



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE DOS SISTEMAS DE LOSA EN UN  
EDIFICIO DE MACHALA: NERVADAS BIDIRECCIONALES VS. DECK  
MEDIANTE MODELACIÓN EN ETABS**

**PEREZ CASTILLO EDINSON GONZALO  
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE DOS SISTEMAS DE LOSA EN UN  
EDIFICIO DE MACHALA: NERVADAS BIDIRECCIONALES VS.  
DECK MEDIANTE MODELACIÓN EN ETABS**

**PEREZ CASTILLO EDINSON GONZALO  
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTOS TÉCNICOS**

**ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE DOS SISTEMAS DE LOSA EN  
UN EDIFICIO DE MACHALA: NERVADAS BIDIRECCIONALES  
VS. DECK MEDIANTE MODELACIÓN EN ETABS**

**PEREZ CASTILLO EDINSON GONZALO  
INGENIERO CIVIL**

**AÑAZCO CAMPOVERDE GILBERT ADRIAN**

**MACHALA  
2024**

# PEREZ EDINSON - TESIS FINAL - CORRECCIONES FINALES 2

7%  
Textos  
sospechosos



5% Similitudes  
0% similitudes  
entre comillas  
< 1% entre las  
fuentes  
mencionadas  
3% Idiomas no  
reconocidos

Nombre del documento: PEREZ EDINSON - TESIS FINAL -  
CORRECCIONES FINALES 2.docx  
ID del documento: 13a73946728caf773ba7f4ad3c4bf482048b2568  
Tamaño del documento original: 33,55 MB  
Autor: EDINSON PEREZ CASTILLO

Depositante: GILBERT ADRIAN AÑAZCO CAMPOVERDE  
Fecha de depósito: 5/2/2025  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 5/2/2025

Número de palabras: 35.679  
Número de caracteres: 231.537

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17842/1/UPS-ST004369.pdf">dspace.ups.edu.ec</a>   Evaluación técnica económica del diseño entre losa nervada y l... http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17842/1/UPS-ST004369.pdf 4 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (572 palabras)
2	<a href="http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2334">dspace.ups.edu.ec</a>   Proyecto de formación de animador (a)s para los grupos del Mo... http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2334 4 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (571 palabras)
3	<a href="http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/5436">dspace.ucuenca.edu.ec</a>   Cálculo y diseño estructural para el parqueadero subterrá... http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/5436 8 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (119 palabras)
4	<a href="http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24185/1/Tesis%201064-Basantes%20Ruiz%20Jéssi...">repositorio.uta.edu.ec</a>   Análisis de eficiencia estructural entre una losa nervada y u... http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24185/1/Tesis 1064 - Basantes Ruiz Jéssi... 7 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (121 palabras)
5	<a href="https://hdl.handle.net/20.500.12848/523">hdl.handle.net</a>   Análisis de Costo y Tiempo en la Construcción de Losas con Placas ... https://hdl.handle.net/20.500.12848/523	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (87 palabras)

## Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5414">repositorio.upse.edu.ec</a>   Repositorio Universidad Estatal Península de Santa Elena: ... https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5414	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)
2	<a href="https://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/view/434">investigacion.utmachala.edu.ec</a>   Geotecnia enfocada a cimentaciones de edificaci... https://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/view/434	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)
3	<a href="https://recit.uabc.mx/index.php/revista/article/view/262">recit.uabc.mx</a> https://recit.uabc.mx/index.php/revista/article/view/262	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (37 palabras)
4	<a href="http://dx.doi.org/10.57799/11227/7446">dx.doi.org</a>   Análisis comparativo entre los sistemas estructurales de entresijos en d... http://dx.doi.org/10.57799/11227/7446	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (34 palabras)
5	<a href="https://1library.co/article/diagramas-esfuerzos-maximos-modelación-sistema-mampostería-refor...">1library.co</a>   DIAGRAMAS DE ESFUERZOS MAXIMOS - MODELACIÓN DEL SISTEMA DE ... https://1library.co/article/diagramas-esfuerzos-maximos-modelación-sistema-mampostería-refor...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)

## Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1230/1/012050>
- <https://doi.org/10.33333/rp.vol45n1.02>
- <https://doi.org/10.1590/s1983-41952020000300005>
- <https://doi.org/10.48190/cp.v4n1a6>
- <https://doi.org/10.26621/ra.v1i25.704>

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, PEREZ CASTILLO EDINSON GONZALO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE DOS SISTEMAS DE LOSA EN UN EDIFICIO DE MACHALA: NERVADAS BIDIRECCIONALES VS. DECK MEDIANTE MODELACIÓN EN ETABS, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



---

PEREZ CASTILLO EDINSON GONZALO

1900483734

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres y hermanos, pilares esenciales en el camino que me ha conducido a alcanzar este importante logro académico. Su amor incondicional y constante apoyo han representado la fuerza que me impulsó a superar cada obstáculo y avanzar en momentos de incertidumbre. He aprendido de su entrega, fortaleza y compromiso, lecciones que han guiado mi formación en cada etapa de mi vida. Cada gesto, palabra y acción de solidaridad ha contribuido de forma decisiva a mi crecimiento personal y profesional. Reconozco con sincera estima que el esfuerzo conjunto y el sacrificio compartido han forjado mi carácter y orientado mis decisiones. Durante este recorrido, la confianza depositada en mí se convirtió en el motor que me permitió avanzar con determinación y optimismo. Con humildad asumo este logro y me comprometo a seguir honrando los valores inculcados en mi entorno familiar, los cuales serán siempre la guía para alcanzar nuevos horizontes en mi camino.

***Perez Castillo Edinson Gonzalo***

## **AGRADECIMIENTO**

Con profundo respeto y humildad, deseo expresar mi gratitud a quienes han sido parte esencial de este logro que me acerca a convertirme en Ingeniero Civil. En primer lugar, elevo mi agradecimiento a Dios, fuente de sabiduría y perseverancia, por iluminar mi camino y darme la esperanza para seguir adelante incluso en los momentos más desafiantes.

A mis padres, les dedico cada página de este trabajo. Su amor incondicional, sus sacrificios silenciosos y su ejemplo de lucha han sido la base que sostuvo mis sueños. Mi madre, con su ternura y paciencia, siempre encontró la manera de aliviarme en las noches de estrés; mi padre, con su disciplina y consejos, me enseñó a enfrentar los problemas con valentía. Juntos me dieron no solo un hogar, sino la certeza de que ningún esfuerzo es en vano.

A mis hermanos, compañeros de vida y cómplices en cada etapa, les agradezco por su complicidad y apoyo constante. Sus risas, su ánimo en los días difíciles y su orgullo genuino por mis avances fueron un motor que mantuvo mi entusiasmo vivo.

Este título no solo es un logro académico, sino un tributo a mi familia, quienes convirtieron cada sacrificio en una semilla para mi futuro. ¡Gracias por creer en mí, incluso cuando yo dudaba!

***Perez Castillo Edinson Gonzalo***

## RESUMEN

El estudio comparó dos sistemas estructurales comunes en la construcción de edificios en Machala, Ecuador: la losa nervada bidireccional y la losa steel deck. Su objetivo principal fue evaluar y comparar el desempeño de ambos sistemas, fundamentales para soportar las cargas y asegurar la estabilidad de las construcciones. Con frecuencia, la elección de estos sistemas se basa en la experiencia práctica más que en análisis técnicos detallados, lo que puede generar costos adicionales y riesgos en la seguridad.

Para superar este enfoque tradicional, se utilizó el software ETABS para modelar el comportamiento de las losas ante distintas condiciones de carga. En el análisis se evaluó la capacidad de carga, la distribución de las fuerzas internas y las deformaciones que se producen en cada sistema. Además, se consideraron normas de construcción nacionales e internacionales, como la NEC, el ACI y el AISC, lo que ayudó a validar los resultados y garantizar el cumplimiento de estándares reconocidos.

Los resultados evidenciaron que la losa steel deck presenta importantes ventajas, como mayor rapidez en la construcción, menor peso y ahorro de materiales. Estas características la hacen especialmente atractiva para proyectos con limitaciones de tiempo y presupuesto. Sin embargo, su aplicación requiere una planificación cuidadosa, en particular en el diseño de vigas secundarias, para asegurar una adecuada distribución de las cargas. Por otro lado, la losa nervada bidireccional se destaca por distribuir las cargas de manera uniforme, siendo adecuada para edificaciones de varios pisos o con diseños complejos, aunque demanda un control preciso de las deformaciones para mantener la estabilidad.

Resaltando la importancia del estudio, y recomendando desarrollar manuales y guías técnicas locales, realizar estudios exhaustivos de cargas en las primeras etapas del diseño y promover la capacitación en herramientas modernas de modelación. Estas acciones son esenciales para lograr construcciones seguras, funcionales y económicamente viables para la comunidad de Machala.

**Palabras clave:** Losa nervada bidireccional, losa steel deck, sistemas estructurales, construcción, Machala, ETABS, cargas, deformaciones, vigas secundarias, normativas (NEC, ACI, AISC),

## ABSTRACT

The study compared two common structural systems used in building construction in Machala, Ecuador: the bidirectional ribbed slab and the steel deck slab. Its main objective was to evaluate and compare the performance of both systems, which are fundamental for supporting loads and ensuring the stability of structures. Frequently, the selection of these systems is based on practical experience rather than on detailed technical analysis, which can result in additional costs and safety risks.

To overcome this traditional approach, ETABS software was employed to model the behavior of the slabs under various load conditions. The analysis evaluated load capacity, the distribution of internal forces, and the deformations occurring in each system. In addition, both national and international construction standards—such as the NEC, ACI, and AISC—were considered, which helped validate the results and ensure compliance with recognized benchmarks.

The results revealed that the steel deck slab presents significant advantages, including faster construction speed, lighter weight, and material savings. These characteristics make it particularly attractive for projects with time and budget constraints. However, its application requires careful planning, especially in the design of secondary beams, to ensure an adequate distribution of loads. In contrast, the bidirectional ribbed slab is distinguished by its ability to distribute loads uniformly, making it suitable for multi-story buildings or complex designs, although it demands precise control of deformations to maintain stability.

Highlighting the importance of the study, it is recommended to develop local manuals and technical guides, perform exhaustive load studies in the early stages of design, and promote training in modern modeling tools. These actions are essential to achieve constructions that are safe, functional, and economically viable for the Machala community.

Keywords: Bidirectional ribbed slab, steel deck slab, structural systems, construction, Machala, ETABS, loads, deformations, secondary beams, standards (NEC, ACI, AISC)

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	1
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	2
<b>RESUMEN</b> .....	3
<b>ABSTRACT</b> .....	4
<b>INTRODUCCION</b> .....	12
Importancia del proyecto .....	12
Actualidad de la problemática.....	12
Estructura del trabajo.....	12
<b>CAPITULO I</b> .....	14
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	14
1.1. Antecedentes (Línea base del proyecto).....	14
1.1.1. Caracterización territorial de Machala .....	14
1.1.2. Situación de la vivienda: oferta, demanda y calidad.....	15
1.1.3. Geomorfología.....	16
1.1.4. Suelos.....	16
1.1.5. Situación de la vivienda: oferta, demanda y calidad.....	17
1.1.6. Geomorfología de Machala .....	18
1.1.7. Suelos.....	19
1.2. Descripción de la Situación problemática (Causas y efectos) .....	20
1.3. Formulación del problema (preguntas científicas). .....	23
1.4. Delimitación del objeto de estudio .....	23
1.5. Justificación .....	24
1.6. Objetivos: .....	25
Objetivo General:.....	25
Objetivos Específicos:.....	25
<b>CAPITULO II</b> .....	26
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	26
2.1. ANTECEDENTES CONTEXTUALES .....	26
2.1.1. Macro.....	26
2.1.2. Meso.....	29
2.1.3. Micro.....	30
2.2. ANTECEDENTES REFERENCIALES .....	31
2.3. ANTECEDENTES CONCEPTUALES .....	32
2.3.1. Definiciones .....	32
2.3.1.1. Losas .....	32

2.3.1.1.1.	Losas de hormigón armado:.....	32
2.3.1.2.	Función de losas en edificaciones.....	34
2.3.1.3.	Clasificación de losas.....	34
2.3.1.4.	Elemento que componen las losas.....	37
2.3.1.5.	Elementos estructurales de acero .....	40
2.3.1.6.	Elementos de aligeramiento en losas nervadas.....	41
2.3.2.	Normas por emplear:.....	43
2.3.3.	Análisis de cargas de la estructura .....	43
2.3.4.	Combinaciones de carga .....	45
2.3.5.	Deflexiones de losa .....	45
2.3.5.1.	Losas de hormigón armado.....	45
2.3.6.	Criterios de diseño para losas steel deck.....	47
2.3.7.	Miembros en flexión losas deck.....	48
<b>CAPITULO III</b>	.....	<b>54</b>
<b>3. METODOLOGIA</b>	.....	<b>54</b>
3.1.	Modalidad básica de la investigación: .....	54
3.2.	Tipo de investigación: .....	54
3.2.1.	Investigación Documental.....	54
3.2.2.	Investigación Experimental.....	54
3.3.	Generalidades del Proyecto.....	55
3.4.	Descripción de la población y muestra .....	56
3.5.	Métodos Teóricos y Empíricos .....	56
3.5.1.	Métodos tradicionales para el diseño de losas bidireccionales de hormigón armado .....	57
3.5.2.	Modelación .....	62
3.5.3.	Losas tipo deck .....	65
3.6.	Técnicas de Procesamiento de Datos .....	65
<b>CAPITULO IV</b>	.....	<b>66</b>
<b>4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>	.....	<b>66</b>
4.1.	ANALISIS DE RESULTADOS .....	66
4.1.1.	Análisis de losas nervadas en dos direcciones y losas deck .....	66
4.1.1.1.1.	Cálculo del diseño geométrico de la losa nervada.....	67
4.1.1.1.2.	Esfuerzos de cortante de la losa.....	74
4.1.1.1.3.	Formulas del Método 3 de las normas ACI .....	75
4.1.1.1.4.	Deflexiones máximas losa de hormigón armado.....	82
4.1.1.1.5.	Cálculo de Deflexiones en el Tramo más largo .....	82

4.1.1.1.6.	Esfuerzo Cortante de Punzonamiento .....	87
4.1.1.2.	<i>Esquema de la losa de hormigón armado para determinar los momentos y aceros de los nervios por el método del Msc. Marcelo Romo</i> .....	87
4.1.1.3.	Momentos positivos y negativos de los coeficientes planteadas por Marcelo Romo, Msc. de acuerdo al tipo de paño. ....	88
4.1.2.	Modelación de losa nervada de 20 [cm] de espesor .....	92
4.1.2.1.	Datos usados en Etabs .....	92
4.1.2.2.	Secciones utilizadas en la losa de hormigón .....	93
4.1.2.3.	Diagrama de corte y momentos en el programa Etabs .....	95
4.1.2.4.	Deflexiones máximas del software .....	96
4.1.3.	Análisis de losa steel deck .....	96
4.1.3.1.	Especificaciones de losas steel deck.....	96
4.1.3.1.1.	Especificaciones técnicas losa deck .....	97
4.1.3.2.	Diseño de losa colaborante (steel deck).....	98
4.1.3.3.	Determinación de la deflexión de la losa colaborante Steel-Deck actuando como encofrado.....	99
4.1.3.4.	Condiciones de momento último de resistir a flexión de la losa colaborante Steel-Deck .....	100
4.1.3.5.	Condiciones de esfuerzos de tensión por flexión en el sistema no compuesto	101
4.1.3.6.	Esfuerzos admisibles de tensión en el sistema compuesto.....	104
4.1.3.7.	Esfuerzos admisibles de tensión en el sistema compuesto.....	108
4.1.4.	Diseño de viguetas en acero estructural .....	111
4.1.4.1.	Razón - ancho – espesor de miembros sometidos a flexión .....	112
4.1.4.2.	Determinación del ancho efectivo.....	113
4.1.4.3.	Verificación de estados límites de resistencia .....	114
4.1.4.3.1.	Estado límite de fluencia .....	115
4.1.5.	Diseño de conectores de cortante.....	116
4.1.5.1.	Capacidad resistente del conector [Qn].....	117
4.1.5.2.	Número de conectores [n] .....	118
4.1.5.3.	Losa de placa colaborante conectores de corte .....	118
4.1.6.	Modelación de la losa steel deck de 10 cm de espesor en edificación ..	119
4.1.6.1.	Datos ingresados de losa deck en Etabs .....	120
4.1.6.1.1.	Cálculo preliminar de viguetas fabricadas mediante laminado en caliente.	122
4.1.6.1.3.	Elementos verticales .....	126
4.1.6.1.4.	Análisis de columnas en losa deck.....	126
4.1.7.	Modelación de la losa steel deck de 10 [cm] de espesor.....	127

4.1.7.1.	Secciones utilizadas en losa Steel Deck con luces .....	127
4.1.7.2.	Determinación de las deflexiones en la losa Steel Deck con vigas secundarias de acero.....	129
4.2.	COMPARACIÓN DE COSTOS UNITARIOS PARA LAS LOSAS DE HORMIGÓN ARMADO Y LOSAS DECK .....	131
4.2.1.	Lista de rubros.....	131
4.2.2.	Costo de losa de hormigón armado .....	132
4.2.2.1.	Losa nervada en dos direcciones de hormigón armado.....	132
4.2.2.2.	Losa steel deck .....	134
4.3.	RESULTADO DE COSTOS.....	136
4.3.1.	Comparación de costo por m <sup>2</sup> en losas .....	136
4.3.1.1.	Losa nervada y losa deck .....	136
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	137
	CONCLUSIONES .....	137
	RECOMENDACIONES .....	138
5.	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	140
	<b>ANEXOS</b> .....	146
	ANEXOS 1. ....	147
	TABLAS AISC .....	147
	ANEXO 2. ....	149
	TERCER METODO DE ACI – METODO DE LOS COEFICIENTES.....	149
	ANEXO 3. ....	152
	MÉTODO DE LOS COEFICIENTES (MARCELO ROMO, MSC.).....	152
	ANEXO 4. ....	156
	MEMORIA DE CÁLCULO.....	156
	ANEXO 5. ....	183
	ANEXOS 6. ....	204
	PLANOS ARQUITECTONICOS (HORMIGÓN ARMADO) .....	204
	ANEXOS 7. ....	216
	GRAFICA DE MOMENTO Y CORTE LOSA DE HA.....	216
	GRAFICA DE MOMENTO Y CORTE LOSA STEEL DECK .....	216

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b>	Ciudad de Machala.....	14
<b>Ilustración 2.</b>	Árbol de Problemas. ....	21
<b>Ilustración 3.</b>	Ubicación Edificio Sánchez Aguilar .....	24

<b>Ilustración 4.</b> Losa Nervada en una dirección. ....	35
<b>Ilustración 5.</b> Losa Nervada en dos direcciones. ....	36
<b>Ilustración 6.</b> Conector de Corte.....	40
<b>Ilustración 7.</b> Dimensiones de losa Steel Deck (Ancho útil) .....	48
<b>Ilustración 8.</b> Carga sobrepuesta de losa deck. ....	48
<b>Ilustración 9.</b> Esquema Losa Steel Deck .....	55
<b>Ilustración 10.</b> Pórtico equivalente de una estructura.....	58
<b>Ilustración 11.</b> Franjas de columna y franjas de tramo.....	58
<b>Ilustración 12.</b> Columna equivalente.....	59
<b>Ilustración 13.</b> Esquema de paños a usar los coeficientes.....	62
<b>Ilustración 14.</b> Dimensión de la viga 35 x 40 cm.....	63
<b>Ilustración 15.</b> Detalle de la losa 20 cm.....	63
<b>Ilustración 16.</b> Detalle de la losa 15 cm.....	64
<b>Ilustración 17.</b> Sección de elementos estructurales columnas .....	64
<b>Ilustración 18.</b> Elevación Frontal .....	66
<b>Ilustración 19.</b> Paño a calcular. ....	67
<b>Ilustración 20.</b> Elevación y dimensión de losa nervada. ....	69
<b>Ilustración 21.</b> Esquema de planta en losa nervada.....	70
<b>Ilustración 22.</b> Detalle de Elevación de la Pared.....	70
<b>Ilustración 23.</b> Tablero de Análisis. ....	75
<b>Ilustración 24.</b> Franjas Lado largo.....	77
<b>Ilustración 25.</b> Franjas Lado corto.....	79
<b>Ilustración 26.</b> Análisis de Armado en el panel .....	81
<b>Ilustración 27.</b> Momentos en el tramo largo.....	82
<b>Ilustración 28.</b> Factor de modificación $\lambda$ .....	83
<b>Ilustración 29.</b> Esquema de losa de H.A.....	94
<b>Ilustración 30.</b> Diagrama de Momentos en losa de Hormigón Armado. ....	95
<b>Ilustración 31.</b> Diagrama de Corte de la losa de Hormigón Armado.....	95
<b>Ilustración 32.</b> Dimensiones de losa Steel Deck (Ancho útil) .....	98
<b>Ilustración 33.</b> Esquema de vanos Losa Deck .....	99
<b>Ilustración 34.</b> Flexión de la losa colaborante (SD) .....	102
<b>Ilustración 35.</b> Datos de sistema compuesto en la sección.....	104
<b>Ilustración 36.</b> Datos de losa Deck.....	104
<b>Ilustración 37.</b> Datos para la sección transformada no fisurada.....	106
<b>Ilustración 38.</b> Área de contribución para cortante en losa Deck. ....	109
<b>Ilustración 39.</b> Viga de sección compuesta. ....	111
<b>Ilustración 40.</b> Vista en Planta de vigas secundarias en losa Deck .....	113
<b>Ilustración 41.</b> Viga secundaria - Ancho Efectivo.....	114
<b>Ilustración 42.</b> Viga Secundaria IPE 160 del Piso 1, en los ejes B - C y 2 - 3 .....	115
<b>Ilustración 43.</b> Conector de corte tipo Gancho Cerrado.....	116
<b>Ilustración 44.</b> Losa deck detalle de conectores de corte .....	118
<b>Ilustración 45.</b> Esquema de losa Deck EDIFICIO- ETABS.....	119
<b>Ilustración 46.</b> Losa Steel Deck- Vista en Planta - Piso 1 .....	120
<b>Ilustración 47.</b> Corte de placa colaborante. ....	121
<b>Ilustración 48.</b> Esquema de Perfil laminado IPE .....	128
<b>Ilustración 49.</b> Perfiles Laminados IPE.....	128
<b>Ilustración 50.</b> Diagrama de Momentos de losa deck.....	129

<b>Ilustración 51.</b> Diagrama de Deflexión de Viga secundaria IPE 160 - CARGA ULTIMA .....	129
<b>Ilustración 52.</b> Diagrama de Fuerza Cortante Losa Deck .....	130
<b>Ilustración 53.</b> Comparativa de costos m2 losa deck y losa nervada.....	136
<b>Ilustración 54.</b> Razones ancho-espesor: elementos en compresión.....	147
<b>Ilustración 55.</b> Razones ancho-espesor: elementos en compresión de miembros en flexión.....	148

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Tipos de Viviendas .....	15
<b>Tabla 2.</b> Geomorfología cantón Machala.....	16
<b>Tabla 3.</b> Tipos de Viviendas .....	18
<b>Tabla 4.</b> Geomorfología cantón Machala.....	19
<b>Tabla 5.</b> Límites para $f_c$ .....	38
<b>Tabla 6.</b> Cargas Vivas a considerar del proyecto.....	44
<b>Tabla 7.</b> Peso Propio de los Materiales .....	45
<b>Tabla 8.</b> Deflexión máxima admisible calculada.....	46
<b>Tabla 9.</b> Condición de Elementos a Compresión en secciones esbeltas y no esbeltas. ....	49
<b>Tabla 10.</b> Condición de Elementos a flexión en secciones compactas y no compactas .....	49
<b>Tabla 11.</b> Características arquitectónicas del proyecto .....	56
<b>Tabla 12.</b> Uso de la estructura de hormigón Armado .....	56
<b>Tabla 13.</b> Peso por m <sup>2</sup> de una losa nervada de 20 cm con aligeramientos de 40x10x40 .....	65
<b>Tabla 14.</b> Espesor mínimo de las losas de dos direcciones con vigas entre los apoyos en todos los lados .....	67
<b>Tabla 15.</b> Geometría de losa.....	68
<b>Tabla 16.</b> Altura mínima de losa .....	68
<b>Tabla 17.</b> Altura de losa nervada de Hormigón Armado .....	69
<b>Tabla 18.</b> Análisis de cargas gravitacionales Piso 1. Hormigón armado .....	72
<b>Tabla 19.</b> Análisis de cargas gravitacionales Piso 2. Hormigón armado .....	73
<b>Tabla 20.</b> Análisis de cargas gravitacionales Piso 3 - Terraza. Hormigón armado .....	73
<b>Tabla 21.</b> Análisis de cargas gravitacionales Mezzanine (P4). Hormigón armado.....	73
<b>Tabla 22.</b> Carga de diseño y servicio .....	74
<b>Tabla 23.</b> Coeficiente para momento negativo, Caso 2.....	76
<b>Tabla 24.</b> Coeficiente para momento positivo de carga muerta en losa, Caso 2.....	77
<b>Tabla 25.</b> Coeficiente para momento positivo de carga viva en losa, Caso 2.....	77
<b>Tabla 26.</b> Momentos en la longitud más larga. ....	78
<b>Tabla 27.</b> Momentos en la longitud más corto.....	80
<b>Tabla 28.</b> Carga Ultima y Servicio .....	82
<b>Tabla 29.</b> Momentos flectores .....	88
<b>Tabla 30.</b> Momentos mayorados en x, momentos mayorados en y, de acuerdo al tipo de losa. ....	89

<b>Tabla 31.</b> Distribución de aceros .....	91
<b>Tabla 32.</b> ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO .....	92
<b>Tabla 33.</b> Cargas Gravitacionales .....	92
<b>Tabla 34.</b> Carga de ultima y servicio .....	93
<b>Tabla 35.</b> Secciones de vigas. HA.....	93
<b>Tabla 36.</b> Secciones de Columnas. HA .....	93
<b>Tabla 37.</b> Deflexión máxima en losa de Hormigón Armado.....	96
<b>Tabla 38.</b> Propiedades del Panel- Losa Deck.....	97
<b>Tabla 39.</b> Máxima luz sin apuntalar según condiciones de apoyo.....	97
<b>Tabla 40.</b> Volumen hormigón /m <sup>2</sup> .....	97
<b>Tabla 41.</b> Carga viva sobreimpuesta.....	97
<b>Tabla 42.</b> Datos para losa colaborante Steel Deck.....	98
<b>Tabla 43.</b> Datos de cargas.....	102
<b>Tabla 44.</b> Módulo de elasticidad de concreto y el Acero .....	104
<b>Tabla 45.</b> Momento de inercia en la sección transformada fisurada. ....	105
<b>Tabla 46.</b> Datos de geometría de losa Deck.....	105
<b>Tabla 47.</b> Datos para el momento de Inercia Iu.....	106
<b>Tabla 48.</b> Datos para conector de corte.....	116
<b>Tabla 49.</b> Materiales y geometría de losa deck.....	121
<b>Tabla 50.</b> Geometría de Placa deck.....	121
<b>Tabla 51.</b> Materiales y geometría del panel para vigueta. ....	122
<b>Tabla 52.</b> Características de la vigueta y cargas aplicadas.....	123
<b>Tabla 53.</b> Momento último de diseño de vigueta.....	124
<b>Tabla 54.</b> Secciones preliminares de viguetas obtenidas en pre-dimensionamiento..	125
<b>Tabla 55.</b> Materiales y geometría de paneles adyacentes a viga interna .....	125
<b>Tabla 56.</b> Secciones preliminares de vigas obtenidas en pre-dimensionamiento. ....	125
<b>Tabla 57.</b> Materiales y geometría de área cooperante de columna interna. ....	126
<b>Tabla 58.</b> Secciones preliminares de columnas obtenidas en pre-dimensionamiento. .....	126
<b>Tabla 59.</b> Cargas Gravitacionales .....	127
<b>Tabla 60.</b> Carga de diseño y servicio.....	127
<b>Tabla 61.</b> Deflexión Máxima de la losa Steel Deck en vigas secundarias .....	130
<b>Tabla 62.</b> Tabla de rubros.....	131
<b>Tabla 63.</b> Costo m2 Losa HA P1 .....	132
<b>Tabla 64.</b> Costo m2 Losa HA P2 .....	132
<b>Tabla 65.</b> Costo m2 Losa HA P3 .....	133
<b>Tabla 66.</b> Costo m2 Losa HA P4 .....	133
<b>Tabla 67.</b> Costo m2 Losa SD P1 .....	134
<b>Tabla 68.</b> Costo m2 Losa SD P2 .....	134
<b>Tabla 69.</b> Costo m2 Losa SD P3 .....	135
<b>Tabla 70.</b> Costo m2 Losa SD P4 .....	135

## INTRODUCCION

### **Importancia del proyecto**

Las losas son elementos estructurales clave en edificaciones, responsables de soportar cargas gravitacionales y garantizar la seguridad (López Guzmán, 2003). Entre los sistemas más utilizados destacan las losas tipo deck —ligeras y eficientes para grandes luces— y las losas nervadas —rígidas y adaptables a geometrías complejas— (W. W. dos Santos et al., 2020). La elección entre ambas depende de factores técnicos, económicos y normativos. Estudios recientes demuestran que las losas deck suelen ser más económicas en proyectos comerciales (Aquino Solano, 2020), mientras que las nervadas son preferibles en construcciones residenciales por su durabilidad, aunque requieren mayor tiempo de ejecución (Ramírez Arias, 2022). Un análisis comparativo riguroso, basado en software, optimiza la selección según sus cargas.

### **Actualidad de la problemática**

En Machala, es común el uso de losas nervadas en construcciones residenciales, mientras que las losas tipo deck se emplean en proyectos comerciales por su rapidez de instalación. Sin embargo, esta elección de construcción suele basarse en prácticas comunes, no en criterios técnicos, lo que aumenta riesgos como sobrecostos o fallas estructurales (Rojas et al., 2022) (Vallejo, 2019). La informalidad en la planificación y el incumplimiento de normativas agravan estos problemas, especialmente en zonas sísmicas, donde una elección incorrecta compromete la seguridad de las edificaciones (Aljaafreh et al., 2023) (Mercado Arimburgo, 2016). Estudios destacan la necesidad de validar ambos sistemas mediante el uso de software especializado para garantizar el cumplimiento con los estándares.

### **Estructura del trabajo**

El trabajo se consta de cuatro capítulos conectados entre sí, garantizando un análisis riguroso y aplicable:

CAPITULO 1: El planteamiento del problema, establece la línea base del proyecto, definiendo el contexto técnico de la problemática, centrándose en la elección de los sistemas constructivos de losa en Machala, analizando las causas como la falta de criterios técnicos y los efectos como sobrecostos o fallas estructurales, y la formulación de las interrogantes. Finalmente, en el capítulo se justifica la relevancia del estudio y los objetivos claros como la comparativa de las deflexiones de ambos sistemas y los costos.

CAPITULO 2: El marco teórico se integra de tres ejes principales. Como primer punto, la revisión de los antecedentes globales, nacionales y locales, en nuestro caso sobre el comportamiento de losas a diferente altura, incluyendo las normas como el ACI 318. En el segundo punto los antecedentes referenciales se proceden a presentar una metodología clara para el análisis comparativo claro y preciso. Tercero, se define los conceptos técnicos a usar mediante las normas y métodos existentes, como las "cargas gravitacionales".

CAPITULO 3: La Metodología, representa un enfoque de análisis documental (normas técnicas), el procedimiento representado por la descripción de población y muestra, considerando el método a usar ya sea este teórico o empírico en la selección de materiales a usar. Finalizando en el uso de herramientas como software ETABS para el procesamiento de datos.

CAPITULO 4: Análisis e Interpretación de Resultados, sintetiza los hallazgos encontrados. Comparando la eficiencia de uso en las losas, el evaluó de costos. Para terminar con la discusión de los resultados de estudios previos e identificando oportunidades para Machala y recomendaciones basadas en evidencia, como priorizar rigurosidad técnica en zonas de riesgo.

## CAPITULO I

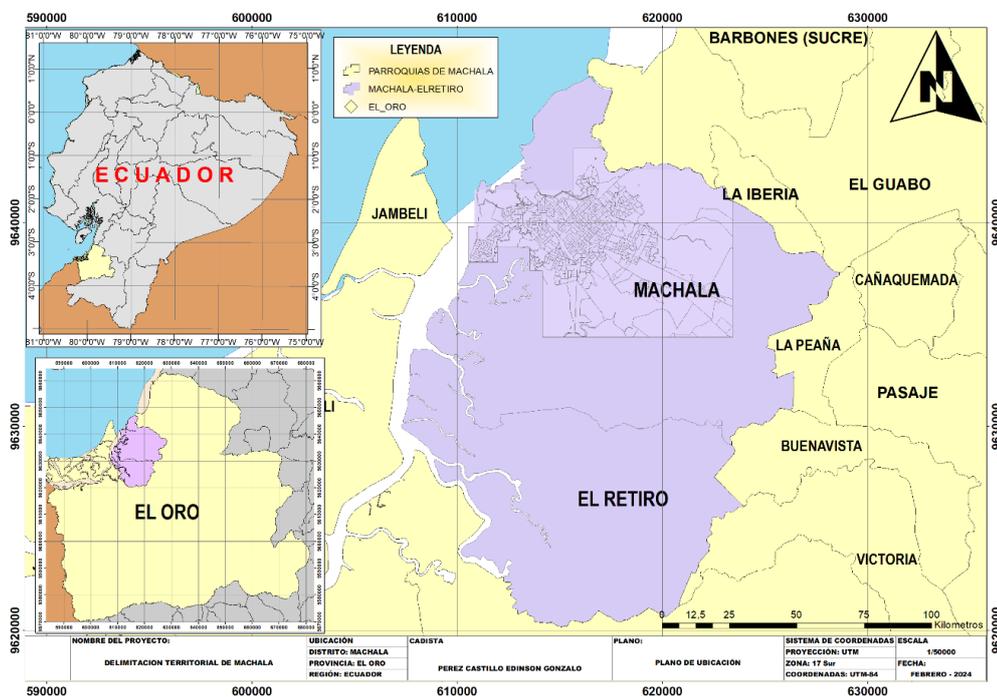
### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Antecedentes (Línea base del proyecto)

##### 1.1.1. Caracterización territorial de Machala

Machala, reconocida como la capital bananera de Ecuador, se posiciona como un eje administrativo, económico y comercial clave en la provincia de El Oro. Según Bencomo, su ubicación se encuentra en la costa suroccidental y su población es de aproximadamente 289.141 habitantes según el INEC en el año 2017, y la convierten en un centro urbano dinámico y estratégico. El cantón abarca 37.275,24 hectáreas, distribuidas en 7 parroquias urbanas y 1 rural, incluyendo áreas como Puerto Bolívar y El Retiro, que reflejan su diversidad geográfica y social (Bencomo, 2022). Según la siguiente **Ilustración 1** (PDOT M. , 2019).

**Ilustración 1.** Ciudad de Machala



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

El **Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) 2019-2030** prioriza la creación de infraestructuras resilientes, especialmente ante riesgos sísmicos. Propone rehabilitar edificaciones inutilizadas, la construcción de viviendas en áreas rurales y mejorar los espacios públicos, alineándose con políticas nacionales de sostenibilidad (PDOT M. , 2019) (GAD\_Machala, 2019).

## Límite urbano

En 2012, el Municipio definió el límite urbano en 5.993,81 hectáreas, divididas en zonas consolidadas (urbanizadas) y no consolidadas (de expansión), bajo el marco del (COOTAD, 2018). Este límite, aunque esencial para el catastro y la planificación, podría modificarse con el nuevo PDOT, para incorporar áreas de crecimiento sostenible, como proyectos habitacionales con criterios antisísmicos.

### 1.1.2. Situación de la vivienda: oferta, demanda y calidad.

En Machala, cuenta con 75.479 viviendas, según el censo del 2010, donde predominan las casas unifamiliares (72,69%), reflejando una tendencia al crecimiento horizontal. Este patrón genera desafíos en la densidad urbana y el acceso a servicios básicos, como agua potable y electricidad, especialmente en barrios periféricos y los departamentos son menos comunes (9.99%), según la **Tabla 1** (Granda G et al., 2021). Estudios recientes destacan que el 30% de las viviendas en áreas marginales carecen de conexión formal a redes sanitarias, agravando problemas de salubridad (Li et al., 2024).

**Tabla 1.** Tipos de Viviendas.

TIPO DE VIVIENDA	CASOS	%
Casa / Villa	54867	72.69
Departamento en casa o edificio	7541	9.99
Cuarto en casa de inquilinato	5975	7.92
Otros	7398	9.4
Total	75479	100.0

**Fuente:** INEC / SNI 2010

Para entender cómo funciona la oferta y la demanda de vivienda en Machala, también se debe conocer la calidad de las casas. Solo así se pueden crear políticas públicas que ayuden a que todos los ciudadanos a tener una vivienda digna. Según Granda, algunas políticas no son aplicadas en los barrios marginales, pese a constar en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial del GAD Machala (Granda G et al., 2021)

## Asentamientos Humanos

El tema de los asentamientos humanos en Machala es un dolor de cabeza para todos. La falta de atención por parte de las autoridades, sumada a otras causas, ha hecho que este problema se vuelva cada vez más complejo. En el cantón y la ciudad de Machala, los asentamientos humanos se caracterizan por su complejidad, debido a la falta de atención institucional adecuada (PDOT M. , 2019).

Pero los asentamientos humanos no solo se tratan de casas mal construidas o de calles sin pavimentar. Los asentamientos también traen consigo problemas sociales y

económicos que afectan a toda la ciudad (Wu et al., 2023).. Para solucionarlo, no basta con reubicar a las personas o darles papeles. Hay que pensar en cómo mejorar su calidad de vida de forma integral.

### 1.1.3. Geomorfología

El relieve de Machala está dominado por **llanuras aluviales** (82,83%), formadas por sedimentos fluviales y marinos, seguidas de zonas urbanas (9,91%) y cuerpos de agua (4,77%). Esta configuración incrementa la vulnerabilidad a inundaciones y subsidencia, especialmente en áreas cercanas a Puerto Bolívar (Tenesaca, 2017). Estudios hidrogeológicos recientes utilizan imágenes satelitales y modelos 3D para mapear, optimizando el uso del suelo, minimizando riesgos.

En este estudio, exploramos a fondo las diversas zonas del terreno en Machala y la superficie que ocupan. **Tabla 2.**

#### Caracterización de la estructura del suelo y subsuelo

En este apartado se detallan las diferentes formas del cantón Machala, siendo la superficie que ocupan cada una de las mismas.

**Tabla 2.** Geomorfología cantón Machala

<b>GEOMORFOLOGÍA</b>	<b>ÁREA (ha)</b>	<b>%</b>
Llanuras aluviales	30875.31	82.83
Nivel aluvial alto	442.09	1.19
Terraza baja	60.14	0.16
Terraza indiferenciada	424.36	1.14
Zonas urbanas	3694.59	9.91
Cuerpos de agua	1778.74	4.77
<b>TOTAL</b>	<b>37275.23</b>	<b>100</b>

**Fuente:** IGM/SNI 2010

**Elaboración:** GADMM PDOT 2015

### 1.1.4. Suelos

Los suelos de Machala, compuestos por arcillas, limos y arenas finas, presentan una capacidad portante de 2–6 ton/m<sup>2</sup> y un nivel freático superficial (1–2 m), lo que exige cimentaciones adaptadas para evitar fallas estructurales (Cabrera et al., 2020b). Investigaciones con ensayos SPT y modelados en ETABS confirman que técnicas como el mejoramiento con materiales pétreos aumentan la resistencia hasta 7,8 ton/m<sup>2</sup>, ideal para edificaciones de hasta 3 pisos (Reni, 2024). Además, métodos innovadores como la biocementación con precipitación de calcita (MICP) han demostrado mejorar la cohesión del suelo en un 40%, reduciendo costos en proyectos a gran escala (Mortazavi Bak et al., 2021).

En cuanto a sismicidad, (Tenesaca, 2017) identificó períodos de vibración del suelo entre 0,3–1,2 segundos en la parroquia Jubones, lo que exige diseños estructurales que amortigüen resonancias durante terremotos.

Al diseñar estructuras para edificaciones en Machala, es prioritario combinar la utilidad práctica con la integración al ambiente. Para lograrlo, se debe asegurar que las construcciones sean duraderas y seguras, además de elegir materiales y métodos de construcción que se adapten a las condiciones particulares del terreno. Un aspecto clave es considerar las propiedades del suelo de la zona, caracterizado por su elevada humedad y presencia de arcilla, factores que exigen soluciones técnicas específicas para evitar problemas a futuro.

#### **1.1.5. Situación de la vivienda: oferta, demanda y calidad.**

Según datos del censo del 2010, Machala registraba aproximadamente 256.022 habitantes distribuidos en 75.479 viviendas, lo que indica un promedio de 3.4 personas por hogar. La mayor parte de estas viviendas (72.7%) corresponden a casas o villas, que albergan a cerca de 186.000 personas. En contraste, solo el 10% son departamentos, con alrededor de 25.500 residentes como lo indica la Tabla 3. Estos números reflejan una tendencia marcada hacia construcciones de baja altura, lo que evidencia un crecimiento urbano que se expande más en anchura que en altura (INEC, 2010).

No obstante, más allá del tipo de vivienda, es crucial analizar la calidad de las construcciones y el acceso a servicios básicos como agua, electricidad, saneamiento, educación y salud. La falta de estos recursos puede hacer que zonas con oferta habitacional resulten poco atractivas para los residentes, Aunque el estudio de Céspedes-López y colaboradores se centra principalmente en el impacto de la certificación energética sobre los precios de venta, en su análisis también se discute que otros factores –como la calidad de la construcción y la disponibilidad de servicios básicos– son determinantes para el valor de una vivienda y la percepción del entorno (Céspedes-Lopez et al., 2020).

Por ello, para garantizar viviendas dignas en Machala, es necesario evaluar no solo la cantidad de unidades disponibles, sino también sus condiciones estructurales y la infraestructura que las rodea. Como señala un estudio de Granda G. y colaboradores (2021), varias estrategias del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del GAD Machala, sobre todo aquellas dirigidas a mejorar áreas marginadas, aún no se han puesto en práctica (Granda G. et al., 2021).

