUERZO DE FUENCIA REAL EN LAS VARILLAS NO SERA INFERIOR A 1.25.
LA ELONGACION MINIMA EN UNA LONGITUD DE 8 PULGADAS NO ES MENOR DEL 14% PARA VARILLAS DEL #3 AL 6 Y DEL 12% PARA VARILLAS DEL #7 AL #11

- LA VARILLA #2 (6.5mm) SERA LISA, DE ACERO CON ESFUERZO DE FUENCIA (F_y) NO INFERIOR A 2500 kg/cm^2

- LA MALLA SOLDADA DE REFUERZO SERA DE ALAMBRE LISO QUE SATISFAGA LA NORMA ASTM A185, CON UNA RESISTENCIA EN FUENCIA (F_y) NO INFERIOR A 4900 kg/cm^2 (GRADO 70). ELECTROMALLA 6/6.



4. RECUBRIMIENTOS

EL RECUBRIMIENTO PARA LOS DIFERENTES SISTEMAS DE LOSAS DE ENTREPISO CONCRETO SERÁ DE 2 cm.

5. NOTAS GENERALES

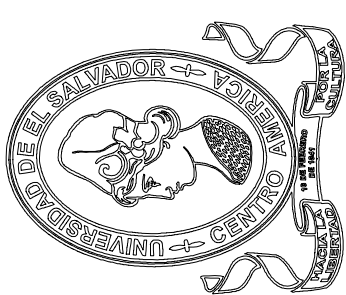
a) EL CONSTRUCTOR ES RESPONSABLE POR LA VERIFICACION Y CERTIFICACION DE TODAS LAS DIMENSIONES Y MEDICIONES CONTENIDAS EN ESTOS PLANOS.

b) CUANDO SE ENCUENTREN DISCREPANCIAS ENTRE LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTOS PLANOS Y LA DEL RESTO DE PLANOS QUE CONFORMAN EL PROYECTO DEBERA DE SER COMUNICADA AL DISEÑADOR, CON EL FIN DE ESTABLECER LAS MEDIDAS CORRECTIVAS.

c) EL CONSTRUCTOR ES RESPONSABLE DE LA CORRECTA CONSTRUCCION DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRESENTADOS EN ESTOS PLANOS.

d) LAS ACOTACIONES CONTENIDAS EN ESTOS PLANOS ESTAN DADAS EN METROS (m.) A MENOS QUE SE INDIQUE DE OTRA MANERA, Y ESTÁN REFERIDAS A LA VERSION DE PLANTAS ARQUITECTONICAS ESPECIFICADA EN LAS PLANTAS ESTRUCTURALES ES RESPONSABILIDAD DEL CONSTRUCTOR COTEJAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS PLANOS DE ARQUITECTURA EN OBRA Y LA VERSION UTILIZADA EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FAC. DE INGENIERIA Y ARQ.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



CONTENIDO:

ANEXO B.1: NOTAS ESTRUCTURALES

PRESENTAN:

CASCO GUARDADO, JACINTO ERNESTO
MAJANO SANDOVAL, DAVID ARQUIMIDES

ÁREA DE LA PLANTA:

240 m²

DOCENTE:

ING. ADRY VIVIANA FLORES

ESCALA:

SIN ESCALA

FECHA:

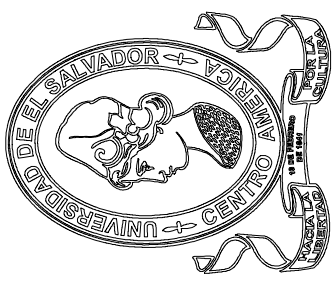
MAYO DE 2019

ANEXO B.2

LOSA DENSA UNIDIRECCIONAL

CUADRO PARA SELLOS:

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FAC. DE INGENIERIA Y ARQ.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