**Tabla 3.** Tipos de Viviendas.

<b>TIPO DE VIVIENDA</b>	<b>CASOS</b>	<b>%</b>
Casa / Villa	54867	72.69
Departamento en casa o edificio	7541	9.99
Cuarto en casa de inquilinato	5975	7.92
Mediagua	2530	3.35
Rancho	3096	4.10
Covacha	824	1.09
Choza	108	0.14
Otra vivienda particular	460	0.61
Hotel, pensión, residencial u hostel	20	0.03
Cuartel Militar o de Policía /Bomberos	4	0.01
Centro de rehabilitación social/Cárcel	3	0.00
Centro de acogida y protección para niños y niñas, mujeres e indigentes	2	0.00
Hospital, clínica, etc.	11	0.01
Convento o institución religiosa	7	0.01
Asilo de ancianos u orfanato	1	0.00
Otra vivienda colectiva	24	0.03
Sin vivienda	6	0.01
Total	75479	100.0

**Fuente:** INEC / SNI 2010

### **Asentamientos urbanos en Machala**

La presencia de asentamientos informales en Machala representa un desafío crítico para la comunidad. Estos espacios no solo reflejan la falta de medidas efectivas por parte de las autoridades, sino también la ausencia de una gestión oportuna para abordar sus causas estructurales. Según el PDOT de Machala, la escasa atención institucional ha agravado las condiciones de vida en estos sectores, tanto a nivel urbano como cantonal (PDOT M. , 2019).

El problema trasciende lo físico: no se trata solo de viviendas precarias o infraestructura deficiente, sino de cómo estas realidades impactan en la dinámica social y económica de la ciudad. Por ello, solucionarlo requiere ir más allá de reubicaciones o regularizaciones de tierras. Es fundamental implementar estrategias integrales que mejoren el acceso a servicios básicos, oportunidades laborales y entornos seguros, garantizando así una mejora tangible en la vida de las familias afectadas.

#### **1.1.6. Geomorfología de Machala**

La forma y composición del terreno en Machala están determinadas por la interacción de factores como el clima, la topografía y la antigüedad del suelo. Estos elementos, al combinarse, generan procesos naturales como la erosión o deslizamientos, lo que crea una superficie variada con rasgos únicos en cada área. En este análisis, se examina

detalladamente cada sector geográfico del cantón, incluyendo la dimensión de sus zonas (consultar **Tabla 4**).

### **Caracterización de la estructura del suelo y subsuelo**

Aquí se describen las capas y estructuras presentes en el suelo de Machala. Al identificar la extensión ocupada por cada tipo de formación geológica, es posible reconocer patrones de distribución que ayudan a entender las particularidades del territorio.

**Tabla 4.**Geomorfología cantón Machala

<b>GEOMORFOLOGÍA</b>	<b>ÁREA (ha)</b>	<b>%</b>
Llanuras aluviales	30875.31	82.83
Nivel aluvial alto	442.09	1.19
Terraza baja	60.14	0.16
Terraza indiferenciada	424.36	1.14
Zonas urbanas	3694.59	9.91
Cuerpos de agua	1778.74	4.77
<b>TOTAL</b>	<b>37275.23</b>	<b>100</b>

**Fuente:** IGM/SNI 2010

**Elaboración:** GADMM PDOT 2015

### **1.1.7. Suelos**

#### **Características del suelo en Machala**

Ubicada cerca de la costa y con un alto nivel de agua subterránea, Machala posee suelos que demandan precauciones especiales en proyectos de construcción. Estos terrenos, formados principalmente por arcilla, limo y arena, tienen una capacidad de soporte que oscila entre 2 y 6 toneladas por metro cuadrado. Estudios recientes (Tenesaca, 2017), (Cabrera et al., 2020a). advierten que la cercanía del agua freática (a solo 1 o 2 metros de profundidad) incrementa la vulnerabilidad del suelo durante sismos intensos, especialmente ante vibraciones y fuerzas laterales. Por ello, construir en esta zona requiere diseños adaptados a estas condiciones para asegurar estructuras estables y resistentes.

#### **Diseño eficiente de estructuras**

Hoy en día, las losas y sistemas constructivos no solo deben garantizar estabilidad, sino también facilitar la recopilación de datos técnicos que permitan modelar su comportamiento con precisión. Este enfoque ayuda a optimizar la seguridad y prolongar la vida útil de las edificaciones, combinando funcionalidad con innovación.

## **Sostenibilidad en la construcción**

Ante la creciente demanda de proyectos complejos, es prioritario emplear recursos de manera inteligente. Conocer a fondo las opciones de sistemas estructurales disponibles permite elegir soluciones técnicas adecuadas, promoviendo prácticas sostenibles que reducen el impacto ambiental. Así, se avanza hacia un sector inmobiliario que equilibra eficiencia, seguridad y respeto por el entorno natural.

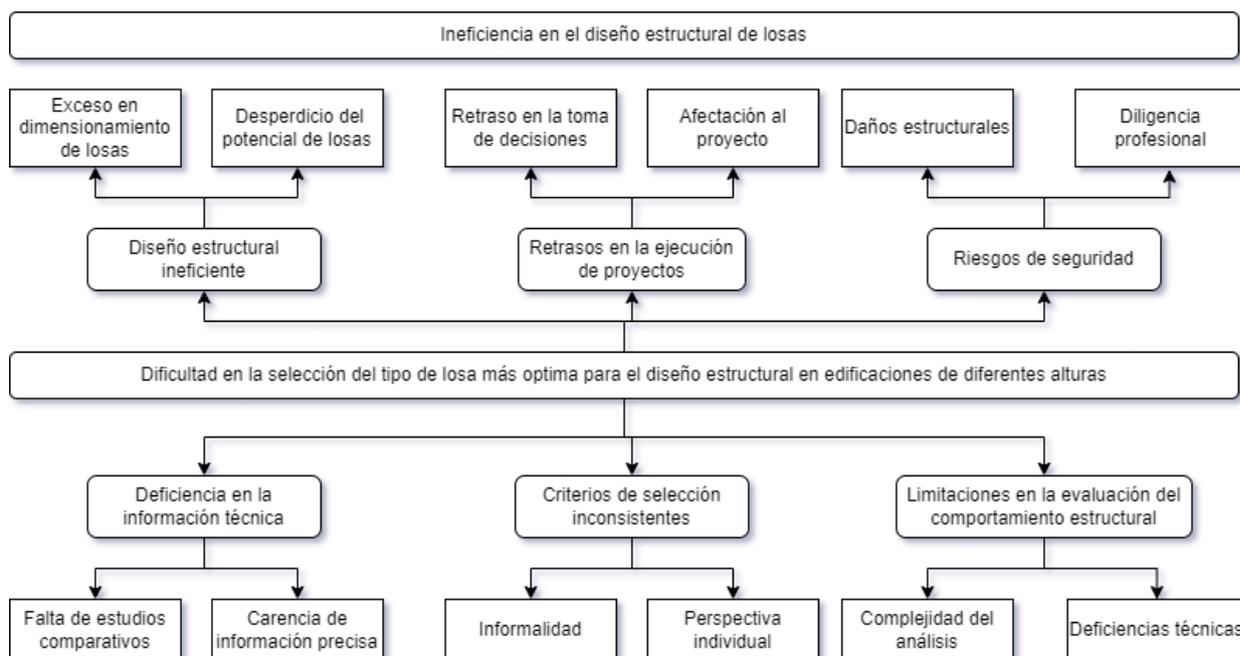
### **1.2. Descripción de la Situación problemática (Causas y efectos)**

En Machala, provincia de El Oro, la construcción de edificaciones requiere decisiones técnicas clave, como la elección del tipo de losa. Esta elección influye directamente en la seguridad, durabilidad y eficiencia de las estructuras. Un error en este proceso puede comprometer la calidad de vida de los usuarios y la estabilidad de la obra. Sin embargo, profesionales enfrentan una amplia variedad de opciones, como losas macizas, aligeradas o prefabricadas, cada una con ventajas y limitaciones. Por ejemplo, estudios como el de Nyong et al., destacan que, en proyectos residenciales, se priorizan losas rígidas para ajustarse a presupuestos reducidos, lo que puede limitar la optimización del diseño (Nyong et al., 2023).

La abundancia de información en línea sobre diseño de losas puede ser confusa sin una base técnica sólida. Esto genera desconocimiento sobre factores que provocan fallos estructurales, poniendo en riesgo la seguridad. Según Aman et al., la escasa información sobre losas con aberturas crea incertidumbre en el diseño (Aman et al., 2020). En Machala, la carencia de estudios comparativos y datos precisos obliga a los ingenieros a depender de experiencias previas, lo que deriva en decisiones subjetivas (Ilustración 2).

La falta de estandarización en las normas técnicas permite a los constructores elegir métodos basados en preferencias personales, como el costo o la resistencia, sin considerar en profundidad factores críticos. Esto se refleja en el uso de losas de hormigón pretensado agujereadas, que pueden reducir peso y espesor, pero cuya idoneidad depende de variables como la altura del edificio y las condiciones locales. En cambio S. Li et al., destacan que ignorar un análisis integral de estas variables puede comprometer la seguridad y el rendimiento estructural. En consecuencia, tanto la aplicación de soluciones innovadoras en la construcción como la incorporación de tecnologías avanzadas de control sísmico requieren de una evaluación detallada para garantizar resultados adecuados y seguros (S. Li et al., 2019).

**Ilustración 2. Árbol de Problemas.**



**Fuente:** Propia.

Sin embargo, surge la duda de si esta es la mejor opción. Si bien se eligió por su popularidad y sus ventajas en cuanto a la reducción de peso, es importante considerar si es adecuada para el sitio donde se construirá, teniendo en cuenta también la altura y la seguridad de los usuarios. En este apartado, se abordó con respecto a las informalidades en la construcción desde las perspectivas como: la definición general y la experiencia personal. También se analizó las consecuencias de construir viviendas sin asesoramiento técnico no es el adecuado (Espinoza, 2019).

La ausencia de equipos y programas avanzados para evaluar las losas impide entender cómo estas soportarán distintos tipos de fuerzas. Sin estas herramientas, es complejo anticipar su desempeño bajo cargas variables, lo que aumenta el riesgo de elegir diseños no adecuados para el proyecto. Por ejemplo, si no se simula cómo una losa resistirá el peso de muebles o eventos climáticos extremos, podría seleccionarse un modelo que no cumpla con los requisitos de seguridad. Como Astutik destaca que un análisis detallado de las fuerzas gravitacionales es clave para asegurar la estabilidad de las estructuras. No obstante, en contextos donde faltan laboratorios especializados o software de simulación, los profesionales no pueden realizar estudios precisos. Esta limitación genera errores en la evaluación, como subestimar el grosor necesario de una losa, y obliga a los ingenieros a basarse en aproximaciones, lo que compromete la calidad y seguridad de las edificaciones (Astutik, 2019).

Como las consecuencias de un diseño estructural mal planificado puede generar construcciones frágiles o desequilibradas, propensas a sufrir deterioros o derrumbes incluso en situaciones cotidianas. Estas fallas no solo ponen en peligro a los ocupantes, sino que también amenazan la durabilidad de las edificaciones. Como señala Quino Quispe, que contar con datos técnicos exactos es esencial para garantizar que las estructuras sean seguras y resistentes a lo largo del tiempo (Quino Quispe, 2019). Al optar por un tipo de losa incorrecto puede derivar en dos situaciones críticas. La primera es el sobredimensionamiento, donde se emplea una losa más gruesa de la necesaria, elevando los gastos de forma injustificada. La segunda es la subutilización, que ocurre cuando la losa elegida no tiene la capacidad para soportar las cargas previstas o no se ajusta a las condiciones específicas del proyecto. Ambos escenarios reflejan una falta de análisis técnico y pueden comprometer la funcionalidad de la obra.

Al tener la falta de lineamientos definidos para seleccionar losas intensifica el problema, ya que, sin parámetros técnicos, los constructores suelen basarse en preferencias personales en lugar de evaluar las demandas específicas de cada edificación. Esto genera inconsistencias, como priorizar el costo sobre la resistencia o ignorar factores clave como la altura del edificio o las condiciones ambientales. Frente a este desafío, Lewenstein y Ramírez de Alba han desarrollado un método analítico para diseñar losas de entresuelo, respaldado por pruebas en prototipos a escala real que cumplen normativas actuales. Este sistema, más eficiente que los enfoques tradicionales, permite optimizar materiales y garantizar seguridad (Lewenstein & Ramírez de Alba, 2020). Sin embargo, en zonas como Machala, su implementación sigue siendo limitada, lo que evidencia la resistencia al cambio y la necesidad de capacitación técnica para adoptar nuevas soluciones.

Un desafío clave en El Oro es la vigencia de una Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) desactualizada, que no incorpora criterios modernos para definir sistemas constructivos adaptados a las necesidades locales. Esta normativa, al no ofrecer guías claras sobre materiales, técnicas o diseños óptimos, deja un vacío que afecta la calidad y seguridad de las edificaciones en la región. Aunque Ecuador no enfrenta terremotos intensos de manera recurrente, la escasez de información técnica actualizada —como estudios geotécnicos o análisis de riesgos— dificulta la revisión y mejora de la NEC. Sin estos datos, resulta complejo establecer parámetros realistas que aseguren construcciones resilientes, incluso ante eventos menores. Esto perpetúa prácticas constructivas basadas en estándares genéricos, insuficientes para garantizar la integridad estructural a largo plazo.

### **1.3. Formulación del problema (preguntas científicas).**

Basándose en la descripción que nos plantea el problema, del cual se menciona el diseño de las estructuras presentes, se formulan las siguientes preguntas científicas:

- **¿Qué diferencias existen entre las losas colaborantes (steel deck) y las losas nervadas al soportar cargas gravitacionales?**

Las losas colaborantes destacan por su capacidad de distribuir cargas elevadas gracias a su diseño compuesto (hormigón y lámina de acero), lo que mejora su resistencia a la flexión. En contraste, las losas nervadas, al integrar nervaduras que refuerzan su estructura, proporcionan mayor rigidez. Esto las hace óptimas para proyectos con cargas dinámicas o que requieren minimizar deformaciones, como en zonas con vibraciones frecuentes.

- **¿Qué variables determinan la selección de un sistema de losa en una construcción?**

La elección del sistema de losa adecuado depende de múltiples factores. En primer lugar, la altura de la edificación influye directamente: en estructuras elevadas, como rascacielos, se priorizan sistemas como las losas nervadas, ya que su diseño con nervaduras reforzadas brinda estabilidad ante cargas laterales, como las provocadas por el viento. Por otro lado, la magnitud de las cargas gravitacionales determina la idoneidad de cada sistema; las losas nervadas ofrecen mayor control estructural. Finalmente, los factores económicos no pueden omitirse: el costo de materiales, el tiempo de ejecución y la disponibilidad local de insumos.

- **¿De qué manera la altura del edificio y las cargas gravitacionales son determinantes al elegir una losa?**

La altura del edificio y las cargas gravitacionales determinan la elección de la losa, ya que definen cómo se distribuyen los esfuerzos en la estructura. En edificios altos, las losas nervadas son ideales para soportar cargas crecientes en pisos inferiores gracias a su diseño reforzado, que evita deformaciones. En proyectos con cargas concentradas (ej: almacenes), las losas colaborantes ofrecen mayor resistencia sin aumentar el espesor, optimizando materiales y costos. Así, la combinación de ambos factores garantiza seguridad, funcionalidad y eficiencia económica.

### **1.4. Delimitación del objeto de estudio**

Este trabajo analiza el desempeño de estructuras en edificios urbanos de Machala, tomando como referencia el Edificio Sánchez Aguilar, ubicado en la intersección de la

Avenida Kleber Franco Cruz y la calle Guayas. La investigación se enfoca en comparar dos sistemas de losa ampliamente implementados: *losas nervadas* y *losas tipo deck*. Para esto, se modelará una estructura metálica que replicará las características del edificio—de tres plantas y un mezzanine—, incorporando simulaciones de ampliaciones verticales que respeten el diseño inicial y las condiciones ambientales del área.

El análisis se regirá por estándares internacionales y locales, como las normas NEC, ACI y AISC, garantizando la validez técnica y seguridad de los resultados. Los ejes evaluativos incluyen:

- **Sistema de losa:** Comparación entre nervadas y deck.
- **Altura del edificio:** Evaluación del impacto en estructuras de tres niveles y un mezzanine.

Con este enfoque, el estudio busca identificar el sistema más eficiente para proyectos de edificación en zonas urbanas como Machala, brindando lineamientos prácticos para optimizar diseños futuros en la región.

**Ilustración 3.** Ubicación Edificio Sánchez Aguilar



**Fuente:** Planos Arquitectónicos

### 1.5. Justificación

Este estudio nace de la necesidad de asegurar que las edificaciones donde vivimos, trabajamos o compartimos sean seguras y estables día a día. Mi objetivo es evaluar cómo responde una estructura ante el peso que soporta habitualmente —desde los muebles hasta las personas— para garantizar que cumpla con los estándares mínimos

de seguridad. Imagina un edificio que, con el tiempo, empieza a mostrar grietas o hundimientos; entender estos riesgos desde el diseño es clave para evitarlos.

Para lograrlo, me basé en investigaciones previas —como artículos científicos y estudios de otros ingenieros— que explican cómo elegir el tipo de losa adecuado. Descubrí que no existe una solución única: cada proyecto tiene necesidades distintas. Por ejemplo, comparé dos sistemas comunes: las *losas deck* (hechas con acero y hormigón), que son más resistentes pero costosas, y las *losas nervadas* (con refuerzos internos), que requieren más material, pero son más económicas. Esta comparación no solo forma parte de mi formación como futuro ingeniero civil, sino que con el fin de obtener el título de ingeniero civil.

Los resultados de este trabajo servirán como guía para tomar decisiones informadas en construcciones futuras. Al final, como ingenieros, nuestra meta es diseñar espacios que no solo sean funcionales, sino que protejan a las personas y optimicen recursos. Este paso es crucial, porque una losa mal elegida puede derivar en gastos innecesarios o, peor aún, en riesgos evitables.

#### **1.6. Objetivos:**

##### **Objetivo General:**

Realizar un análisis estructural comparativo mediante modelación en ETABS de los sistemas de losa nervada bidireccional y steel deck en un edificio de Machala, evaluando su respuesta ante cargas gravitacionales a diferentes niveles de altura.

##### **Objetivos Específicos:**

- Evaluar el comportamiento de las losas nervadas y steel deck conforme a las normativas locales e internacionales.
- Comparar el desempeño estructural de ambos sistemas en términos de deflexiones, momento y corte, utilizando modelos que repliquen el diseño original del edificio en la modelación.
- Validar los resultados obtenidos de las losas mediante el modelado, normativas y costos de construcción.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES CONTEXTUALES

Al comenzar este proyecto, quise entender cómo funcionan las losas Deck y las nervadas en edificios de distintas alturas. Para esto, revisé estudios realizados en otros países y noté algo interesante: aunque todos buscan construir estructuras seguras y eficientes, cada lugar aplica métodos distintos según sus materiales, normas o necesidades. Esto me hizo ver que, más allá de las diferencias técnicas, el objetivo global es el mismo: garantizar que los edificios soporten su propio peso y el de lo que albergan, sin riesgos.

En mi caso, me centraré en Machala. Aquí, compararé ambos sistemas de losas (Deck y nervadas) usando un programa especializado para modelar estructuras (ETABS). La idea es simular cómo se comportan bajo el peso que deben soportar diariamente — desde muebles hasta personas—, sin considerar eventos externos como terremotos.

##### 2.1.1. Macro

El sistema de losa colaborante, conocido como Steel Deck, se originó en Estados Unidos durante la década de 1950 como una solución innovadora para construcciones de mediana y gran altura. Su eficiencia —que combina rapidez, resistencia y bajo peso— permitió que se difundiera rápidamente en proyectos internacionales. Por ejemplo, en Brasil, la empresa Robtek implementó esta tecnología en la década de 1950, aplicándola en escuelas, edificios públicos y complejos residenciales. Según estudios como el de Salomão et al., su éxito radica en ventajas clave: instalación rápida, reducción de materiales y adaptabilidad a diseños complejos. Estas cualidades no solo optimizan tiempos de obra, sino que también minimizan costos, lo que explica su adopción masiva en obras que requieren equilibrio entre funcionalidad y economía constructivos (Salomão et al., 2019).

En Brasil, un equipo de investigadores liderado por Britto, Silva y Gonçalves analizó un nuevo enfoque para diseñar losas Steel Deck con dimensiones no convencionales, utilizando el método m-k. Este método, que normalmente se aplica a sistemas tradicionales, se adaptó para evaluar la resistencia de losas alternativas. Los resultados se compararon con los estándares de la norma ANSI 2011, verificando que los valores m y k (relacionados con la capacidad de carga) eran confiables para estos diseños innovadores. Sin embargo, el estudio reveló que las losas alternativas tenían menor resistencia que las tradicionales, sin importar sus dimensiones. Un hallazgo clave fue

que el hormigón y el acero del Steel Deck no trabajaban de manera completamente integrada, creando dos zonas de tensión independientes (líneas neutras). Esto sugiere que la conexión entre ambos materiales no era óptima. Para solucionarlo, los investigadores propusieron mejorar el diseño de las láminas de acero —por ejemplo, modificando la forma de sus ondulaciones— o ajustar el proceso de fabricación. Estas correcciones podrían fortalecer la interacción entre materiales y evitar fallas prematuras en las losas (BRITTO et al., 2020).

Un estudio dirigido por Casco y Majano evaluó tres sistemas de losas utilizados en El Salvador: macizas de hormigón armado, prefabricadas (vigüeta-bovedilla) y Steel Deck. El objetivo era identificar cuál ofrece mejor equilibrio entre costo, tiempo de construcción, materiales y mano de obra, según las necesidades de cada proyecto. Los resultados mostraron que los sistemas más pesados, como las losas macizas, requieren refuerzos adicionales y elementos estructurales más grandes, lo que incrementa costos y complejidad. En contraste, las losas Steel Deck, al ser más ligeras, reducen estos requerimientos. Sin embargo, el estudio también destacó que proyectos que exigen alta precisión técnica —como el uso de Steel Deck— necesitan mano de obra especializada, lo que puede elevar el valor total de la obra. Esta relación entre peso, recursos y calidad resalta la importancia de elegir el sistema adecuado para cada caso (Casco, 2019).

Al investigar sobre sistemas de losas, encontré un trabajo de Cueva y Diaz que me llamó la atención. Ellos se centraron en el Steel Deck —un sistema que combina una placa de acero con una capa de hormigón— y exploraron cómo estos dos materiales trabajan juntos para resistir fuerzas laterales. Para esto, realizaron pruebas prácticas, como ensayos de flexión, que miden cuánta carga puede soportar la estructura antes de deformarse o romperse (Cueva & Diaz, 2019). Lo interesante es que los autores insistieron en estudiar este tipo de fallas de manera experimental, no solo teórica. Según su enfoque, esto permite entender mejor cómo factores como el grosor del acero, la forma de las placas o la calidad del hormigón influyen en la resistencia final. Sus resultados no solo validaron nuevas fórmulas para diseñar perfiles de acero más eficientes, sino que también propusieron un método alternativo a los cálculos tradicionales, que suelen basarse en parámetros fijos. Esto abre la puerta a diseños más personalizados y seguros, especialmente en proyectos donde la precisión es clave.

Al explorar investigaciones sobre sistemas de losas, me topé con un estudio de Colombia que comparaba dos opciones para edificios altos: losas nervadas (con refuerzos internos) y losas macizas (más gruesas y pesadas). Los autores buscaban determinar cuál es más eficiente para construcciones de 15 pisos, considerando no solo

la resistencia, sino también el uso de materiales como el concreto y el acero. Para esto, utilizaron programas como ETABS y RCB Engnsolutions, que permiten modelar digitalmente cómo se comportan las estructuras bajo diferentes cargas. Me pareció interesante que, tras analizar datos globales y costos locales, descubrieran que las losas en una dirección —un tipo específico de diseño— requieren menos materiales que las demás, lo que las hace más económicas y sostenibles. Además, notaron que ETABS ofrece cálculos más precisos en el contexto colombiano, especialmente para estimar gastos reales (CAMPO, 2022). Este trabajo me ayudó a entender que elegir el sistema de losa no es solo cuestión de resistencia, sino también de adaptarse a las necesidades del proyecto. Por ejemplo, en zonas donde el costo de materiales es alto, optar por diseños eficientes puede marcar la diferencia entre un proyecto viable y uno inviable. La lección clave es clara: cada obra exige una solución única, y herramientas como ETABS son aliadas esenciales para tomar decisiones informadas.

En la búsqueda de investigaciones sobre losas compuestas, descubrí un trabajo realizado en Brasil por Silva y Silva que analiza cómo estas estructuras —que combinan acero y hormigón— resisten las fuerzas. Los autores se centraron en un punto crítico: la unión entre el acero y el hormigón, que determina si la losa aguantará el peso sin romperse. Para entenderlo, estudiaron cómo se comportan las losas al doblarse bajo presión y cómo las grietas en el hormigón afectan su resistencia. Lo más innovador fue que desarrollaron un modelo digital (usando elementos finitos) para simular cómo funcionan las losas Steel Deck. Este modelo, validado con pruebas físicas y datos de estudios anteriores, permite calcular la carga máxima que soporta una losa de manera rápida y precisa, sin necesidad de software costoso (SILVA & SILVA, 2019). Esto me hizo reflexionar sobre la importancia de usar herramientas accesibles en países como Brasil, donde optimizar recursos es clave para proyectos sostenibles. Entonces el estudio no solo confirma que la unión entre materiales es vital para la resistencia, sino que también propone métodos más prácticos para diseñar losas eficientes. Como aprendiz, esto me muestra que combinar tecnología y conocimiento local puede resolver desafíos estructurales sin sacrificar calidad ni presupuesto.

En la búsqueda sobre sistemas de losas, encontré un estudio realizado en Tacna, Perú, que comparó dos tipos de losas: *Bubble Deck* (con esferas huecas para reducir peso) y *losas aligeradas tradicionales*. Los autores analizaron un edificio de cuatro pisos para determinar cuál opción ofrecía mejor equilibrio entre costo, resistencia y adaptación a movimientos sísmicos. Usando el software ETABS, modelaron cómo ambas losas respondían a fuerzas estáticas (como el peso constante) y dinámicas (como vibraciones). Lo que más me sorprendió fue descubrir que las losas *Bubble Deck*,

además de ser más económicas, mostraban un buen desempeño ante sismos, a pesar de tener una ligera mayor flexibilidad (llamada "deriva") comparadas con las tradicionales. Esta flexibilidad no comprometió la seguridad, pero sí redujo costos al eliminar la necesidad de vigas adicionales, lo que simplificó la construcción (Rueda Ruffrán, 2021). Entendí cómo innovaciones como las losas *Bubble Deck* pueden adaptarse a regiones con desafíos económicos, como Tacna, sin sacrificar calidad. La lección clave es que, a veces, soluciones aparentemente más simples —como quitar elementos estructurales redundantes— pueden generar ahorros significativos, siempre que se respalden con herramientas técnicas como ETABS para garantizar su eficacia.

### **2.1.2. Meso**

A nivel nacional:

En Quito, descubrí un estudio de Cando Tipan y Constante que propone una innovación para las losas Steel Deck: reemplazar la malla electrosoldada con fibras de acero. Esto, según su investigación, reduce las grietas causadas por cambios de temperatura y contracción del hormigón. Me sorprendió que este método no solo mejore la durabilidad, sino que también ahorre tiempo y materiales, algo crucial en proyectos urbanos con plazos ajustados (CANDO TIPAN, 2021). Este enfoque me hizo reflexionar sobre cómo pequeñas modificaciones en materiales pueden tener grandes impactos. Por ejemplo, al evitar la malla electrosoldada, se simplifica la instalación, lo que podría ser clave para proyectos en el país, donde la eficiencia constructiva es prioridad. Tomaré este caso como referencia para comparar métodos en mi análisis de losas Deck y nervadas.

En Guayaquil, el trabajo de Suárez Asán sobre un edificio multifuncional me mostró la importancia de adaptar diseños a las necesidades locales. Usando ETABS, su equipo analizó cargas gravitacionales y sísmicas, optando por pórticos de hormigón armado y zapatas corridas. Lo que más rescaté fue su énfasis en seguir normativas ecuatorianas al pie de la letra (Asán, 2020). Este estudio reforzó mi idea de que un buen diseño no solo depende del software, sino de cómo el ingeniero interpreta los datos. Por ejemplo, en Guayaquil, donde el suelo puede ser desafiante, su equipo priorizó cimentaciones económicas pero seguras, demostrando que la experiencia técnica es tan vital como las herramientas digitales.

En Cuenca y Azogues, Molina Ponce et al., compararon losas alivianadas con bloques de poliestireno (EPS) y las tradicionales. Me llamó la atención que, aunque estas losas son más ligeras y rápidas de instalar, su menor área las hace menos resistentes al corte. Sin embargo, cumplen con normas de diseño y reducen vibraciones, lo que las hace ideales para viviendas económicas (Molina Ponce et al., 2023).. Este hallazgo me hizo

valorar cómo soluciones locales pueden impulsar la construcción sostenible. En zonas como Azogues, donde los recursos son limitados, usar materiales como EPS no solo abarata costos, sino que genera empleos en la fabricación de componentes, beneficiando a la comunidad.

Al revisar el estudio de Pazmiño Ordóñez y Ushiña Paredes en Quito, compararon estructuras de hormigón armado y acero para un edificio en Manabí. Usando SAP2000, modelaron desde losas Deck hasta vigas de cimentación. Lo clave fue que el hormigón armado resultó más económico, pese a requerir más mano de obra. Este contraste me enseñó que la elección de materiales depende del contexto: en zonas con mano de obra accesible, el hormigón puede ser mejor opción. Sin embargo, en proyectos que requieren velocidad, el acero —aunque más costoso— podría compensar con plazos más cortos (Paredes, 2022).

En Santa Elena, Aquino Solano comparó losas nervadas y Steel Deck para viviendas. Con ETABS y SAP2000, demostró que las Steel Deck aceleran la construcción, ideal para proyectos urgentes. Sin embargo, su costo inicial más alto las hace menos viables para presupuestos ajustados. Este dilema me recordó que no hay una solución universal. En Santa Elena, donde el clima costero exige rapidez para evitar retrasos por lluvias, priorizar tiempo sobre costo podría ser estratégico. Pero en zonas rurales, donde el dinero escasea, las losas nervadas seguirían siendo la opción (SOLANO, 2020).

En otro estudio en Quito, Arias-Salazar y Naranjo-Bustos exploraron losas postensadas versus tradicionales. Descubrí que las postensadas son más económicas en edificios con grandes espacios abiertos, como centros comerciales, al reducir el uso de columnas y vigas. Esta innovación me hizo pensar en cómo la ingeniería evoluciona para satisfacer demandas del mercado. En Quito, donde el crecimiento urbano exige edificios versátiles, adoptar losas postensadas podría marcar la diferencia entre un proyecto obsoleto y uno competitivo (Arias-Salazar & Naranjo-Bustos, 2022).

### **2.1.3. Micro**

De manera local en la provincia podemos encontrar que:

Durante mi investigación en Machala, descubrí un estudio de Morales, Recalde y Ruiz que destaca la importancia de usar materiales flexibles en construcciones sismorresistentes. Ellos probaron un tipo de hormigón especial, llamado Hormigón Flexible, Ligero y Estructural (HFLE), que permite que los edificios se deformen sin romperse durante un terremoto. Imaginen una estructura que "se dobla" en lugar de "quebrarse" —esto es clave para salvar vidas. Según sus pruebas, este material no solo

absorbe mejor la energía de los sismos, sino que también resiste mejor el peso diario de las edificaciones. Como señalaron los autores: "La ductilidad no es un lujo, sino una necesidad en zonas con riesgo sísmico como Machala" (Morales Gubio, 2020).

Además, otro estudio local dirigido por Cabrera, Ordóñez, Carrión y Lima, analizó el suelo de Machala para diseñar cimentaciones seguras en una vivienda de tres pisos. Tras excavar hasta 6 metros —como exige la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)—, identificaron que el terreno combina arcilla, limo y arena fina. Esto significa que el suelo es blando y propenso a hundimientos si no se construye adecuadamente. Por ello, recomendaron usar vigas de cimentación anchas y zapatas que distribuyan el peso de manera uniforme. Como mencionan en su trabajo: "Ignorar las características del suelo es arriesgar la estabilidad de toda la estructura" (Cabrera et al., 2020a).

Estos hallazgos me ayudaron a entender dos cosas: primero, en Machala, elegir materiales como el HFLE podría ser vital para resistir sismos. Segundo, las losas y cimentaciones deben adaptarse a un suelo blando, priorizando diseños que eviten asentamientos desiguales. Por ejemplo, si una losa nervada se apoya en zapatas mal diseñadas, el edificio podría inclinarse con el tiempo. Esto refuerza la necesidad de combinar estudios de suelo con sistemas estructurales flexibles, algo que aplicaré en mi análisis comparativo de losas.

## **2.2. ANTECEDENTES REFERENCIALES**

Al revisar estudios globales, noté que las losas de acero —aunque menos comunes— son más eficientes que las losas nervadas. Por ejemplo, Santos et al. compararon estas losas con las nervadas tradicionales y descubrieron que las primeras requieren menos materiales, reducen tiempos de construcción y son ideales para cubrir espacios amplios, como naves industriales. Sin embargo, algunos profesionales aún las ven como una opción costosa, lo que frena su adopción masiva (W. W. dos Santos et al., 2020)..

En Quito, Arias-Salazar y Naranjo-Bustos exploraron otro sistema innovador: las losas postensadas. Estas usan cables tensados dentro del hormigón para soportar cargas, lo que las hace más económicas en edificios con grandes espacios libres (ej: centros comerciales). Según su estudio, en vanos de más de 8 metros, el ahorro en columnas y vigas compensa la inversión inicial. Como señalaron: "En proyectos ambiciosos, lo tradicional puede quedarse corto frente a lo postensado" (Arias-Salazar & Naranjo-Bustos, 2022).

Finalmente, Valenzuela et al. probaron conectores de corte en forma de L y V para losas compuestas (acero + hormigón). Estos elementos, que actúan como "ganchos" entre

materiales, mostraron una eficacia similar a métodos internacionales, aunque aún no están normados en Ecuador. Su trabajo abre la puerta a diseños más personalizados, especialmente en zonas como Machala, donde la adaptabilidad es clave ante suelos variables (Valenzuela et al., 2022).

## **2.3. ANTECEDENTES CONCEPTUALES**

En Ecuador, la elección de sistemas constructivos y materiales refleja un equilibrio entre innovación técnica y adaptación a las necesidades locales. Cada proyecto arquitectónico prioriza soluciones que cumplan con normativas nacionales, como la NEC, mientras responden a desafíos específicos del entorno, como condiciones climáticas, disponibilidad de insumos o requerimientos presupuestarios. La selección de losas de entepiso depende de múltiples diferentes factores como son los siguientes:

### **2.3.1. Definiciones**

#### **2.3.1.1. Losas**

Las losas son elementos estructurales, fundamentales en la construcción, empleados en techos, pisos y estructuras como puentes. Su función principal es soportar el peso propio, junto con elementos como muebles, personas y objetos, distribuyendo estas fuerzas de manera uniforme hacia columnas, vigas o muros. Esto asegura estabilidad y equilibrio en la edificación. Entre las variedades más utilizadas se encuentran las losas nervadas bidireccionales y las losas colaborantes Steel Deck, cada una con ventajas específicas según el proyecto.

Las losas nervadas bidireccionales destacan por su eficiencia material, reduciendo costos y minimizando el impacto ambiental. Sin embargo, su construcción suele demandar más tiempo en comparación con otros sistemas. Por otro lado, las losas Steel Deck, formadas por láminas de acero y hormigón, se instalan rápidamente y son ideales para proyectos con plazos limitados. Estudios indican que la elección entre ambos sistemas depende de factores como sostenibilidad, presupuesto y necesidades técnicas específicas (Mata-Falcón et al., 2022).

##### **2.3.1.1.1. Losas de hormigón armado:**

En Ecuador, el hormigón armado es el material predominante en la construcción de losas, gracias a su versatilidad y resistencia. Este sistema permite combinar vigas y losas en un mismo diseño, simplificando etapas clave como el montaje de moldes, la instalación de refuerzos metálicos, el vertido del hormigón y la retirada de encofrados. Esta integración optimiza tiempos y recursos, favoreciendo su uso en viviendas, edificios

y obras públicas. No todas las losas de hormigón armado funcionan igual. Las *losas planas*, por ejemplo, son populares por su apariencia uniforme, pero su capacidad para soportar cargas elevadas es limitada, lo que exige diseños más elaborados. En cambio, las *losas apoyadas sobre vigas* distribuyen mejor el peso, ofreciendo mayor flexibilidad y resistencia, ideal para proyectos que requieren alto desempeño estructural, como centros comerciales o hospitales.

Un aspecto crítico es el diseño bidireccional, donde la losa resiste fuerzas de flexión en dos direcciones, dependiendo de sus dimensiones. Si durante la construcción hay errores, como insuficiente refuerzo metálico, pueden aparecer grietas paralelas a las viguetas, especialmente en zonas con alta tensión. Esto subraya la necesidad de planificación detallada y colocación precisa de las armaduras para garantizar durabilidad y seguridad (M. Santos et al., 2021).

#### **2.3.1.1.2. Losas con placa colaborante (steel deck):**

En los últimos años, el uso de losas que integran placas colaborantes, conocidas como Steel Deck, ha crecido de forma destacada en el sector de la construcción. Si bien este sistema lleva décadas aplicándose en ciertos países, en otros mercados su adopción ha sido más reciente y acelerada. La técnica se basa en placas de acero galvanizado con forma trapezoidal, las cuales cumplen un doble propósito: inicialmente, sirven como moldes temporales (encofrado) para sostener el hormigón fresco y, una vez fraguado, pasan a formar parte de la estructura como refuerzo permanente.

Entre sus ventajas más relevantes destaca la reducción de tiempos de obra, ya que eliminan la necesidad de encofrados tradicionales y aceleran etapas clave como el vaciado del hormigón. Según estudios, esto permite optimizar hasta un 30% el cronograma de proyectos medianos y grandes. Las placas, fabricadas con acero estructural de alta resistencia, incorporan nervaduras en su diseño que mejoran su rigidez y capacidad para soportar cargas (M. Santos et al., 2021)..

Adicionalmente, los fabricantes ofrecen catálogos técnicos detallados con especificaciones de cada modelo, lo que facilita seleccionar la opción más adecuada según las necesidades del proyecto, como luces entre apoyos o cargas previstas. Esta combinación de rapidez, adaptabilidad y soporte técnico posiciona al Steel Deck como una solución eficiente para construcciones que priorizan plazos ajustados sin comprometer la seguridad estructural.

### 2.3.1.2. Función de losas en edificaciones

En el punto de vista arquitectónico las losas cumplen un rol esencial al definir las separaciones entre pisos en una construcción. Entre ellas, las losas planas de hormigón armado son especialmente valoradas por su bajo costo, instalación sencilla y apariencia uniforme, características que las hacen ideales para proyectos que buscan equilibrio entre funcionalidad y economía (Bermeo et al., 2020).

Desde el punto de vista estructural, estas losas están diseñadas para sostener dos tipos de fuerzas:

1. **Cargas vivas:** Peso generado por ocupantes, muebles, equipos u objetos temporales.
2. **Cargas muertas:** Peso propio de la estructura, incluyendo materiales como hormigón, acero y acabados.

El rendimiento de una losa depende de factores como su grosor, dimensiones y cómo se sujetan sus bordes (mediante soportes fijos o móviles). Además, la forma en que se distribuyen las cargas —ya sea de manera uniforme, concentrada o variable— influye directamente en su diseño. Por ejemplo, una carga triangular podría requerir refuerzos adicionales en zonas específicas, mientras que una carga uniforme permite un diseño más homogéneo. Estos aspectos técnicos son clave para garantizar que la losa mantenga su integridad ante las exigencias diarias (Orihuela & Sánchez, 2016).

### 2.3.1.3. Clasificación de losas

#### 2.3.1.3.1. Según sus Componentes

Las **losas macizas** son estructuras de hormigón armado reconocidas por su robustez y capacidad para soportar cargas elevadas. Estas losas se apoyan en vigas que transfieren el peso hacia las columnas, garantizando estabilidad estructural. Su espesor uniforme en toda su extensión las hace ideales para proyectos que demandan alta resistencia, como edificios industriales o estructuras con cargas concentradas (Hinojosa Coca, 2019).

Las **losas aligeradas** —o losas nervadas— destacan por su diseño liviano. Incorporan nervios o vigas en su parte inferior, lo que reduce el peso total de la estructura y permite el uso de materiales menos densos. Esta adaptabilidad las convierte en una opción eficiente para construcciones modernas, como viviendas o edificios de mediana altura, donde la ligereza y la rapidez de instalación son prioritarias (Molina Ponce et al., 2023).

Por último, las **losas compuestas** combinan hormigón y acero para maximizar las ventajas de ambos materiales. Durante la construcción, láminas metálicas perfiladas actúan como moldes temporales (*encofrado*) y, tras el fraguado del hormigón, se integran como refuerzo estructural. Este sistema optimiza la distribución de cargas y mejora la eficiencia en el uso de recursos, siendo ideal para proyectos que buscan equilibrio entre durabilidad y costos (Valenzuela et al., 2022).

#### 2.3.1.3.2. Según su transmisión de carga

La **losa nervada en una dirección**,

También conocida como *losa aligerada* o *alivianada*, se caracteriza por tener nervaduras o viguetas dispuestas en un único sentido, generalmente perpendiculares a los puntos de apoyo. Según investigaciones recientes, este sistema ha ganado popularidad en la construcción moderna debido a sus ventajas técnicas y prácticas (Quino Quispe, 2019).

Cuando la longitud de la losa es notablemente mayor que su ancho (con una relación de aspecto superior a 2), las nervaduras y el refuerzo principal se ubican en el lado más corto. Esto se debe a que la flexión es más pronunciada en esa dirección, lo que exige un mayor refuerzo para asegurar estabilidad. En términos simples, la estructura se organiza con nervios paralelos alineados en la dimensión más reducida, como se visualiza en representaciones técnicas, como se muestra en la **Ilustración 4**.

Este tipo de losa es ideal para edificios de mediana y gran altura, gracias a su rigidez y capacidad para soportar cargas elevadas. Su diseño no solo controla eficazmente las deformaciones (deflexiones), minimizando riesgos de hundimientos, sino que también ofrece acabados estéticos modernos. Aunque su construcción puede ser más costosa y compleja que la de las losas macizas, sus beneficios en resistencia, eficiencia material y adaptabilidad la convierten en una opción preferida para proyectos que priorizan la optimización de recursos sin comprometer funcionalidad o diseño.

**Ilustración 4.** Losa Nervada en una dirección.



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

### **Losa nervada en dos direcciones**

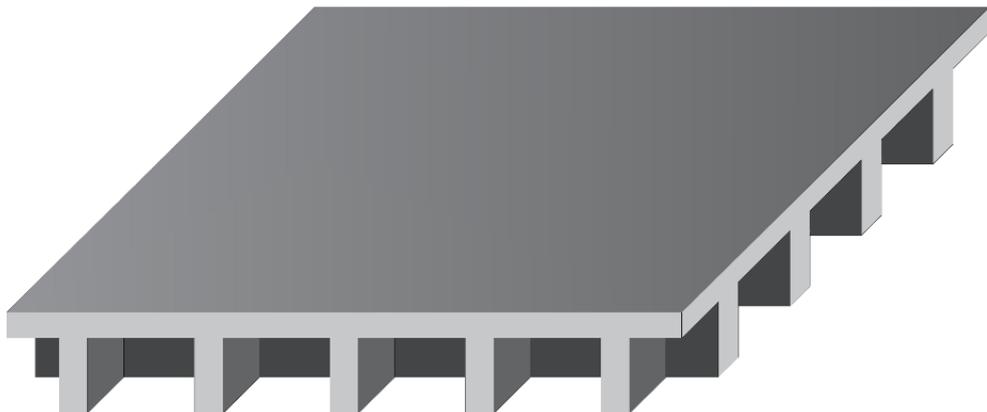
Se distingue por su capacidad para distribuir fuerzas en dos ejes perpendiculares, gracias a su apoyo en los cuatro bordes. Este diseño genera esfuerzos de flexión en ambas direcciones, lo que requiere un refuerzo de acero en ambas orientaciones, como se observa en esquemas técnicos. como se muestra en la **Ilustración 5**.

Cuando la relación entre el largo y el ancho de la losa es igual o menor a 2, se recomienda reforzar ambas direcciones. La geometría de la losa aporta resistencia natural ante cambios de temperatura, eliminando la necesidad de refuerzos extras. Además, las nervaduras integradas actúan como vigas internas, optimizando la capacidad de soporte de cargas y reduciendo el uso de materiales. Esto resulta en estructuras más eficientes y resistentes, según estudios recientes (Ma et al., 2022).

La disposición en red de las nervaduras permite una distribución equilibrada del peso y mayor rigidez. Este sistema es ideal para edificios altos o espacios amplios sin columnas intermedias, ofreciendo flexibilidad en el diseño de interiores. Además de su eficacia técnica, su estética minimalista —con líneas limpias y ausencia de elementos superfluos— lo convierte en una opción atractiva para proyectos que buscan combinar funcionalidad, seguridad y modernidad.

Para ilustrar el concepto, se puede comparar el sistema con una cama elástica de forma rectangular que descansa sobre sus cuatro esquinas. Al estar apoyada en dichos puntos, la superficie elástica se tensa tanto en la dirección de adelante hacia atrás como en la de lado a lado, generando esfuerzos internos. Con el objetivo de evitar que se deforme por este estiramiento, se instalan cables de refuerzo en cada dirección, lo que impide la expansión excesiva y mantiene la integridad de la estructura.

**Ilustración 5.** Losa Nervada en dos direcciones.



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

#### **2.3.1.4. Elemento que componen las losas**

##### **2.3.1.4.1. Concreto**

El concreto es uno de los materiales de construcción más utilizados en el mundo, principalmente por la facilidad de acceso a sus ingredientes básicos. Aunque ofrece múltiples beneficios, presenta una limitación importante: su baja resistencia a la flexión debido a la incapacidad para soportar eficientemente los esfuerzos de tensión. Para superar este inconveniente, se suele combinar con otros materiales que mejoran su capacidad estructural (Chen et al., 2021). A pesar de sus deficiencias en ductilidad y resistencia a la tracción, el concreto destaca por su elevada capacidad de soportar cargas de compresión, lo que lo convierte en la opción ideal para obras que deben aguantar grandes cargas, como edificios y puentes. Su alta durabilidad asegura que las estructuras construidas con él permanezcan estables por décadas, reduciendo la necesidad de mantenimiento o sustitución. Sin embargo, la rigidez y baja flexibilidad del concreto lo hacen susceptible a la formación de grietas en determinadas condiciones, lo que explica la frecuente incorporación de refuerzos, como el acero, para optimizar su desempeño (Paul et al., 2020).

Se obtiene mezclando cemento, grava, arena y agua, lo que da lugar a un material extremadamente versátil. En estado plástico, el concreto se adapta con facilidad a la forma del molde en el que se vierte, y su endurecimiento gradual, resultado de una reacción química con el agua, le permite consolidarse en estructuras personalizadas según las necesidades de cada proyecto. Además, sus propiedades fundamentales, como la resistencia a la compresión ( $f_c$ ) y el módulo de elasticidad ( $E$ ), están claramente definidas en las normativas técnicas, lo que facilita su aplicación en proyectos estructurales de diversa índole.

- **Resistencia del concreto**

La resistencia del concreto es esencial en el diseño de estructuras de concreto armado, y se mide mediante el valor  $f_c$ . Este parámetro garantiza la seguridad y durabilidad de las construcciones. Las normativas reconocidas, como la ACI 318 S-14, establecen tablas con valores específicos de resistencia, lo que asegura que el material cumpla con los estándares necesarios para soportar las cargas previstas durante su vida útil.

**Tabla 5.** Límites para  $f'_c$

<b>APLICACIÓN</b>	<b>CONCRETO</b>	<b><math>f'_c</math> Mínimo, MPa</b>	<b><math>f'_c</math> Máximo, MPa</b>
General	Peso Normal y liviano	17	Ninguno
Pórticos especiales resistentes a momentos y muros estructurales especiales	Peso Normal	21	Ninguno
	Liviano	21	35

**Fuente:** ACI 318S-19 (Pag.333 - Tabla 19.2.1.1)

**Módulo de Elasticidad:**

El módulo de elasticidad refleja la capacidad de un material para deformarse de manera reversible cuando se aplica una carga, calculándose como la relación entre el esfuerzo y la deformación resultante. Este parámetro es fundamental en el análisis y diseño estructural, ya que permite prever cómo se comportará el material bajo diferentes cargas. Según la normativa ACI 318S-19, capítulo 19, numeral 19.2.2, se utiliza una fórmula específica para determinarlo:

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} \text{ (MPa)} \quad \text{ó} \quad 15100\sqrt{f'_c} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad \text{(Ec. 1)}$$

**2.3.1.4.2. Acero de refuerzo**

El acero de refuerzo es fundamental en el diseño de losas, ya que su comportamiento se basa en propiedades esenciales. Se destaca la fuerza de fluencia ( $f_y$ ), que define la carga mínima necesaria para provocar una deformación permanente, y la rigidez, medida a través del módulo de elasticidad ( $E_s$ ), que indica cómo se deforma bajo una carga. Además, su durabilidad, que refleja la capacidad de resistir el desgaste con el paso del tiempo, es crucial para asegurar un desempeño prolongado. Estas características permiten que el acero cumpla con los requerimientos estructurales y los parámetros de diseño establecidos en la planificación y construcción de las losas (Portilla Yupanqui, 2019).

**2.3.1.4.3. Lamina Steel Deck**

El Steel Deck consiste en una estructura compuesta por láminas de acero laminadas en caliente, destacado en construcción por su versatilidad y resistencia. Este sistema se coloca sobre vigas metálicas, actuando como un soporte permanente durante el vaciado del hormigón, lo que elimina la necesidad de encofrados temporales. Su diseño incluye nervaduras trapezoidales y bordes elevados que, al fusionarse con el hormigón endurecido, generan un conjunto integrado que mejora la estabilidad de la losa sin

incrementar significativamente el peso estructural. La fijación segura entre las láminas y las vigas garantiza que ambos materiales actúen de manera coordinada, distribuyendo cargas eficientemente. Gracias a esta sinergia, el método optimiza materiales y reduce costos frente a técnicas tradicionales, al tiempo que simplifica procesos constructivos (Díaz et al., 2021).

#### **2.3.1.4.4. Malla Electrosoldada**

La malla electrosoldada es una estructura metálica conformada por varillas de acero unidas mediante soldaduras en puntos estratégicos. Estas varillas, cuyo grosor puede variar según las exigencias del proyecto, forman una red de cuadrículas o rectángulos ajustables, ideal para adaptarse a diversas necesidades constructivas. Su uso es común en la edificación de entrepisos y techos, donde se integra con vigas de acero para crear un sistema resistente que distribuye cargas de manera eficiente. Asimismo, se emplea como refuerzo en columnas y muros, reduciendo la aparición de grietas provocadas por tensiones estructurales o movimientos del terreno (CANDO TIPAN, 2021).

En la construcción de losas, esta malla cumple una función esencial al minimizar las fisuras generadas por la contracción del hormigón durante el fraguado o los cambios térmicos. Para cumplir con los estándares técnicos, el material debe contar con una sección transversal mínima de 0.00075 pulgadas. Las barras de acero utilizadas poseen una resistencia a la fluencia ( $f_y$ ) de 4200 kg/cm<sup>2</sup>, garantizando que se alcance la proporción mínima requerida de refuerzo, calculada como el mayor valor entre 0.0018 multiplicado por 4200 y dividido entre  $f_y$ . Además, la separación entre las barras no debe exceder cinco veces el espesor de la losa ( $5h$ ) ni las 18 pulgadas, lo que asegura una distribución uniforme. Un beneficio destacado es que la inclusión de esta malla puede aumentar hasta en un 10% la capacidad de soporte de la losa, mejorando su durabilidad y resistencia ante cargas estáticas o dinámicas.

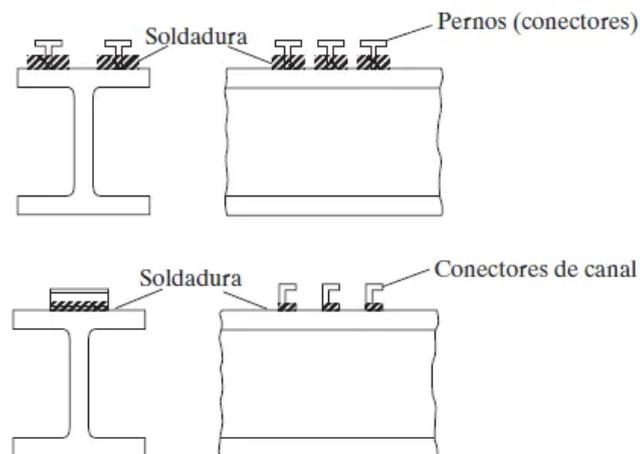
#### **2.3.1.4.5. Conectores de corte**

Los conectores de corte son componentes fundamentales en vigas compuestas, las cuales combinan una losa de hormigón con una viga de acero. Su función principal es transferir eficazmente las fuerzas cortantes entre ambos materiales, lo que puede mejorar la resistencia al corte entre un 30% y un 50% cuando se instalan adecuadamente. Para garantizar este efecto, es esencial que los conectores se fijen de forma precisa a la viga metálica. En la práctica, se emplean elementos como pernos cilíndricos soldables (stud), ángulos de acero o tornillos, aunque su selección y aplicación no siempre se ajustan a protocolos estandarizados (Franco et al., 2022).

Fabricados en acero, estos conectores están diseñados para resistir los esfuerzos cortantes que surgen en la unión entre el hormigón y el metal, reduciendo así deformaciones no deseadas. Por lo general, se sueldan al ala superior de la viga para evitar que la losa de hormigón se separe verticalmente de la estructura metálica. Tras la colocación del hormigón, los conectores quedan embebidos en el material, lo que elimina desplazamientos laterales y garantiza que ambos componentes funcionen como un sistema unificado, similar a una estructura monolítica.

Entre las variantes más utilizadas destacan los studs (pernos cilíndricos soldados directamente a la viga), los conectores tipo Z (con forma angular para mayor resistencia en configuraciones específicas), los tipos canal (ideales para aplicaciones que requieren rigidez elevada) y el tipo espiral (diseñados para soportar cargas extremas en proyectos especializados). Cada tipo se selecciona según las exigencias técnicas del proyecto, asegurando un equilibrio entre capacidad de carga, durabilidad y eficiencia constructiva.

**Ilustración 6. Conector de Corte**



**Fuente:** McCormac J, 5ta Edición

### **2.3.1.5. Elementos estructurales de acero**

#### **2.3.1.5.1. Vigas de Acero (Vigas Secundarias)**

Las vigas de acero son elementos clave en la construcción de edificios, puentes e instalaciones industriales, ya que soportan cargas verticales como el peso de pisos, tráfico vehicular o maquinaria. Elaboradas en acero de alta resistencia, garantizan estabilidad y durabilidad en estructuras complejas. Su diseño varía según la aplicación, adoptando perfiles en forma de "I", "H", "T" o "C", lo que optimiza su capacidad de carga y adaptación a distintos proyectos.

Según el estándar AISC 341-22, las vigas principales deben poseer ductilidad, es decir, capacidad para deformarse sin fracturarse bajo esfuerzos de flexión. Además, su diseño no puede depender exclusivamente de conectores sometidos a fuerzas cortantes, ya que un fallo en estos elementos podría comprometer la rigidez y resistencia de la unión.

Un estudio de Mieles y Larrúa, analizó vigas con nudos híbridos en estructuras que integran Steel Deck. Los resultados indicaron que estas mantienen su resistencia comparadas con vigas sin nudos, aunque presentan menor rigidez que las vigas de hormigón. Esto reduce la carga axial en los nudos, pero genera deformaciones mayores a las toleradas en el hormigón bajo tracción simple (Mieles & Larrúa, 2019).

Las columnas a diferencia de las vigas, las columnas de acero están diseñadas para resistir cargas laterales, como las provocadas por viento, sismos o maquinaria en movimiento. Su capacidad para contrarrestar fuerzas horizontales es esencial para asegurar la estabilidad global de la estructura, especialmente en zonas de alta actividad sísmica o con requerimientos industriales específicos (Salinas Villegas et al., 2023).

### **Vigas secundarias (viguetas)**

Las vigas secundarias o viguetas son elementos estructurales que distribuyen cargas desde losas o cubiertas hacia vigas principales o columnas, priorizando su función de transferencia de esfuerzos sin requerir necesariamente cumplir criterios estrictos de esbeltez. Su diseño se adapta a sistemas constructivos como losas aligeradas o Steel Deck, optimizando geometrías según necesidades arquitectónicas. Un estudio de Kuznetsov et al. (2020) analiza vigas tipo I-joint con restricción parcial en la unión del talón, demostrando que considerar este efecto permite asignar secciones más económicas al redistribuir momentos desde el vano hacia la unión, mejorando eficiencia y confiabilidad en sistemas de vigas metálicas. Este enfoque metodológico, validado mediante modelos de elementos finitos, resalta la importancia de conexiones estratégicas para maximizar rendimiento sin depender de parámetros rígidos de esbeltez (Kuznetsov et al., 2020).

#### **2.3.1.6. Elementos de aligeramiento en losas nervadas**

Los elementos de aligeramiento empleados en la construcción incluyen diversos materiales como bloques de hormigón, ladrillos, cajones de madera o metal, y poliestireno expandido (comúnmente denominado "nervios"). Estos componentes se ubican estratégicamente entre los nervios principales de la losa para conformar una estructura en forma de red, conocida como losa nervada. Su implementación no solo incrementa la resistencia mecánica y la vida útil de la losa, sino que también reduce el

consumo de materiales y optimiza los costos de construcción. Esta combinación de eficiencia técnica y económica los convierte en una alternativa ampliamente valorada en proyectos que buscan equilibrar durabilidad, funcionalidad y ahorro de recursos. Además, la versatilidad en la elección de materiales permite adaptarse a distintas exigencias estructurales o ambientales, facilitando soluciones personalizadas sin comprometer la integridad del diseño.

#### **2.3.1.6.1. Encofrados de Madera**

Los encofrados son estructuras moldeadoras utilizadas en construcción para definir la forma del hormigón fresco antes de que fragüe. Su importancia radica no solo en permitir la creación de diseños arquitectónicos complejos, sino también en aportar acabados uniformes que mejoran la estética final. Estos moldes pueden retirarse una vez el material alcanza su resistencia (uso temporal) o integrarse permanentemente, según los requerimientos técnicos o funcionales del proyecto.

Entre las variedades más comunes destacan los encofrados de madera, ampliamente empleados en obras de menor envergadura por su adaptabilidad y costo accesible. Según estudios como el de Martínez et al. (2019), su popularidad se debe a la facilidad para ensamblar tabloneros mediante clavos, tornillos o grapas metálicas, lo que permite ajustar las formas según las necesidades del diseño. Esta flexibilidad los convierte en una opción ideal para proyectos que buscan equilibrio entre resistencia, rapidez de montaje y economía, sin sacrificar la capacidad de personalización en estructuras curvas o angulares (Martínez et al., 2019).

#### **2.3.1.6.2. Casetón de Espumaflex**

El casetón de espumaflex son elementos de rectangular o cúbicas utilizadas en los encofrados para aligerar el peso de las edificaciones. Consiste en paneles de espuma de poliestireno expandido (EPS) flexibles que se ensamblan para formar un molde de encofrado, el cual se coloca sobre una superficie de trabajo y se rellena con concreto. Una vez el concreto de la losa se endurece, el casetón se lo deja en el sitio, convirtiéndose en parte de la estructura. En todo caso el estudio realizado por Meddage et al., nos habla sobre el uso de perlas de poliestireno, esto se lo encuentra fácilmente como un material de desecho. Muchos productos se encuentran rellenos de estas pequeñas esferas poliestireno, que absorbe los golpes y tiene baja conductividad térmica. esta puede ser reutilizada para formar casetones de Espumaflex (Meddage et al., 2022).

### **2.3.1.6.3. Casetones plásticos**

El casetón plástico es un material usado en encofrado para aligerar usado en la construcción de losas de concreto. Como su nombre lo menciona está hecho de plástico el cual es resistente y ligero, diseñado para formar parte de la estructura de manera temporal del concreto mientras este es colado y fragüe. Este tipo de material es fácil de manejar y transportar y puede ser reusado en múltiples proyectos. Suele venir en diversas formas y tamaños para adaptarse a las necesidades específicas de la losa. Cuando el concreto se ha endurecido, el casetón plástico se puede retirar.

### **2.3.2. Normas por emplear:**

Para este estudio, nos basamos en varias normativas y seguimos las pautas de la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), así como también las Normas del Instituto Americano del Concreto (ACI) y también las normas del Instituto Americano de la Construcción en Acero (AISC-360) conocida como la “especificación” para edificios de acero estructural, y con estas normas se centran para el diseño estructural de losas tipo deck y nervadas.

### **2.3.3. Análisis de cargas de la estructura**

Para comprender claramente el desempeño y comportamiento de la estructura, se realiza un análisis de las cargas, que será el punto de partida del diseño estructural. Se comienza con una evaluación de las cargas para determinar los esfuerzos a los que estarán sometidos los diferentes elementos estructurales. Estas cargas incluyen las gravitatorias, como la carga muerta (CM) y la carga viva (CV). En este trabajo, no se considerarán las cargas sísmicas.

Para ello, se seguirán los requisitos mínimos establecidos en las siguientes normativas:

- NEC-SE-CG: Cargas (No Sísmicas).
- NEC-SE-HM: Estructuras de hormigón armado.
- NEC-SE-AC: Estructuras de acero.
- ACI 318-18: Requisitos de reglamento para concreto estructural.
- AISC 360-22: Especificación para construcciones de acero.

#### **2.3.3.1. Cargas gravitacionales**

Son fuerzas que en una estructura deben soportar debido a la gravedad. Donde encontramos la carga muerta, que es el peso constante y fijo de los elementos estructurales, y la carga viva, que es el peso variable debido a las personas, muebles y

equipos que se mueven o cambian de lugar. Por lo que la carga que actúa sobre la losa generalmente se calcula en función de cargas gravitacionales (Astutik, 2019).

### 2.3.3.1.1. Carga viva

Las cargas vivas son las cargas que varían en magnitud y ubicación, estas se pueden considerar a un grupo personas, muebles, equipos y otros elementos que se mueven o cambian de posición. Las cargas vivas son importantes en el diseño estructural de edificios porque pueden influir en la resistencia y estabilidad de los elementos estructurales, como vigas y columnas. En este caso considerando una estructura enfocada en lo residencial y comercial, como ejemplo a analizar. La norma ecuatoriana de la construcción (NEC-SE-CG), se encuentra un capítulo llamado cargas no sísmicas, donde encontramos valores referenciales a dichas cargas.

**Tabla 6.** Cargas Vivas a considerar del proyecto

CARGAS VIVAS		
Ocupación	Carga uniforme	
Corredores	480	kg/cm <sup>2</sup>
Cubiertas destinadas para área de paseo	300	kg/cm <sup>2</sup>
Escaleras	480	kg/cm <sup>2</sup>
Residencias	200	kg/cm <sup>2</sup>
Terraza peatonal	480	kg/cm <sup>2</sup>
Cubierta inaccesible	100	kg/cm <sup>2</sup>

**Fuente:** Norma Ecuatoriana de la Construcción, (2015). NEC-SE-CG. Cargas no sísmicas

En edificios con áreas amplias, la probabilidad de que toda la superficie esté ocupada al mismo tiempo es algo bajo. Significando que la intensidad de la carga viva en el piso disminuye a medida que aumenta el área. La investigación realizada por Soomro et al., analizo varios estudios de casos en estructuras de hormigón armado. Las cuales se recopilaron datos de edificios que ya existen, incluyendo planos de refuerzo de las losas. Pero entrando al tema estas se evaluaron las cargas reales y se calcularon las cargas últimas que soportan las losas, utilizando métodos de ACI y la teoría de la línea de fluencia. Concluyendo que se puede reducir la carga viva en la losa de edificios de hormigón armado, especialmente en edificios residenciales, sin comprometer la seguridad estructural. Esta reducción puede generar ahorros en materiales y costos de construcción (Soomro et al., 2022).

### 2.3.3.1.2. Carga muerta

Las cargas muertas son las cargas permanentes que ejercen sobre una estructura, los elementos fijos y permanentes que están en un edificio o construcción. Estas cargas

son el peso de los materiales de construcción, como vigas, columnas, losas, paredes, techos, así como sistemas de aire acondicionado, conductos, tuberías y otros elementos estructurales y no estructurales que permanecen en un sitio y no hay manera de cambiar su ubicación ni su peso.

Como ejemplo en un estudio realizado por Sawwalakhe & Pachpor demostró que las losas nervadas, son ideales para cubrir grandes distancias con cargas pesadas. Por lo que reducen el peso total de la estructura y son más económicas que otras opciones. Además, estas ofrecen una mayor resistencia a las vibraciones, lo que las convierte en una excelente alternativa para edificios y estructuras que requieren mayor flexibilidad (Sawwalakhe & Pachpor, 2021).

En este proyecto los valores de pesos de los materiales empleados se determinaron y se presentaron según la normativa establecida, la cual es NEC-SE-CG.

En la **Tabla 7**, se muestran los pesos presentes en los materiales a usar tomados de NEC-SE-CG.

**Tabla 7.** Peso Propio de los Materiales

<b>PESO PROPIO DE LOS MATERIALES</b>		
<b>MATERIAL</b>	<b>PESO (kN/m3)</b>	<b>NORMATIVA</b>
Hormigón Armado	24	NEC-SE-CG
Bloque hueco de hormigón alivianado	8.50	NEC-SE-CG
Acero	78.50	NEC-SE-CG

**Fuente:** Norma Ecuatoriana de la Construcción, (2015). NEC-SE-CG.

#### **2.3.4. Combinaciones de carga**

De acuerdo con los criterios normativos, las combinaciones de carga se definen para garantizar la resistencia estructural. Según el **ACI 318-19**, la resistencia requerida ( $W_U$ ) ante cargas muertas ( $W_D$ ) y vivas ( $W_L$ ) debe cumplir:

##### **CARGA ULTIMA:**

$$W_U \geq 1.2W_D + 1.6W_L \quad (Ec. 2)$$

##### **CARGA DE SERVICIO:**

$$W_S = W_D + W_L \quad (Ec. 3)$$

#### **2.3.5. Deflexiones de losa**

##### **2.3.5.1. Losas de hormigón armado**

En el mundo de la construcción, las losas de hormigón son elementos a los que comúnmente vemos todos los días. Pero se sabe que estas estructuras pueden flexionarse bajo la carga presente esto se debe a la curvatura o movimiento la cual llamamos deflexión, y es un tema que no se puede ignorar. Imaginemos una losa soportando el peso de una casa. Es normal que se doble un poco. Lo importante es que esa "flexión" esté dentro de los límites aceptables para garantizar la seguridad y durabilidad del edificio. Según el ACI 318-19, en la Sección R24.2.2, las deflexiones máximas en losas macizas y nervadas se debe calcular según el rango que varía de L/180 a L/480, dependiendo del uso específico de la losa.

**Tabla 8.** Deflexión máxima admisible calculada.

MIEMBRO	CONDICIÓN	DEFLEXION CONSIDERADA	LIMITE DE DEFLEXIÓN
Techos planos	Que no están ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes. Deflexión inmediata debido a L	Deflexión inmediata debida a Lr, S y R	L/180
Entrepisos		L/360	
Techos o Entrepisos	Soporten o están ligados a elementos no estructurales	Susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes	L/480
		No susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes	L/240

**Fuente:** ACI 318-18, Cap. 24, Tabla 24.2.2 (Pág. 423). Deflexión máxima admisible.

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

Por eso, se realizan cálculos y mediciones para controlar la deflexión en las losas durante el diseño y la construcción. Por lo cual se trata de un trabajo clave para evitar problemas a futuro, como grietas, hundimientos o incluso daños estructurales. Un estudio de Sanabra et al., evaluaron los códigos ACI 318 y Eurocódigo para determinar una esbeltez mínima en losas de hormigón armado, buscando controlar la deflexión. Por lo cual se compararon los dos métodos por ende la norma australiana se inspiró en el área de estructuras de hormigón, considerando variables como la luz, la carga y las deflexiones admisibles. Esta evaluación permitió determinar el método más efectivo para controlar la deflexión en las losas. (Sanabra-Loewe et al., 2023).

### 2.3.5.2. Deflexiones Instantáneas

De acuerdo con el estándar ACI 318-19 (Capítulo 24, Tabla 24.2.2), la deformación máxima permitida en vigas y nervios de hormigón está regulada por el límite numérico

de L/480. Para garantizar el dimensionamiento adecuado de las secciones de hormigón, es esencial verificar que su deformación no supere este valor durante el diseño.

La flecha o deflexión se determina mediante la fórmula correspondiente a una viga con extremos empotrados:

$$\Delta_d = \frac{WL^4}{384 \times EI} \quad (Ec. 4)$$

La flecha o deflexión se determina mediante la fórmula correspondiente a una viga simplemente apoyada en sus extremos

$$\Delta_d = \frac{5 \times WL^4}{384 \times EI} \quad (Ec. 5)$$

### **2.3.5.3. Deflexiones losas deck**

La metodología para calcular deflexiones en vigas compuestas es análoga a la utilizada en vigas tradicionales dentro del diseño estructural. En el caso de losas Steel Deck, se define como parámetro crítico una deflexión máxima admisible de L/360, la cual se emplea como base durante el proceso de predimensionamiento. Este estándar garantiza que las deformaciones estructurales se mantengan dentro de los límites funcionales y de seguridad establecidos.

$$\delta_{\max} \leq \frac{L}{360} \quad (Ec. 6)$$

### **2.3.6. Criterios de diseño para losas steel deck**

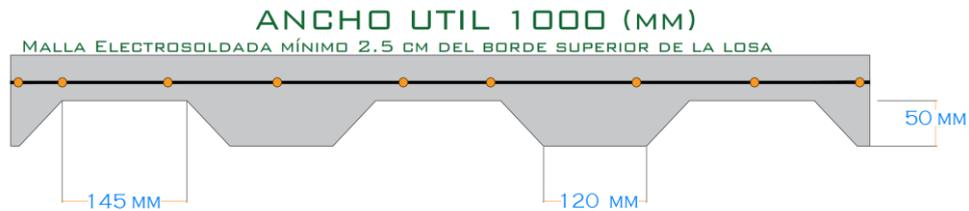
El diseño de las losas con sistema Steel Deck se basa en la unión entre la resistencia del acero y las propiedades del hormigón, lo que permite optimizar la capacidad de carga. Este método se emplea con frecuencia en edificaciones industriales y centros comerciales. Para lograr un rendimiento sobresaliente, es fundamental cumplir con especificaciones técnicas que aseguren una interacción correcta entre ambos materiales durante la planificación y la ejecución de la obra.

#### **2.3.6.1. Recubrimiento mínimo**

El espesor mínimo del recubrimiento de concreto para las losas Steel Deck se determina conforme a las normativas vigentes. En áreas elevadas, denominadas crestas, se exige disponer de al menos 50 mm de concreto sobre la lámina metálica. No obstante, al emplear refuerzos adicionales como la malla electrosoldada en la parte superior, es posible reducir este espesor hasta 20 mm, siempre que el refuerzo se ubique entre 2 y

2.5 cm por debajo de la superficie del hormigón. Este criterio es esencial para garantizar la protección contra la corrosión y cumplir con los requisitos estructurales necesarios.

**Ilustración 7.** Dimensiones de losa Steel Deck (Ancho útil)

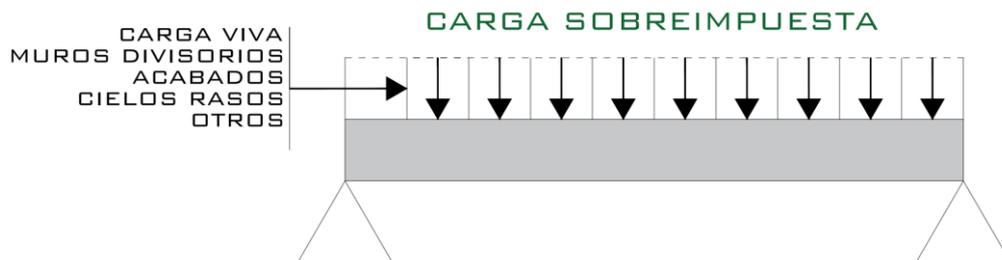


**Fuente:** Kubic-Conduit, (s.f); Perez Castillo Edinson, (2025).

### 2.3.6.2. Concreto sobre la losa

El concreto destinado a la losa debe cumplir con los requisitos técnicos establecidos, garantizando una resistencia mínima a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> (21 MPa). Se debe seguir un proceso de curado durante, al menos, 7 días una vez que el material haya sido vaciado. Asimismo, es fundamental evitar el uso de aditivos que puedan provocar corrosión en la lámina de acero del Steel Deck. Por último, para asegurar un desempeño estructural adecuado, la deflexión máxima permitida bajo carga no debe superar el límite de  $L/360$ .

**Ilustración 8.** Carga sobrepuesta de losa deck.



**Fuente:** Kubic-Conduit, (s.f); Perez Castillo Edinson, (2025).

### 2.3.7. Miembros en flexión losas deck

#### 2.3.7.1. Secciones por pandeo local

El análisis del comportamiento de las secciones frente al pandeo local es clave en el diseño estructural, ya que permite evaluar cómo los materiales soportan deformaciones o colapsos al estar sometidos a diversas cargas. El objetivo es asegurar que cada sección mantenga su integridad y evite fallos prematuros.

En este sentido, el Código AISC establece que las secciones de acero se organizan en tres categorías principales: compactas, no compactas y esbeltas. Las secciones compactas se caracterizan por tener sus alas conectadas de forma continua al alma y

por mantener una relación ancho-espesor dentro de límites seguros, lo que les confiere una notable resistencia y rigidez.

Por otro lado, las secciones no compactas y esbeltas se distinguen principalmente por su proporción ancho-espesor, que se obtiene al dividir el ancho del elemento por su espesor. Además, la clasificación técnica incluye la distinción entre elementos atiesados y no atiesados, considerando sus características geométricas y propiedades mecánicas, lo cual es esencial para predecir su comportamiento bajo diferentes condiciones de carga.

En la **Tabla B4.1** del código AISC clasifica a los elementos como **atiesados** y **no atiesados** en función de su geometría y propiedades mecánicas.

**Tabla 9.** Condición de Elementos a Compresión en secciones esbeltas y no esbeltas.

PARA COMPRESIÓN EN ESBELTAS Y NO ESBELTAS.		
CONDICIÓN	SECCIONES NO ESBELTAS	Según la Tabla B4. 1.a. La relación ancho-espesor de los elementos no debe ser superior al valor de $\lambda_r$ .
	SECCIONES ESBELTAS	Según la Tabla B4. 1.a. La relación ancho-espesor de los elementos debe ser mayor al valor de $\lambda_r$ .

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

**Tabla 10.** Condición de Elementos a flexión en secciones compactas y no compactas

PARA FLEXIÓN EN COMPACTAS Y NO COMPACTAS ESBELTAS		
CONDICIÓN	SECCION COMPACTA	Según la Tabla B4. 1.b. La sección compacta se encuentra en sus alas y alma, además la relación ancho-espesor de los elementos comprimidos no debe ser superior al valor de $\lambda_p$ .
	SECCION NO COMPACTA	Según la Tabla B4. 1.b. La sección no compacta se encuentra en sus alas y alma, además la relación ancho-espesor de los elementos comprimidos debe ser mayor al valor de $\lambda_p$ .

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

Las tablas Para el análisis se encuentran en el **Anexo1**, de la página del AISC 360 - 22

### 2.3.7.2. Determinación de fuerzas

n estructuras con vigas compuestas implica analizar de forma minuciosa las cargas que actúan sobre ellas y cómo interactúan sus diferentes componentes. Este estudio es

esencial para asegurar tanto la estabilidad del conjunto como su capacidad para soportar las cargas aplicadas.

En este proceso se evalúa la sección efectiva de la viga en cada etapa de carga. Cuando la viga no cuenta con apuntalamiento, el perfil de acero absorbe inicialmente las cargas hasta que el hormigón se consolida. Una vez endurecido, la acción combinada del acero y el hormigón se encarga de resistir las cargas posteriores.

En el caso de vigas compuestas continuas, en las que los conectores de corte se distribuyen a lo largo de toda la viga, la resistencia en zonas críticas —como las áreas con momentos negativos después del agrietamiento de la losa— depende principalmente del perfil de acero y del refuerzo longitudinal que se ubica en el ancho efectivo de la losa.

Es importante tener en cuenta que los puntales no están diseñados para soportar el peso de las vigas de acero, salvo que se aplique una contraflecha, una práctica que no resulta recomendable según las normativas vigentes, el AISC I.3. b. Una vez retirados los puntales y cuando el concreto alcanza al menos el 75% de su resistencia a los 28 días, la losa transfiere su carga a la sección compuesta y a las vigas, completando el sistema estructural.

#### **2.3.7.3. Ancho Efectivo de Patines**

El comportamiento de la flexión en las vigas varía según la distancia que las separa. Cuando las vigas se encuentran próximas, los esfuerzos de flexión se reparten de forma homogénea en la zona de compresión. En cambio, al aumentar la separación, esta distribución se vuelve menos lineal, especialmente en los patines. Para solucionar este inconveniente, se emplea el concepto de ancho efectivo de la losa, el cual es menor al ancho real, garantizando así una distribución más uniforme y controlada de los esfuerzos.

De acuerdo con las especificaciones técnicas del AISC, el ancho efectivo de la losa de concreto a cada lado del eje de la viga se determina seleccionando el valor más pequeño entre: una octava parte de la luz entre apoyos, la mitad de la distancia entre los ejes de vigas contiguas o la distancia desde el eje de la viga hasta el borde de la losa. Esta metodología asegura un diseño estructural eficiente y adecuado.

#### **2.3.7.4. Vigas Compuestas**

Las vigas compuestas se forman al integrar una losa de hormigón con vigas de acero, conectadas a través de elementos mecánicos que facilitan la transferencia de esfuerzos

de corte entre ambos materiales. En este sistema, la losa refuerza la parte superior de la viga, lo que mejora su capacidad de carga. Este diseño permite no solo reducir el espesor de la losa, sino también disminuir el peso total de la estructura, lo que incrementa su eficiencia.

#### **2.3.7.5. Análisis Elástico**

Las losas deck son fundamentales en la construcción, por lo que es crucial comprender cómo reaccionan ante diferentes tipos de cargas. El análisis elástico se utiliza para evaluar su comportamiento frente a fuerzas externas, tales como el peso propio, las cargas de nieve o las presiones del viento. En el caso de vigas compuestas continuas sin terminaciones especiales, se considera que la rigidez se mantiene constante a lo largo de su extensión. Para calcular esta rigidez, se emplea el momento de inercia de la sección compuesta transformada, especialmente en las zonas donde se generan momentos positivos, lo que simplifica los cálculos y ofrece una estimación precisa del comportamiento estructural.

#### **2.3.7.6. Análisis Plástico**

El análisis plástico es clave para determinar cómo responden las losas deck ante sobrecargas o cargas imprevistas no contempladas en el diseño original. Este estudio permite conocer la capacidad de la losa para resistir situaciones extremas, asegurando la estabilidad y seguridad de la edificación. Para evaluar la resistencia a la flexión de las vigas compuestas de acero y hormigón, se desglosa la viga en tres partes principales: el alma de acero, la losa de hormigón y las barras de refuerzo longitudinal. Se asume que, al flexionarse, cada uno de estos componentes sufre deformaciones plásticas, y la resistencia global se obtiene al sumar las contribuciones individuales, lo que brinda una evaluación completa de su capacidad.

#### **2.3.7.7. Ancho efectivo de la losa**

El ancho efectivo de la losa se define como la distancia, medida perpendicularmente, entre dos nervaduras o filas de viguetas. Esta medida indica la parte de la losa que realmente contribuye a soportar las cargas aplicadas. En estructuras compuestas de acero y hormigón, es esencial determinar cuánto aporta la losa a la resistencia total. Debido a que las fuerzas no se distribuyen de forma uniforme, se utiliza el concepto de ancho efectivo, que consiste en asumir que actúa sobre la losa una fuerza equivalente y uniformemente distribuida, con la misma intensidad máxima que la carga real. Esto facilita los cálculos al trabajar con una distribución uniforme en lugar de con las cargas reales, que suelen ser más complejas de analizar.

### **2.3.7.8. Armado de la loseta de hormigón**

La construcción de la losa de hormigón representa una etapa esencial que define la resistencia y durabilidad de toda la estructura. En ella se integran elementos de refuerzo—como barras de acero, mallas o fibras—para garantizar que la losa soporte adecuadamente las cargas y tensiones a las que estará expuesta. Este procedimiento es indispensable en cualquier proyecto, ya que asegura un desempeño óptimo bajo diversas condiciones.

Para alcanzar una alta resistencia, se requiere la incorporación de una cantidad mínima de acero. Esto se debe, principalmente, a dos factores. Por un lado, las variaciones de temperatura hacen que el hormigón se expanda y contraiga; en este proceso, el acero modera estos cambios, reduciendo el riesgo de fisuras. Por otro, durante el fraguado, el hormigón tiende a encogerse, y el acero actúa contrarrestando esta contracción para evitar deformaciones que puedan comprometer la integridad de la losa.

Se suele utilizar una malla electrosoldada de alambres dispuesta en dos direcciones perpendiculares. Sin embargo, en situaciones donde las viguetas se asientan de forma independiente, se pueden generar momentos flexionantes negativos que producen fisuras en la parte superior. Ante este escenario, resulta necesario añadir refuerzos adicionales que garanticen la estabilidad del conjunto.

Las normativas técnicas especifican la cantidad mínima de acero que debe usarse en el armado de la losa. Por ejemplo, en losas reforzadas con barras corrugadas de Grado 420 o mallas electrosoldadas, se exige una proporción mínima de refuerzo, establecida en al menos  $\rho = 0.0018$ , para compensar las variaciones térmicas y la retracción. Estos criterios están diseñados para que la losa funcione de manera segura y eficiente durante toda su vida útil.

### **2.3.7.9. Resistencia de diseño para secciones compuestas**

Las estructuras compuestas, que integran dos o más materiales, se emplean ampliamente en la construcción por su eficiencia y solidez. La determinación de su capacidad se basa en la resistencia de diseño, un valor que indica la carga máxima que la estructura puede soportar sin fallar. Este cálculo considera tanto las propiedades propias de cada material como la forma en que se combinan, creando un sistema más robusto y seguro.

Para evaluar la máxima resistencia a la flexión de una viga compuesta, se asume que el acero alcanza su límite de deformación plástica, mientras que el hormigón en la zona comprimida soporta un esfuerzo uniforme equivalente a 0.85 veces su resistencia a la

compresión, despreciándose la tensión en el hormigón. En este análisis se consideran únicamente secciones compuestas completas, con conectores de corte correctamente instalados para asegurar una interacción efectiva. Además, ante la falta de datos específicos sobre los límites de ancho y espesor en vigas compuestas, se han adoptado de manera conservadora los valores establecidos en las normativas técnicas para secciones compactas, no compactas y esbeltas, garantizando así un diseño seguro y confiable.

#### **2.3.7.10. Resistencia de diseño en zonas de momento positivo**

La capacidad de una estructura para soportar cargas que provocan flexión en una dirección determinada es esencial para evitar deformaciones o fracturas. En zonas donde se generan momentos positivos, como aquellas expuestas a vientos intensos o actividad sísmica, resulta crucial que los elementos estructurales actúen de forma integrada. Para lograrlo, se emplean componentes como secciones de acero, conectores de cortante y losa de hormigón, donde esta última actúa como parte del patín comprimido de la viga, aumentando significativamente su capacidad de resistencia. No obstante, si el alma de la viga no está adecuadamente compacta, puede producirse un pandeo prematuro que limite la efectividad del sistema, por lo que se requiere un arriostramiento eficaz mediante conectores que aseguren una interacción óptima entre los materiales.

#### **2.3.7.11. Vibraciones**

En estructuras metálicas de grandes luces, la elevada rigidez de sus componentes puede generar vibraciones que resultan incómodas y afectan el desempeño global. Para mitigar este problema, se recomienda aumentar el espesor de la losa o incrementar la altura de las vigas de acero. Un criterio práctico y ampliamente utilizado establece que la altura de la viga debe ser, al menos,  $1/20$  de la longitud del claro, lo que contribuye a reducir las oscilaciones y mejora la estabilidad de la estructura bajo condiciones dinámicas.

## CAPITULO III

### METODOLOGIA

#### **3.1. Modalidad básica de la investigación:**

Esta investigación sigue un enfoque cuantitativo y compara dos tipos de losas estructurales: tipo deck y nervadas en dos direcciones. Para evaluar su desempeño, se analizarán dos factores clave: la deflexión, que mide la flexión de la losa bajo carga, y el cortante, que representa las fuerzas de deslizamiento entre capas. Ambos parámetros son fundamentales para determinar la capacidad de carga de cada losa.

El análisis se realizará mediante simulaciones en ETABS, evaluando el comportamiento de las losas en edificaciones de distintas alturas. Esto permitirá identificar cuál ofrece mayor resistencia y seguridad en diferentes condiciones de carga. Además, se considerarán normativas vigentes y estudios previos para reforzar la validez del análisis.

Este enfoque busca determinar la opción más adecuada para el diseño estructural, garantizando seguridad y eficiencia en función de las cargas soportadas.

#### **3.2. Tipo de investigación:**

##### **3.2.1. Investigación Documental**

Este estudio se basa en información teórica obtenida de normativas y estudios previos sobre losas estructurales. Para ello, se analizarán regulaciones como la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), así como las recomendaciones del American Concrete Institute (ACI) y del American Institute of Steel Construction (AISC). Estas normas establecen criterios fundamentales para el diseño de losas en términos de resistencia, estabilidad y durabilidad, garantizando que el análisis cumpla con estándares reconocidos.

Además, se revisarán artículos científicos y tesis en ingeniería estructural para obtener información práctica y casos de estudio que ayudarán a definir los parámetros de diseño. Todo este conocimiento servirá como base para comprender mejor los resultados obtenidos en la fase experimental.