CONTENIDO:
ANEXO B.2: DETALLE DE LOSA
DENSА UNIDIRECCIONAL

PRESENTAN:
CASCO GUARDADO, JACINTO ERNESTO
MAJANO SANDOVAL, DAVID ARQUIMIDES

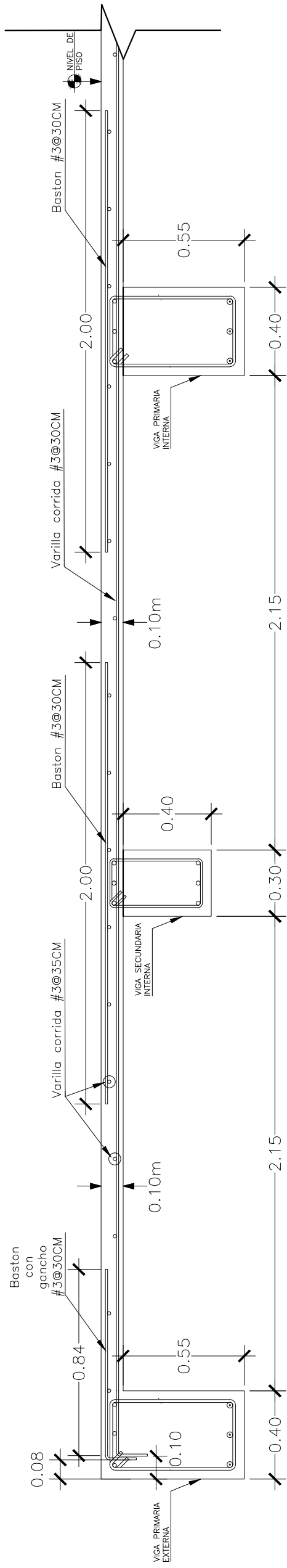
AREA DE LA PLANTA:
240 m²

DOCENTE:
ING. ADRY VIVINA FLORES

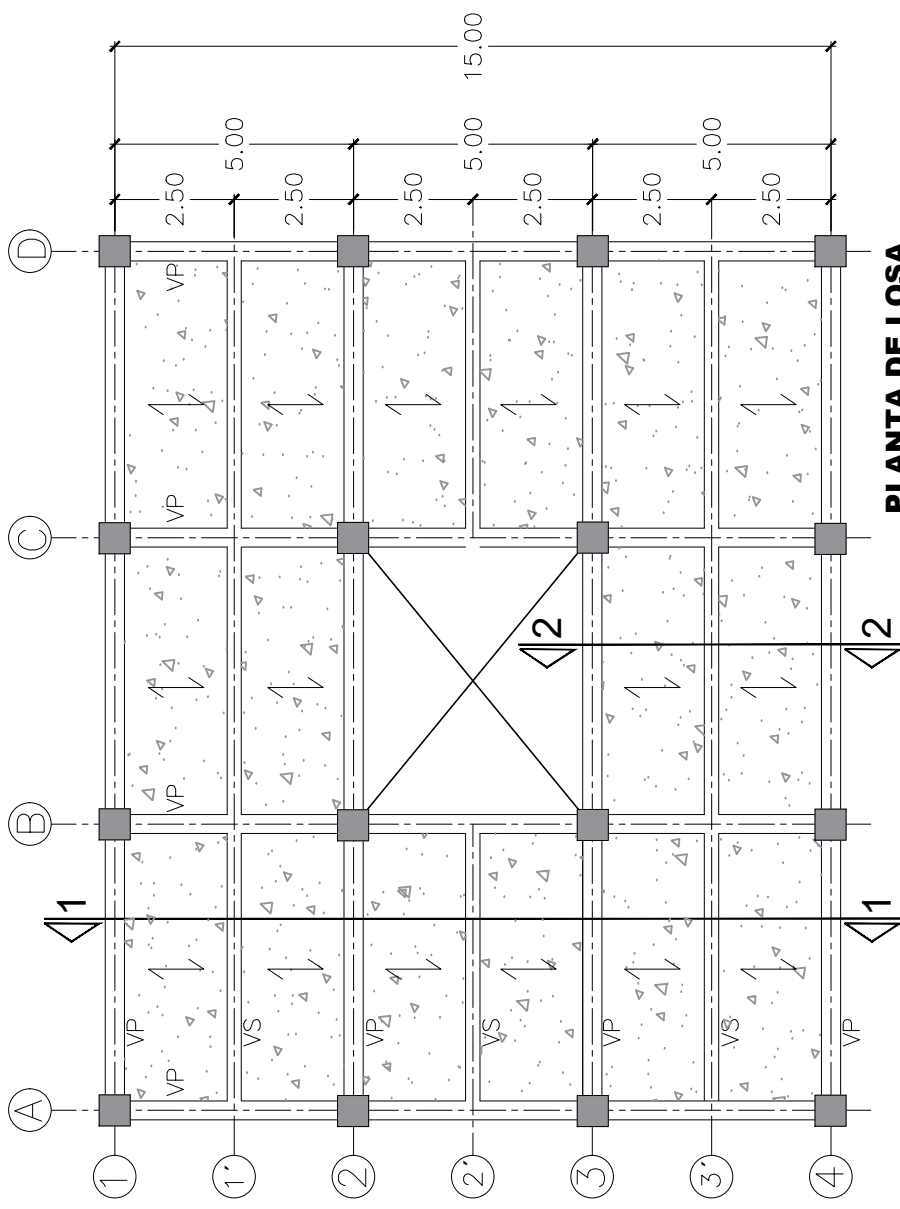
ESCALA:
LAS INDICADAS

FECHA:
MAYO DE 2019

HOJA: 2/5



SECCION 1-1 Y 2-2 Escala 1:20



PLANTA DE LOSA
Escala 1:125

Apoyo	Forma		Longitud	Espaciamiento
	A	B		
1-1	0.15m	15.30	15.60m	#3@30 cm
2-2	0.15m	5.30m	5.60m	#3@30 cm

Apoyo	Forma		Longitud	Espaciamiento
	A	B		
Externo en Viga primaria (Ia)	0.15m	0.90m	1.05m	#3@30 cm
Interno en viga primaria y secundaria (Ib)	2.00m	0.00m	2.00m	#3@30 cm

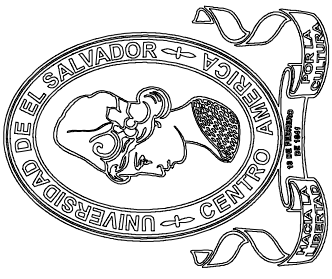
Apoyo	Forma		Longitud	Espaciamiento
	A	B		
Longitud mayor	15.30m	0.00m	18.30m	#3@30 cm
Longitud menor	6.30m	0.00m	6.30m	#3@30 cm

ANEXO B.3

LOSA DENSA BIDIRECCIONAL

CUADRO PARA SELLOS:

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FAC. DE INGENIERIA Y ARQ.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