##### **3.2.2. Investigación Experimental**

La fase experimental se centrará en analizar dos aspectos clave en las losas: la deflexión y el esfuerzo cortante. La deflexión mide cuánto se dobla la losa al recibir peso, mientras que el esfuerzo cortante evalúa la capacidad de la losa para soportar las fuerzas que intentan deslizar sus capas.

Se usarán simulaciones en el programa ETABS para estudiar cómo se comportan las losas tipo *deck* y las losas nervadas bajo cargas gravitacionales, es decir, sin considerar temblores u otras fuerzas externas. Con este análisis, se podrán comparar ambas opciones para determinar cuál ofrece mejor desempeño en términos de resistencia y seguridad en edificios de distintas alturas.

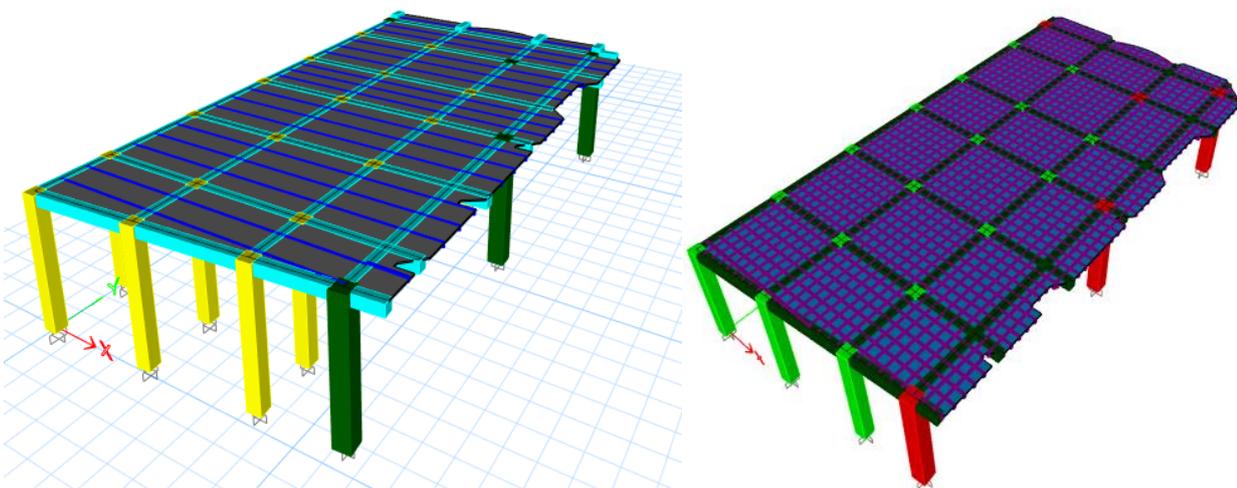
### 3.3. Generalidades del Proyecto.

El análisis se centrará en el edificio Sánchez Aguilar, ubicado en Machala, cuya estructura está construida en hormigón armado. En este edificio, se evaluará el desempeño de las losas tipo *deck* y nervadas mediante el análisis de deflexión y esfuerzo cortante. El objetivo es estudiar cómo responden las losas ante cargas verticales para determinar cuál es la opción más eficiente y segura. Esto permitirá obtener conclusiones aplicables al diseño de futuras construcciones.

El edificio a evaluar cuenta con un sistema a porticado de hormigón armado, compuesto por losas, columnas, vigas principales y secundarias. También se analizará como una estructura mixta que incluye losas con placa colaborante, columnas, vigas principales y viguetas metálicas laminadas en caliente ASTM A36.

El proyecto arquitectónico servirá de base para el cálculo estructural, determinando las dimensiones de losas, vigas, columnas y otros elementos, asegurando que cumplan con los requisitos mínimos establecidos en los códigos y normativas de diseño, especialmente la Norma Ecuatoriana de la Construcción. En la Tabla 1 se presentan las principales características del proyecto.

**Ilustración 9.** Esquema Losa Steel Deck y Losa H.A.



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

**Tabla 11.** Características arquitectónicas del proyecto.

<b>Proyecto</b>	<b>Edificio Modelo</b>
Finalidad del proyecto	Edificación para uso habitacional
Altura de las plantas inferiores	5,22 m
Distribución de niveles de entrepiso	4
Altura de las plantas superiores	3,42 m
Elevación máxima del edificio	15,48 m

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

**Tabla 12.** Uso de la estructura de hormigón Armado

<b>PISO</b>	<b>USO</b>
PB	Locales comerciales
P1	Departamentos
P2	Departamentos
TERRAZA	Departamento
Mezzanine	Cubierta

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

### **3.4. Descripción de la población y muestra**

El estudio se enfoca en el edificio Sánchez Aguilar, ubicado en Machala, una ciudad con edificaciones de diversas alturas y suelos blandos que afectan las cargas estructurales. Se analizarán modelos del edificio con alturas presentes y considerar más losas para ver cómo se comportan, utilizando losas tipo "deck" y losas nervadas bidireccionales. El objetivo es evaluar cómo se comportan estas losas bajo cargas gravitacionales, obteniendo datos precisos sobre la deflexión y el esfuerzo cortante que experimentan debido al peso propio y al uso cotidiano. Este análisis proporcionará una comprensión más profunda del comportamiento de estos elementos estructurales en edificios de diferentes alturas, ofreciendo información valiosa para optimizar diseños en construcciones similares en Machala y en áreas con condiciones parecidas.

### **3.5. Métodos Teóricos y Empíricos**

En esta investigación, utilizamos tanto métodos teóricos como prácticos para entender cómo se comportan las losas en los edificios. Por un lado, aplicamos cálculos basados en normas como la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y estándares internacionales (ACI y AISC) para prever cómo se doblan o deforman las losas bajo su propio peso y asegurarnos de que cumplen con los requisitos de seguridad. Por otro lado, empleamos programas de computadora como ETABS para simular de manera virtual cómo reaccionan las losas bajo diferentes condiciones de carga. Al comparar los

resultados de estos cálculos teóricos con las simulaciones, podemos ajustar el diseño para que sea más preciso y seguro, reflejando mejor las condiciones reales que enfrentarán las losas en los edificios.

### **3.5.1. Métodos tradicionales para el diseño de losas bidireccionales de hormigón armado**

#### **3.5.1.1. Método del pórtico equivalente**

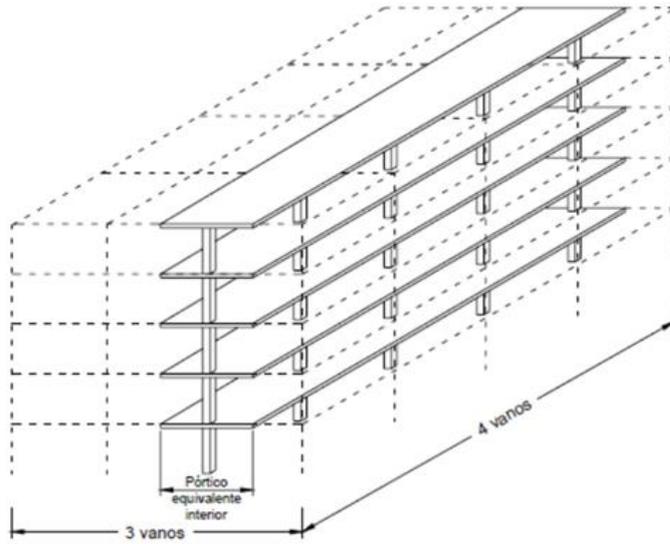
El método del pórtico equivalente, detallado en el Capítulo 8, Sección 8.11 del Código ACI 318-14, establece que las losas y sus soportes en sistemas que distribuyen cargas en dos direcciones deben diseñarse para resistir momentos y fuerzas cortantes mediante un análisis estructural elástico. Este enfoque, validado por extensas pruebas en losas de tamaño real y en modelos a escala, ha demostrado ser preciso y confiable en diversas situaciones estructurales, lo que lo convierte en una base sólida para el diseño de losas en edificios modernos. (Grant J., 1977).

El Método del Pórtico Equivalente es una técnica confiable y ampliamente utilizada para diseñar losas que soportan cargas verticales. Este método es tan efectivo que programas de análisis estructural como ETABS lo incorporan en sus sistemas para evaluar estructuras. Además, puede aplicarse para analizar estructuras sometidas a cargas laterales, ajustando las rigideces de los elementos para considerar efectos de fisuración y otros factores relevantes.

Sin embargo, este método no es recomendable para losas con formas geométricas irregulares, soportes dispuestos de manera muy desigual o con grandes aberturas que interrumpen su continuidad. En tales casos, es preferible utilizar otros métodos de análisis más adecuados a esas condiciones. (318-14, 2024).

El Método del Pórtico Equivalente simplifica el análisis de losas que distribuyen cargas en dos direcciones, convirtiendo el sistema tridimensional en una serie de pórticos bidimensionales formados por vigas y columnas. Cada pórtico se extiende verticalmente a lo largo de toda la estructura y horizontalmente hasta la mitad de la distancia entre las columnas adyacentes en ambas direcciones. Este método utiliza un análisis elástico para calcular los momentos en las losas. Los pórticos pueden ubicarse tanto en el interior como en el perímetro de la estructura. (C, 2007). El Código ACI 318-18 permite simplificar el análisis al omitir las deformaciones axiales en columnas y losas causadas por fuerzas directas, así como las deformaciones por esfuerzo cortante. Esta simplificación facilita el diseño sin comprometer la precisión estructural.

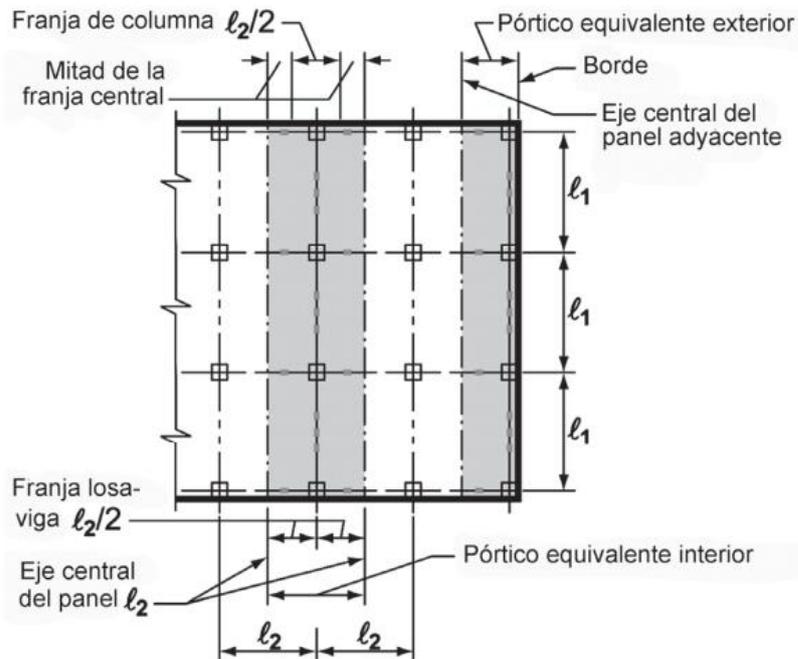
**Ilustración 10.** Pórtico equivalente de una estructura



**Fuente:** Código ACI 318-14.

En el MPE (Método del Pórtico Equivalente) la losa se divide en franjas de columna y franjas centrales o de tramo, como se muestra en la Ilustración 11. Estas divisiones permiten representar la estructura en marcos bidimensionales, facilitando el análisis y la distribución de los momentos dentro de la sección transversal de la losa.

**Ilustración 11.** Franjas de columna y franjas de tramo



**Fuente:** Código ACI 318-14.

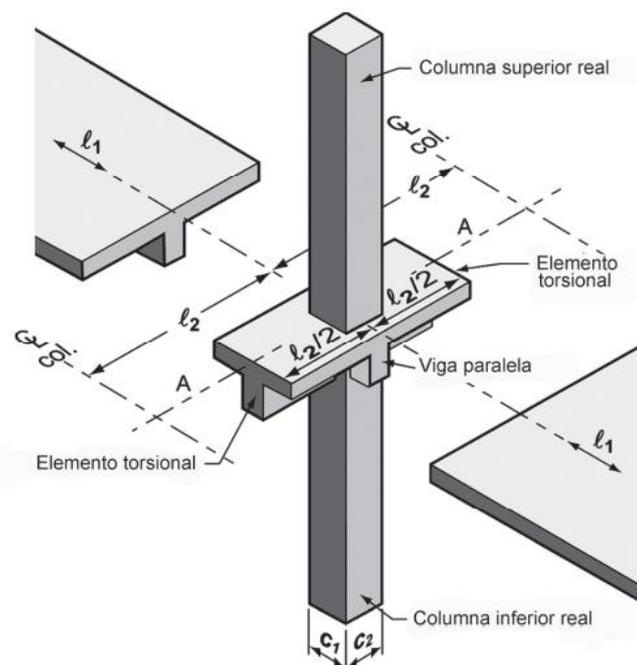
### Aspectos a considerar para aplicar el método:

La aplicación del método requiere considerar aspectos fundamentales relacionados con la estructura y su comportamiento. Se organiza la estructura en pórticos equivalentes, alineados con los ejes de las columnas tanto en la dirección longitudinal como en la transversal. Cada pórtico comprende una fila de columnas o soportes, junto a franjas de viga-losa que se extienden a ambos lados del eje central, alcanzando el centro de la losa.

En cuanto a la conexión, se asume que las columnas se vinculan a las franjas de viga-losa a través de elementos de torsión, los cuales se ubican de manera perpendicular al tramo donde se calculan los momentos. Estos elementos se extienden hasta el centro de las losas adyacentes a cada lado de la columna. Para los pórticos situados en los bordes, el análisis se delimita entre el propio borde y el centro de la losa más próxima.

El análisis estructural se puede realizar de dos maneras. Por un lado, se evalúa por completo cada pórtico; por otro, cuando se trata de cargas gravitacionales, se analiza cada piso o techo de forma independiente, considerando los extremos más alejados como empotrados. Además, para reflejar de manera más precisa la restricción por torsión que las vigas imponen a la losa, se ajustan las columnas de los pórticos equivalentes al incorporar la viga situada en dirección perpendicular.

**Ilustración 12.** Columna equivalente



**Fuente:** Código ACI 318-14.

Para calcular las rigideces de la estructura, se consideran únicamente las secciones de concreto, sin tener en cuenta el refuerzo de acero. Esta estrategia simplifica los cálculos y facilita la obtención de resultados más manejables durante el análisis estructural.

El método del pórtico equivalente se desarrolla siguiendo varios pasos fundamentales. Primero, se representa la estructura tridimensional como pórticos en ambas direcciones principales. Luego, se determina la rigidez de cada elemento de estos pórticos y se efectúa un análisis detallado para evaluar su comportamiento frente a las cargas. Los momentos resultantes se distribuyen entre las franjas de columna y las franjas centrales, para finalmente dimensionar los elementos estructurales y calcular el refuerzo longitudinal necesario para vigas y losas. Según el código ACI 318-14, se pueden omitir las deformaciones axiales en columnas y losas causadas por fuerzas directas, así como aquellas provocadas por cortante, lo que permite simplificar el proceso sin perder precisión en los resultados.

### **3.5.1.2. Método de los coeficientes (Método 3 de las normas ACI)**

El Método de los Coeficientes, reconocido en las normas ACI como el Método 3 para el diseño de losas, se presenta como una solución práctica para distribuir las cargas en ambos sentidos de una losa bidireccional. Este método evalúa aspectos esenciales, como la relación entre el largo y el ancho del panel, y considera las condiciones de apoyo de la losa, ya sea que ésta se encuentre empotrada o simplemente apoyada.

Para simplificar los cálculos, se utiliza una tabla de referencia que establece cómo se transfieren las cargas en función de las características particulares de la losa. Este enfoque facilita la obtención de resultados claros y confiables, permitiendo que el diseño estructural sea seguro y eficiente.

#### **a. Mayoración del Momento Estático en la Losa**

De acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\Delta_3 = \frac{M_b \cdot L^2}{16 \cdot E_s \cdot I_e} \quad (Ec. 7)$$

El primer paso es calcular la relación entre el lado más corto y el más largo del panel:

$$m = \frac{L_{corto} \rightarrow (L_a)}{L_{largo} \rightarrow (L_b)} \quad (Ec. 8)$$

A continuación, se emplean las ecuaciones correspondientes:

### **Momentos Negativos**

$$M_{a,neg} = C_{a,neg} \cdot W \cdot La^2 \quad y \quad M_{b,neg} = C_{b,neg} \cdot W \cdot Lb^2 \quad (Ec. 9)$$

Siendo de manera que  $W$ , la carga mayorada entre carga viva y muerta, los coeficientes de momentos negativos en la losa  $C_{a,neg}$  y  $C_{b,neg}$ ,  $La$ ,  $Lb$ , son las longitudes corta y larga respectivamente.

### **Momentos Positivos**

$$M_{a,pos} = C_{a,dl} \cdot W_d \cdot La^2 + C_{a,ll} \cdot W_l \cdot La^2 \quad y$$

$$M_{b,pos} = C_{b,dl} \cdot W_d \cdot Lb^2 + C_{b,ll} \cdot W_l \cdot Lb^2 \quad (Ec. 10)$$

Se conoce de las ecuaciones presentadas a la carga muerta mayorada ( $W_d$ ), la carga viva mayorada ( $W_l$ ), y los respectivos coeficientes para momento positivo de carga viva y muerta ( $C_{a,dl}$ ,  $C_{b,dl}$ ,  $C_{a,ll}$ ,  $C_{b,ll}$ ).

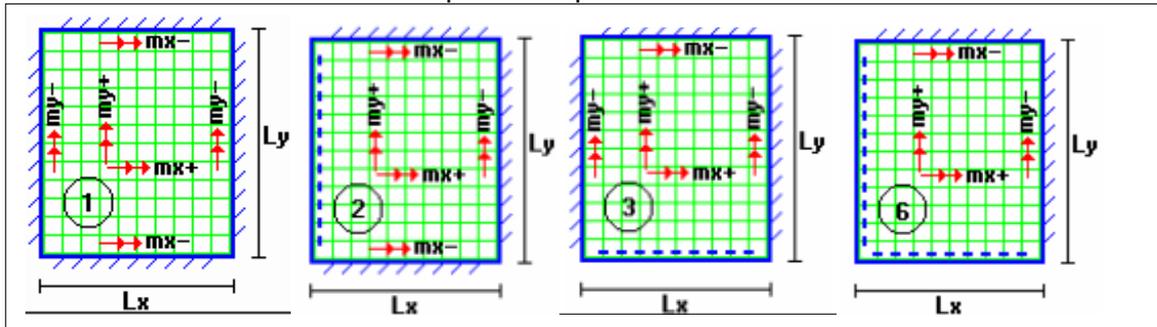
Las tablas se encuentran en los **Anexo.3**

#### **3.5.1.3. Losa de hormigón armado esquema para determinar los momentos por el método del Msc. Marcelo Romo**

El método desarrollado por el Msc. Marcelo Romo para evaluar los momentos en una losa de hormigón armado se apoya en una cuadrícula de nueve paneles organizados en filas y columnas. Cada uno de estos paneles se asigna con un número único según su posición, lo que facilita la identificación de las diferentes áreas de la estructura y simplifica el análisis de cada caso.

En esta propuesta, el panel central se identifica con el número 1, mientras que los paneles contiguos, denominados laterales, se asignan los números 2 y 3. Por su parte, los paneles ubicados en las esquinas reciben el número 6 y se conocen como paneles de esquina Como se indica en la Ilustración 13. Esta clasificación permite distinguir claramente los distintos tramos y calcular de forma precisa los momentos positivos y negativos que actúan sobre la losa, utilizando para ello una tabla modelo que toma en cuenta la continuidad entre los paneles.

**Ilustración 13.** Esquema de paños a usar los coeficientes



**Fuente:** Msc. Marcelo Romo, Temas de hormigón armado

### 3.5.2. Modelación

El modelado de la estructura de un edificio abarca la representación de elementos esenciales como losas, columnas y vigas, enfocándose en analizar su comportamiento principalmente bajo el peso propio y las condiciones habituales de uso, sin considerar influencias externas. Para lograr una evaluación precisa, se incorporan medidas exactas y se tienen en cuenta las propiedades específicas de cada material utilizado. Este enfoque resulta fundamental para determinar la resistencia y el rendimiento de cada componente, lo que a su vez contribuye a optimizar el diseño final.

Además, se aplican las normativas de construcción vigentes en Ecuador para asegurar que el proyecto cumpla con los estándares de seguridad y durabilidad requeridos. Esta metodología, basada en datos exactos y en el cumplimiento de regulaciones, garantiza un diseño estructural robusto y confiable, permitiendo que cada parte de la edificación se desempeñe de manera óptima a lo largo del tiempo.

#### 3.5.2.1. Especificaciones técnicas de la edificación

Se consideraron las siguientes especificaciones para la construcción del edificio Sánchez Aguilar:

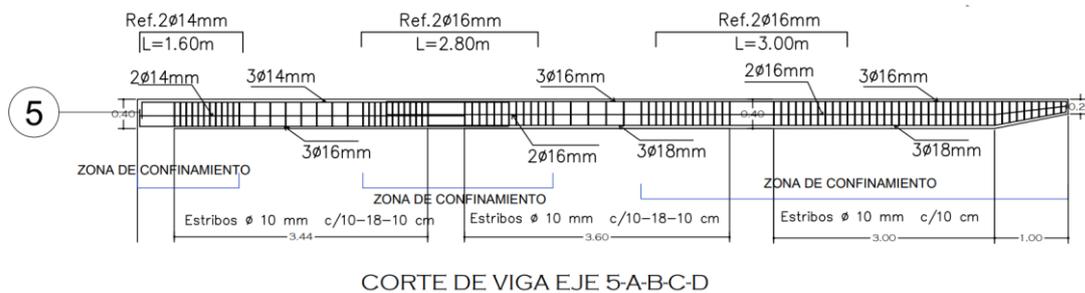
- Código Ecuatoriano de la Construcción, Reglamento ACI. 318-18, normas A.S.T.M.
- Resistencia de diseño del concreto:
  - Replanteo:  $f'c=180\text{kg/cm}^2$
  - Cimentación:  $f'c=210\text{ kg/ cm}^2$
  - Vigas y columnas sobre el suelo:  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$
- Resistencia del acero:  $f_y=4200\text{ kg/cm}^2$
- Recubrimiento mínimo del estribo en la estructura: 3 cm
- Recubrimiento del refuerzo:

- Concreto colado directamente sobre el suelo: 7 cm
- Concreto expuesto a la acción del suelo:
  - Losas y muros: 5 cm
  - Columnas y vigas: 4 cm
- Los estribos empiezan a no más de 5 cm de la cara de las columnas o vigas
- Traslapes en varillas de acero de al menos 40 veces el diámetro y con 80 cm de longitud mínima

En cuanto a la estructura de hormigón armado, compuesta por vigas, columnas y losas, se realizó una revisión preliminar en campo. A continuación, se detallan sus características:

**Vigas:** El edificio utilizado para el modelo estructural cuenta con 157 vigas, que incluyen vigas principales, secundarias y nervios en ambas direcciones. Estas forman parte del modelado del edificio con losa reticulada. En el caso del modelo con losa nervada, se consideran los mismos elementos, exceptuando los nervios. A continuación, se presentan los detalles específicos:

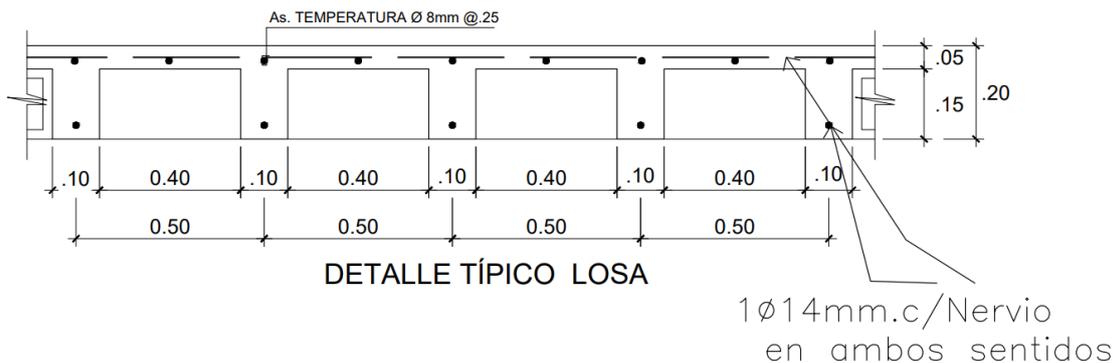
**Ilustración 14.** Dimensión de la viga 35 x 40 cm



**Fuente:** Planos estructurales del Edificio

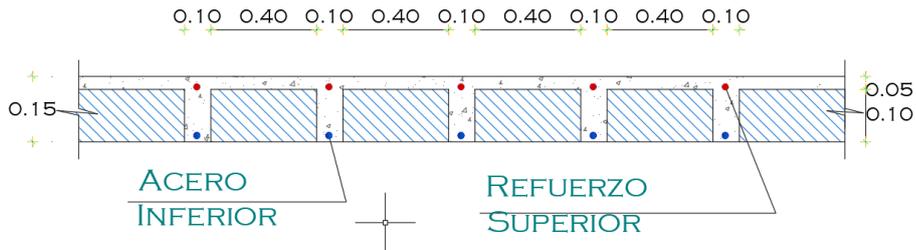
**Losa:** se muestra la esquematización de la losa para todas las plantas:

**Ilustración 15.** Detalle de la losa 20 cm



**Fuente:** Planos estructurales del Edificio.

**Ilustración 16. Detalle de la losa 15 cm**



**DETALLES DE LOSA**

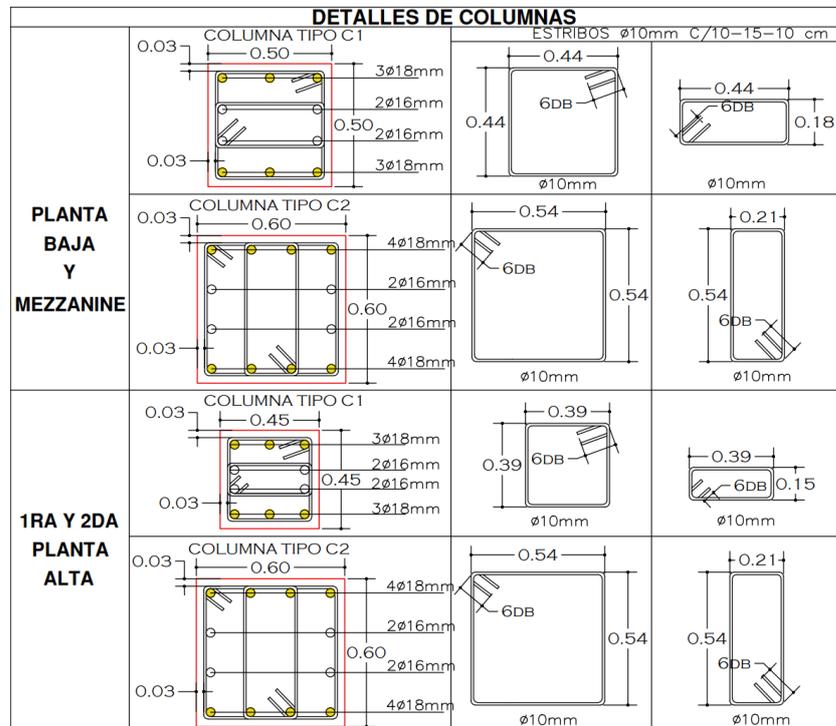
ESC.- 1:25

**Fuente:** Planos estructurales del Edificio.

**Columnas:** Las columnas para el Edificio Sánchez Aguilar en general son de sección cuadrada con dimensiones de 60x60 cm, 50x50 cm en la planta baja y el mezzanine, y la sección 60x60 y 45x45 cm en la primera y última planta.

- A continuación, se muestra la esquematización de las columnas para la planta de cimentación, la planta baja, la primera y segunda planta:

**Ilustración 17. Sección de elementos estructurales columnas**



**Fuente:** Planos estructurales del Edificio

**3.5.2.2. Cálculo del peso propio de la losa aligerada de concreto**

En los modelos siguientes, se aplicará una carga uniforme que represente el peso propio de los elementos de la losa, sin incluir el peso propio que calcula automáticamente el programa ETABS 2021.

**Tabla 13.** Peso por m<sup>2</sup> de una losa nervada de 20 cm con aligeramientos de 40x10x40

γhormigón	2.4	T/m3
hlosa	20	cm
elosea	5	cm
Peso de losa	240	Kg/m2

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

La losa de 20 cm de espesor, con aligeramientos de 40x10x40, tiene un peso propio de 240 kg/m<sup>2</sup>, que se aplicará como carga en el modelo creado en ETABS 2021.

### 3.5.3. Losas tipo deck

Las losas tipo Deck serán modeladas utilizando el programa ETABS 2021. En este software, se aplicarán las cargas necesarias para determinar las fuerzas y momentos que actúan sobre las vigas y viguetas. Con los resultados obtenidos del análisis, se procederá a diseñar cada elemento de acero mediante hojas de cálculo desarrolladas en Microsoft Excel. Estas hojas de cálculo fueron creadas específicamente para este estudio por su auto.

### 3.6. Técnicas de Procesamiento de Datos

Para el análisis de los datos recopilados, se empleará software especializado como ETABS, una herramienta que permite simular y evaluar las fuerzas y deformaciones que ocurren en las losas cuando están sometidas a diferentes tipos de cargas. Este programa es clave para gestionar grandes volúmenes de información de manera eficiente, generando gráficos y tablas claras que facilitan la interpretación de aspectos como la deflexión y el esfuerzo cortante. Estas visualizaciones son útiles para comprender cómo se comportan las losas estructuralmente y cómo responden ante diversas condiciones de carga.

Como parte del proceso, se llevará a cabo una etapa de calibración y validación de los modelos desarrollados. En esta fase, los resultados obtenidos de las simulaciones se compararán con estándares normativos y hallazgos de estudios previos. Este paso es fundamental para garantizar que los análisis reflejen situaciones realistas y cumplan con los requisitos técnicos establecidos. Además, ayuda a identificar posibles discrepancias entre los datos teóricos y prácticos, asegurando un diseño más preciso y confiable.

Por último, se realizará un análisis exhaustivo para evaluar la precisión y consistencia de los datos procesados.

## CAPITULO IV

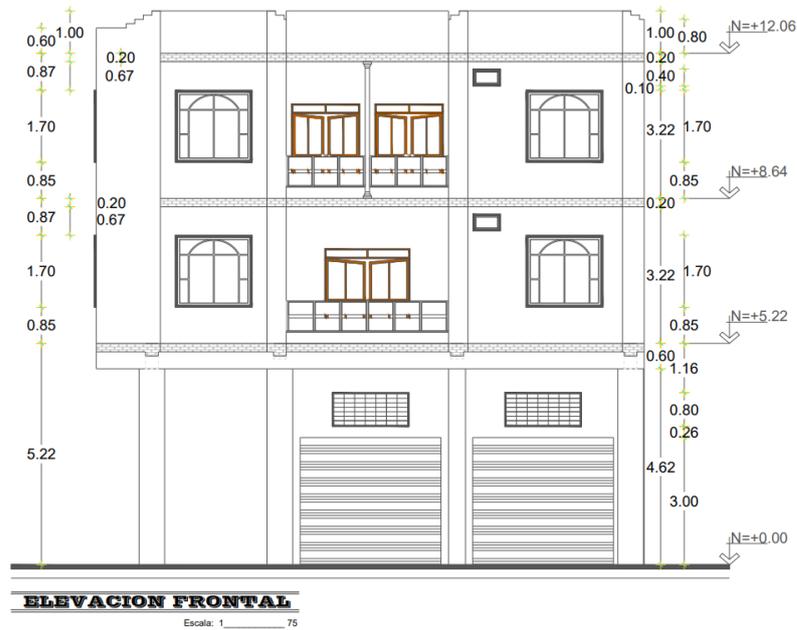
### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. ANALISIS DE RESULTADOS

##### 4.1.1. Análisis de losas nervadas en dos direcciones y losas deck

##### 4.1.1.1. Cálculo y diseño de una losa nervada por el método 3 de ACI

Ilustración 18. Elevación Frontal

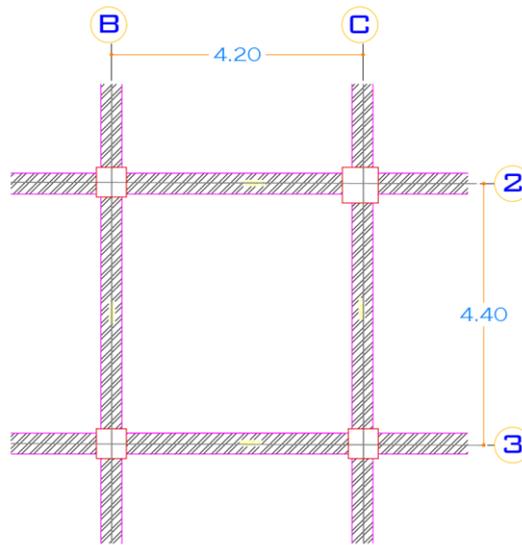


Fuente: Perez Castillo Edinson, (2025).

#### DATOS

- Altura de piso: 5.22 m
- Dimensiones de las Columnas: 60x60 cm y 50x50 cm
- Sobrecarga de servicio: 450 kg/m<sup>2</sup>
- Carga viva: 200 kg/m<sup>2</sup>
- $f'c$ : 240 kg/cm<sup>2</sup>
- $f_y$ : 4200 kg/cm<sup>2</sup>
- $r = 3$ cm

**Ilustración 19.** Paño a calcular.



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

#### 4.1.1.1.1. Cálculo del diseño geométrico de la losa nervada

##### a) Diseño preliminar para determinar la altura de la losa.

Según la norma del ACI 318-18 en un sistema de losas con vigas entre los apoyos a cada lado, para determinar el espesor mínimo,  $h_{min}$ , se obtiene mediante la tabla 14, encontrada en el ACI (TABLA 8.3.1.2)

**Tabla 14.** Espesor mínimo de las losas de dos direcciones con vigas entre los apoyos en todos los lados

$\alpha_{fm}$	ESPESOR MÍNIMO, h, mm	
$\alpha_{fm} \leq 0,2$	Se aplica 8.3.1.1 - ACI	
$0,2 < \alpha_{fm} \leq 2$	Mayor de:	$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$ (Ec. 11)
		125
$\alpha_{fm} > 2$	Mayor de:	$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$ (Ec. 12)
		90

**Fuente:** ACI 318-19. Cap-8 - TABLA 8.3.1.2.

Se analizo mediante el panel de la losa de la siguiente manera, planteando los cálculos presentados en la tabla anterior:

**Tabla 15.** Geometría de losa

MATERIALES			
f'c	210,00	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la compresión del hormigón
f <sub>y</sub>	4200,00	kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo
γ <sub>c</sub> (hormigón)	2,40	t/m <sup>3</sup>	Peso volumétrico del hormigón
γ <sub>s</sub> (acero)	7,85	t/m <sup>3</sup>	Peso volumétrico del acero
γ (alivianamiento)	0,85	t/m <sup>3</sup>	Peso volumétrico del alivianamiento
GEOMETRIA DEL PANEL DE LOSA			
L mayor promedio	4,40	m	Longitud mayor promedio del panel
L menor promedio	4,20	m	Longitud menor promedio del panel

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

Los resultados obtenidos de la altura mínima de diseño se presentan en la siguiente tabla, considerando primero una losa maciza, para obtener la altura de losa equivalente.

**Tabla 16.** Altura mínima de losa

CÁLCULO DE ALTURA			
L <sub>n</sub>	440	cm	Luz libre en la dirección más larga del panel
β	1,05	cm	Relación entre luz larga y luz corta del panel
α <sub>fm</sub>	1.04	s.u.	Relación promedio de rigidez de viga y losa
h(a)	11.97	cm	Altura mínima de losa (ecuación a)
h(b)	10,65	cm	Altura mínima de losa (ecuación b)
h <sub>min</sub>	11.97	cm	Altura mínima de diseño en losa maciza

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

Se indica de manera de fórmula los cálculos realizados para determinar el valor de las fórmulas presentadas en la Tabla 16. Calculando el espesor de la losa maciza y de esa manera obtener el valor de h<sub>eq</sub>. Para determinar la altura de losa nervada.

$$h(a) = \frac{(440) \cdot \left(0.8 + \frac{4200}{14000}\right)}{36 + 5 \cdot (1.05)(1.04 - 0.2)} = 11.97 \text{ cm}$$

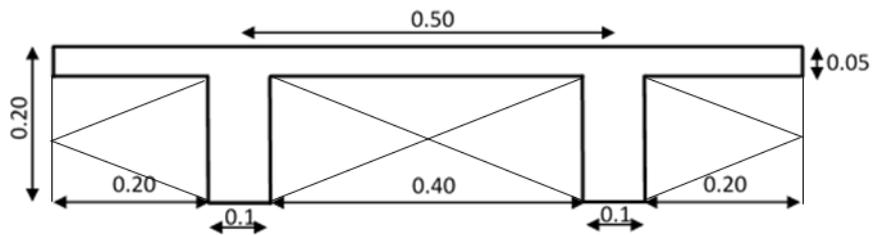
$$h(b) = \frac{(440) \cdot \left(0.8 + \frac{4200}{14000}\right)}{36 + 9 \cdot (1.05)} = 10.65 \text{ cm}$$

Con los resultados obtenidos, ya tendríamos la altura de diseño para la losa como h<sub>min</sub> = 11.97 cm, de una losa maciza, por lo cual para determinar la altura de la losa nervada será con la siguiente:

$$h_{eq} = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot I_{xx}}{b}} \quad (Ec. 13)$$

La altura equivalente ( $h_{eq}$ ), la inercia equivalente ( $I_{xx}$ ) y el ancho de losa ( $b$ ) son parámetros clave en el diseño de una losa nervada. A continuación, se muestra un esquema que ilustra la estructura típica de este tipo de losa, destacando las dimensiones comúnmente utilizadas y recomendadas. En el esquema de la figura 19 se pueden identificar los nervios, el bloque de aligeramiento y la loseta de compresión, cuyas medidas específicas se detallan en la Tabla 20.

**Ilustración 20.** Elevación y dimensión de losa nervada.



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

**Tabla 17.** Altura de losa nervada de Hormigón Armado

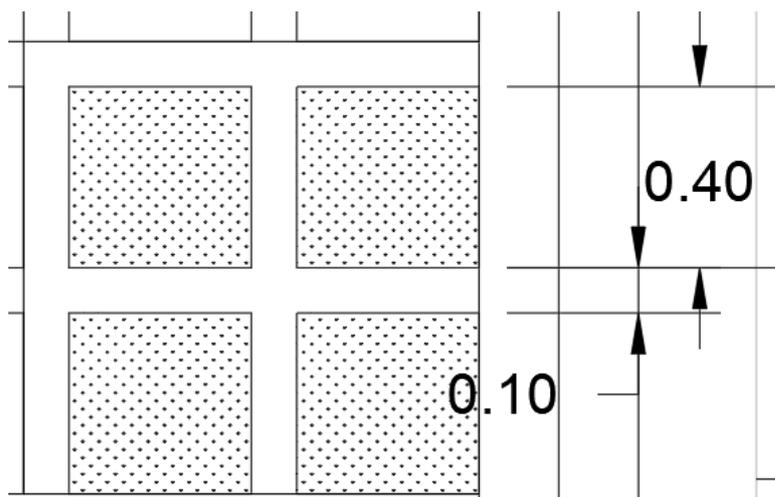
GEOMETRÍA DE LOSA NERVADA			
hp	5,00	cm	Altura de loseta a compresión
hn	15,00	cm	Altura de alivianamiento
h	20,00	cm	Altura total de losa nervada
s	40,00	cm	Ancho de alivianamiento
bn	10,00	cm	Ancho de nervio
b	50,00	cm	Ancho de losa a analizar
Ixx	12708,30	cm <sup>4</sup>	Inercia de la sección de losa analizada
heq	14,50	cm	Altura equivalente de losa

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

De esta forma, si la altura equivalente ( $h_{eq}$ ) supera el valor mínimo de 11.97 cm, se considerará que la altura de la losa nervada seleccionada es adecuada. En caso contrario, será necesario incrementar el espesor de la losa para cumplir con los requisitos establecidos.

Al finalizar la verificación del pre-diseño, utilizando los planos arquitectónicos de la losa, se determinó que la altura óptima sería de 20 cm, con una distribución de dimensiones de 40-10-40-10 cm

**Ilustración 21.** Esquema de planta en losa nervada.

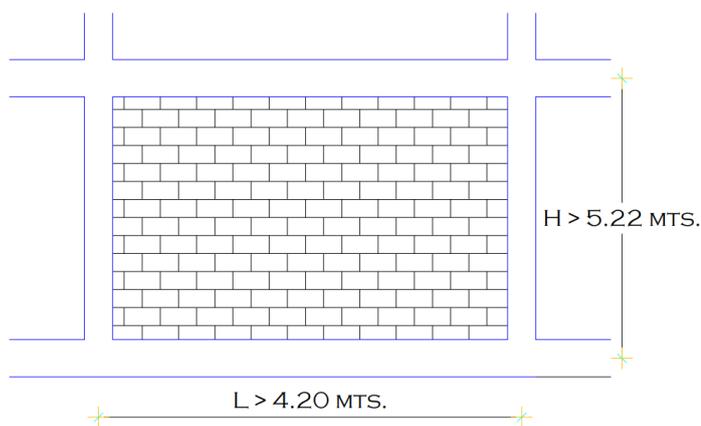


**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

### b) Cálculo de elementos no estructurales

En este documento, se considera que la pared es un elemento no estructural y se utilizará para calcular los valores de carga permanente.

**Ilustración 22.** Detalle de Elevación de la Pared



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

El uso de la pared se determinará el peso propio de la Mampostería.