CONTENIDO:
ANEXO B.3: DETALLE DE LOSA
DENSA BIDIRECCIONAL

PRESENTAN:
CASCO GUARDADO, JACINTO ERNESTO
MAJANO SANDOVAL, DAVID ARQUIMIDES

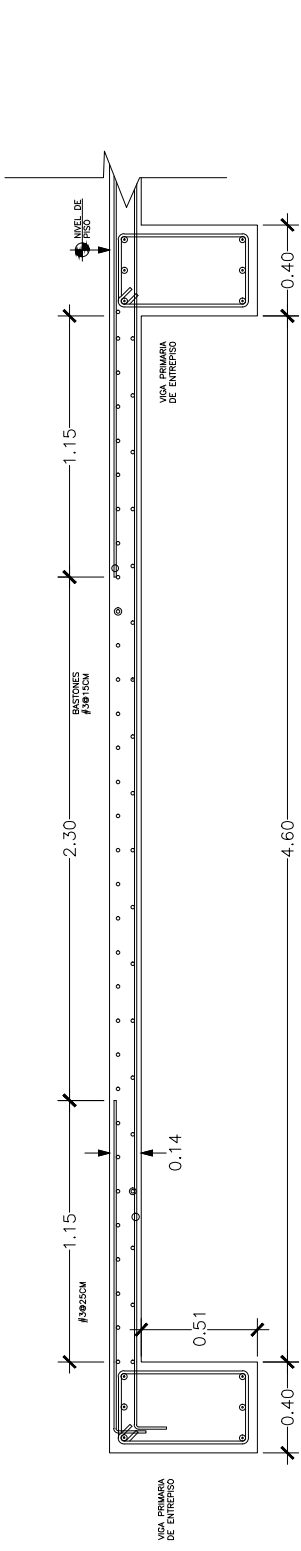
AREA DE LA PLANTA:
240 m²

DOCENTE:
ING. ADRY VIVINA FLORES

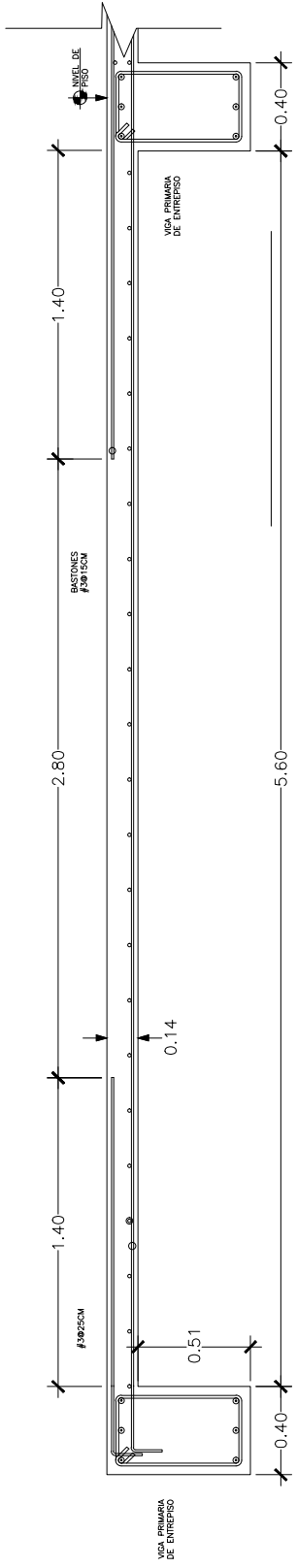
ESCALA:
LAS INDICADAS

FECHA:
MAYO DE 2019

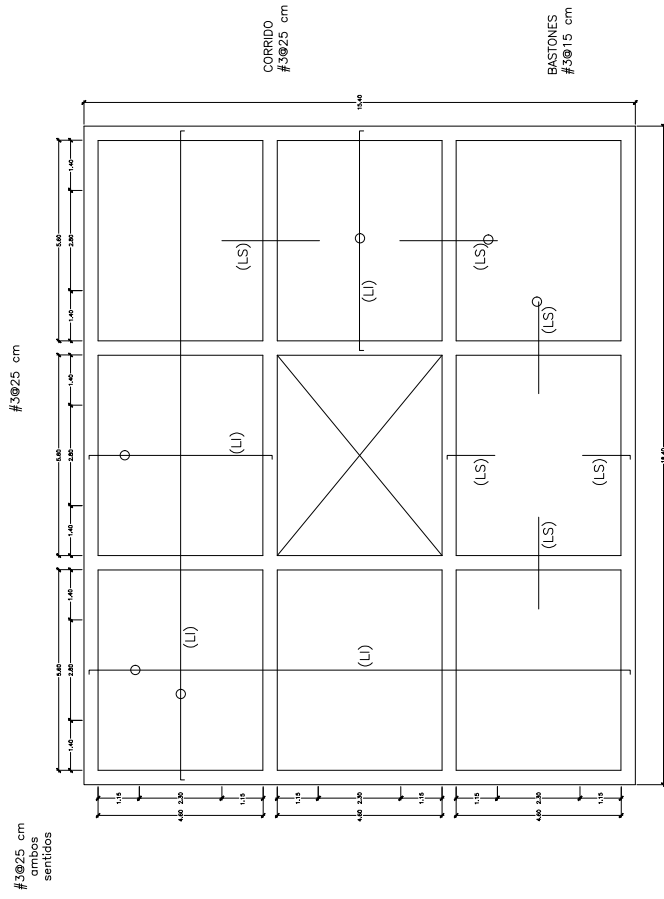
HOJA: 3/5



DIRECCIÓN CORTA
Escala 1:25



DIRECCIÓN LARGA
Escala 1:25



PLANTA DE LOSA
Escala 1:50

Longitud de acero corrido en Lecho Inferior					
Refuerzo	Forma	A	B	Total	Espaciamiento
Dirección larga (3 tableros)		0.15	18.25	18.55	#3@25 cm
Dirección corta (3 tableros)		0.15	15.25	15.55	#3@25 cm
Dirección larga (1 tablero)		0.15	6.25	6.55	#3@25 cm
Dirección corta (1 tablero)		0.15	5.25	5.55	#3@25 cm

Longitud de bastones en Lecho Superior					
Apoyo	Forma	A	B	Total	Espaciamiento
Externo Ambas Direcciones		0.15m	1.70m	1.85m	#3@15 cm
Dirección Larga		3.20m	0.00m	3.20m	#3@15 cm
Dirección Corta		2.70m	0.00m	2.70m	#3@15 cm

ANEXO B.4

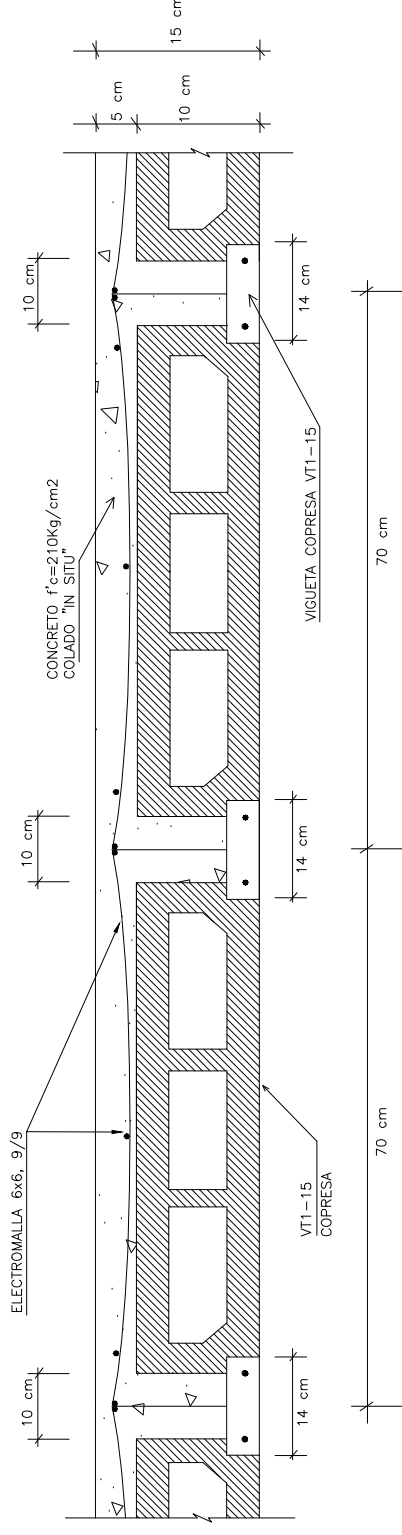
LOSA TRADICIONAL COPRESA

CUADRO PARA SELLOS:

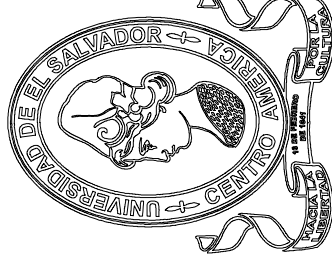
Material	Resistencia	Magnitud (kg/cm ²)
Concreto	Compresión	210.00
Acero de refuerzo	Fluencia	4200.00
Malla electrosoldada	Fluencia	5000.00
	Tensión	5700.00

NOTA:

- 1) EN EL CASO DEL ACERO POR TEMPERATURA SE USARA ELECTROMALLA PROPORCIONADA POR EL FABRICANTE, CUIDANDO QUE LAS VARILLAS SE EMPALMEN 7 CM. COMO MINIMO DENTRO DE LAS VIGAS, DONDE SEA NECESARIO TRASLAPAR LA MALLA, LA LONGITUD DE TRASLAPE SERA COMO MINIMO 13 CM.
- 2) CUMPLIR CON EL RECUBRIMIENTO PARA LA ELECTROMALLA VERIFICANDO QUE ESTA SE ENCUENTRE UBICADA AL CENTRO DEL TOP DE CONCRETO DE 5 CM



CORTE DE SECCION TRANSVERSAL DE LOSA COPRESA VT1-15 esc. 1:150



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FAC. DE INGENIERIA Y ARQ.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