### 1) Peso Propio Mampostería (PP):

El peso propio de la mampostería (PP) se establece considerando un rango empírico entre 150 y 200 kg/cm<sup>2</sup>, tomando como referencia la experiencia de profesionales en el ámbito ecuatoriano. No obstante, para definir este valor con mayor precisión, es necesario realizar un predimensionamiento que incluya factores clave del proyecto

arquitectónico, como el peso específico del material empleado y la superficie total de las paredes, tanto interiores como exteriores. En este estudio, se aplicó un procedimiento matemático específico para calcular dicho valor:

$$A_{\text{mampostería Piso1}} = (\text{Longitud de pared} \times \text{Altura de la pared})$$

$$\text{Longitud de pared} = 75,75 \text{ m}$$

$$\text{Altura de pared} = 5,22 \text{ m}$$

$$A_{\text{mampostería Piso1}} = 395,415 \text{ m}$$

Luego, se debe calcular la cantidad de bloques necesarios para la superficie de mampostería determinada, considerando que en 1 m<sup>2</sup> de pared se utilizan 12 bloques.

$$\text{N}^\circ \text{ bloques} = A_{\text{mampostería}} \times 12$$

$$\text{N}^\circ \text{ bloques} = 395,42 \times 12 = 4744,98 \text{ bloques}$$

Una vez determinado el número de bloques, se calcula el peso total (w mampostería) utilizando un peso referencial de 12 kg por unidad, basado en el promedio de diferentes fabricantes.

$$W_{\text{mampostería}} = \text{N}^\circ \text{ bloques} \times 12$$

$$W_{\text{mampostería}} = 4744,98 \times 12 = 56939,76 \text{ kg}$$

Finalmente, se obtiene el área en planta del nivel en estudio a partir del proyecto arquitectónico, y se determina el peso propio de la mampostería mediante la siguiente fórmula.

$$\text{P. P. mampostería} = \frac{W_{\text{mampostería}}}{\text{Área en planta}}$$

$$\text{P. P. mampostería} = \frac{56939,76 \text{ kg}}{302,95 \text{ m}^2} = 187,95 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right]$$

## 2) P.P. Enlucido y masillado:

Al igual que con otros componentes, el peso propio de los enlucidos y masillados se calcula en función del espesor que se aplicará y del peso específico del hormigón simple utilizado. Para este trabajo, se ha considerado un peso específico de  $\gamma_{\text{HS}} = 2100 \text{ kg/m}^3$  y un espesor de 2 cm para el enlucido y masillado.

$$\text{P. P. Enlucido y masillado} = 1 \times 1 \times \text{espesor total} \times \gamma_{\text{HS}}$$

$$\text{P. P. Enlucido y masillado} = 1 \times 1 \times 0,04 \times 2100$$

$$\text{P. P. Enlucido y masillado} = 84 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right]$$

### 3) P.P. Recubrimiento:

Para este parámetro, se ha elegido utilizar la siguiente fórmula para calcular el peso propio del recubrimiento y los acabados en general, empleando el peso específico del hormigón simple.

$$P.P. \text{ Recubrimiento} = 1 \times 1 \times \text{espesor total} \times \gamma_{HS}$$

$$P.P. \text{ Recubrimiento} = 1 \times 1 \times 0.02 \times 2100$$

$$P.P. \text{ Enlucido y masillado} = 42 \text{ [kg/m}^2\text{]}$$

### 4) P.P. Instalaciones:

Debido a la complejidad del cálculo del peso propio de las instalaciones, se ha decidido utilizar un valor empírico de 5 kg/m<sup>2</sup>.

### 5) P.P. Alivianamiento:

El peso propio del alivianamiento se calcula utilizando la fórmula correspondiente y el peso específico indicado en la Tabla 3.

$$P.P. \text{ Alivianamiento} = 4 \times (\text{ancho del alivianamiento})^2 \times \text{altura} \times \gamma_{\text{aliv}}$$

$$P.P. \text{ Alivianamiento} = 4 \times (0.40)^2 \times 0.15 \times 0.85 \text{ t/m}^3$$

$$P.P. \text{ Alivianamiento} = 81.6 \text{ [kg/m}^2\text{]}$$

Obteniendo estos resultados, se procede en una tabla a colocar el resumen del análisis de las cargas vivas y muertas, consideradas para cada nivel.

**Tabla 18.** Análisis de cargas gravitacionales Piso 1. Hormigón armado

<b>PISO 1 (N+5.22) – HORMIGÓN ARMADO</b>		
<b>CARGA MUERTA</b>		
Peso Propio - Mampostería	187,95	[kg/m <sup>2</sup> ]
Peso Propio - Enlucido y masillado	84,00	[kg/m <sup>2</sup> ]
Peso Propio - Recubrimiento	42,00	[kg/m <sup>2</sup> ]
Peso Propio - Instalaciones	42,00	[kg/m <sup>2</sup> ]
Peso Propio -Alivianamiento	81,60	[kg/m <sup>2</sup> ]
Σ PP - Calculado	437,55	[kg/m <sup>2</sup> ]
<b>Σ PP - Asumido</b>	<b>450,00</b>	<b>[kg/m<sup>2</sup>]</b>
<b>CARGA VIVA</b>		
w (V) vivienda	200,00	[kg/m <sup>2</sup> ]
w (V) escaleras y rutas de escape	480,00	[kg/m <sup>2</sup> ]

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

**Tabla 19.** Análisis de cargas gravitacionales Piso 2. Hormigón armado

<b>PISO 2 N+8.64 – HORMIGÓN ARMADO</b>		
<b>CARGA MUERTA</b>		
Peso Propio - Mampostería	123,14	[kg/m <sup>2</sup> ]
Peso Propio - Enlucido y masillado	84,00	[kg/m <sup>2</sup> ]
Peso Propio - Recubrimiento	42,00	[kg/m <sup>2</sup> ]
Peso Propio - Instalaciones	5,00	[kg/m <sup>2</sup> ]
Peso Propio -Alivianamiento	81,60	[kg/m <sup>2</sup> ]
Σ PP - Calculado	335,74	[kg/m <sup>2</sup> ]
<b>Σ PP - Asumido</b>	<b>350,00</b>	<b>[kg/m<sup>2</sup>]</b>
<b>CARGA VIVA</b>		
w (V) vivienda	200,00	[kg/m <sup>2</sup> ]
w (V) escaleras y rutas de escape	480,00	[kg/m <sup>2</sup> ]

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

**Tabla 20.** Análisis de cargas gravitacionales Piso 3 - Terraza. Hormigón armado

<b>PISO 3 - TERRAZA - N+12.06 – HORMIGÓN ARMADO</b>		
<b>CARGA MUERTA</b>		
Peso Propio - Mampostería	123.14	[kg/m <sup>2</sup> ]
Peso Propio - Enlucido y masillado	84,00	[kg/m <sup>2</sup> ]
Peso Propio - Recubrimiento	42,00	[kg/m <sup>2</sup> ]
Peso Propio - Instalaciones	5,00	[kg/m <sup>2</sup> ]
Peso Propio -Alivianamiento	81,60	[kg/m <sup>2</sup> ]
Σ PP - Calculado	335.74	[kg/m <sup>2</sup> ]
<b>Σ PP - Asumido</b>	<b>350.00</b>	<b>[kg/m<sup>2</sup>]</b>
<b>CARGA VIVA</b>		
w (V) vivienda	200,00	[kg/m <sup>2</sup> ]
w (V) escaleras y rutas de escape	480,00	[kg/m <sup>2</sup> ]

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

**Tabla 21.** Análisis de cargas gravitacionales Mezzanine (P4). Hormigón armado

<b>MEZZANIME - PISO 4 N+15.48 – HORMIGÓN ARMADO</b>		
<b>CARGA MUERTA</b>		
Peso Propio - Mampostería	80.56	[kg/m <sup>2</sup> ]
Peso Propio - Enlucido y masillado	84,00	[kg/m <sup>2</sup> ]
Peso Propio - Recubrimiento	42,00	[kg/m <sup>2</sup> ]
Peso Propio - Instalaciones	5,00	[kg/m <sup>2</sup> ]
Peso Propio -Alivianamiento	81,60	[kg/m <sup>2</sup> ]
Σ PP - Calculado	293.16	[kg/m <sup>2</sup> ]
<b>Σ PP - Asumido</b>	<b>300,00</b>	<b>[kg/m<sup>2</sup>]</b>
<b>CARGA VIVA</b>		
w (V) vivienda	200,00	[kg/m <sup>2</sup> ]
w (V) escaleras y rutas de escape	480,00	[kg/m <sup>2</sup> ]
w (V) cubierta inaccesible	100,00	[kg/m <sup>2</sup> ]

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

Se calcula la Combinación de Carga según norma del ACI 318-19

**Tabla 22.** Carga de diseño y servicio

COMBINACION DE CARGAS:	
DISEÑO	$U = 1.2CM+1.6CV$
SERVICIO	$U = CM+CV$

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

El cálculo de la carga de Diseño es la siguiente:

Se realiza el cálculo para el Primer Piso:

$$U = 1.2CM+1.6CV$$

$$U = 1.2 \cdot (450 \text{ kg/m}^2) + 1.6 \cdot (200 \text{ kg/m}^2)$$

$$U = 860 \text{ [kg/m}^2\text{]}$$

#### 4.1.1.1.2. Esfuerzos de cortante de la losa

La fuerza cortante que actúa sobre la zona crítica en un metro de ancho es igual a:

Datos:

$$q = 860 \text{ kg/m}^2$$

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$rec = 3 \text{ cm}$$

$$d = (20 \text{ cm} - 3 \text{ cm}) = 17 \text{ cm}$$

$$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\Phi = 0.85$$

$$\phi Vc \geq Vu \quad (\text{Ec. 14})$$

El esfuerzo cortante que va a soportar el hormigón es:

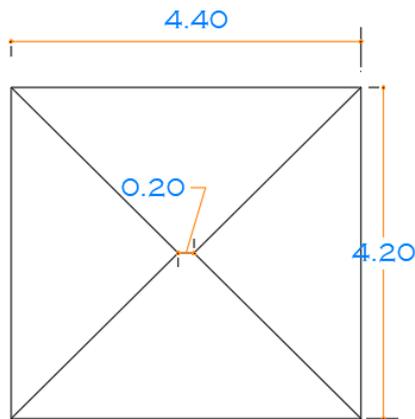
$$Vc = 0.53 \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d \quad (\text{Ec. 15})$$

$$Vc = 0.53 \sqrt{210 \text{ kg/cm}^2} \cdot 20 \text{ cm} \cdot 17 \text{ cm}$$

$$Vc = 2611.35 \text{ kg}$$

$$Vu = \frac{AM \cdot U}{L} \quad (\text{Ec. 16})$$

**Ilustración 23.** Tablero de Análisis.



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

$$A_{TRA} = \frac{4.40 + 0.20}{2} \cdot 2.10 = 4.83 \text{ cm}$$

$$A_{TRI} = \frac{4.20 \times 2.10}{2} = 4.41 \text{ cm}$$

$$V_u = \frac{4.83 \times 860}{4.40} = 944.045$$

$$V_u = \frac{4.41 \times 860}{4.20} = 903$$

$$0.85 \cdot 2611.35 \geq 944.045$$

La condición se cumplió, por lo tanto, no se necesita rediseñar:

$$2219.6475 \geq 944.045 \quad OK$$

Donde:

$V_u$ : Fuerza cortante

$\Phi$ : factor de reducción de resistencia a torsión o cortante

#### 4.1.1.1.3. Formulas del Método 3 de las normas ACI

##### a) Mayoración del Momento Estático en la Losa

De acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\Delta_3 = \frac{M_b \cdot L^2}{16 \cdot E_s \cdot I_e} \quad (Ec. 17)$$

Que propone el Método 3 del ACI, se procede como primer paso el cálculo de la relación entre el lado más corto y largo del panel a calcular.

$$m = \frac{L_{\text{corto}} \rightarrow (L_a)}{L_{\text{largo}} \rightarrow (L_b)} \quad (\text{Ec. 18})$$

$$m = \frac{420}{440} = 0.95$$

Considerando que el panel usado para calcular presenta vigas en todos los lados de manera continua, se hará uso del Caso # 2, dando por resultado que la relación lado corto y lado largo es de 0.95, se usa la tabla de coeficientes. (ver ANEXO 3)

Haciendo uso de las Ecuaciones presentes:

### Momentos Negativos

$$M_{a,neg} = C_{a,neg} \cdot W \cdot La^2 \quad y \quad M_{b,neg} = C_{b,neg} \cdot W \cdot Lb^2 \quad (\text{Ec. 19})$$

Siendo de manera que W, la carga mayorada entre carga viva y muerta, los coeficientes de momentos negativos en la losa  $C_{a,neg}$  y  $C_{b,neg}$ , La, Lb, son las longitudes corta y larga respectivamente.

### Momentos Positivos

$$M_{a,pos} = C_{a,dl} \cdot W_d \cdot La^2 + C_{a,ll} \cdot W_l \cdot La^2 \quad y$$

$$M_{b,pos} = C_{b,dl} \cdot W_d \cdot Lb^2 + C_{b,ll} \cdot W_l \cdot Lb^2 \quad (\text{Ec. 20})$$

Se conoce de las ecuaciones presentadas a la carga muerta mayorada ( $W_d$ ), la carga viva mayorada ( $W_l$ ), y los respectivos coeficientes para momento positivo de carga viva y muerta ( $C_{a,dl}$ ,  $C_{b,dl}$ ,  $C_{a,ll}$ ,  $C_{b,ll}$ ).

Los valores a usar serán los siguientes:

**Tabla 23.** Coeficiente para momento negativo, Caso 2

COEFICIENTES PARA MOMENTO NEGATIVO EN LA LOSA		
Relación		Caso 2
$m = \frac{L_{\text{corto}} \rightarrow (L_a)}{L_{\text{largo}} \rightarrow (L_b)}$		
0.95	$C_{a,neg}$	0.050
	$C_{b,neg}$	0.041

**Fuente:** NSR- 98 - Perez Castillo Edinson, (2025).

**Tabla 24.** Coeficiente para momento positivo de carga muerta en losa, Caso 2

COEFICIENTES PARA MOMENTO POSITIVO DE CARGA MUERTA		
Relación		Caso 2
$m = \frac{L_{corto} \rightarrow (L_a)}{L_{largo} \rightarrow (L_b)}$		
0.95	$C_{a,pos DL}$	0.020
	$C_{b,pos DL}$	0.016

**Fuente:** NSR- 98 - Perez Castillo Edinson, (2025).

**Tabla 25.** Coeficiente para momento positivo de carga viva en losa, Caso 2

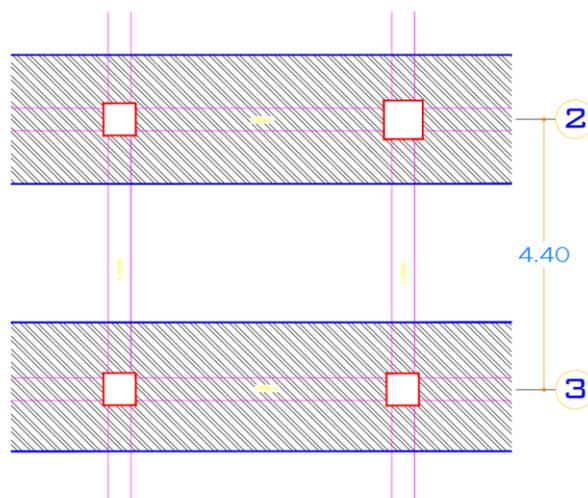
COEFICIENTES PARA MOMENTO POSITIVO DE CARGA VIVA		
Relación		Caso 2
$m = \frac{L_{corto} \rightarrow (L_a)}{L_{largo} \rightarrow (L_b)}$		
0.95	$C_{a,pos LL}$	0.030
	$C_{b,pos LL}$	0.025

**Fuente:** NSR- 98 - Perez Castillo Edinson, (2025).

Se procede a realizar los cálculos para obtener los momentos respectivos del panel en la mayor longitud.

**LADO LARGO DEL PANEL**

**Ilustración 24.** Franjas Lado largo



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

## b. MOMENTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS EN LA LONGITUD LARGA

Tabla 26. Momentos en la longitud más larga.

MOMENTOS DE LONGITUD LARGA		
MOMENTO NEGATIVO	MOMENTO POSITIVO	
$M_{b,neg} = C_{b,neg} \cdot W \cdot Lb^2$	CARGA MUERTA	CARGA VIVA
		$C_{b,dl} \cdot W_d \cdot Lb^2$
	167.27	123.904
$M_{b,neg} =$	$M_{b,pos} =$	
<b>682.63 kg - m</b>	<b>291.17 kg - m</b>	

Fuente: Perez Castillo Edinson, (2025).

## c. Acero Negativo

Se procede a calcular el factor de longitud efectiva para miembros en compresión (k)

$$k = \frac{Mu}{\phi \cdot f'c \cdot bw \cdot d^2} \quad (Ec. 21)$$

$$k = \frac{682.63 \times 100}{0.9 \cdot (210) \cdot 20 \cdot (17)^2} = \frac{68263}{1092420} = 0.062$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 \cdot k}}{1.18} \quad (Ec. 22)$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 \cdot (0.062)}}{1.18} = \frac{0.076}{1.18} = 0.064$$

Se calcula la cuantía de refuerzo donde el  $A_s$  es evaluada sobre el área  $bd$

$$\rho = q \times \frac{f'c}{fy} \quad (Ec. 23)$$

$$\rho = 0.064 \times \frac{210}{4200} = 0.0032$$

Y para terminar el acero de refuerzo longitudinal se obtiene de la siguiente formula:

$$A_s = \rho \cdot bw \cdot d \quad (Ec. 24)$$

$$A_s = 0.0032 \times 20 \text{ cm} \times 17 \text{ cm}$$

$$A_s = 1.088 \text{ cm} \rightarrow 2\phi 10 \text{ mm} = 1.57 \text{ cm}$$

### a. Acero Positivo

Se procede a calcular el factor de longitud efectiva para miembros en compresión (k)

$$k = \frac{Mu}{\phi \cdot f'c \cdot bw \cdot d^2} \quad (Ec. 25)$$

$$k = \frac{291.17 \times 100}{0.9 \cdot (210) \cdot 20 \cdot (17)^2} = \frac{29117}{1092420} = 0.027$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 \cdot k}}{1.18} \quad (Ec. 16)$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 \cdot (0.027)}}{1.18} = \frac{0.032}{1.18} = 0.0274$$

Se calcula la cuantía de refuerzo donde el  $A_s$  es evaluada sobre el área  $bd$

$$\rho = q \times \frac{f'c}{fy} \quad (Ec. 27)$$

$$\rho = 0.0274 \times \frac{210}{4200} = 0.0014$$

Y para terminar el acero de refuerzo longitudinal se obtiene de la siguiente formula:

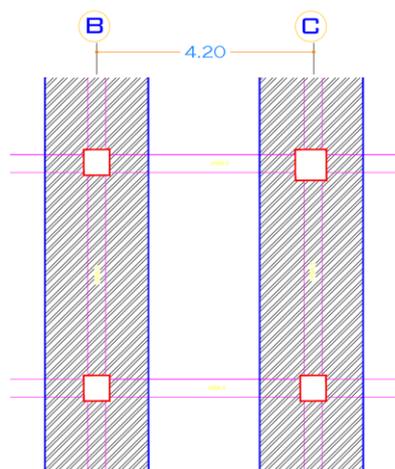
$$A_s = \rho \cdot bw \cdot d \quad (Ec. 28)$$

$$A_s = 0.0014 \times 20 \text{ cm} \times 17 \text{ cm}$$

$$A_s = 0.476 \text{ cm} \rightarrow 2\phi 8 \text{ mm} = 1 \text{ cm}$$

### LADO CORTO DEL PANEL

Ilustración 25. Franjas Lado corto



Fuente: Perez Castillo Edinson, (2025).

**d. MOMENTOS POSTIVOS Y NEGATIVOS EN LA LONGITUD CORTO**

**Tabla 27.** Momentos en la longitud más corto.

MOMENTOS DE LONGITUD CORTO		
MOMENTO NEGATIVO	MOMENTO POSITIVO	
	CARGA MUERTA	CARGA VIVA
$M_{a,neg} = C_{a,neg} \cdot W \cdot La^2$	$C_{a,dl} \cdot W_d \cdot La^2$	$C_{a,ll} \cdot W_{ll} \cdot La^2$
	190.512	169.344
$M_{a,neg} =$	$M_{b,pos} =$	
<b>758.52 kg - m</b>	<b>359.856 kg - m</b>	

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

**e. Acero Negativo**

Se procede a calcular el factor de longitud efectiva para miembros en compresión (k)

$$k = \frac{Mu}{\phi \cdot f'c \cdot bw \cdot d^2} \quad (Ec. 29)$$

$$k = \frac{758.62 \times 100}{0.9 \cdot (210) \cdot 20 \cdot (17)^2} = \frac{75852}{1092420} = 0.0694$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 \cdot k}}{1.18} \quad (Ec. 30)$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 \cdot (0.0694)}}{1.18} = \frac{0.086}{1.18} = 0.072$$

Se calcula la cuantía de refuerzo donde el  $A_s$  es evaluada sobre el área  $bd$

$$\rho = q \times \frac{f'c}{f_y} \quad (Ec. 31)$$

$$\rho = 0.072 \times \frac{210}{4200} = 0.0036$$

Y para terminar el acero de refuerzo longitudinal se obtiene de la siguiente formula:

$$A_s = \rho \cdot bw \cdot d \quad (Ec. 32)$$

$$A_s = 0.0036 \times 20 \text{ cm} \times 17 \text{ cm}$$

$$A_s = 1.224 \text{ cm} \rightarrow 2\phi 10 \text{ mm} = 1.57 \text{ cm}$$

**b. Acero Positivo**

Se procede a calcular el factor de longitud efectiva para miembros en compresión (k)

$$k = \frac{Mu}{\phi \cdot f'c \cdot bw \cdot d^2} \quad (Ec. 33)$$

$$k = \frac{359.856 \times 100}{0.9 \cdot (210) \cdot 20 \cdot (17)^2} = \frac{35985.6}{1092420} = 0.033$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 \cdot k}}{1.18} \quad (Ec. 34)$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 \cdot (0.062)}}{1.18} = \frac{0.0397}{1.18} = 0.0336$$

Se calcula la cuantía de refuerzo donde el  $A_s$  es evaluada sobre el área  $bd$

$$\rho = q \times \frac{f'c}{f_y} \quad (Ec. 35)$$

$$\rho = 0.0336 \times \frac{210}{4200} = 0.00168$$

Y para terminar el acero de refuerzo longitudinal se obtiene de la siguiente formula:

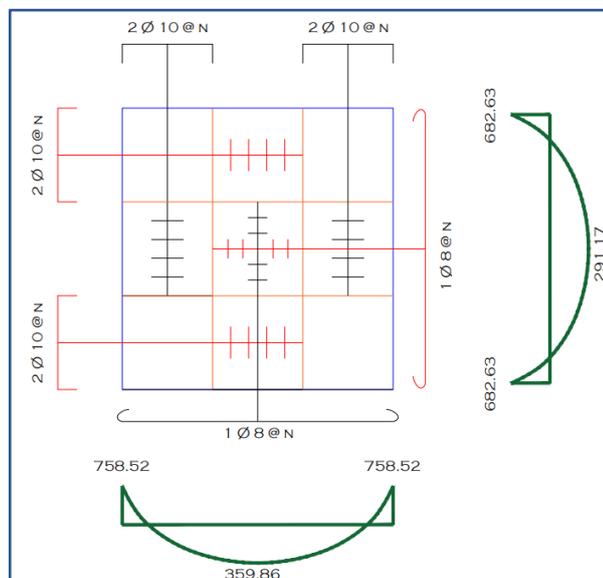
$$A_s = \rho \cdot bw \cdot d \quad (Ec. 36)$$

$$A_s = 0.00168 \times 20 \text{ cm} \times 17 \text{ cm}$$

$$A_s = 0.571 \text{ cm} \rightarrow 2\phi 8 \text{ mm} = 1 \text{ cm}$$

En la siguiente grafica podemos observar el armado de acero de la losa

**Ilustración 26.** Análisis de Armado en el panel



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

#### 4.1.1.1.4. Deflexiones máximas losa de hormigón armado

Al revisar la tabla, se calculan las deflexiones adecuadas teniendo en cuenta que, para las losas de hormigón armado, se considera una deflexión máxima de  $L/240$  como criterio durante el proceso de predimensionamiento

$$\text{Deflexión máxima} \leq \frac{L}{240} \quad (\text{Ec. 37})$$

Las cargas de diseño a usar serán las siguientes:

**Tabla 28.** Carga Ultima y Servicio

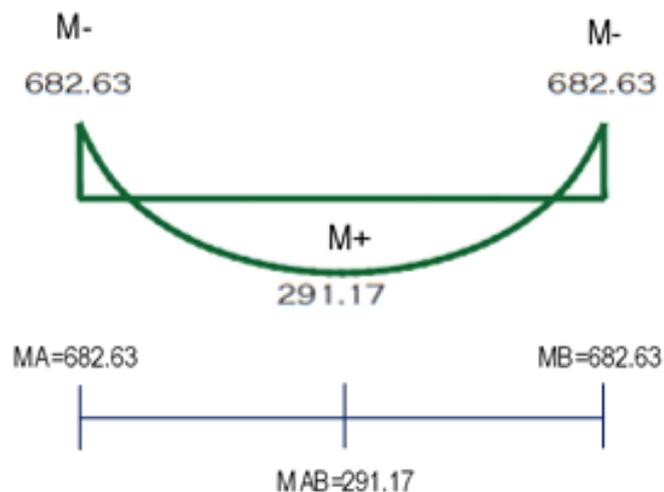
COMBINACIONES DE CARGA	
$U = CM + CV$ (Ec. 15)	CARGA DE SERVICIO
$U = 1.2CM + 1.6CV$ (Ec. 16)	CARGA ULTIMA

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

#### 4.1.1.1.5. Cálculo de Deflexiones en el Tramo más largo

Para llevar a cabo el cálculo, es importante comprender cómo se distribuyen los momentos en la estructura. Estos momentos tienden a concentrarse en el lado más largo del panel, donde su efecto es más pronunciado. Al mismo tiempo, se observa que los momentos son menores en el lado más corto, lo que se debe a la mayor flexibilidad de este lado y su capacidad para redistribuir las cargas aplicadas de manera eficiente.

**Ilustración 27.** Momentos en el tramo largo



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

#### DATOS

Ma = 682.63 kg-m

Lb = 4.40 m  
 As = 1.57 cm<sup>2</sup>  
 h = 20 cm  
 bw = 20 cm

Se calcula el módulo de elasticidad mediante la siguiente formula:

$$E_c = W^{1.5} \times 0.14 \sqrt{f'c} \quad (Ec. 38)$$

$$E_c = 2400^{1.5} \times 0.14 \sqrt{210} = 238536.34 \text{ kg/cm}^2$$

Se calcula la ruptura del concreto:

$$f_r = 2\lambda\sqrt{f'c} \quad (Ec. 39)$$

Dicho factor de lambda se encuentra en la siguiente tabla.

**Ilustración 28.** Factor de modificación  $\lambda$

CONCRETO	COMPOSICIÓN DE LOS AGREGADOS	$\lambda$
Todos livianos	Fino: ASTM C330 Grueso: ASTM C330	0.75
Liviano, mezcla fina	Fino: Combinación de ASTM C330 y C33 Grueso: ASTM C330	0.75 a 0.85
Arena, liviana	Fino: ASTM C33 Grueso: ASTM C330	0.85
Arena, Liviana, Mezcla gruesa	Fino: ASTM C33 Grueso: Combinación de ASTM C330 y C33	0.85 a 1.00
Peso Normal	Fino: ASTM C33 Grueso: ASTM C33	1.00

**Fuente:** Tabla 19.2.4.2 Factor de modificación  $\lambda$  ACI318S-18

$$\lambda = 1.0 \text{ (peso normal)}$$

$$f_r = 2(1) \cdot \sqrt{210} = 28.98$$

Con dicho valor se procede a calcular el momento de inercia que pasa por el centroide sin considerar el refuerzo de agrietamiento ( $I_g$ ).

$$I_g = \frac{b \times h^3}{12} \quad (Ec. 40)$$

$$I_g = \frac{440 \text{ cm} \times (20 \text{ cm})^3}{12} = 293333.33 \text{ cm}^4$$

Cálculo de número de unidades

$$\eta = \frac{E_s}{E_c} \quad (\text{Ec. 41})$$

$$\eta = \frac{2.1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2}{255006.07 \text{ kg/cm}^2} = 8.24$$

Se calcula Pr

$$P_r = \frac{A_s}{b_w \times d} \quad (\text{Ec. 42})$$

$$P_r = \frac{1.57 \text{ cm}^2}{20 \times 17 \text{ cm}} = 0.0046$$

Cálculo de distancia medida desde la fibra extrema en compresión al eje neutro, "c"

$$c = (\sqrt{2 \times \eta P_r + (\eta P_r)^2} - \eta P_r) d \quad (\text{Ec 43})$$

$$c = \left( \sqrt{2 \times (8.24)(0.0046) + (8.24 \cdot 0.0046)^2} - (0.0046 \cdot 8.24) \right) \cdot 17 = 4.08$$

Cálculo de distancia del centro de gravedad a la fibra más lejana de la sección  $\gamma_t$

$$\gamma_t = h - c \quad (\text{Ec. 44})$$

$$\gamma_t = 20 \text{ cm} - 4.08 \text{ cm} = 15.92 \text{ cm}$$

Cálculo de momento de fisuración,  $M_{cr}$

$$M_{cr} = \frac{f_r \cdot I_g}{\gamma_t} \quad (\text{Ec. 45})$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \cdot I_g}{\gamma_t} = \frac{28.98 \cdot 293333.33}{15.92} = 533969.84$$

Cálculo de momento de inercia de la sección fisurada transformada a concreto,  $I_{cr}$

$$I_{cr} = \frac{b_w \times c^3}{3} + \eta \times A_s (d - c)^2 \quad (\text{Ec. 46})$$

$$I_{cr} = \frac{20 \times 4.08^3}{3} + 8.24 \times 1.57 (17 - 4.08)^2 = 2270.47 \text{ cm}^4$$

Cálculo de momento de inercia efectivo para el cálculo de las deflexiones,  $I_e$

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 \cdot I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_{uy(-)}}\right)^3\right] \cdot I_{cr} \quad (Ec. 43)$$

$$I_e = \left(\frac{533969.84}{682.63 \cdot 100}\right)^3 \cdot (293333.33) + \left[1 - \left(\frac{533969.84}{682.63 \cdot 100}\right)^3\right] \cdot (2270.47) = 139311812$$

Cálculo de deflexiones instantáneas producidas por las cargas de servicio  $\Delta_1$  y carga ultima. El cálculo de deflexiones se realiza con las siguientes Ecuaciones.

$$\Delta = \frac{5 \cdot W \cdot L^4}{384 \cdot E_s \cdot I_e} \quad (Ec. 47)$$

$$W_{servicio} = D + L$$

$$W_u = 1.2D + 1.6L$$

$$W_{servicio} = 450 + 200 = 650 \text{ kg/m}^2$$

$$W_u = 1.2(450) + 1.6(200) = 860 \text{ kg/m}^2$$

$$\Delta_1 = \frac{5 \times (650) \times (440)^4}{384 \times (2.1 \cdot 10^6) \times 139311812} = 0.0011 \text{ cm}$$

$$\Delta_{1-diseño} = \frac{5 \times (860) \times (440)^4}{384 \times (2.1 \cdot 10^6) \times 139311812} = 0.00143 \text{ cm}$$

Deflexiones instantáneas por el Momento Negativo ( $M_a$ )

$$\Delta_2 = \frac{M_a \cdot L^2}{16 \cdot E_s \cdot I_e} \quad (Ec. 48)$$

$$\Delta_2 = \frac{682.63 \cdot (440)^2}{16 \times (2.1 \cdot 10^6) \times 139311812} = 0.00546$$

Deflexiones instantáneas por el Momento Negativo ( $M_{ux}$ )

$$\Delta_3 = \frac{M_b \cdot L^2}{16 \cdot E_s \cdot I_e}$$

$$\Delta_3 = \frac{291.17 \cdot (440)^2}{16 \times (2.1 \cdot 10^6) \times 139311812} = 0.00233$$

Deflexiones instantáneas totales

$$\Delta_{\text{TOTAL}} = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 = 0.0011 + 0.00546 + 0.00233 = 0.00889$$

Deflexiones a largo plazo

$$\lambda_{\Delta} = \frac{\xi}{1 + 50p'} \quad (\text{Ec. 49})$$

para 5 años:  $\xi = 2.0$

$$\lambda_{\Delta} = \frac{2}{1 + 50(0.0033)}$$

$$\lambda_{\Delta} = 1.72$$

$$\Delta_{\text{LP}} = \lambda_{\Delta} \times \Delta_i = 1.72 \times 0.00889 = 0.0152 \text{ cm}$$

Deflexión total calculada

$$\Delta_{\text{total}} = \Delta_i + \Delta_{\text{LP}}$$

$$\Delta_{\text{total}} = 0.00889 + 0.0152 = 0.024 \text{ cm}$$

### Deflexión máxima propuesta en el Código ACI 318S-18

De la tabla se presenta una fórmula que calcula el desplazamiento máximo permitido en techos o pisos vinculados a componentes no estructurales, como tabiques o instalaciones. Estos elementos pueden dañarse si las deformaciones son excesivas, por lo que la ecuación establece un límite seguro.

$$\Delta_{\text{adm}} = \frac{Ln}{480} \quad (\text{Ec. 50})$$

$$\Delta_{\text{adm}} = \frac{440}{240} = 1.83 \text{ cm}$$

$$\Delta_{\text{adm}} \geq \Delta_{\text{total}} \quad (\text{Ec. 51})$$

$$1.83 \text{ cm} \geq 0.024 \text{ cm} \quad \mathbf{OK}$$

Su objetivo es prevenir grietas o deterioros, garantizando que la estructura principal no transfiera movimientos perjudiciales a las partes más frágiles de la construcción

La deflexión obtenida no es mayor a la deflexión máxima admisible, propuesta en la norma ACI318S-18.

#### 4.1.1.1.6. Esfuerzo Cortante de Punzonamiento

Es un fenómeno que ocurre en estructuras de concreto cuando una carga concentrada, como la base de una columna, transmite su peso hacia una losa. Este efecto genera tensiones críticas en la zona inmediata al punto de apoyo, provocando que la losa pueda agrietarse o fracturarse debido a las fuerzas de corte que actúan perpendicularmente.

#### **DATOS:**

$h=20$  cm

columnas= 50cm x 50cm

$L = 4.40$  m

$U = 860$  kg/m<sup>2</sup>

$d = 17$  cm

$f'c = 240$  kg/cm<sup>2</sup>

$f_y = 4200$  kg/cm<sup>2</sup>

- **Sección Crítica**

$$\frac{d}{2} = \frac{17}{2} = 8.5 \text{ cm}$$

- **Perímetro Cortante**

$$b_o = 50 \text{ cm} + 8.5\text{cm} + 8.5\text{cm} = 67 \times 4 = 268 \text{ cm}$$

- **Cortante Mayorado**

$$V_u = 860 \times (4.40^2 - 0.67^2) = 16645.74$$

$$\phi V_c = 1.1\sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d \quad (\text{Ec. 52})$$

$$\phi V_c = 1.1\sqrt{210} \cdot 268 \cdot 17 = 72624.98$$

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$72624.98 \geq 16645.74 \quad \mathbf{OK}$$

#### 4.1.1.2. Esquema de la losa de hormigón armado para determinar los momentos y aceros de los nervios por el método del Msc. Marcelo Romo

(Revisar **ANEXO 3**, para revisar el resto de figuras)

**4.1.1.3. Momentos positivos y negativos de los coeficientes planteadas por Marcelo Romo, Msc. de acuerdo al tipo de paño.**

**Tabla 29.** Momentos flectores

LOSA	TIPO	Lx	Ly	Lx/Ly	my (-)	my (+)	mx (-)	mx (+)
B-C-1-2	1	2,95	4,2	<b>0,7</b>	830	428	559	157
C-D-1-2		2,95	2,95	<b>1,0</b>	564	258	564	258
B-C-2-3		4,2	4,4	<b>1,0</b>	564	258	564	258
C-D-2-3		2,95	4,4	<b>0,7</b>	830	428	559	157
B-C-3-4		3,4	4,2	<b>0,8</b>	752	378	574	208
C-D-3-4		2,95	3,4	<b>0,9</b>	659	319	577	242
B-C-4-5		4,2	4,23	<b>1,0</b>	564	258	564	258
C-D-4-5		2,95	4,23	<b>0,7</b>	830	428	559	157
B-C-5-6		4,1	4,2	<b>1,0</b>	564	258	564	258
C-D-5-6		2,95	4,1	<b>0,7</b>	830	428	559	157
A-B-2-3	2	4,07	4,4	<b>0,9</b>	736	362	779	368
A-B-4-5		4,07	4,23	<b>1,0</b>	597	268	718	354
A-B-5-6		4,07	4,1	<b>1,0</b>	597	268	718	354
B-C-6-7		3,78	4,2	<b>0,9</b>	736	362	779	368
A-B-1-2	3	2,95	4,07	<b>0,7</b>	888	464	548	185
A-B-3-4		3,4	4,07	<b>0,8</b>	850	439	568	205
C-D-6-7		2,95	3,6	<b>0,8</b>	850	439	568	205
A-B-6-7	6	3,94	4,07	<b>1,0</b>	839	428	839	428

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

Fórmula utilizada para la motorización de momentos:

$$M = 0.0001 \cdot q \cdot m \cdot Lx^2 \text{ (Ec.53)}$$

Donde:

M: momentos mayorados en X o en Y

q: carga de diseño

Lx: longitud de la viga

m: momentos flectores sacados de las tablas de los coeficientes

Carga utilizada para la mayorización de los momentos:

$$q = 860 \text{ kg/m}^2$$

**Tabla 30.** Momentos mayorados en x, momentos mayorados en y, de acuerdo al tipo de losa.

LOSA	Muy (-) Kg-m/m	Muy (+) Kg-m/m	Mux (-) Kg-m/m	Mux (+) Kg-m/m
B-C-1-2	577,8	298,0	389,2	109,3
C-D-1-2	392,7	179,6	392,7	179,6
B-C-2-3	795,9	364,1	795,9	364,1
C-D-2-3	577,8	298,0	389,2	109,3
B-C-3-4	695,4	349,6	775,9	395,8
C-D-3-4	458,8	222,1	401,7	168,5
B-C-4-5	795,9	364,1	795,9	364,1
C-D-4-5	577,8	298,0	389,2	109,3
B-C-5-6	758,5	347,0	758,5	347,0
C-D-5-6	577,8	298,0	389,2	109,3
A-B-2-3	975,3	479,7	1032,3	487,7
A-B-4-5	791,1	356,5	951,5	469,1
A-B-5-6	791,1	356,5	951,5	469,1
B-C-6-7	841,3	413,8	890,5	420,7
A-B-1-2	618,2	323,0	381,5	128,8
A-B-3-4	786,1	406,0	525,3	189,6
C-D-6-7	591,8	305,6	395,4	142,7
A-B-6-7	1041,9	531,5	1041,9	531,5

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

Formula que se utiliza para el cálculo del acero NEC (2015):

$$k = \frac{0.85 \times f'c \times b \times d}{f_y} \quad (\text{Ec. 54})$$

$$A_s = \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_u}{\phi \cdot k \cdot d \cdot f_y}} \right) \quad (\text{Ec. 55})$$

El cálculo estructural considera los siguientes parámetros: **Mu** representa el momento máximo que soporta un elemento bajo cargas amplificadas, **Φ** es el coeficiente que ajusta la resistencia a tensión para garantizar seguridad en el diseño, **As** corresponde al área transversal de refuerzo de acero expresada en centímetros cuadrados, **b** define el ancho de la sección transversal del nervio estructural, y **d** indica la altura efectiva del nervio, medida desde la fibra más comprimida hasta el centroide del refuerzo,

excluyendo el recubrimiento. Estos elementos son clave para determinar la capacidad resistente y la estabilidad de la estructura.

Se determino k mediante el siguiente cálculo de manera como se muestra en la figura:

<b>f'c</b>	210	<b>kg/cm2</b>
<b>Fy</b>	4200	<b>kg/cm2</b>
<b>DATOS</b>		
<b>h</b>	20	<b>cm</b>
<b>d</b>	17	<b>cm</b>
<b>Rec.</b>	3	<b>cm</b>
<b>b</b>	20	<b>cm</b>

$$k = \frac{0.85 \times f'c \times b \times d}{f_y} = \frac{0.85 \times 210 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right] \times 20 \text{ [cm]} \times 17 \text{ [cm]}}{4200 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]} = 14.45 \text{ [cm]}$$

Con el valor de k, se calcula la sección de acero correspondiente al nervio de la losa para cada paño previamente determinado

Ecuación utilizados en la siguiente tabla:

$$q_x = \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Mu}{\phi \cdot k \cdot d \cdot f_y}} \right) \quad (\text{Ec. 56})$$

Una vez calculado el paso anterior procedemos a calcular la cuantía del refuerzo en el acero mínimo.

$$\rho = q_x \cdot \frac{f'c}{f_y} \quad (\text{Ec. 57})$$

El cálculo de As (refuerzo longitudinal) multiplicado por b y d:

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \text{ [cm]} \quad (\text{Ec. 58})$$

**Datos:**

$\phi$ : 0.9

b: 20 cm

d: 17cm

f<sub>y</sub>:4200 Kg/cm<sup>2</sup>

f<sub>c</sub>:240 Kg/cm<sup>2</sup>

Mu: De acuerdo a la tabla 30

**Tabla 31.** Distribución de aceros

<b>LOSA</b>	<b>M (kg m/m)</b>	<b>b(cm)</b>	<b>d (cm)</b>	<b>f'c (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>fy (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>As (cm<sup>2</sup>/cm)</b>		
B-C-1-2	<b>Muy (-)</b>	577,8	20	17	210	4200	<b>Asy (-)</b>	1,093
C-D-2-3	<b>Muy (+)</b>	298,0	100	17	210	4200	<b>Asy (+)</b>	2,773
C-D-4-5	<b>Mux (-)</b>	389,2	20	17	210	4200	<b>Asx (-)</b>	0,728
C-D-5-6	<b>Mux (+)</b>	109,3	100	17	210	4200	<b>Asx (+)</b>	1,006
B-C-2-3	<b>Muy (-)</b>	795,9	20	17	210	4200	<b>Asy (-)</b>	1,526
	<b>Muy (+)</b>	364,1	100	17	210	4200	<b>Asy (+)</b>	3,401
B-C-4-5	<b>Mux (-)</b>	795,9	20	17	210	4200	<b>Asx (-)</b>	1,526
	<b>Mux (+)</b>	364,1	100	17	210	4200	<b>Asx (+)</b>	3,401
C-D-1-2	<b>Muy (-)</b>	392,7	20	17	210	4200	<b>Asy (-)</b>	0,735
	<b>Muy (+)</b>	179,6	100	17	210	4200	<b>Asy (+)</b>	1,660
	<b>Mux (-)</b>	392,7	20	17	210	4200	<b>Asx (-)</b>	0,735
	<b>Mux (+)</b>	179,6	100	17	210	4200	<b>Asx (+)</b>	1,660
B-C-3-4	<b>Muy (-)</b>	695,4	20	17	210	4200	<b>Asy (-)</b>	1,325
	<b>Muy (+)</b>	349,6	100	17	210	4200	<b>Asy (+)</b>	3,263
	<b>Mux (-)</b>	775,9	20	17	210	4200	<b>Asx (-)</b>	1,485
	<b>Mux (+)</b>	395,8	100	17	210	4200	<b>Asx (+)</b>	3,704
C-D-3-4	<b>Muy (-)</b>	458,8	20	17	210	4200	<b>Asy (-)</b>	0,862
	<b>Muy (+)</b>	222,1	100	17	210	4200	<b>Asy (+)</b>	2,058
	<b>Mux (-)</b>	401,7	20	17	210	4200	<b>Asx (-)</b>	0,752
	<b>Mux (+)</b>	168,5	100	17	210	4200	<b>Asx (+)</b>	1,557
B-C-5-6	<b>Muy (-)</b>	758,5	20	17	210	4200	<b>Asy (-)</b>	1,451
	<b>Muy (+)</b>	347,0	100	17	210	4200	<b>Asy (+)</b>	3,238
	<b>Mux (-)</b>	758,5	20	17	210	4200	<b>Asx (-)</b>	1,451
	<b>Mux (+)</b>	347,0	100	17	210	4200	<b>Asx (+)</b>	3,238
A-B-2-3	<b>Muy (-)</b>	975,3	20	17	210	4200	<b>Asy (-)</b>	1,891
	<b>Muy (+)</b>	479,7	100	17	210	4200	<b>Asy (+)</b>	4,511
	<b>Mux (-)</b>	1032,3	20	17	210	4200	<b>Asx (-)</b>	2,009
	<b>Mux (+)</b>	487,7	100	17	210	4200	<b>Asx (+)</b>	4,588
A-B-4-5	<b>Muy (-)</b>	791,1	20	17	210	4200	<b>Asy (-)</b>	1,516
	<b>Muy (+)</b>	356,5	100	17	210	4200	<b>Asy (+)</b>	3,329
A-B-5-6	<b>Mux (-)</b>	951,5	20	17	210	4200	<b>Asx (-)</b>	1,842
	<b>Mux (+)</b>	469,1	100	17	210	4200	<b>Asx (+)</b>	4,408
B-C-6-7	<b>Muy (-)</b>	841,3	20	17	210	4200	<b>Asy (-)</b>	1,617
	<b>Muy (+)</b>	413,8	100	17	210	4200	<b>Asy (+)</b>	3,876
	<b>Mux (-)</b>	890,5	20	17	210	4200	<b>Asx (-)</b>	1,717
	<b>Mux (+)</b>	420,7	100	17	210	4200	<b>Asx (+)</b>	3,943
A-B-1-2	<b>Muy (-)</b>	618,2	20	17	210	4200	<b>Asy (-)</b>	1,172

	<b>Muy (+)</b>	323,0	100	17	210	4200	<b>Asy (+)</b>	3,010
	<b>Mux (-)</b>	381,5	20	17	210	4200	<b>Asx (-)</b>	0,713
	<b>Mux (+)</b>	128,8	100	17	210	4200	<b>Asx (+)</b>	1,187
A-B-3-4	<b>Muy (-)</b>	786,1	20	17	210	4200	<b>Asy (-)</b>	1,506
	<b>Muy (+)</b>	406,0	100	17	210	4200	<b>Asy (+)</b>	3,802
	<b>Mux (-)</b>	525,3	20	17	210	4200	<b>Asx (-)</b>	0,991
	<b>Mux (+)</b>	189,6	100	17	210	4200	<b>Asx (+)</b>	1,754
C-D-6-7	<b>Muy (-)</b>	591,8	20	17	210	4200	<b>Asy (-)</b>	1,120
	<b>Muy (+)</b>	305,6	100	17	210	4200	<b>Asy (+)</b>	2,845
	<b>Mux (-)</b>	395,4	20	17	210	4200	<b>Asx (-)</b>	0,740
	<b>Mux (+)</b>	142,7	100	17	210	4200	<b>Asx (+)</b>	1,316
A-B-6-7	<b>Muy (-)</b>	1041,9	20	17	210	4200	<b>Asy (-)</b>	2,029
	<b>Muy (+)</b>	531,5	100	17	210	4200	<b>Asy (+)</b>	5,013
	<b>Mux (-)</b>	1041,9	20	17	210	4200	<b>Asx (-)</b>	2,029
	<b>Mux (+)</b>	531,5	100	17	210	4200	<b>Asx (+)</b>	5,013

Fuente: Perez Castillo Edinson, (2025).

#### 4.1.2. Modelación de losa nervada de 20 [cm] de espesor

##### 4.1.2.1. Datos usados en Etabs

Tabla 32. ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO

ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO			
f'c	210	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la compresión del hormigón
f <sub>y</sub>	4200	kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo
γ <sub>c</sub> (hormigón)	2,4	t/m <sup>3</sup>	Peso volumétrico del hormigón
γ <sub>s</sub> (acero)	7,85	t/m <sup>3</sup>	Peso volumétrico del acero
E <sub>c</sub> (hormigón)	218819,79	kg/cm <sup>2</sup>	Módulo de elasticidad del hormigón
E <sub>s</sub> (acero)	2100000	kg/cm <sup>2</sup>	Módulo de elasticidad del acero de refuerzo

Fuente: Perez Castillo Edinson, (2025).

- Inercia de agrietamiento de la viga: 0.5I<sub>g</sub>
- Inercia de agrietamiento de la columna: 0.8I<sub>g</sub>
- Inercia de la losa de membrana: 0.2I<sub>g</sub>

Tabla 33. Cargas Gravitacionales promedio de todos los pisos

CARGAS VERTICALES:		
<b>Carga muerta:</b>	400	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Carga viva:</b>	200	kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Perez Castillo Edinson, (2025).

**Tabla 34.** Carga de ultima y servicio

COMBINACION DE CARGAS:	
ULTIMA	$U = 1.2CM+1.6CV$
SERVICIO	$U = CM+CV$

Fuente: Perez Castillo Edinson, (2025).

#### 4.1.2.2. Secciones utilizadas en la losa de hormigón

**Tabla 35.** Secciones de vigas. HA

PISO	ELEMENTO	NOMENCLATURA	DIMENSIONES	
			b [cm]	h [cm]
PB	Viga Central	Viga 35 x 40	35	40
PISO 1		Viga 35 x 40	35	40
PISO 2		Viga 35 x 40	35	40
MEZZ,		Viga 35 x 25	35	25
PB	Viga Borde	Viga 35 x 40	35	40
PISO 1		Viga 35 x 40	35	40
PISO 2		Viga 35 x 40	35	40
MEZZ,		Viga 35 x 25	35	25

Fuente: Perez Castillo Edinson, (2025).

**Tabla 36.** Secciones de Columnas. HA

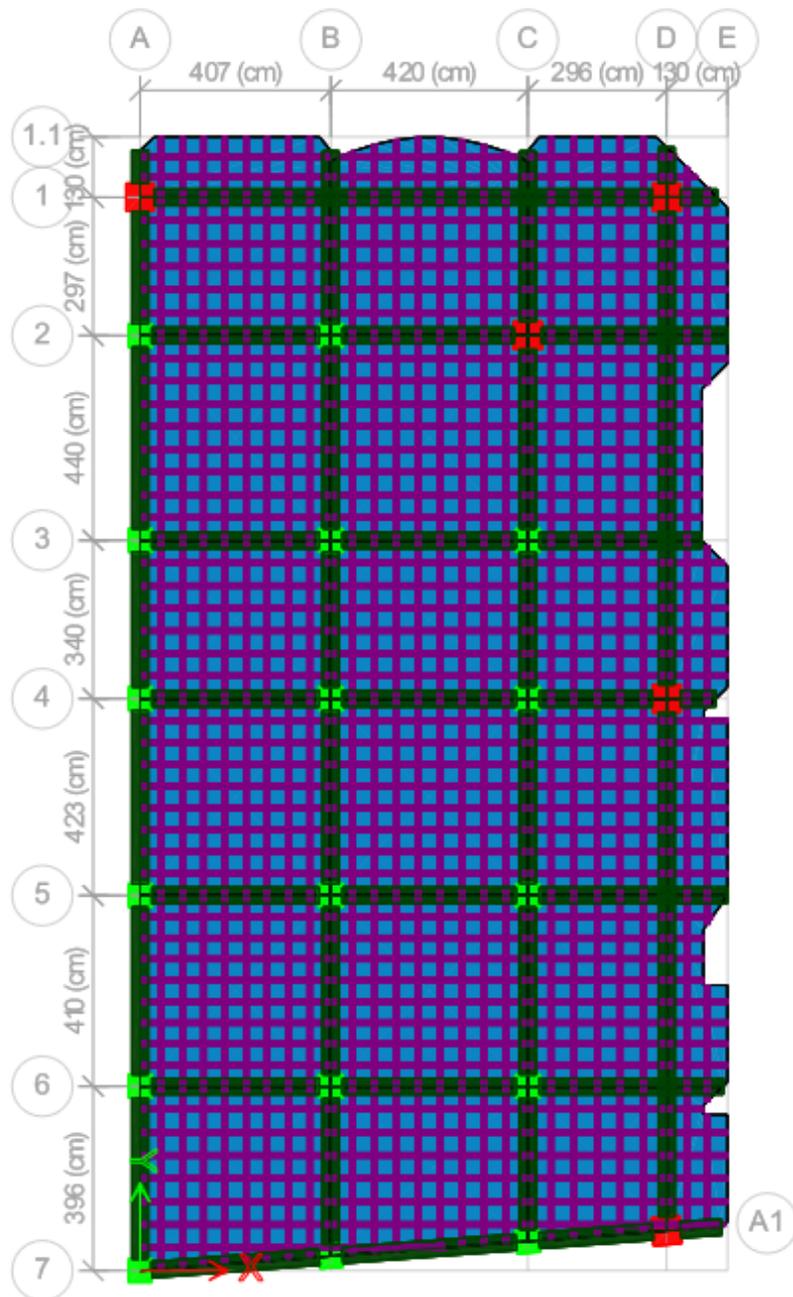
PISO	ELEMENTO	NOMENCLATURA	DIMENSIONES	
			b [cm]	h [cm]
PB	Col, Central	Col 50 x 50	50	50
PISO 1		Col 45 x 45	45	45
PISO 2		Col 45 x 45	45	45
MEZZ,		Col 50 x 50	50	50
PB	Col. Borde	Col 50 x 50	60	60
PISO 1		Col 60 x 60	60	60
PISO 2		Col 60 x 60	60	60
MEZZ,		Col 60 x 60	60	60

Fuente: Perez Castillo Edinson, (2025).

- Losa  $h = 20$  cm
- Alivianamientos:  $40 \times 20 \times 15$  cm
- Nervio rectangular:  $10 \times 15$  cm

Una vez obtenidas las secciones de vigas, columnas y espesor de la losa de hormigón armado de 20 cm, se procedió a modelar en el programa Etabs 2022 con los datos ya mencionados anteriormente:

**Ilustración 29.** Esquema de losa de H.A



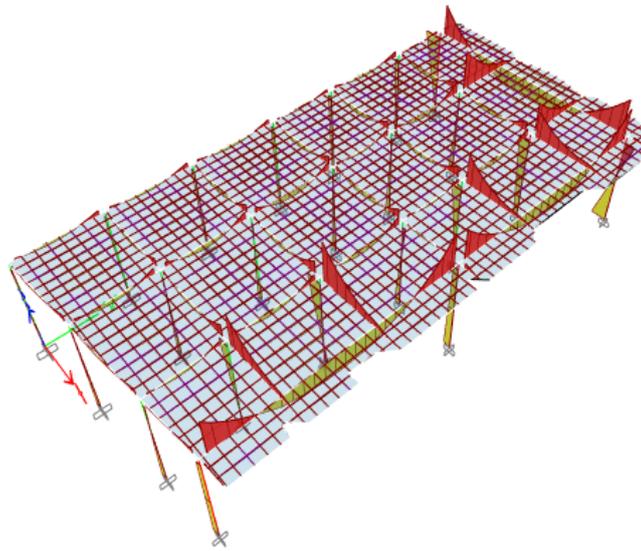
**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

El procedimiento del paso a paso del modelo se encontrará en el **Anexo 5**.

#### 4.1.2.3. Diagrama de corte y momentos en el programa Etabs

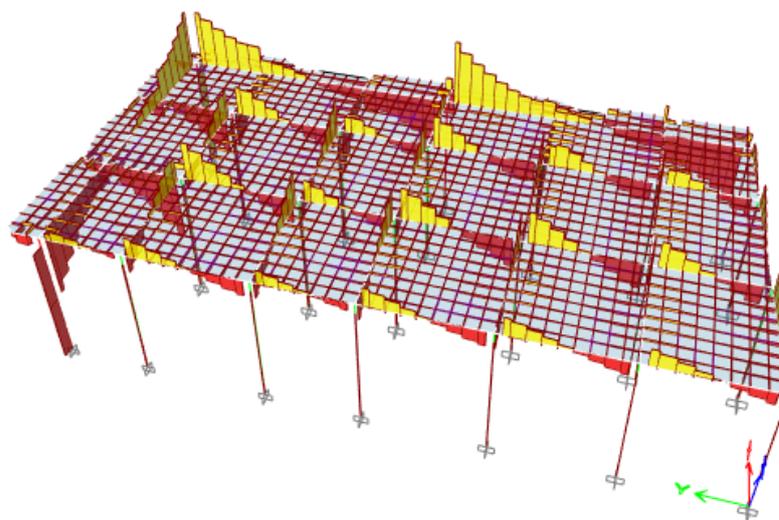
En el modelado realizado con el software de diseño, se representan las cargas previamente calculadas para la losa de hormigón armado, ajustándose a los datos establecidos. Como ejemplo, se analiza el primer piso para observar cómo se aplican estos parámetros en el diseño.

**Ilustración 30.** Diagrama de Momentos en losa de Hormigón Armado.



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

**Ilustración 31.** Diagrama de Corte de la losa de Hormigón Armado.



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

#### 4.1.2.4. Deflexiones máximas del software

El análisis estructural determinó la losa con mayor deformación, donde las deflexiones variaron según la longitud de sus apoyos, lo que generó cambios en los valores máximos registrados. La evaluación se realizó bajo parámetros técnicos que establecen un límite permisible de deflexión de  $L/240$ , tal como se refleja en los datos obtenidos y consolidados en la tabla correspondiente. Estos resultados permiten validar el comportamiento del elemento frente a cargas, asegurando su integridad dentro de los márgenes normativos.

**Tabla 37.** Deflexión máxima en losa de Hormigón Armado

TIPO DE LOSA	ESPESOR DE LOSETA (m)	L (m)	DEFLEXIÓN MÁXIMA (mm)			$\delta_{max}$ (mm)	Condición	CARGAS
			Losa central	Losa Lateral	Losa esquinera	L/240	Defl max $\leq$ L/240	
LOSA NERVADA	0.20 m	4.40	5.981	13.171	4.802	18.33	OK	DEAD
			1.531	3.628	1.188		OK	LIVE
			7.512	16.079	5.960		OK	CM+CV
			9.627	14.791	7.658		OK	1.2CM+1.6CV
PISO 3	0.20 m	4.40	5.598	8.894	5.751	18.33	OK	DEAD
			1.600	2.828	1.593		OK	LIVE
			7.198	14.38	7.318		OK	CM+CV
			9.277	14.19	9.410		OK	1.2CM+1.6CV
MEZZANINE	0.15 m	4.40	14.88	11.37	12.399	18.33	OK	DEAD
			2.52	1.887	2.168		OK	LIVE
			17.38	13.27	15.155		OK	CM+CV
			18.03	16.58	9.367		OK	1.2CM+1.6CV

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

#### 4.1.3. Análisis de losa steel deck

##### 4.1.3.1. Especificaciones de losas steel deck

Las especificaciones para el diseño de losas con el sistema Steel Deck se basan en la combinación de la resistencia del acero y las propiedades del concreto, lo que permite crear estructuras capaces de soportar cargas eficientemente. Este sistema es ampliamente empleado en la construcción de edificios industriales y comerciales debido a su versatilidad y rendimiento

#### 4.1.3.1.1. Especificaciones técnicas losa deck

**Tabla 38.** Propiedades del Panel- Losa Deck

PROPIEDADES DEL PANEL					
ESPESOR	PESO	Ls (+)	Ls (-)	Ss (+)	Ss (-)
(mm)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>4</sup> /m)	(cm <sup>4</sup> /m)	(cm <sup>3</sup> /m)	(cm <sup>3</sup> /m)
0.65	6.37	29.30	28.86	9.61	14.54
0.70	6.85	32.29	31.83	10.72	15.71
0.75	7.44	35.97	35.47	12.10	17.13

Fuente: Kubic-Conduit, (s.f)

**Tabla 39.** Máxima luz sin apuntalar según condiciones de apoyo

MAXIMA LUZ SIN APUNTALAR SEGÚN CONDICIONES DE APOYO						
ESPESOR KUBILOSА (mm)	CONDICION DE APOYO	ESPESOR DE LOSA (cm)				
		5	6	7	8	
0.65	UNA LUZ	1.59	1.52	1.47	1.42	
	DOS LUCES	2.06	1.98	1.90	1.84	
	<b>TRES LUCES</b>	<b>1.91</b>	<b>1.83</b>	<b>1.76</b>	<b>1.70</b>	

Fuente: Kubic-Conduit, (s.f)

**Tabla 40.** Volumen hormigón /m<sup>2</sup>

VOLUMEN HORMIGÓN /m <sup>2</sup>		
	ESPESOR DE LOSA (cm)	HORMIGÓN(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
	Hormigón sobre la cresta	<b>5</b>
6		0.07954
7		0.08954
8		0.09954
10		0.11954
12		0.13954

Fuente: Kubic-Conduit, (s.f)

**Tabla 41.** Carga viva sobreimpuesta

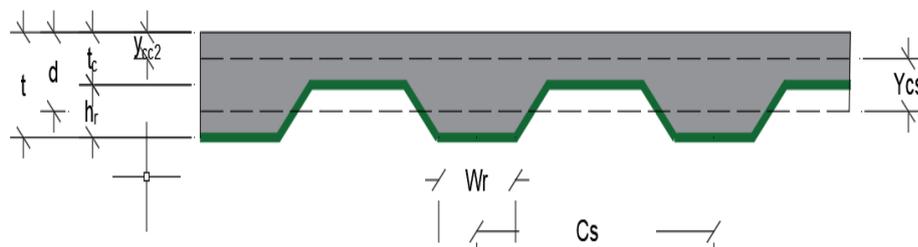
ESPESOR KUBILOSА	L (metros)	T = ESPESOR DE LOSA (cm)				
		5	6	7	8	10
<b>0,65</b>	1,10	2200	2200	2200	2200	2200
	1,60	2200	2200	2200	2200	2200
	1,80	1727	1979	2229	2478	2200
	2,00	1365	1565	1763	1960	2164
	2,20	1098	1258	1418	1557	1751
	2,40	894	1025	1156	1285	1437
	2,60	736	844	951	1058	1192
	2,80	610	700	789	878	998
	3,00	509	584	659	733	842
	3,20	426	489	652	614	714
	3,40	357	410	463	516	622

Fuente: Kubic-Conduit, (s.f)

#### 4.1.3.2. Diseño de losa colaborante (steel deck)

Este apartado aborda el diseño de la placa colaborante, comúnmente conocida como steel deck, tomando como referencia una placa específica del catálogo de Kubilosa, cuyas características se ilustran en la Figura 32

**Ilustración 32.** Dimensiones de losa Steel Deck (Ancho útil)



**Fuente:** Kubiec-Conduit, (s.f)

En la Tabla 42 se muestran los datos utilizados para el diseño de la placa, tanto en geometría, materiales y cargas aplicadas.

**Tabla 42.** Datos para losa colaborante Steel Deck.

VARIABLE	Steel deck t=10cm; e=0.65mm
e (mm)	0,65
Es (kg/cm <sup>2</sup> )	2040000
WD sd (kg/m)	320,0
WL sd (kg/m)	2200
Lsd (m)	1,10
f <sub>y</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	2536.37
f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	210
t (cm)	10
y <sub>cg</sub> (cm)	2,29
h <sub>r</sub> (cm)	5
Psd (kg)	225
Wwsd (kg/m)	100
E <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	218819,79

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

La losa colaborante Steel Deck, requiere evaluar varios elementos para su diseño. Esto incluye: el grosor de la losa (e en milímetros), la resistencia del acero (Es en kg/cm<sup>2</sup>) y del concreto (f'c), junto con su capacidad de deformación (Ec). También se consideran cargas como el peso propio (WD sd en kg/m), la carga distribuida (Wwsd) y fuerzas puntuales (Psd) en el centro. Además, se analizan dimensiones clave, como el ancho libre (Lsd en metros), el espesor total (t en cm), la altura del concreto en el perfil trapecoidal (h<sub>r</sub>) y el punto de equilibrio del área (y<sub>cg</sub>).

#### 4.1.3.3. Determinación de la deflexión de la losa colaborante Steel-Deck actuando como encofrado

La losa Steel Deck actúa como encofrado cuando no está integrada estructuralmente con el concreto, es decir, en su etapa no compuesta. En esta condición, la deformación máxima permitida debe ser menor al resultado de dividir la luz libre de la losa entre un factor que oscila entre 1,80 y 1,90, seleccionando siempre el valor más conservador para asegurar la seguridad. Este límite busca evitar flexiones excesivas bajo carga. A continuación, se detalla cómo calcular esta flecha admisible, considerando las propiedades del material y las cargas aplicadas, para confirmar que el diseño cumpla con los estándares técnicos requeridos.

$$\Delta_{adm} = \frac{l_{sd} \cdot 100}{180} \quad (\text{Ec. 59})$$

$$\Delta_{adm} = \frac{(1.10) \cdot 100}{180} = 0.61 \text{ cm}$$

De acuerdo con las condiciones de soporte establecidas en el diseño, la losa colaborante Steel Deck se ha organizado en tres tramos continuos. Esta disposición facilita la estimación de la deformación que podría ocurrir bajo carga, garantizando que el comportamiento estructural cumpla con los requisitos técnicos necesarios, tal como se ilustra en la Ilustración 33 correspondiente

**Ilustración 33.** Esquema de vanos Losa Deck



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

$$\Delta_{cal} = \frac{0.0069 \cdot W_{dsd} \cdot (l_{sd} \cdot 100)^4}{E_s \cdot I_{sd} \cdot b} \quad (\text{Ec. 60})$$

$$\Delta_{cal} = \frac{0.0069 \cdot 320.00 \cdot (1.10 \cdot 100)^4}{2100000 \cdot (29.30) \cdot 1.00} = 0.054 \text{ cm}$$

Determinados la deformación admisible y la deformación calculada se procede a verificar la condición de deflexión.

$$\Delta_{cal} \leq \Delta_{adm}$$

$$\underline{0.054 \text{ cm} \leq 0.61 \text{ cm} \rightarrow \text{cumple la condición de deflexión}}$$

Se establecen parámetros esenciales, como la deformación máxima permitida ( $\Delta_{adm}$ ) y la deformación estimada bajo carga ( $\Delta_{cal}$ ), cuya comparación es crucial para garantizar la seguridad estructural. Además, factores como la luz libre ( $l_{sd}$ ), la carga muerta ( $W_{dsd}$ ), el módulo de elasticidad del acero ( $E_s$ ), la inercia de la sección ( $I_{sd}$ ) y el ancho de análisis ( $b$ ) son utilizados para evaluar cómo responde la estructura a las fuerzas aplicadas, asegurando que las deformaciones no afecten su integridad o funcionalidad

#### 4.1.3.4. Condiciones de momento último de resistir a flexión de la losa colaborante Steel-Deck

El análisis de la capacidad de flexión en losas colaborantes Steel-Deck evalúa dos posibles modos de falla según la cantidad de refuerzo utilizado. En sistemas con acero insuficiente (sub-reforzados), la rotura se produce cuando el acero alcanza su máxima tensión admisible, siendo este material el factor limitante. Por otro lado, en losas con exceso de refuerzo (sobre-reforzadas), la falla ocurre al superarse la resistencia a compresión del concreto, volviéndolo crítico. Para garantizar la seguridad, el diseño debe comparar la proporción real de acero empleado con una relación teórica equilibrada, asegurando que el elemento más vulnerable —ya sea el concreto o el acero— determine el comportamiento estructural sin exceder sus capacidades mecánicas.

$$\rho_b = \frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \frac{0.003 \cdot (t - h_r)}{\left(0.003 + \frac{f_y}{E_s}\right) \cdot d} \cdot 100 \quad (\text{Ec. 61})$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \cdot 0.85 \cdot 210}{4200} \cdot \frac{0.003 \cdot (10.00 - 5.00)}{\left(0.003 + \frac{2536.37}{2040000}\right) \cdot (7.71)} = 0.027414$$

$$\rho_{cal} = \frac{A_s s_d}{b \cdot d} \quad (\text{Ec. 62})$$

$$\rho_{cal} = \frac{6.37}{100 \cdot (7.71)} = 0.00826$$

$$\rho_{cal} \leq \rho_b$$

$$0.00826 \leq 0.027414 \quad OK$$

Al analizar el diseño de la losa, se observa que la cantidad de acero utilizado es menor a lo idealmente recomendado (equilibrio balanceado). Esto significa que, al someterse

a cargas, la estructura depende principalmente de la resistencia del acero —el componente más vulnerable— y no del concreto. Para evitar fallas, el diseño se enfoca en que el acero soporte las fuerzas sin sobrepasar su capacidad máxima, garantizando así que la construcción funcione de manera segura y duradera bajo esfuerzos normales.

$$M_n = A_s s d \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad (Ec. 63)$$

$$a = \frac{A_s s d \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b} \quad (Ec. 64)$$

$$a = \frac{6.37 \cdot 2536.37}{0.85 \cdot 210.00 \cdot 100.00} = 0.905 \text{ cm}^2$$

$$M_n = 6.37 \cdot 2536.37 \cdot \left( (7.71) - \frac{0.905}{2} \right) / 100$$

$$M_n = 1173.15 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$\phi M_n = 1173.15 \cdot (0.90)$$

$$\phi M_n = 1055.84 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

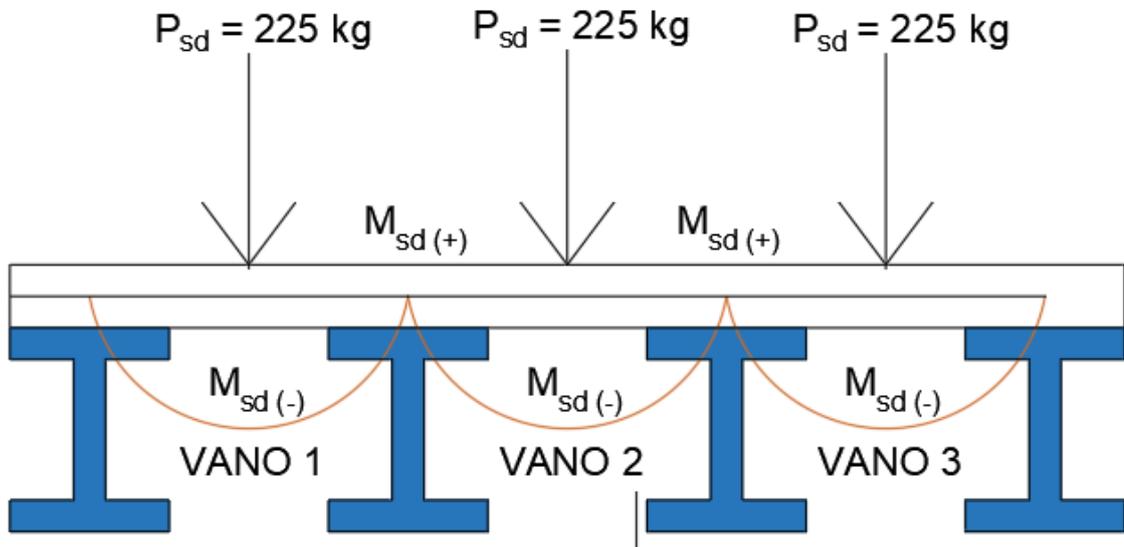
En el diseño de la losa colaborante, se compara la cantidad ideal de acero y concreto (equilibrio balanceado) con la cantidad real usada. Si el acero empleado es menor al ideal, la estructura dependerá principalmente de su resistencia para soportar cargas, garantizando que no se sobrepase su límite seguro. Además, se verifica que la profundidad del área comprimida en el concreto valide que el acero sea el elemento crítico, asegurando ductilidad (capacidad de deformarse sin romperse). Por último, se calcula el área de acero distribuido por metro en la plancha metálica del piso, clave para mantener la estabilidad del conjunto bajo esfuerzos.

#### **4.1.3.5. Condiciones de esfuerzos de tensión por flexión en el sistema no compuesto**

Durante la etapa de colocación del concreto en una placa colaborante (Steel Deck), se generan esfuerzos de compresión y tracción debido al peso combinado de la lámina metálica, el hormigón y las cargas temporales, como los equipos o personas que trabajan en la obra. Estos esfuerzos se distribuyen a lo largo de la estructura, pero es fundamental que no superen el 60% del límite de fluencia del acero en la plancha. Esto asegura que la estructura mantenga su capacidad de soporte y evite deformaciones permanentes (Steckerlacers, 2023).

Para entender mejor cómo actúan estas fuerzas, se presenta un diagrama de flexión que muestra cómo la losa distribuye las tensiones internas cuando está sometida a carga. Este gráfico es útil para visualizar el comportamiento de la estructura bajo diferentes condiciones.

**Ilustración 34.** Flexión de la losa colaborante (SD)



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

Con los datos recopilados, se calculan los momentos que actúan sobre la losa Steel Deck. Como se observa en la figura, esta presenta tres vanos, de los cuales se identifica el más crítico para evaluar los esfuerzos de tensión causados por la flexión

a). Para condición de tres tramos o más tramos:

**Tabla 43.** Datos de cargas

$W_w \text{ sd} = 100 \text{ kg/m}$  Carga distribuida

$P_{sd} = 225 \text{ kg/m}$  Carga puntual en el centro de luz.

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

**Cálculo de Momento Positivo:**

*Momento positivo en la lámina no compuesta (kgf-m)*

$$M_{sd(+)} = 0.20 \cdot P_{sd} \cdot l_{sd} + 0.094 \cdot W_{D \text{ sd}} \cdot l_{sd}^2 \quad (\text{Ec. 64})$$

$$M_{sd(+)} = 0.20 \cdot 225.00 \cdot 1.10 + 0.094 \cdot 320.00 \cdot 1.10^2$$

$$M_{sd(+)} = 82.89 \text{ kg} - \text{m}$$

$$Msd_{(+)} = 0.096 \cdot (WD_{sd} + Ww_{sd}) \cdot lsd^2 \quad (\text{Ec. 65})$$

$$Msd_{(+)} = 0.096 \cdot (320.00 + 100.00) \cdot 1.10^2$$

$$Msd_{(+)} = 48.79 \text{ kg} - \text{m}$$

### **Cálculo de Momento Negativo:**

*Momento negativo en la lámina no compuesta (kgf-m)*

$$Msd_{(-)} = 0.117 \cdot (WD_{sd} + Ww_{sd}) \cdot lsd^2 \quad (\text{Ec. 66})$$

$$Msd_{(-)} = 0.117 \cdot (320.00 + 100.00) \cdot 1.10^2$$

$$Msd_{(-)} = 59.45 \text{ kg} - \text{m}$$

De los resultados obtenidos, encontramos que el momento más crítico es  $Msd_{(+)} = 82.89 \text{ kg} - \text{m}$ , del cual se realiza el cálculo de esfuerzos para la verificación de la condición  $f_{(+)} \leq 0,60 \times fy$ .

*Esfuerzo positivo en la lámina (kgf/cm<sup>2</sup>)*

$$f_{(+)} = \frac{Msd_{(+)}}{S_{sup}} \cdot 100 \quad (\text{Ec. 67})$$

$$f_{(+)} = \frac{85.896}{9.61} \cdot 100 = 893.83 \text{ kg/cm}$$

*Esfuerzo negativo en la lámina (kgf/cm<sup>2</sup>)*

$$f_{(-)} = \frac{Msd_{(-)}}{S_{inf}} \cdot 100 \quad (\text{Ec. 68})$$

$$f_{(-)} = \frac{59.46}{14.54} \cdot 100 = 408.94 \text{ kg/cm}$$

$$f_{(-)} \leq 0.60 \cdot fy = 1521.82 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Se debe verificar que:

$$893.83 \leq 0.60 \cdot 4200$$

$$408.94 \leq 0.60 \cdot 4200$$

$$(+)\quad 893.83 \leq 1521.82 \quad \text{Cumple la condición}$$

$$(-)\quad 408.94 \leq 1521.82 \quad \text{Cumple la condición}$$

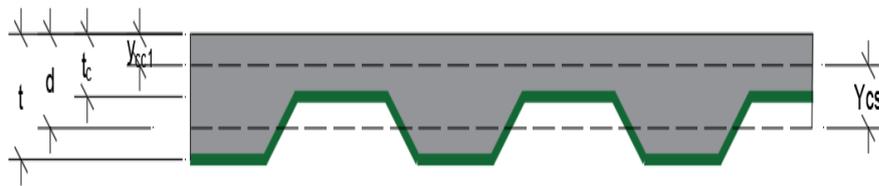
En la losa Steel Deck, se evalúan dos tipos de momentos: **Msd+** (momento positivo, en kg-m) y **Msd-** (momento negativo, en kg-m), que representan las fuerzas de flexión en zonas críticas. Los **esfuerzos (f)** generados, medidos en kg/cm<sup>2</sup>, dependen del módulo de sección inferior (**Ssup y Sinf**, en cm<sup>3</sup>/m), el cual se relaciona con la geometría de la losa con su capacidad para resistir deformaciones.

#### 4.1.3.6. Esfuerzos admisibles de tensión en el sistema compuesto

Se puede observar mediante la figura un esquema de la losa compuesta en la sección fisurada, Ver figura.

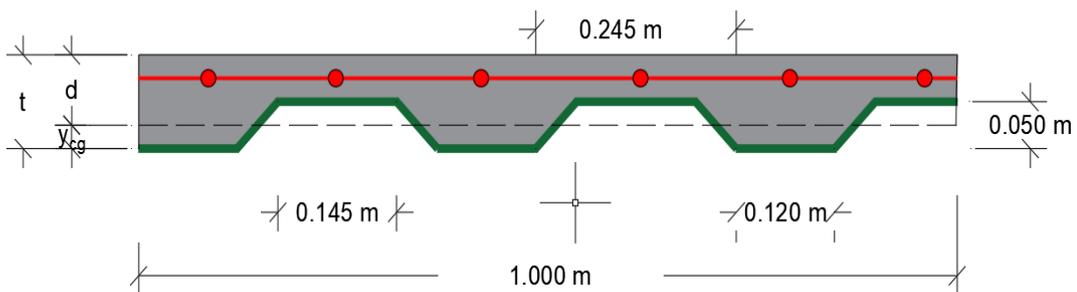
#### a). Cálculo del momento de inercia de la sección transformada fisurada: $I_c$ (cm<sup>4</sup>)

**Ilustración 35.** Datos de sistema compuesto en la sección.



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

**Ilustración 36.** Datos de losa Deck



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

**Tabla 44.** Módulo de elasticidad de concreto y el Acero.

Ratio entre el módulo de elasticidad del acero y el módulo de elasticidad del concreto	
n	f'c (kgf/cm <sup>2</sup> )
6	420 o más.
7	320 a 420
8	250 a 320
9	210 a 250

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

En la siguiente tabla observamos los datos que usaremos para calcular el momento de inercia.

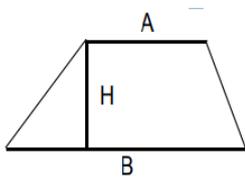
**Tabla 45.** Momento de inercia en la sección transformada fisurada.

Variable	Steel Deck t=10cm, e=0.65mm
d(cm)	7.71
tc(cm)	5.00
pcal	0.054
n	9
ycc1(cm)	2.46
yccs(cm)	5.26
Isd(cm <sup>4</sup> )	29.30
Ic(cm <sup>4</sup> )	2342.30

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

**Cálculo del Centroide (Ycg):**

Sacando la figura del Trapecio, por formula se tiene que:



$$y_{cg} = \frac{H (B + 2A)}{3 (B + A)}$$

**Tabla 46.** Datos de geometría de losa Deck

- A =** 14.5 cm
- B =** 24.5 cm
- H =** 5 cm
- t =** 10 cm
- Ycg =** 2.29 cm
- d =** 7.71 cm
- tc =** 5 cm

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

En la tabla observamos anteriormente en la tabla las dimensiones del valle de la lámina de acero Deck. Los datos de la tabla se encontraron de la siguiente manera:

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$n = \frac{2040000}{218819} = 9.322 \rightarrow n = 9$$

$$y_{cc1} = d \cdot \left( \sqrt{2 \cdot \rho_{cal} \cdot n + (\rho_{cal} \cdot n)^2} - \rho_{cal} \cdot n \right) \quad (\text{Ec. 69})$$

$$y_{cc1} = 7.71 \cdot \left( \sqrt{2 \cdot 0.00826 \cdot 9 + (0.00826 \cdot 9)^2} - 0.00826 \cdot 9 \right) = 2.46 \text{ cm}$$

$$y_{cs} = d - y_{cc1} \quad (\text{Ec. 70})$$

$$y_{cs} = 7.71 - 2.46 = 5.26 \text{ cm}$$

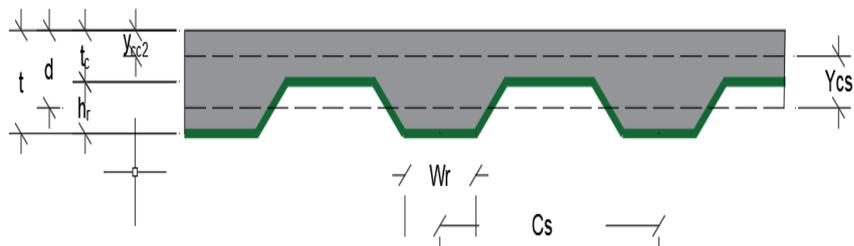
$$I_c = \frac{b \cdot y_{cc1}^3}{3} + n \cdot A_{s \text{ sd}} \cdot y_{cs}^2 + n \cdot I_{sd} \quad (\text{Ec. 71})$$

$$I_c = \frac{(100.00) \cdot 2.46^3}{3} + 10.00 \cdot (6.37) \cdot 5.26^2 + 9 \cdot (29.30) = 2342.30 \text{ cm}^4$$

**b). Cálculo del momento de inercia de la sección transformada no fisurada: Iu (cm4)**

En la imagen se puede observar el caso contrario al anterior al ser la sección transformada no fisurada de la estructura.

**Ilustración 37.** Datos para la sección transformada no fisurada.



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

En la tabla se presentan los datos, para obtener el momento de inercia en la sección no fisurada.

**Tabla 47.** Datos para el momento de Inercia Iu.

Variable	Steel Deck t=10cm, e=0.65mm
t =	10,00 cm
d =	7,71 cm
Cs =	33,33 cm
Wr =	12,00 cm
tc =	5,00 cm
hr =	5,00 cm

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

$$y_{cc2} = \frac{0.50 \cdot b \cdot t^2 + n \cdot A_s s_d \cdot d - \frac{(C_s - W_r) \cdot b \cdot h_r}{C_s} \cdot (t - 0.50 \cdot h_r)}{b \cdot t + n \cdot A_s s_d - \frac{b}{C_s} \cdot h_r \cdot (C_s - W_r)} \quad (\text{Ec. 72})$$

$$y_{cc2} = \frac{0.50 \cdot (100) \cdot 9^2 + 10 \cdot (6.37) \cdot 7.71 - \frac{(33.33 - 12) \cdot 100 \cdot 5}{33.33} \cdot (10.00 - 0.50 \cdot 5.00)}{100.00 \cdot 10.00 + 9 \cdot 6.37 - \frac{100.00}{33.33} \cdot 5.00 \cdot (33.33 - 12.00)}$$

$$y_{cc2} = 4.13 \text{ cm}$$

$$y_{cs} = d - y_{cc2} \quad (\text{Ec. 73})$$

$$y_{cs} = 7.71 - 4.13 = 3.58 \text{ cm}$$

$$I_u = \frac{b \cdot t c^3}{12} + b \cdot t c \cdot (y_{cc2} - 0.50 \cdot t c)^2 + n \cdot I_{sd} + n \cdot A_s s_d \cdot y_{cs}^2 + \frac{b}{C_s} \cdot \left[ W_r \cdot h_r \cdot \left( \frac{h_r^2}{12} + (t - y_{cc2} - 0.50 \cdot h_r)^2 \right) \right] \quad (\text{Ec. 74})$$

$$I_u = \frac{100 \cdot (5)^3}{12} + 100 \cdot (5) \cdot (4.13 - (0.50 \cdot 5))^2 + 9 \cdot (29.30) + 9 \cdot (6.37) \cdot (3.58)^2 + \frac{100}{36.5} \cdot \left[ 12 \cdot 5 \cdot \left( \frac{(5)^2}{12} + (10 - 4.13 - 0.50 \cdot 5)^2 \right) \right] = 5789.6 \text{ cm}^4$$

$$I_u = 5789.6 \text{ cm}^4$$

A continuación, se calculan los momentos positivos que ocurren cuando la estructura está simplemente apoyada, considerando tanto las cargas permanentes (como el peso propio) como las cargas temporales (como el uso diario). Además, se verifica que los esfuerzos generados por la flexión en el sistema combinado no superen los límites permitidos para garantizar su correcto funcionamiento

### c). Cálculo del momento de inercia efectivo: $I_e$ (cm<sup>4</sup>)

$$I_e = \frac{I_u + I_c}{2} = \frac{8131.87}{2} = 4085.94 \text{ cm}^4$$

d). Cálculo del Y promedio:

$$y_{prom} = \frac{y_{cc1} + y_{cc2}}{2} \quad (\text{Ec. 75})$$

$$y_{prom} = \frac{6.59}{2} = 3.29 \text{ cm}$$

$$S_{ic} = \frac{I_e}{t - y_{prom}} \quad (\text{Ec. 76})$$

$$Sic = \frac{4065.94}{10.00 - 3.29} = 606.20 \text{ cm}^3$$

**f). Cálculo de momentos positivos producidos por las cargas en condición de apoyo simple:**

Cálculo del Momento producido en la losa por las cargas muertas: Mdsd (kgf-m).

$$MD_{sd} = \frac{WD_{sd} \cdot lsd^2}{8} \quad (\text{Ec. 77})$$

$$MD_{sd} = \frac{320.00 \cdot (1.10)^2}{8} = 48.40 \text{ kg} - \text{m}$$

$$ML_{sd} = \frac{WL_{sd} \cdot lsd^2}{8} \quad (\text{Ec. 78})$$

$$ML_{sd} = \frac{2200 \cdot (1.10)^2}{8} = 332.75 \text{ kg} - \text{m}$$

$$\left( \frac{ML_{sd} + MD_{sd}}{Sic} \right) \cdot n \cdot 100 \leq 0.60 \cdot fy \quad (\text{Ec. 79})$$

$$\left( \frac{332.75 + 48.40}{606.20} \right) \cdot 9 \cdot 100 \leq 0.60 \cdot 2536.37$$

$$62.88 \leq 1521.82$$

$$62.88 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 1521.82 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \rightarrow \text{Cumple la condición}$$

**4.1.3.7. Esfuerzos admisibles de tensión en el sistema compuesto**

En una losa colaborante con plancha metálica (steel deck), se deben considerar dos tipos de fuerzas de corte. El primero ocurre en las vigas o soportes que sostienen la losa, donde el concreto es el principal encargado de absorber estas cargas. El segundo se relaciona con la resistencia al deslizamiento horizontal entre la plancha metálica y el concreto, es decir, cómo ambos materiales trabajan unidos para evitar que se separen bajo presión. Al no incluirse barras de acero adicionales para reforzar estas zonas, el diseño asume que el concreto será el único responsable de soportar estos esfuerzos, sin contar con un aporte significativo de la plancha metálica. Esta aproximación simplifica el cálculo, priorizando la seguridad mediante la capacidad ya probada del concreto en estas situaciones., ver Ilustración 38.