CONTENIDO:
ANEXO B.4: DETALLE DE LOSA
TRADICIONAL COPRESA VT1-15

PRESENTAN:
CASCO GUARDADO, JACINTO ERNESTO
MAJANO SANDOVAL, DAVID ARQUIMIDES

AREA DE LA PLANTA:
240 m²

DOCENTE:
ING. ADRY VIVINA FLORES

ESCALA:
LAS INDICADAS

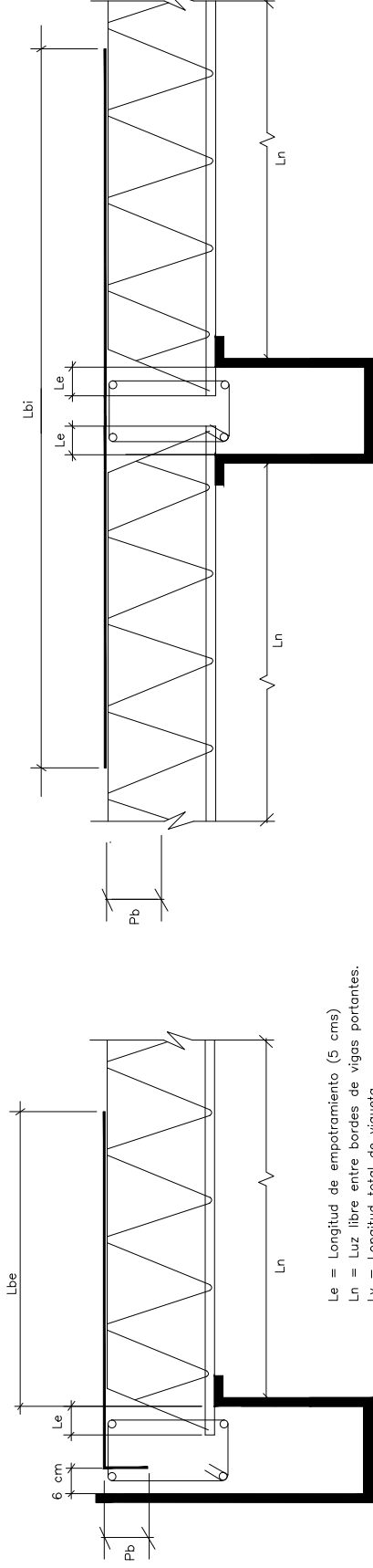
FECHA:
MAYO DE 2019

DETALLE DE BASTONEADO EN EXTREMO DE VIGUETAS

esc. 1:150

DETALLE DE SOLUCION TRASLAPADA
DEL APOYO DE VIGUETA EN VIGA
INTERMEDIA PRIMARIA Lbi(vp) Y SECUNDARIA Lbi(vs)

DETALLE DE SOLUCION TRASLAPADA
DEL APOYO DE VIGUETA EN VIGA
EXTERIOR



Le = Longitud de empotramiento (5 cms)
Ln = Luz libre entre bordes de vigas portantes.
Lv = Longitud total de vigueta.
Lv = Ln + (2 Le)

CUADRO DE BASTONES VT1-15

VIGUETA (Lv)	275 cm
Lbe	85 cm
Lbi(vp)	150 cm
Lbi(vs)	150 cm
Pb	15 cm
No. VAR.	2#3/VIG