**Ilustración 38.** Área de contribución para cortante en losa Deck.



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

**a). Cálculo del cortante nominal:**

$$V_n = 0.53 \cdot \sqrt{f'c} \cdot A_c \quad (\text{Ec. 80})$$

$$V_n = 0.53 \cdot \sqrt{210} \cdot 549 = 4216.56 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0.85 \cdot V_n \quad (\text{Ec. 81})$$

$$\phi V_n = 3584.07 \text{ kg}$$

**b). Cortante a considerar cerca de los apoyos:**

$$V_u = \frac{W D_{sd} \cdot l_{sd}}{2} + \frac{W L_{sd} \cdot l_{sd}}{2} \quad (\text{Ec. 82})$$

$$V_u = \frac{320.00 \cdot (1.10)}{2} + \frac{2200 \cdot (1.10)}{2} = 1386 \text{ kg}$$

**Verificación:**

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$1386 \leq 3584.07$$

$$1386 \text{ Kg} < 3584.07 \text{ Kg} \rightarrow \text{Cumple la condición}$$

**4.1.3.8. Esfuerzos admisibles a compresión del concreto**

$$\frac{M D_{sd} + M L_{sd}}{S_{cc} \cdot n} \cdot 100 \leq \delta_{adm} = 0.45 \cdot f'c \quad (\text{Ec. 83})$$

$$S_{cc} = \frac{I_{prom}}{Y_{prom}} = \frac{4065.94 \text{ cm}^4}{3.29 \text{ cm}} = 1234.8 \text{ cm}^3$$

$$0.45 \cdot f'c = 0.45 \cdot 210 = 94.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{M D_{sd} + M L_{sd}}{S_{cc} \cdot n} \cdot 100 = \frac{48.40 + 332.75}{1234.8 \cdot 9} = 3.4 \text{ kg/cm}^2$$

Verificamos:

$$3.4 \text{ kg/cm}^2 \leq 94.5 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK}$$

#### 4.1.3.9. Deflexiones del sistema Compuesto

##### a). Cálculo de deflexiones inmediatas:

$$\Delta'_{st} = \frac{5}{384} \times \frac{Wd_{sd} + WL_{sd} \cdot L_{sd}^4}{E_c \cdot I_e} \times 10^6 \quad (\text{Ec. 84})$$

$$\Delta'_{st} = \frac{5}{384} \times \frac{320 + 100 \cdot (1.10)^4}{218819.79 \cdot (4065.94)} \times 10^6 = 0.05$$

##### b). Cálculo de deflexiones a largo plazo:

$$\Delta_{LT} = \Delta'_{st} \cdot \left[ 2 - 1.2 \cdot \frac{A'_{s'}}{A_{s_{sd}}} \right] \quad (\text{Ec. 85})$$

$$A'_{s'} = A_{temp} + A_{comp} = 4.73 \text{ cm}^2$$

En 1m de ancho de losa entran 6 varillas de 8mm

$$A_{comp} = 5 \cdot \frac{\pi \cdot (0.8)^2}{4} = 2.513 \text{ cm}^2$$

Se considera malla electrosoldada de 1/4" (15x15)

$$A_{temp} = 7 \cdot \frac{\pi \cdot (0.635)^2}{4} = 2.217 \text{ cm}^2$$

De acuerdo a la norma:

$$h = 5 \text{ cm}$$

$$A_{temp} = 0.002 \cdot b \cdot h = 0.002 \cdot 100 \cdot 5 = 1 \text{ cm}^2$$

Luego:

$$A'_{s'} = 4.73 \text{ cm}^2$$

$$\Delta_{LT} = 0.05 \cdot \left[ 2 - 1.2 \cdot \frac{4.73}{6.37} \right] = 0.06$$

##### c). Cálculo de la deflexión total

$$\Delta_{TOTAL} = \Delta_{LT} + \Delta'_{st} = 0.05 + 0.06 = 0.11 \text{ cm}$$

##### d). Verificación de la deformación admisible:

$$\Delta_{adm} = \frac{L_{sd} \cdot 100}{360} = \frac{1.10 \cdot (100)}{360} = 0.306 \text{ cm}$$

$$\Delta_{adm} = \frac{L_{sd} \cdot 100}{240} = \frac{1.10 \cdot (100)}{240} = 0.458 \text{ cm}$$

Se verifica la deformación total que se produce en la losa deck no supere la deformación admisible:

$$\Delta_{total} \leq \Delta_{adm}$$

$$0.12 \text{ cm} \leq 0.31 \text{ cm} \quad \mathbf{OK}$$

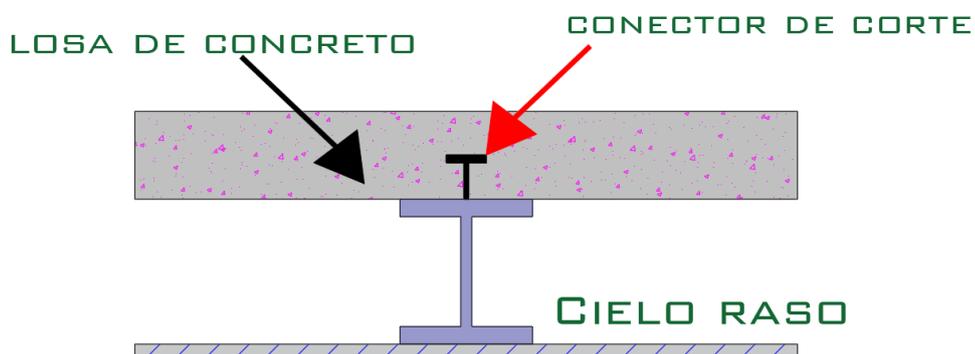
$$0.12 \text{ cm} \leq 0.458 \text{ cm} \quad \mathbf{OK}$$

No se necesita agregar puntales en el centro

#### 4.1.4. Diseño de viguetas en acero estructural

El diseño de vigas de acero se puede abordar de dos maneras: utilizando vigas simples o vigas combinadas. En el caso de las vigas simples, el acero sostiene la losa de concreto de manera independiente, sin compartir los esfuerzos con ella. Por el contrario, las vigas combinadas están diseñadas para que ambos materiales trabajen conjuntamente, lo que les permite soportar cargas entre un 33% y un 50% mayores. Además, las vigas combinadas se dividen en dos grupos: aquellas en las que la sección de la viga forma parte de la losa de concreto y aquellas que se unen mediante conectores especiales.

**Ilustración 39.** Viga de sección compuesta.



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

En este proyecto se opta por diseñar las viguetas de acero como vigas compuestas que utilizan conectores de corte, lo que resulta en una solución más económica. Este método aprovecha la capacidad del concreto para resistir la compresión, permitiendo que el acero se encargue principalmente de soportar las tensiones. Así se logra un sistema equilibrado y eficiente.

#### 4.1.4.1. Razón - ancho – espesor de miembros sometidos a flexión

En el diseño de estructuras con vigas de acero que soportan flexión, se evalúa la relación entre el ancho y el espesor de los perfiles para garantizar su estabilidad. En este caso, se utilizaron perfiles comerciales tipo IPE, los cuales cumplen con los estándares necesarios para resistir cargas sin deformarse. Estos perfiles, como el ejemplo IPE 160, tienen una geometría optimizada que los clasifica como "compactos", es decir, su forma y grosor les permiten distribuir eficientemente las fuerzas. Esto asegura que la estructura mantenga su resistencia y seguridad incluso bajo esfuerzos considerables, aprovechando al máximo la capacidad del material sin riesgo de fallas.

**Ala:** caso 10 de elementos no atiesados

$$\frac{b}{t} = \frac{bf/2}{tf} = \frac{82/2 \text{ mm}}{7,4 \text{ mm}} = \frac{41}{7,4} = 5.54$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{29000 \text{ ksi}}{36 \text{ ksi}}} = 10.79$$

**Verificación:**  $\frac{b}{t} < \lambda_p \rightarrow$  ala compacta

**Alma:** caso 15 de elementos atiesados

$$\frac{h}{tw} = \frac{d - (2 * tf)}{tw} = \frac{160 - (2 * 7.4) \text{ mm}}{5 \text{ mm}} = \frac{145.2}{5} = 29.04$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{29000 \text{ ksi}}{36 \text{ ksi}}} = 106.72$$

**Verificación:**  $\frac{h}{tw} < \lambda_p \rightarrow$  alma compacta

$$\lambda_r = 5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 5.70 \sqrt{\frac{29000 \text{ ksi}}{36 \text{ ksi}}} = 161.78$$

**Verificación:**  $\frac{h}{tw} < \lambda_r \rightarrow$  seccion no esbelta

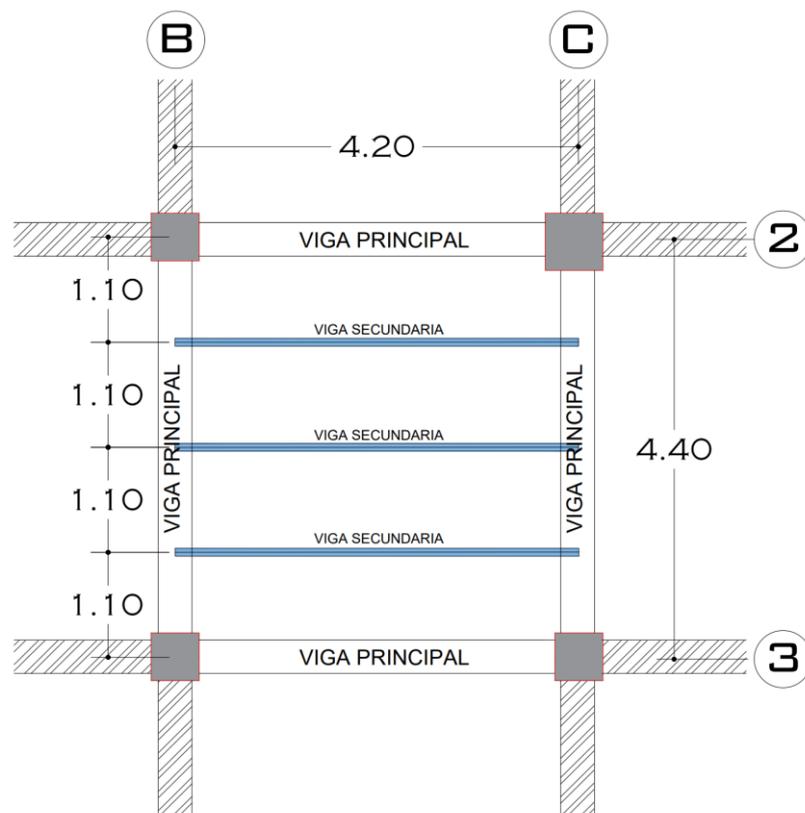
De acuerdo con la normativa AISC 360-19, se demuestra que una sección es compuesta—es decir, que integra dos materiales trabajando en conjunto, como el acero y el concreto—y que además no presenta alta esbeltez, no es necesario analizar los estados límite asociados al pandeo local. Esto se debe a que, en una sección

compuesta, el concreto actúa como refuerzo para la parte en compresión, reduciendo el riesgo de que el acero se deforme localmente.

El pandeo local es el fenómeno por el cual partes de la sección se pueden doblar o deformar de manera irregular debido a su alta esbeltez. Al tener una sección compuesta y bien proporcionada, se garantiza que los dos materiales trabajen de manera sinérgica, lo que simplifica el diseño estructural al eliminar la necesidad de considerar ciertas verificaciones relacionadas con el pandeo en el acero.

#### 4.1.4.2. Determinación del ancho efectivo

**Ilustración 40.** Vista en Planta de vigas secundarias en losa Deck



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

Como se mencionó anteriormente, la determinación del ancho efectivo de la viga secundaria:

#### Viga Secundaria

a) Ancho efectivo a la izquierda de la viga secundaria ( $b_{ei}$ ).

$$\frac{b_{ei}}{2} = \frac{1.10}{2} = 0.55 \text{ m}$$

$$\frac{L}{8} = \frac{4.20}{8} = 0.525 \text{ m}$$

Tomando el menor valor,  $b_{ei} = 0.525 \text{ m}$

**b) Ancho efectivo a la derecha de la viga secundaria ( $b_{ed}$ ).**

$$\frac{b_{oi}}{2} = \frac{1.10}{2} = 0.55 \text{ m}$$

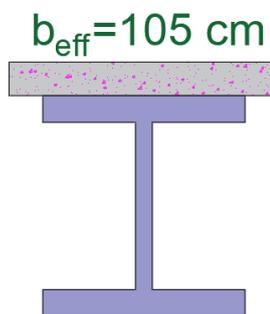
$$\frac{L}{8} = \frac{4.20}{8} = 0.525 \text{ m}$$

Tomando el menor valor,  $b_{ei} = 0.525 \text{ m}$

**c) Ancho efectivo total ( $b_{eff}$ )**

$$b_{eff} = b_{ei} + b_{ed} = 0.55 + 0.525 = 1.075 \text{ m}$$

**Ilustración 41.** Viga secundaria - Ancho Efectivo



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

**4.1.4.3. Verificación de estados límites de resistencia**

La resistencia de diseño de la viga se establece considerando los **estados límites últimos**, que incluyen fenómenos como la **fluencia (plastificación)**, el **pandeo lateral-torsional** y el **corte** (incluyendo el pandeo local por corte).

Para el ejemplo de cálculo de estos estados límites, se utilizará la misma viga secundaria empleada para determinar el ancho efectivo.

1. **Pandeo local:** Dado que la viga secundaria analizada es una sección compacta, no es necesario verificar el estado límite asociado al pandeo local, ya que este tipo de secciones están diseñadas para evitar dicho fenómeno
2. **Pandeo lateral-torsional:** Al estar la viga secundaria conectada monólicamente con la losa de concreto reforzada, esta trabaja como un

conjunto integrado, eliminando la necesidad de revisar el estado límite de pandeo lateral-torsional.

3. **Fluencia:** En este caso, es indispensable verificar el estado límite de fluencia, ya que permite asegurar que la capacidad de flexión de la sección sea suficiente para soportar las cargas máximas requeridas. Este análisis garantiza que la resistencia a flexión de la sección supere la demanda última
4. **Corte:** También debe evaluarse el estado límite de corte, considerando el área del alma  $[A_w]$  como un parámetro clave en el cálculo. Esto asegura que la viga pueda resistir las fuerzas cortantes sin fallar prematuramente.

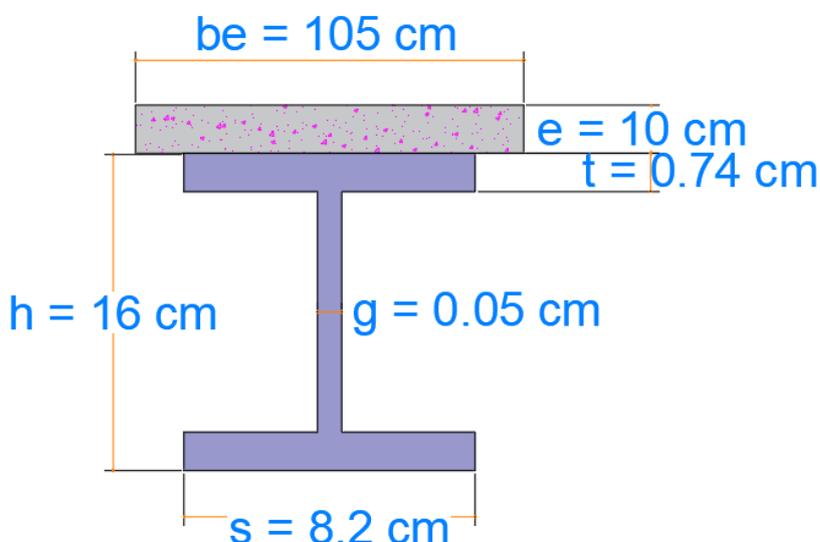
Estas verificaciones son fundamentales para garantizar el comportamiento adecuado de la viga bajo las condiciones de carga previstas.

#### 4.1.4.3.1. Estado límite de fluencia

Para verificar el estado límite de fluencia, es fundamental considerar la ubicación del eje neutro plástico (PNA), el cual puede situarse en la losa de concreto, en el patín de la sección o en el alma de la viga.

La sección compuesta que se analizará se muestra en la Ilustración 42. Esto permite evaluar correctamente las fuerzas internas y garantizar que la resistencia a flexión cumpla con los requisitos necesarios

**Ilustración 42.** Viga Secundaria IPE 160 del Piso 1, en los ejes B - C y 2 - 3

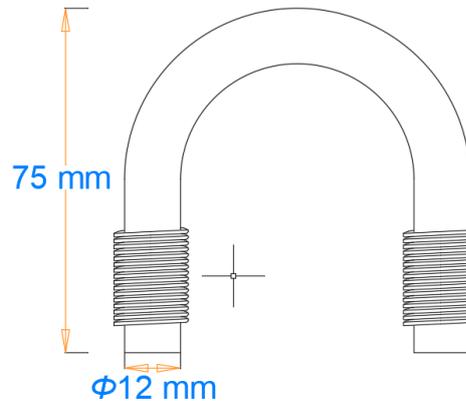


**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

#### 4.1.5. Diseño de conectores de cortante

Cada uno de los conectores presenta distintas capacidades de resistencia. Para este trabajo, se utilizará un conector tipo gancho cerrado de varillas corrugadas, como se muestra en la Figura 43. Además, se desarrollará un ejemplo de cálculo utilizando el mismo paño de losa que fue analizado previamente. Esto permitirá evaluar su desempeño bajo las condiciones de carga establecidas.

**Ilustración 43..** Conector de corte tipo Gancho Cerrado.



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

El diseño se basa en tres pasos: primero se calcula la fuerza horizontal que actúa sobre el sistema; luego se verifica que el conector pueda soportar dichas fuerzas; y finalmente se determina cuántos conectores son necesarios y cómo distribuirlos para asegurar una buena resistencia. Para ello, se usan datos técnicos de la Tabla 48.

**Tabla 48.** Datos para conector de corte

DATOS PARA DISEÑO DE CONECTORES			
PLACA COLABORANTE			
e = tp	0.65	mm	Espesor de la placa colaborante
F'yL	2536.37	kg/cm2	Fluencia de la placa colaborante
h	5	cm	Altura de losa por encima de nervios
f'c	210	kg/cm2	Resistencia del hormigón
Ec	218819.79	kg/cm2	Módulo de elasticidad del hormigón
L	3.85	m	Longitud de la viga secundaria
VIGA DE ACERO			
Fy	2536.37	kg/cm2	Fluencia del acero estructural
beff	105	cm	Ancho efectivo de la sección
As	20.1	cm2	Área de la viga de acero
CONECTOR DE CORTANTE			
Ø varilla	12	mm	Diámetro de la varilla corrugada
Asc	1.13	cm2	Área de la varilla corrugada
fy	4200	kg/cm2	Fluencia del acero de refuerzo
p	1	s.u.	Grado de interacción

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

El diseño de los conectores de corte (elementos que unen componentes estructurales) se basa en fórmulas obtenidas de estudios académicos previos. Estas fórmulas ayudan a determinar cuánta fuerza horizontal puede soportar cada conector, especialmente en zonas donde actúan cargas críticas. Para aplicarlas correctamente, primero debe validarse un requisito clave en placas que tienen nervaduras (refuerzos) orientadas perpendicularmente a las vigas de acero, utilizando un cálculo específico. Este paso asegura que los conectores funcionen de manera segura y eficiente dentro del sistema estructural.

$$0.85 \text{ beff} \times h \times f'c + F'yL \times \text{beff} \times t_p \geq A_s \times F_y \quad (\text{Ec. 86})$$

$$0.85(1.05) \times 0.05 \times 21 + 253.6 \times 1.05 \times 6.5 \times 10^{-4} \geq 2.01 \times 10^{-3} \times 253.6$$

$$1.11 \geq 0.51 \rightarrow \text{Cumple}$$

Al cumplir la condición previa, es posible proceder con el cálculo de la fuerza cortante horizontal correspondiente al estado límite de fluencia en la sección de acero.

$$P_t = p \cdot A_s \cdot F_y \quad (\text{Ec. 87})$$

$$P_t = 1.00 \cdot 2.01 \cdot 10^{-3} \cdot 253.6$$

$$P_t = 0.509 \text{ MN} = 50.9 \text{ toneladas}$$

#### 4.1.5.1. Capacidad resistente del conector [Qn]

En estructuras mixtas, los conectores de cortante con forma de gancho cerrado son ampliamente utilizados en Ecuador por su eficacia al unir materiales como el acero y el concreto. Estos elementos, hechos de varillas rugosas que mejoran su agarre, se diseñan con medidas específicas para soportar cargas de manera segura. Por ejemplo, en este caso se emplean varillas de 12 mm de grosor, 20 cm de largo y 7.5 cm de altura, dimensiones que garantizan que la estructura funcione correctamente bajo esfuerzos, cumpliendo con normas técnicas de construcción.

$$Q_n = 0.5 \cdot A_{sc} \cdot \sqrt{f'c \cdot E_c} \leq A_{sc} \cdot f_y \quad (\text{Ec. 88})$$

$$Q_n = 0.5 \cdot 2.01 \cdot \sqrt{21 \cdot 2.18 \cdot 10^4} \leq 2.01 \cdot 420$$

$$Q_n = 0.068 \text{ MN} = 6.8 \text{ Toneladas}$$

#### 4.1.5.2. Número de conectores [n]

El número de conectores necesarios se determina al dividir la fuerza cortante horizontal entre la capacidad de resistencia de cada conector. Este cálculo asegura que los conectores se distribuyan de manera uniforme y simétrica a lo largo de la viga secundaria.

$$n = \frac{Pt}{Qn} = \frac{0.509}{0.068} = 7 \text{ conectores}$$

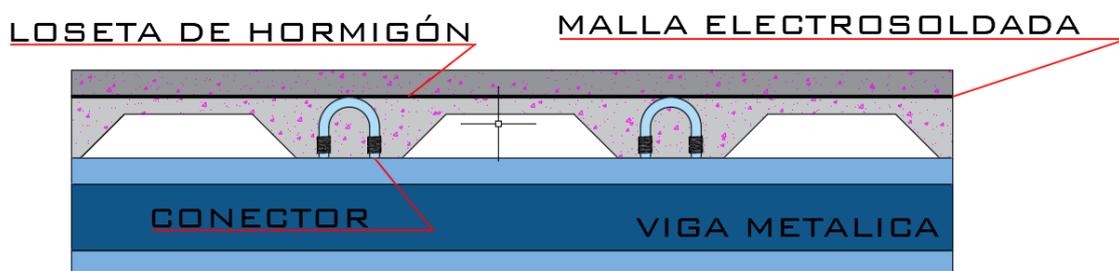
En este caso, el resultado indica que se requieren 7 conectores. Estos se colocarán a intervalos de 51 cm, posicionando uno en cada valle de la placa colaborante. Esta configuración permite una transferencia efectiva de las cargas y asegura un buen desempeño del sistema estructural compuesto.

#### 4.1.5.3. Losa de placa colaborante conectores de corte

El diseño de la losa para la estructura mixta utiliza un sistema steel deck, donde una placa de acero actúa como un elemento semi-rígido al mantener una relación controlada entre su deformación y desplazamiento. En el edificio se contemplan dos tipos de losas, siendo la “Losa tipo I” la empleada en los pisos 1 a 4.

Esta losa se compone de una chapa de acero reforzada con nervaduras, apoyada sobre vigas de acero, lo que mejora tanto su resistencia como su rigidez. Así, la losa no solo soporta el peso vertical, sino que también ayuda a distribuir las cargas laterales de manera eficiente.

**Ilustración 44.** Losa deck detalle de conectores de corte

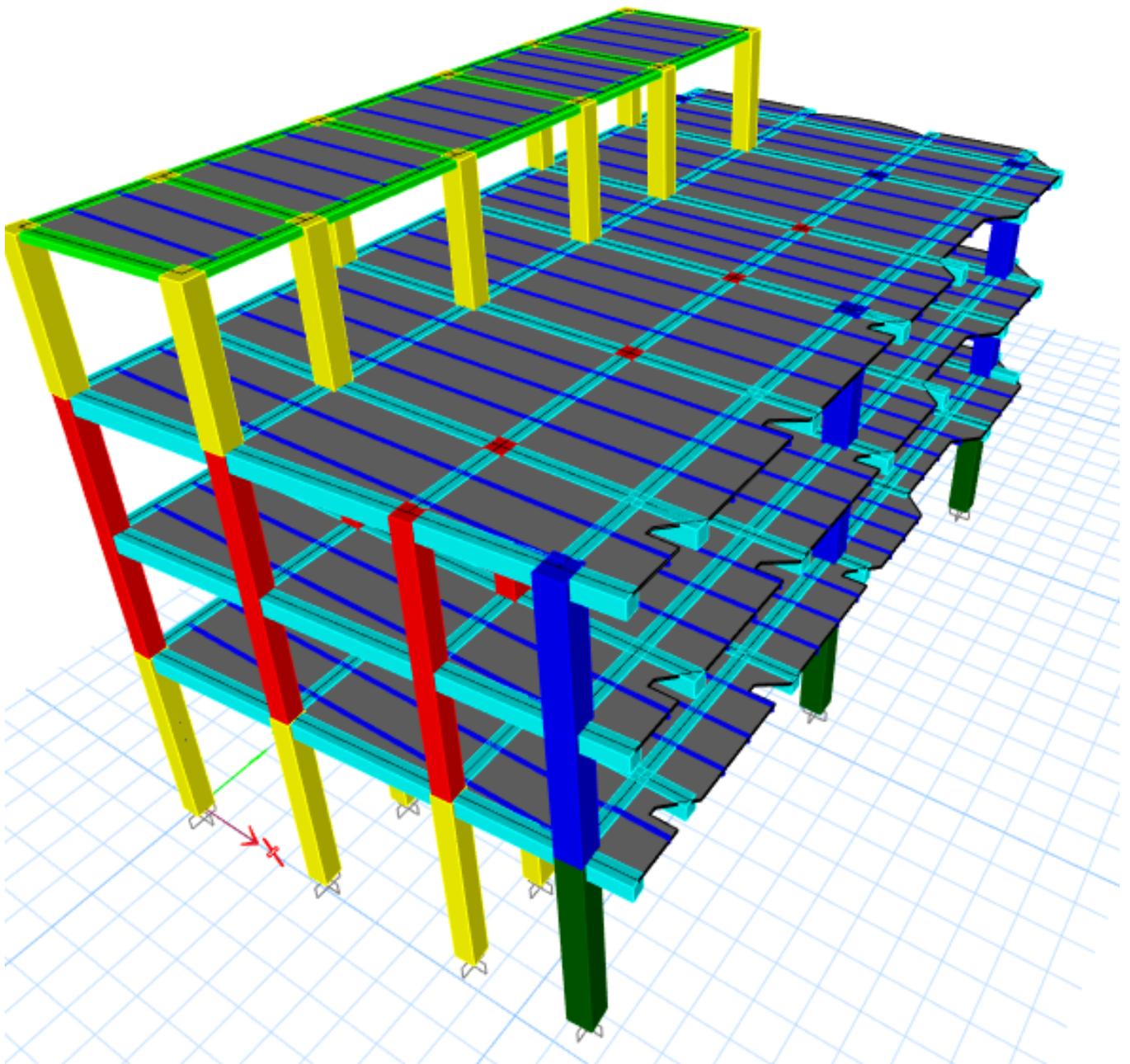


. Fuente: Perez Castillo Edinson, (2025).

#### 4.1.6. Modelación de la losa steel deck de 10 cm de espesor en edificación

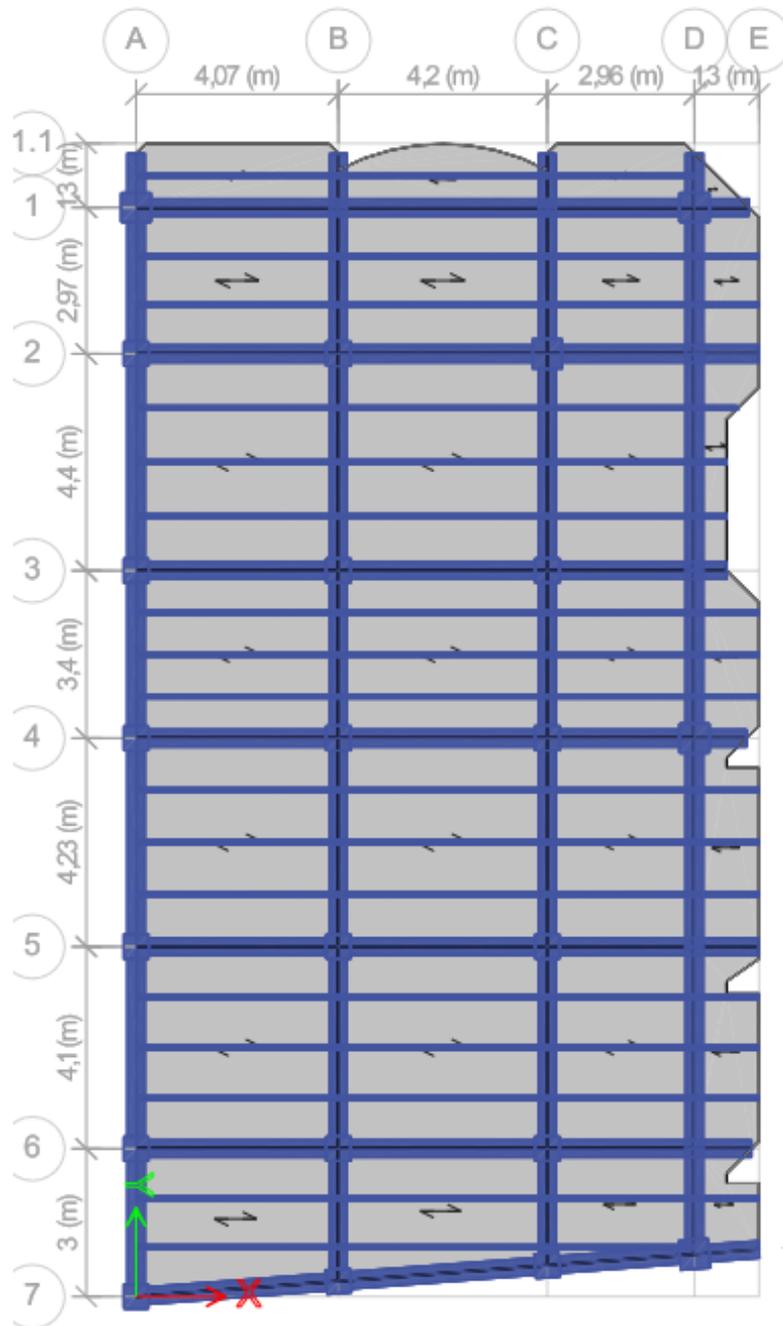
El modelo de la losa Steel Deck de 10 cm se desarrolló en ETABS, siguiendo las medidas y configuraciones indicadas en los planos arquitectónicos. Este sistema integra columnas y vigas peraltadas de hormigón armado, metal deck y vigas secundarias de acero para asegurar la estabilidad de la estructura.

**Ilustración 45.** Esquema de losa Deck EDIFICIO- ETABS



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

**Ilustración 46.** Losa Steel Deck- Vista en Planta - Piso 1



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

#### 4.1.6.1. Datos ingresados de losa deck en Etabs

Una vez establecidos los materiales y la forma del panel, se realiza un cálculo preliminar de la placa deck, evaluando tanto su resistencia como su comportamiento en servicio. Para la resistencia, el fabricante indica la capacidad de la placa para soportar las cargas,

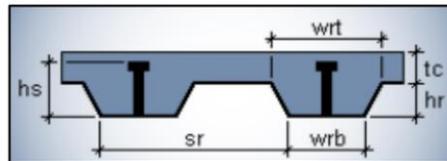
siempre después de haber realizado un análisis de cargas, lo que permite determinar la distancia adecuada entre apoyos o el sistema de apuntalamiento necesario.

**Tabla 49.** Materiales y geometría de losa deck

MATERIALES			
Fy	2536,37	kg/cm <sup>2</sup>	Fluencia del acero estructural A-36
Fu	4086,37	kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo último de fluencia
γ acero	7,85	t/m <sup>3</sup>	Peso volumétrico del acero
γ horm	2,40	t/m <sup>3</sup>	Peso volumétrico del hormigón
Geometría del panel para placa losa			
L mayor promedio	4,40	m	Longitud mayor promedio del panel
L menor promedio	4,20	m	Longitud menor promedio del panel
L viga	4,40	m	Longitud de viga
L vigueta	4,2	m	Longitud de vigueta
n (nro vigts)	3	u	Número de viguetas
Lap	1,10	m	Longitud de apuntalamiento (Lviga/n+1)

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

**Ilustración 47.** Corte de placa colaborante.



**Fuente:** ETABS, (2022).

Se resume en la tabla las dimensiones de la placa, así como el peso de la losa por metro cuadrado.

**Tabla 50.** Geometría de Placa deck

GEOMETRÍA PLACA DECK			
Lap max	1,91	m	Longitud máxima de apuntalamiento
e	0,65	mm	Espesor placa deck
hr	5	cm	Altura del nervio de la placa deck
tc	5	cm	Altura por encima del nervio
ht	10	cm	Altura total de losa
wrt	14,5	cm	Ancho de lámina en la parte superior
wrb	12	cm	Ancho de la lámina en la parte inferior
sr	36.5	cm	Espaciamiento entre valles de la placa
Peso de la placa y volumen de hormigón / m <sup>2</sup>			
Vol horm	0,0695	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	Volumen de hormigón / m <sup>2</sup>
w deck	6,37	kg/m <sup>2</sup>	Peso de la placa deck
w D horm	0,1668	t/m <sup>2</sup>	Peso del hormigón
w D losa Deck	0,17317	t/m <sup>2</sup>	Peso total de la losa deck

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

El catálogo del fabricante proporciona los datos del volumen de hormigón por metro cuadrado y el peso de la placa deck. Con estos valores se puede calcular tanto el peso del hormigón como el peso total de la losa deck, utilizando el siguiente método:

$$w D \text{ horm} = \text{Vol horm} \cdot \gamma_{\text{horm}} \quad (\text{Ec. 89})$$

$$w D \text{ horm} = 0.0695 \cdot 2.4 = 0.1668 \text{ t/m}^2$$

$$w D \text{ losa Deck} = w \text{ deck} + w D \text{ horm} = 0.00637 + 0.1668 = 0.1732 \text{ t/m}^2$$

#### 4.1.6.1.1. Cálculo preliminar de viguetas fabricadas mediante laminado en caliente.

El cálculo inicial de las viguetas metálicas laminadas en caliente se realiza asumiendo que funcionan como vigas simplemente apoyadas, lo que significa que en sus puntos de apoyo no se generan momentos. Para este pre-dimensionamiento se toma como referencia el panel con mayor exigencia.

La Tabla 51 contiene los datos de materiales y geometría del panel para las viguetas

**Tabla 51.** Materiales y geometría del panel para vigueta.

MATERIALES			
Fy	2536.37	kg/cm2	Fluencia del acero estructural A-36
γ horm	2.4	t/m3	Peso volumétrico del hormigón
Øb	0.9	s.u.	Factor de reducción por flexión
Geometría del panel			
L mayor promed.	4,40	m	Longitud mayor promedio
L menor promed.	4,20	m	Longitud menor promedio
L viga	4,40	m	Longitud de viga
L vigueta	4,20	m	Longitud de vigueta
n (# viguetas)	3	u	Número de viguetas
Lap	1,10	m	Longitud de apuntalamiento

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

La longitud de apuntalamiento presentada en la anterior tabla es calculada a partir de la siguiente expresión. (Chacón, 2018)

$$L_{ap} = \frac{L_{viga}}{n + 1} \quad (\text{Ec. 90})$$

$$L_{ap} = \frac{4.40}{3 + 1} = 1.10 \text{ m}$$

Después de establecer los materiales y la forma del panel, se procede a calcular la carga que debe soportar la vigueta. Para esto, se considera una vigueta específica del panel para determinar su peso propio, lo que ayuda a obtener un valor más exacto al elegir la sección más adecuada. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 52

**Tabla 52.** Características de la vigueta y cargas aplicadas.

CARACTERÍSTICAS DE LA VIGUETA ASUMIDA			
W vigueta/m	0.0179	t/m	Peso de la sección por metro lineal
L vigueta	4.20	m	Longitud de vigueta
W vigueta	0.0752	t	Peso de la sección
A colab	4.62	m <sup>2</sup>	Área colaborante de la vigueta
Cargas			
w D vigueta	0.0163	t/m <sup>2</sup>	Peso propio de la vigueta
w D losa Deck	0.1732	t/m <sup>2</sup>	Peso propio de la losa deck
w PP	0.238	t/m <sup>2</sup>	Análisis de carga.
w L	0.200	t/m <sup>2</sup>	Análisis de carga.
wu	0.832	t/m <sup>2</sup>	Carga última aplicada en la vigueta

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

A continuación, se presentan los cálculos basados en los valores de la Tabla 52. El primer paso es determinar el peso de la sección por metro lineal, obtenido del catálogo del fabricante DIPAC para un perfil IPE 160, en función al módulo seccional plástico:

$$W \text{ vigueta/m} = 0.0179 \text{ t/m}$$

El peso total de la vigueta se calcula usando la siguiente fórmula:

$$W \text{ vigueta} = W_{\text{vigueta/m}} \cdot L \text{ vigueta} \text{ (Ec. 91)}$$

$$W \text{ vigueta} = 0.0179 \cdot 4.20 = 0.0752 \text{ ton}$$

El área colaborante de la vigueta se calcula multiplicando la longitud de la vigueta por la longitud de apuntalamiento:

$$A_{\text{colab}} = L_{\text{vigueta}} \cdot L_{\text{ap}} \quad \text{(Ec. 92)}$$

$$A_{\text{colab}} = 4.20 \cdot 1.10 = 4.62 \text{ m}^2$$

Con estos valores, se determina el peso propio de la vigueta:

$$w \text{ vigueta} = \frac{W \text{ vigueta}}{A_{\text{colab}}} \text{ (Ec. 93)}$$

$$w \text{ vigueta} = \frac{0.0752}{4.62} = 0.0162 \text{ t/m}^2$$

Con estos valores, se determina el peso propio de la vigueta:

$$w_u = 1.2 (w_D \text{ vigueta} + w_D \text{ losa} + w_{PP}) + 1.6(w_L) \text{ (Ec. 94)}$$

$$w_u = 1.2 (0.0163 + 0.1732 + 0.238) + 1.6(0.200) = 0.832 \text{ t/m}^2$$

Con las cargas definidas, se determina la sección de la vigueta, cuyos resultados se presentan en la Tabla 53.

**Tabla 53.** Momento último de diseño de vigueta.

MOMENTO FLECTOR DE LA VIGUETA			
L vigueta	4.20	m	Longitud de vigueta
Lap	1.10	m	Longitud de apuntalamiento
Qu	0.92	t/m	Carga lineal última
Mu	2.02	t.m	Momento flector
Módulo seccional plástico			
Z req	88.44	cm <sup>3</sup>	Módulo seccional plástico requerido

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

La carga lineal última se calcula utilizando la expresión:

$$q_u = w_u \cdot \text{Lap} \text{ (Ec. 95)}$$

$$q_u = 0.832 \cdot (1.10) = 0.92 \text{ t/m}$$

Con esta carga lineal última, se obtiene el momento flector para una viga simplemente apoyada:

$$M_u = \frac{q_u \cdot L^2}{8} \text{ (Ec. 96)}$$

$$M_u = \frac{0.92 \cdot (4.2)^2}{8} = 2.02 \text{ t} \cdot \text{m}$$

Finalmente, se determina el módulo seccional plástico requerido, considerando el momento flector calculado, el factor de reducción por flexión ( $\phi_b$ ), y la fluencia del acero estructural ( $F_y$ ):

$$Z_{x_{req}} = \frac{M_u}{\phi_b \cdot F_y} \text{ (Ec. 97)}$$

$$Z_{x_{req}} = \frac{2.02}{0.9 \cdot (2536.37)} = 88.44 \text{ cm}^3$$

Con estos cálculos, se presentan las secciones de viguetas seleccionadas para la estructura de hormigón armado, detalladas en la Tabla 54.

**Tabla 54.** Secciones preliminares de viguetas obtenidas en pre-dimensionamiento.

PERFIL	Peso	d	bf	tw	tf	R	Modulo seccional
	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	Z [cm <sup>3</sup> ]
IPE 80	6,00	80,00	46,00	3,80	5,20	5,00	20,00
IPE 100	8,10	100,00	55,00	4,10	5,70	5,00	34,20
IPE 120	10,40	120,00	64,00	4,40	6,30	5,00	53,00
IPE 140	12,90	140,00	73,00	4,70	6,90	7,00	77,30
IPE 160	15,80	160,00	82,00	5,00	7,40	7,00	109,00
IPE 180	18,80	180,00	91,00	5,30	8,00	7,00	140,00

Fuente: DIPAC. Catálogo de acero.

#### 4.1.6.1.2. Vigas en losa Deck

**Tabla 55.** Materiales y geometría de paneles adyacentes a viga interna

MATERIALES					
f'c	210,00	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la compresión del hormigón		
fy	4200,00	kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo		
γc (hormigón)	2,40	t/m <sup>3</sup>	Peso volumétrico del hormigón		
γs (acero)	7,85	t/m <sup>3</sup>	Peso volumétrico del acero		
Ø	0,90	s.u.	Factor de reducción por flexión		
β1	0,85	s.u.	Factor en función de f'c		
Geometría del panel 1			Geometría del panel 2		
L mayor prom.	4,40	m	L mayor prom.	4,40	m
L menor prom	4,20	m	L menor prom	4,07	m
L viga	4,40	m	L viga	4,40	m

Fuente: Perez Castillo Edinson, (2025).

Presentado los cálculos tipo, las secciones de vigas obtenidas para la estructura compuesta son las presentadas en la Tabla 56.

**Tabla 56.** Secciones preliminares de vigas obtenidas en pre-dimensionamiento.

PISO	ELEMENTO	NOMENCLATURA	DIMENSIONES	
			b [cm]	h [cm]
PB	Viga Central	Viga 35 x 40	35	40
PISO 1		Viga 35 x 40	35	40
PISO 2		Viga 35 x 40	35	40
MEZZ,		Viga 35 x 25	35	25
PB	Viga Borde	Viga 35 x 40	35	40
PISO 1		Viga 35 x 40	35	40
PISO 2		Viga 35 x 40	35	40
MEZZ,		Viga 35 x 25	35	25

Fuente: Perez Castillo Edinson, (2025).