ANEXO B.5

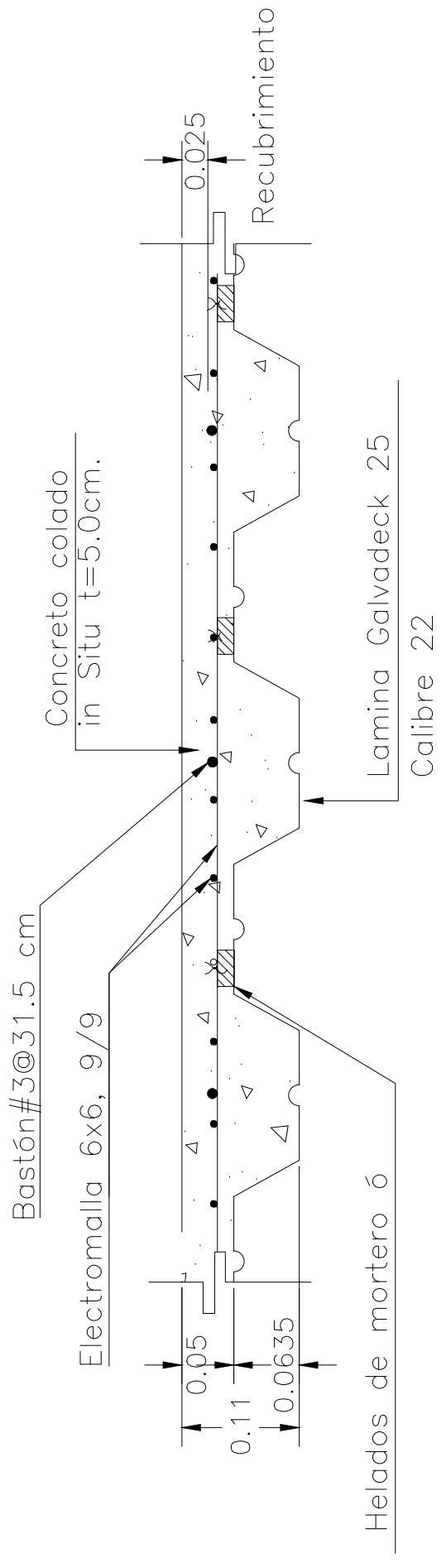
LOSA GALVADECK

CUADRO PARA SELLOS:

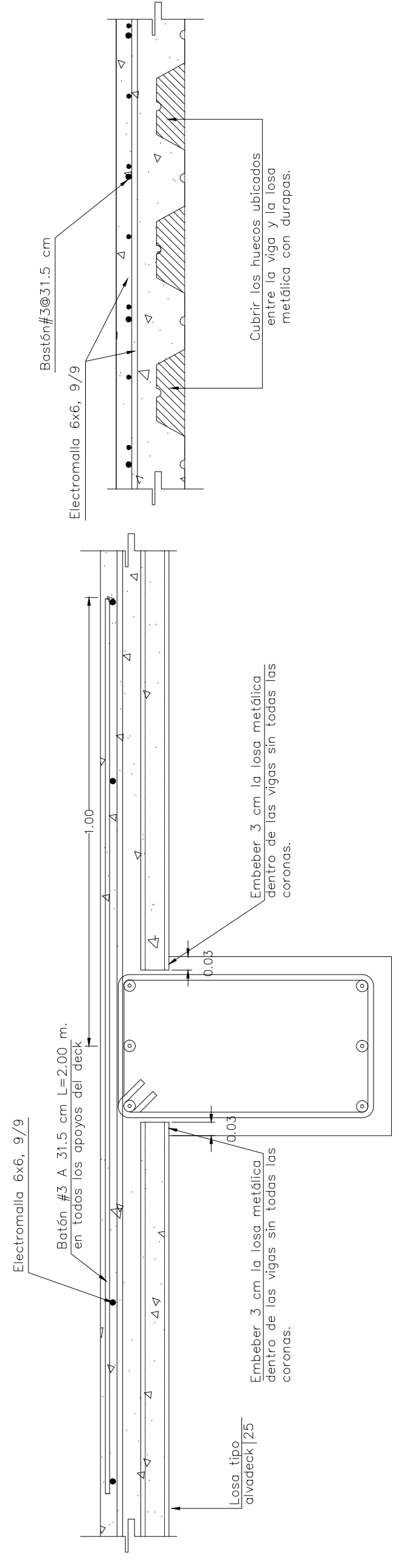
Material	Resistencia	Magnitud (kg/cm ²)
Concreto	Compresión	210.00
Acero de refuerzo	Fluencia	4200.00
Malla electrosoldada	Fluencia	5000.00
	Tensión	5700.00

NOTA PARA GALVADECK:

- 1) USAR EN APOYO INTERNO DE VIGA PRIMARIA USAR BASTÓN CON LONGITUD DE 2.0 M.
- 2) USAR EN APOYO INTERNO DE VIGA SECUNDARIA USAR BASTÓN CON LONGITUD DE 2.0 M.
- 3) EN EL CASO DE ACERO A TEMPERATURA SE USARÁ ELECTROMALLA PROPORCIONADA POR EL FABRICANTE

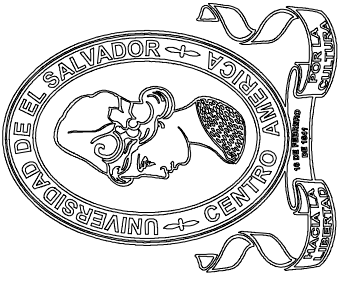


DETALLE DE LOSA ACERO GALVADECK 25 esc. 1:10



DETALLE DE APOYO DE LOSA GALVADECK 25 EN VIGA DE CONCRETO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FAC. DE INGENIERIA Y ARQ.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



CONTENIDO:
ANEXO B.5: DETALLE DE LOSA METÁLICA GALVADECK 25

PRESENTAN:
CASCO GUARDADO, JACINTO ERNESTO
MAJANO SANDOVAL, DAVID ARQUIMIDES

AREA DE LA PLANTA:
240 m²

DOCENTE:
ING. ADRY VIVINA FLORES

ESCALA:
LAS INDICADAS

FECHA:
MAYO DE 2019

ANEXO C

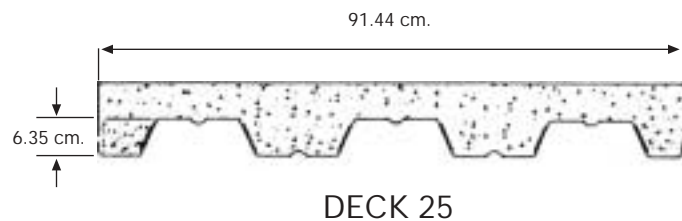
**PÁGINAS 9 Y 10 EXTRAÍDAS DEL CATÁLOGO “ESPECIFICACIÓN
TÉCNICA GALVADECK Y GUÍA DE DISEÑO”**

GALVADECK 25

Características

- Excelente capacidad de carga.
- Por su peralte soporta claros de 2.50 m. sin necesidad de apuntalamiento.
- Mayor poder cubriente, lo que repercute en ahorro de mano de obra, costo y tiempo en la instalación.

Peralte: 6.35 cm.
 Poder Cubriente: 91.44 cm.
 Calibre: 18 al 24
 Acabado: Pintado y Galvanizado



PROPIEDADES DE LA SECCIÓN DE ACERO

CALIBRE	PESO Kg/m ²	I cm ⁴ /m	Ssup cm ³ /m	Sinf cm ³ /m
24	5.91	54.30	16.86	17.35
22	8.29	76.15	23.65	24.33
20	9.89	90.66	28.15	28.97
18	13.04	119.48	37.10	38.18

GALVADECK 25

PROPIEDADES DE LA SECCIÓN COMPUESTA

CALIBRE	ESPESOR DE CONCRETO cm	W_{dl} kg/m ²	V_r kg	I_c cm ⁴ /m	S_{sc} cm ³ /m	S_{ic} cm ³ /m
24	5	195	1445	315	92	40
	6	218	1734	410	106	48
	8	264	2312	678	142	71
	10	310	2891	1074	187	101
	12	356	3469	1626	243	139
22	5	197	1445	391	105	51
	6	220	1734	502	121	61
	8	266	2312	804	159	86
	10	312	2891	1238	207	119
	12	358	3469	1834	265	161
20	5	199	1445	445	114	60
	6	222	1734	567	131	71
	8	268	2312	893	171	98
	10	314	2891	1356	220	133
	12	360	3469	1985	279	177
18	5	202	1445	538	127	75
	6	225	1734	678	146	88
	8	271	2312	1049	189	119
	10	317	2891	1564	242	158
	12	363	3469	2253	304	206

SIMBOLOGÍA

- I** = Momento de Inercia de la sección de acero (cm⁴/m.)
- S_{sup}** = Módulo de sección de la sección de acero para la fibra superior (cm³/m.)
- S_{inf}** = Módulo de sección de la sección de acero para la fibra inferior (cm³/m.)
- W_{dl}** = Peso propio de la lámina y el concreto (kg/m²)
- V_r** = Resistencia al cortante (kg)
- I_c** = Momento de inercia de la sección compuesta (cm⁴/m)
- S_{sc}** = Módulo de sección de la sección compuesta para la fibra superior de la losa (cm³/m)
- S_{ic}** = Módulo de sección de la sección compuesta para la fibra inferior de la losa (cm³/m)
- t** = Espesor de la losa de concreto (cm)
- L** = Separación entre apoyos (m)