#### 4.1.6.1.3. Elementos verticales

Los elementos verticales, como columnas y diafragmas, se definen para proporcionar soporte estructural. Los diafragmas se emplearán únicamente cuando la estructura lo requiera.

#### 4.1.6.1.4. Análisis de columnas en losa deck

Tras explicar los principios y ecuaciones del pre-dimensionamiento de columnas, se procede a identificar la columna interna más crítica del Edificio. Esta columna será utilizada como ejemplo de cálculo, indicando el área colaborante asociada.

**Tabla 57.** Materiales y geometría de área cooperante de columna interna.

MATERIALES			
f'c	240	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la compresión del hormigón
f <sub>y</sub>	4200	kg/cm <sup>2</sup>	Fluencia del acero de refuerzo
γ horm	2.4	t/m <sup>3</sup>	Peso volumétrico del hormigón
γ acero	7.85	t/m <sup>3</sup>	Peso volumétrico del acero
Geometría del palen para columna			
L <sub>may</sub>	4.12	m	Longitud mayor
L <sub>men</sub>	3.68	m	Longitud menor
A colab	15.16	m <sup>2</sup>	Área colaborante

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

Una vez presentados los ejemplos de las secciones de columnas obtenidas para la estructura compuesta se detallan en la Tabla 58. Es importante señalar que los pesos considerados en este pre-dimensionamiento incluyen el peso propio de la columna, las vigas, las losas, la mampostería y la carga viva correspondiente a cada nivel.

**Tabla 58.** Secciones preliminares de columnas obtenidas en pre-dimensionamiento.

PISO	ELEMENTO	NOMENCLATURA	DIMENSIONES	
			b [cm]	h [cm]
PB	Col. Central	Col 50 x 50	50	50
PISO 1		Col 45 x 45	45	45
PISO 2		Col 45 x 45	45	45
MEZZ,		Col 50 x 50	50	50
PB	Col. Borde	Col 50 x 50	60	60
PISO 1		Col 60 x 60	60	60
PISO 2		Col 60 x 60	60	60
MEZZ,		Col 60 x 60	60	60

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

**Tabla 59.** Cargas Gravitacionales

<b>CARGAS VERTICALES:</b>		
<b>Carga muerta:</b>	300	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Carga viva:</b>	200	kg/cm <sup>2</sup>

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

**Tabla 60.** Carga de diseño y servicio

<b>COMBINACION DE CARGAS:</b>	
<b>DISEÑO</b>	U = 1.2CM+1.6CV
<b>SERVICIO</b>	U= CM+CV

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

#### 4.1.7. Modelación de la losa steel deck de 10 [cm] de espesor

##### 4.1.7.1. Secciones utilizadas en losa Steel Deck con luces

- Columnas: C1 – PB – MEZZ – 0.50 x 0.50  
C2 – PB – MEZZ – 0.60 x 0.60  
C1 – P1 – P2 – 0.45 x 0.45  
C2 – P1 – P2 – 0.60 x 0.60
- Vigas Principales: 0.35 x 0.45 m
- Tres vigas secundarias: IPE 160
- Losa deck 10 cm

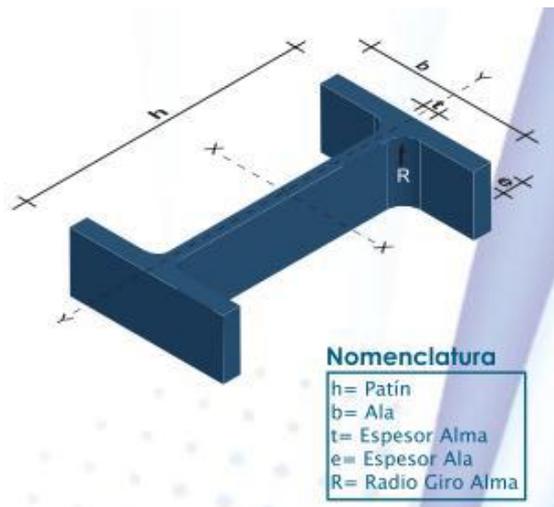
La altura mínima recomendada para una losa Steel Deck es de 10 cm, vinculada al tamaño de la viga metálica que la soporta. Si se presentan vibraciones excesivas, existen dos opciones: aumentar la altura de la viga o ajustar el grosor de la losa, siguiendo pautas técnicas establecidas. Para definir las dimensiones exactas de la viga, se utilizó un programa especializado que determinó la altura necesaria. Luego, se eligió un perfil metálico estándar (IPE) que coincidiera con los requerimientos calculados, asegurando que el diseño final cumpla con regulaciones internacionales de construcción.

**Simbología del perfil IPE:**

- **h:** Altura del patín
- **b:** Ancho del ala
- **t:** Espesor del patín
- **e:** Espesor del ala
- **R:** Radio de giro

Finalmente, se desarrolló un esquema para determinar la sección del perfil laminado IPE adecuada.

**Ilustración 48.** Esquema de Perfil laminado IPE



**Fuente:** Catálogos DIPAC, Perfiles Laminados IPE, PG 11.

**Ilustración 49.** Perfiles Laminados IPE

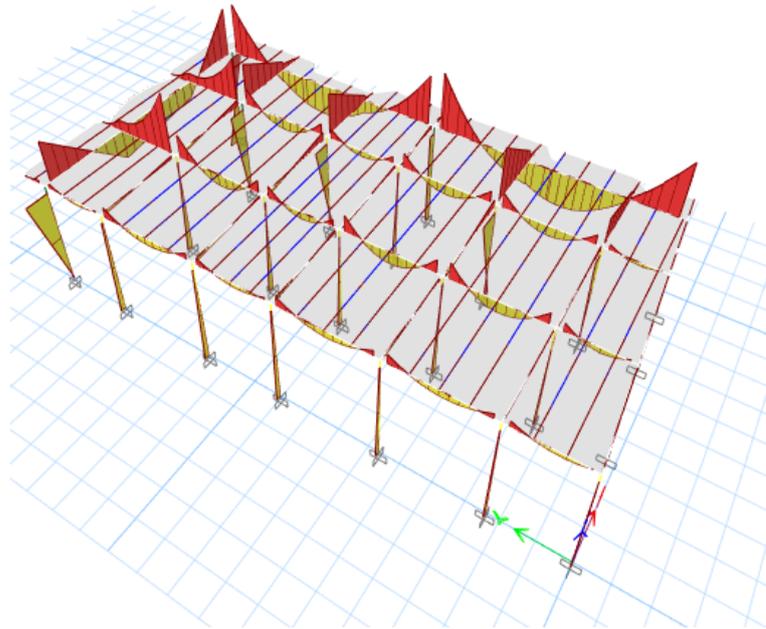
DENOMINACIÓN	DIMENSIONES					PROPIEDADES					
	h	b	t	e	R	ÁREA SECCIÓN cm <sup>2</sup>	PESOS kg/mts	INERCIA (cm <sup>4</sup> )		MÓDULO RESISTENCIA (cm <sup>3</sup> )	
	mm	mm	mm	mm	mm			Eje x-x	Eje y-y	Eje x-x	Eje y-y
IPE 80	80	46	3.80	5.20	5	7.64	6.00	80	8.49	20.00	3.69
IPE 100	100	55	4.10	5.70	5	10.30	8.10	171	15.90	34.20	5.79
IPE 120	120	64	4.40	6.30	5	13.20	10.40	318	27.70	53.00	8.65
IPE 160	160	82	5.00	7.40	7	20.10	15.80	869	68.30	109.00	16.70
IPE 200	200	100	5.60	8.50	9	28.50	22.40	1940	142.00	194.00	28.50
IPE 220	220	110	5.90	9.20	9	33.40	26.20	2770	205.00	252.00	37.30
IPE 240	240	120	6.20	9.80	12	39.10	30.70	3890	284.00	324.00	47.30
IPE 300	300	150	7.10	10.70	15	53.80	42.20	8360	604.00	557.00	80.50
IPE 400	400	180	8.60	13.50	118	84.50	63.30	23130	1320.00	1160.00	146.00
IPE 450	450	190	9.40	14.60	21	98.80	77.70	33740	1680.00	1500.00	176.00
IPE 500	500	200	10.20	16.00	21	116.00	90.70	48200	2140.00	1930.00	214.00

**Fuente:** Catálogos DIPAC, Perfiles Laminados IPE, PG 11, (s.f.)

#### 4.1.7.2. Determinación de las deflexiones en la losa Steel Deck con vigas secundarias de acero

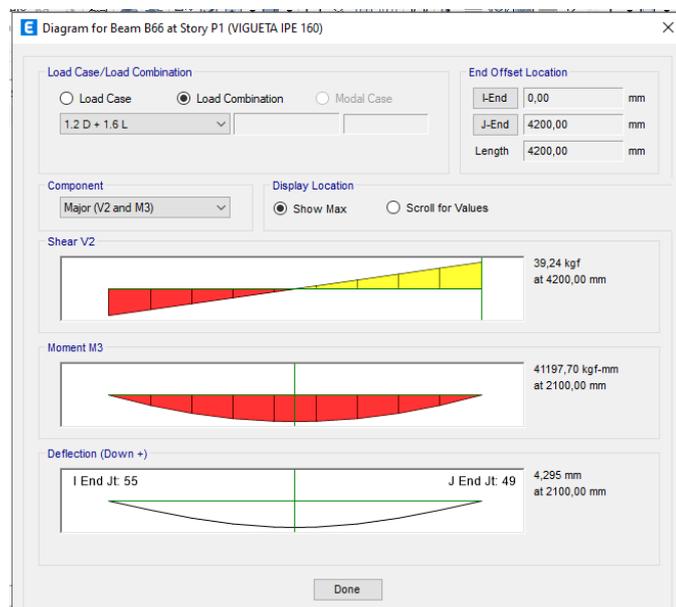
Mediante los paños se determina el paño más crítico, para determinar la deflexión máxima.

**Ilustración 50.** Diagrama de Momentos de losa deck



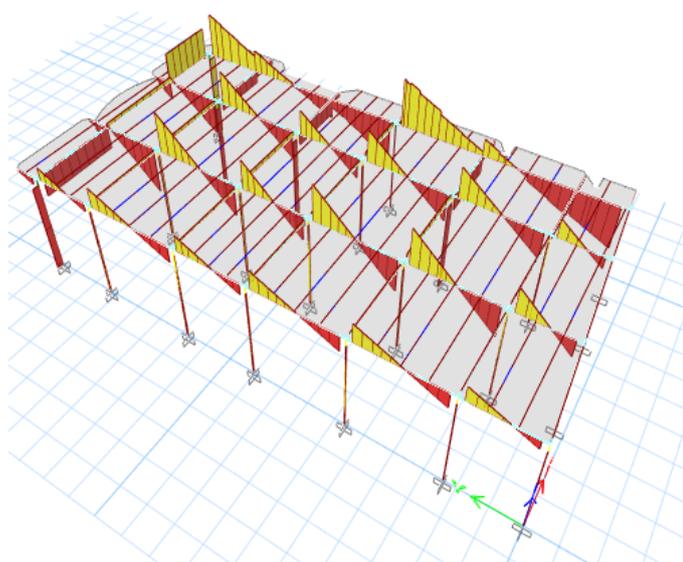
**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

**Ilustración 51.** Diagrama de Deflexión de Viga secundaria IPE 160 - CARGA ULTIMA



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025) - ETABS.

**Ilustración 52.** Diagrama de Fuerza Cortante Losa Deck



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025) – ETABS.

Deflexión máxima en la losa Steel Deck de espesor de 10 cm con las luces propuestas de los planos, se le coloco tres vigas de acero IPE 160 mm en cada paño de manera horizontal y una vertical, utilizando la condicionante de diseño L/360 como se muestra a continuación.

**Tabla 61.** Deflexión Máxima de la losa Steel Deck en vigas secundarias

TIPO DE LOSA	ESPESOR DE LOSETA(m)	L (m)	DEFLEXIÓN MÁXIMA (mm)	ΔMAX (MM)	CONDICIÓN	CARGAS
				L/ 360	DEFL MAX ≤ L/360	
Steel Deck P1	0.10	4.40	3.579	12.22	OK	DEAD
			3.452		OK	LIVE
			3.521		OK	CM+CV
			4.225		OK	1.2CM+1.6CV
Steel Deck P3	0.10	4.40	3.521	12.22	OK	DEAD
			3.452		OK	LIVE
			3.521		OK	CM+CV
			4.225		OK	1.2CM+1.6CV
Steel Deck P4	0.10	4.40	3.105	12.22	OK	DEAD
			2.756		OK	LIVE
			3.105		OK	CM+CV
			3.726		OK	1.2CM+1.6CV

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025) - ETABS.

## 4.2. COMPARACIÓN DE COSTOS UNITARIOS PARA LAS LOSAS DE HORMIGON ARMADO Y LOSAS DECK

### 4.2.1. Lista de rubros

Se obtuvo los precios de; costos de materiales, mano de obra y equipos mediante la recopilación de información como INEC – IPCO, APUS y otras fuentes tomadas de catálogos de proveedores.

**Tabla 62.** Tabla de rubros

RUBRO	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNIT. \$
1	Hormigón f c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Columnas: 60x60 cm	m3	215,38
2	Hormigón f c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Columnas: 50x50 cm	m3	208,64
3	Hormigón f c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Columnas: 45x45 cm	m3	197,80
4	Hormigón f c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Vigas: 35x40 cm	m3	209,58
5	Hormigón f c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Vigas: 35x25 cm	m3	197,80
6	Hormigón f c=210 kg/cm <sup>2</sup> de Losa h=20cm	m3	227,31
7	Hormigón f c=210 kg/cm <sup>2</sup> de Losa h=15cm	m3	191,93
8	Encofrado/Desencofrado de Columnas: 60x60 cm	m2	54,90
9	Encofrado/Desencofrado de Columnas: 50x50 cm	m2	44,24
10	Encofrado/Desencofrado de Columnas: 45x45 cm	m2	44,24
11	Encofrado/Desencofrado de Vigas: 35x40 cm	m2	61,53
12	Encofrado/Desencofrado de Vigas: 35x25 cm	m2	50,87
13	Encofrado/Desencofrado de Losa h=20cm	m2	62,28
14	Encofrado/Desencofrado de Losa h=15cm	m2	56,12
15	Alivianamientos 40x20x15	U	1,81
16	Acero Corrugado fy= 4200 Kg/cm <sup>2</sup>	kg	2,54
17	Estructura Metálica Vigas Tipo I, A36, IPE 160 mm	kg	2,81
18	Placa de anclaje	kg	3,84
19	Pernos Hilti	U	5,71
20	Losa Deck h=10cm, e=0.65mm	m2	29,86
21	Malla Electrosoldada	m2	6,93

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

#### 4.2.2. Costo de losa de hormigón armado

Con los rubros asignados se puede calcular el costo por piso

##### 4.2.2.1. Losa nervada en dos direcciones de hormigón armado

#### LOSA NERVADA DE 20 [cm] PRIMER PISO

Tabla 63. Costo m2 Losa HA P1

RUBRO	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	PRECIO UNIT.	TOTAL
1	Hormigón f c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Columnas: 60x60 cm	m3	5	215,38	1076,90
2	Hormigón f c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Columnas: 50x50 cm	m3	17	208,64	3546,92
4	Hormigón f c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Vigas: 35x40 cm	m3	47	209,58	9850,46
6	Hormigón f c=210 kg/cm <sup>2</sup> de Losa h=20cm	m3	28	227,31	6364,75
8	Encofrado/Desencofrado de Columnas: 60x60 cm	m2	5	54,90	274,52
9	Encofrado/Desencofrado de Columnas: 50x50 cm	m2	17	44,24	752,15
11	Encofrado/Desencofrado de Vigas: 35x40 cm	m2	47	61,53	2891,80
13	Encofrado/Desencofrado de Losa h=20cm	m2	28	62,28	1743,76
15	Alivianamientos 40x20x15	U	1059	1,81	1912,55
16	Acero Corrugado fy= 4200 Kg/cm <sup>2</sup>	kg	230	2,54	583,08
21	Malla Electrosoldada	m2	28	6,93	193,95
				<b>TOTAL</b>	<b>29190,82</b>

Fuente: Perez Castillo Edinson, (2025).

#### LOSA NERVADA DE 20 [cm] SEGUNDO PISO

Tabla 64. Costo m2 Losa HA P2

RUBRO	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	PRECIO UNIT.	TOTAL
1	Hormigón f c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Columnas: 60x60 cm	m3	5	215,38	1076,90
3	Hormigón f c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Columnas: 45x45 cm	m3	17	197,80	3362,65
4	Hormigón f c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Vigas: 35x40 cm	m3	47	209,58	9850,46
6	Hormigón f c=210 kg/cm <sup>2</sup> de Losa h=20cm	m3	28	227,31	6364,75
8	Encofrado/Desencofrado de Columnas: 60x60 cm	m2	5	54,90	274,52
10	Encofrado/Desencofrado de Columnas: 45x45 cm	m2	17	44,24	752,15
11	Encofrado/Desencofrado de Vigas: 35x40 cm	m2	47	61,53	2891,80
13	Encofrado/Desencofrado de Losa h=20cm	m2	28	62,28	1743,76
15	Alivianamientos 40x20x15	U	1059	1,81	1912,55
16	Acero Corrugado fy= 4200 Kg/cm <sup>2</sup>	kg	230	2,54	583,08
21	Malla Electrosoldada	m2	28	6,93	193,95
				<b>TOTAL</b>	<b>29006,56</b>

Fuente: Perez Castillo Edinson, (2025).

## LOSA NERVADA DE 20 [cm] TERRAZA

Tabla 65. Costo m2 Losa HA P3

RUBRO	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	PRECIO UNIT.	TOTAL
1	Hormigón f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Columnas: 60x60 cm	m3	5	215,38	1076,90
3	Hormigón f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Columnas: 45x45 cm	m3	17	197,80	3362,65
4	Hormigón f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Vigas: 35x40 cm	m3	47	209,58	9850,46
6	Hormigón f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> de Losa h=20cm	m3	28	227,31	6364,75
8	Encofrado/Desencofrado de Columnas: 60x60 cm	m2	5	54,90	274,52
10	Encofrado/Desencofrado de Columnas: 45x45 cm	m2	17	44,24	752,15
11	Encofrado/Desencofrado de Vigas: 35x40 cm	m2	47	61,53	2891,80
13	Encofrado/Desencofrado de Losa h=20cm	m2	28	62,28	1743,76
15	Alivianamientos 40x20x15	U	1059	1,81	1912,55
16	Acero Corrugado fy= 4200 Kg/cm <sup>2</sup>	kg	230	2,54	583,08
21	Malla Electrosoldada	m2	28	6,93	193,95
				<b>TOTAL</b>	<b>29006,56</b>

Fuente: Perez Castillo Edinson, (2025).

## LOSA NERVADA DE 15 [cm] MEZZANIME

Tabla 66. Costo m2 Losa HA P4

RUBRO	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	PRECIO UNIT.	TOTAL
2	Hormigón f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Columnas: 50x50 cm	m3	12	208,64	2503,71
5	Hormigón f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Vigas: 35x25 cm	m3	16	197,80	3164,85
7	Hormigón f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> de Losa h=15cm	m3	5	191,93	959,66
9	Encofrado/Desencofrado de Columnas: 50x50 cm	m2	12	44,24	530,93
12	Encofrado/Desencofrado de Vigas: 35x25 cm	m2	16	50,87	813,89
14	Encofrado/Desencofrado de Losa h=15cm	m2	5	56,12	280,58
15	Alivianamientos 40x20x15	U	301	1,81	543,61
16	Acero Corrugado fy= 4200 Kg/cm <sup>2</sup>	kg	120	2,54	304,21
21	Malla Electrosoldada	m2	5	6,93	34,63
				<b>TOTAL</b>	<b>9136,06</b>

Fuente: Perez Castillo Edinson, (2025).

#### 4.2.2.2. Losa steel deck

##### LOSA DECK h=10cm, e=0.65mm P1

Tabla 67. Costo m2 Losa SD P1

RUBRO	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	PRECIO UNIT.	TOTAL
1	Hormigón f c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Columnas: 60x60 cm	m3	5	215,38	1076,90
2	Hormigón f c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Columnas: 50x50 cm	m3	17	208,64	3546,92
4	Hormigón f c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Vigas: 35x40 cm	m3	47	209,58	9850,46
8	Encofrado/Desencofrado de Columnas: 60x60 cm	m2	5	54,90	274,52
9	Encofrado/Desencofrado de Columnas: 50x50 cm	m2	17	44,24	752,15
11	Encofrado/Desencofrado de Vigas: 35x40 cm	m2	47	61,53	2891,80
16	Acero Corrugado fy= 4200 Kg/cm <sup>2</sup>	kg	230	2,54	583,08
17	Estructura Metálica Vigas Tipo I, A36, IPE 160 mm	kg	96	2,81	269,87
18	Placa de anclaje	kg	77	3,84	295,68
19	Pernos Hilti	U	308	5,71	1758,00
20	Losa Deck h=10cm, e=0.65mm	m2	28	29,86	836,18
21	Malla Electrosoldada	m2	28	6,93	193,95
				<b>TOTAL</b>	<b>22329,5</b>

Fuente: Perez Castillo Edinson, (2025).

##### LOSA DECK h=10cm, e=0.65mm P2

Tabla 68. Costo m2 Losa SD P2

RUBRO	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	PRECIO UNIT.	TOTAL
1	Hormigón f c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Columnas: 60x60 cm	m3	5	215,38	1076,90
3	Hormigón f c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Columnas: 45x45 cm	m3	17	197,80	3362,65
4	Hormigón f c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Vigas: 35x40 cm	m3	47	209,58	9850,46
8	Encofrado/Desencofrado de Columnas: 60x60 cm	m2	5	54,90	274,52
10	Encofrado/Desencofrado de Columnas: 45x45 cm	m2	17	44,24	752,15
11	Encofrado/Desencofrado de Vigas: 35x40 cm	m2	47	61,53	2891,80
16	Acero Corrugado fy= 4200 Kg/cm <sup>2</sup>	kg	230	2,54	583,08
17	Estructura Metálica Vigas Tipo I, A36, IPE 160 mm	kg	96	2,81	269,87
18	Placa de anclaje	kg	77	3,84	295,68
19	Pernos Hilti	U	308	5,71	1758,00
20	Losa Deck h=10cm, e=0.65mm	m2	28	29,86	836,18
21	Malla Electrosoldada	m2	28	6,93	193,95
				<b>TOTAL</b>	<b>22145,23</b>

Fuente: Perez Castillo Edinson, (2025).

**LOSA DECK h=10cm, e=0.65mm P3 TERRAZA****Tabla 69.** Costo m2 Losa SD P3

RUBRO	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	PRECIO UNIT.	TOTAL
1	Hormigón f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Columnas: 60x60 cm	m3	5	215,38	1076,90
3	Hormigón f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Columnas: 45x45 cm	m3	17	197,80	3362,65
4	Hormigón f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Vigas: 35x40 cm	m3	47	209,58	9850,46
8	Encofrado/Desencofrado de Columnas: 60x60 cm	m2	5	54,90	274,52
10	Encofrado/Desencofrado de Columnas: 45x45 cm	m2	17	44,24	752,15
11	Encofrado/Desencofrado de Vigas: 35x40 cm	m2	47	61,53	2891,80
16	Acero Corrugado fy= 4200 Kg/cm <sup>2</sup>	kg	230	2,54	583,08
17	Estructura Metálica Vigas Tipo I, A36, IPE 160 mm	kg	96	2,81	269,87
18	Placa de anclaje	kg	77	3,84	295,68
19	Pernos Hilti	U	308	5,71	1758,00
20	Losa Deck h=10cm, e=0.65mm	m2	28	29,86	836,18
21	Malla Electrosoldada	m2	28	6,93	193,95
				<b>TOTAL</b>	<b>22145,23</b>

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

**LOSA DECK h=10cm, e=0.65mm MEZANIME****Tabla 70.** Costo m2 Losa SD P4

RUBRO	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	PRECIO UNIT.	TOTAL
2	Hormigón f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Columnas: 50x50 cm	m3	12	208,64	2503,71
5	Hormigón f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Vigas: 35x25 cm	m3	16	197,80	3164,85
9	Encofrado/Desencofrado de Columnas: 50x50 cm	m2	12	44,24	530,93
12	Encofrado/Desencofrado de Vigas: 35x25 cm	m2	16	50,87	813,89
16	Acero Corrugado fy= 4200 Kg/cm <sup>2</sup>	kg	120	2,54	304,21
17	Estructura Metálica Vigas Tipo I, A36, IPE 160 mm	kg	19	2,81	53,41
18	Placa de anclaje	kg	32	3,84	122,88
19	Pernos Hilti	U	128	5,71	730,60
20	Losa Deck h=10cm, e=0.65mm	m2	5	29,86	149,32
21	Malla Electrosoldada	m2	5	6,93	34,63
				<b>TOTAL</b>	<b>8408,43</b>

**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

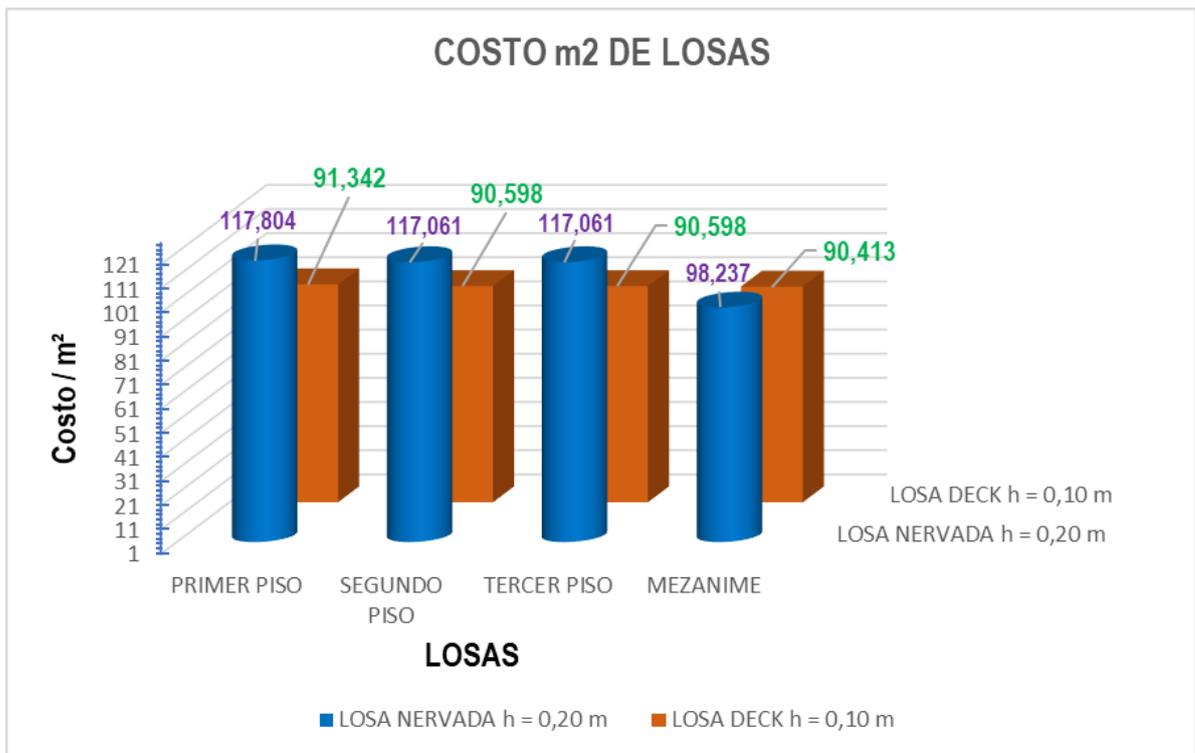
### 4.3. RESULTADO DE COSTOS

#### 4.3.1. Comparación de costo por m<sup>2</sup> en losas

Los criterios de análisis y diseño se obtuvieron mediante cálculos que cumplen con los estándares de construcción ACI 318-19, priorizando tanto la seguridad estructural como la eficiencia económica de las losas, tal como se detalla en los apartados siguientes.

##### 4.3.1.1. Losa nervada y losa deck

Ilustración 53. Comparativa de costos m<sup>2</sup> losa deck y losa nervada



**Fuente:** Perez Castillo Edinson, (2025).

La imagen muestra una comparación de costos por metro cuadrado entre losas nervadas (espesor 0,20 m) y losas Deck (espesor 0,10 m) en diferentes niveles de un edificio. Los costos de las losas nervadas son consistentemente más altos que los de las losas Deck, reflejando su mayor espesor y uso de materiales. Por ejemplo, en el primer piso, la losa nervada alcanza un costo de 117,80, mientras que la Deck se mantiene en ~90,60. Esta diferencia se mantiene en pisos superiores, aunque con una ligera reducción en el mezanime (98,24 vs. 90,41). La variación general sugiere que las losas nervadas, al ser más robustas, implican mayores gastos en hormigón y acero, mientras que las Deck ofrecen ahorros significativos sin comprometer funcionalidad en áreas con menores cargas estructurales.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES

- Con base en mi análisis en ETABS, concluyo que la losa steel deck es más eficiente en la construcción de edificios en Machala, gracias a su rápido montaje y menor consumo de materiales; sin embargo, considero que la losa nervada bidireccional ofrece ventajas para adaptarse a alturas variables, al distribuir las cargas de manera equilibrada según las normativas locales (NEC) e internacionales (ACI, AISC).
- He observado que, aunque ambos sistemas se adaptan a diversas alturas, la losa steel deck requiere ajustes en las vigas secundarias para optimizar su respuesta ante cargas gravitacionales, mientras que la losa nervada demanda un control más riguroso de las deflexiones en plantas superiores.
- Bajo las normativas ACI 318-19 y AISC 360-22, mi evaluación confirma que la losa steel deck cumple con los esfuerzos admisibles en acero, pese a depender en gran medida de las vigas secundarias para mitigar momentos negativos; en contraste, la losa nervada bidireccional depende primordialmente del concreto armado, lo que la hace adecuada para proyectos con cargas distribuidas uniformemente.
- En cuanto al cumplimiento normativo en Ecuador, comprobé que ambos sistemas son viables; sin embargo, la losa steel deck precisa de catálogos locales estandarizados para evitar discrepancias en los valores de diseño, mientras que la losa nervada se comporta de forma más predecible al seguir metodologías tradicionales del ACI.
- La modelación en ETABS me reveló que la losa steel deck presenta menores deflexiones en plantas bajas debido a su rigidez metálica, mientras que, en plantas altas, la losa nervada bidireccional resulta más eficaz para reducir vibraciones sin necesidad de incrementar el peralte de las vigas.
- En términos de capacidad de carga, mi análisis indica que la losa nervada bidireccional distribuye de manera más eficiente los esfuerzos hacia las columnas centrales, mientras que la losa steel deck depende de perfiles IPE laminados para equilibrar cargas concentradas, lo que la hace idónea para estructuras con restricciones de tiempo en construcción.

- La incorporación de una columna central en mi modelo ETABS puede reducir las deflexiones críticas de la losa steel deck como la losa nervada, demostrando que ajustar elementos estructurales, como las vigas secundarias, es esencial para cumplir con los límites normativos de la NEC.
- Finalmente, noté que las discrepancias entre los resultados del software y los planos originales se deben a la omisión de cargas no gravitacionales en el modelo, lo que refuerza mi convicción de que es imprescindible validar las hipótesis de diseño con parámetros realistas y actualizados.

## RECOMENDACIONES

- En primer lugar, se recomienda realizar una comparación exhaustiva del comportamiento de los dos sistemas de losa, es decir, la losa nervada bidireccional y la losa steel deck, a través de modelaciones detalladas en ETABS. Esta comparación debe abordar aspectos críticos como la distribución de esfuerzos, las deflexiones y la respuesta ante cargas gravitacionales, permitiendo identificar de manera clara las ventajas y limitaciones de cada sistema en función de diferentes escenarios de carga y condiciones de servicio.
- En segundo término, resulta fundamental evaluar la integración material en las losas steel deck, puesto que la eficacia de este sistema depende de la correcta interacción entre la capa de acero y el hormigón. Es necesario asegurar que ambos materiales actúen de forma complementaria, evitando zonas de tensión que puedan comprometer la resistencia estructural, lo que se logra mediante un diseño cuidadoso de los conectores y una adecuada verificación de la unión entre los componentes.
- En tercer lugar, se sugiere la actualización y adecuación de las normativas de construcción locales, integrando criterios modernos que contemplen las particularidades de los sistemas innovadores como el steel deck. La revisión de normas como la NEC, ACI y AISC permitirá establecer parámetros de diseño más precisos y adaptados a las condiciones específicas de Machala, facilitando la incorporación de nuevas tecnologías en la práctica constructiva.
- En cuarto lugar, es indispensable considerar las condiciones geotécnicas propias del terreno de Machala, lo que implica la realización de estudios detallados sobre la capacidad portante del suelo, el nivel freático y la composición de las materiales in situ. Este análisis permitirá determinar de manera precisa el tipo de

cimentación y el espesor adecuado de las losas, garantizando la estabilidad y seguridad de la edificación frente a las particularidades del entorno.

- En quinto lugar, se debe efectuar un análisis económico y de tiempo de construcción que, además de evaluar el costo por metro cuadrado de cada sistema, incluya aspectos como la mano de obra especializada y la rapidez en la ejecución de la obra. Esta perspectiva integral permite no solo identificar la opción más económica, sino también determinar la viabilidad práctica de cada sistema en función de restricciones presupuestarias y plazos de entrega, aspectos cruciales en proyectos reales.
- En sexto lugar, es importante promover la capacitación continua de los profesionales en el uso de herramientas digitales como ETABS, ya que la correcta interpretación y aplicación de los resultados de la modelación son fundamentales para garantizar diseños precisos y seguros. La formación especializada y la actualización en metodologías de análisis estructural contribuyen a optimizar la toma de decisiones y a fomentar la adopción de tecnologías innovadoras en el sector de la construcción.
- En séptimo lugar, se recomienda validar experimentalmente los modelos obtenidos mediante ensayos a escala y pruebas de laboratorio que simulen el comportamiento real de las losas bajo diversas cargas. Esta verificación práctica permite ajustar los parámetros del modelo digital, incrementando la confianza en los resultados y asegurando que las predicciones computacionales reflejen con mayor precisión el desempeño estructural en la realidad.
- Finalmente, es pertinente la elaboración de guías y manuales técnicos locales que integren las mejores prácticas y recomendaciones derivadas del análisis comparativo de los sistemas de losa. Estos documentos deben estar orientados a simplificar el proceso de diseño y construcción para profesionales de la región, proporcionando ejemplos, procedimientos y criterios claros que faciliten la adopción de soluciones seguras, eficientes y adaptadas a las condiciones específicas de Machala.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aljaafreh, A., Alzubi, Y., Al-Kharabsheh, E., & Yasin, B. (2023). Seismic Performance of Reinforced Concrete Structures with Concrete Deficiency Caused by In-situ Quality Management Issues. *Civil Engineering Journal (Iran)*, 9(8). <https://doi.org/10.28991/CEJ-2023-09-08-010>
- Aman, S. S., Mohammed, B. S., Wahab, M. A., & Anwar, A. (2020). Performance of reinforced concrete slab with opening strengthened using CFRP. *Fibers*, 8(4). <https://doi.org/10.3390/fib8040025>
- Arias-Salazar, D., & Naranjo-Bustos, C. (2022). Comparación Económica De Dos Tipos De Losas Con Sistema Tradicionales vs. Losas Postensadas En Quito - Ecuador. *593 Digital Publisher CEIT*, 7(4–2). <https://doi.org/10.33386/593dp.2022.4-2.1084>
- Astutik, Y. S. (2019). Floor Slab Analysis (Case Study: One Residence Apartment Batam Center). *Journal of Physics: Conference Series*, 1230(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1230/1/012050>
- Bencomo, O. (2022). *Planning of sustainable development El Oro province and Machala canton: critical analysis from cultural dimension*. 18, 345–354.
- Bermeo, C., Sánchez, D., & Placencia, P. (2020). Comportamiento de Conexión Losa-Columna en Nudos Interiores de Pórticos con Losas Planas y Vigas Embebidas. *Revista Politécnica*, 45(1). <https://doi.org/10.33333/rp.vol45n1.02>
- BRITTO, G. F. J., SILVA, V. S., & GONÇALVES, J. P. (2020). Experimental analysis of longitudinal shear of composite slabs. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, 13(3). <https://doi.org/10.1590/s1983-41952020000300005>
- Cabrera, P., Ordoñez, J., Carrión, L., & Lima, R. (2020a). Geotecnia enfocada a cimentaciones de edificaciones de 3 pisos en la ciudad de Machala. *Conference Proceedings (Machala)*, 4(1). <https://doi.org/10.48190/cp.v4n1a6>
- Cabrera, P., Ordoñez, J., Carrión, L., & Lima, R. (2020b). Geotecnia enfocada a cimentaciones de edificaciones de 3 pisos en la ciudad de Machala: Geotechnics focused on foundations of 3-story buildings in the city of Machala. *Conference Proceedings (Machala)*, 4, 94–111. <https://doi.org/10.48190/cp.v4n1a6>
- CANDO TIPAN, W. (2021). COMPARACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DEL COMPORTAMIENTO A LA CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA DEL HORMIGÓN DE LOSAS TIPO DECK, UTILIZANDO FIBRAS DE ACERO VS. MALLA DE ACERO ELECTROSOLDADA. *AXIOMA*, 1(25). <https://doi.org/10.26621/ra.v1i25.704>
- Cespedes-Lopez, M. F., Mora-Garcia, R. T., Perez-Sanchez, V. R., & Marti-Ciriquian, P. (2020). The influence of energy certification on housing sales prices in the province of alicante (Spain). *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(20). <https://doi.org/10.3390/app10207129>
- Chen, H., Zhou, X., Li, Q., He, R., & Huang, X. (2021). Dynamic compressive strength tests of corroded sfrc exposed to drying–wetting cycles with a 37 mm diameter shpb. *Materials*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/ma14092267>

- Cueva, J., & Diaz, M. (2019). Experimental study of the composite steel deck in terms of geometric and mechanical parameters. *TECNIA*, 29(2). <https://doi.org/10.21754/tecnia.v29i2.705>
- Díaz, M., Hernández, L., & Parra, G. (2021). COMPOSITE FLOOR SYSTEMS WITH OPEN WEB BEAMS. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 26.
- Espinoza, N. S. (2019). La informalidad en la construcción de viviendas de albañilería y su influencia en la vulnerabilidad sísmica en el sector 4, Distrito de Amarilis-Huánuco-2019. *Repositorio Universidad de Huánuco*.
- Franco, J., Martínez, M., Hernández, L., Arévalo, D., Herrera, M., & Gómez, C. (2022). Análisis de la Resistencia a Corte de Conectores Tipo Ángulo en Losas de Hormigón Armado sobre Estructura Metálica. *Revista Técnica De La Facultad De Ingeniería Universidad Del Zulia*, 45(1), 36–47. <https://doi.org/10.22209/rt.v45n1a04>
- Granda Granda, A. V., Carriel Bustamante, V. V., & Castillo Ortega, Y. (2021). La integración social: Un desafío en la política de desarrollo local sostenible en la parroquia urbana la providencia del cantón Machala. *Ciencia Digital*, 5(1). <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v5i1.1528>
- Hinojosa Coca, F. A. (2019). Comparación de losas macizas de hormigón mediante dos enfoques. *Revista Ingeniería*, 3(7). <https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v3i7.47>
- Kuznetsov, D., Belyaeva, S., & Sazykin, V. (2020). Steel I-joists calculating method with the heel joint partial restraint. *Russian Journal of Transport Engineering*, 7(3). <https://doi.org/10.15862/09sats320>
- Lewenstein, B. P., & Ramírez de Alba, H. (2020). Alternativa sustentable para la construcción de losas de entepiso utilizando madera y concreto. *Revista Del Centro de Investigación de La Universidad La Salle*, 14(54). <https://doi.org/10.26457/recein.v14i54.2441>
- Li, S., Sun, L., & Kong, F. (2019). Vibration Control Performance Analysis and Shake-Table Test of a Pounding Tuned Rotary Mass Damper under the Earthquake. *Shock and Vibration*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/4038657>
- Li, X., Gao, M., Li, H., Hou, X., Tian, S., Yang, J., & Zhang, X. (2024). Spatio-temporal evolution and obstacle diagnosis of human settlements based on the “production-living-ecological” functions. *Scientific Reports*, 14(1), 31022. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-82259-0>
- Ma, J., Gomaa, M., Bao, D. W., Rezaee Javan, A., & Xie, Y. M. (2022). PRINTNERVI – DESIGN AND CONSTRUCTION OF A RIBBED FLOOR SYSTEM IN THE DIGITAL ERA. *Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures*, 63(4). <https://doi.org/10.20898/j.iaass.2022.017>
- Martínez, C. A., Díaz, J. F., & Duque, R. (2019). Diseño del encofrado para muros usando encofrados modulares. *TecnoLógicas*, 22. <https://doi.org/10.22430/22565337.1509>
- Mata-Falcón, J., Bischof, P., Huber, T., Anton, A., Burger, J., Ranaudo, F., Jipa, A., Gebhard, L., Reiter, L., Lloret-fritschi, E., Van Mele, T., Block, P., Gramazio, F., Kohler, M., Dillenburger, B., Wangler, T., & Kaufmann, W. (2022). Digitally

- fabricated ribbed concrete floor slabs: a sustainable solution for construction. *RILEM Technical Letters*, 7. <https://doi.org/10.21809/rilemtechlett.2022.161>
- Meddage, D. P. P., Chadee, A., Jayasinghe, M. T. R., & Rathnayake, U. (2022). Exploring the applicability of expanded polystyrene (EPS) based concrete panels as roof slab insulation in the tropics. *Case Studies in Construction Materials*, 17. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01361>
- Mieles, Y., & Larrúa, R. (2019). Modelo puntal tensor para un nudo híbrido viga de hormigón y viga de acero bajo cargas gravitatorias. *Revista Ingeniería de Construcción*, 34(3). <https://doi.org/10.4067/s0718-50732019000300330>
- Molina Ponce, J. J., Raiban Calle, C. F., & Nieto-Cárdenas, J. X. (2023). Análisis constructivo y de presupuesto de losas alivianadas de una dirección vs losas construidas en dos direcciones: estudio de caso en Cuenca y Azogues. *Green World Journal*, 6(2), 72–72. <https://doi.org/10.53313/gwj62073>
- Morales Gubio, L. W. (2020). Incidencia del hormigón ligero y flexible en la optimización de secciones, ductilidad y desempeño estructural. *Cumbres*, 6(1). <https://doi.org/10.48190/cumbres.v6n1a6>
- Mortazavi Bak, H., Kariminia, T., Shahbodagh, B., Rowshanzamir, M. A., & Khoshghalb, A. (2021). Application of bio-cementation to enhance shear strength parameters of soil-steel interface. *Construction and Building Materials*, 294. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123470>
- Nyong, W. U., Desmond, O. O., & Olalekan, O. S. (2023). Comparative analysis and design of solid ribbed and waffle slabs for residential buildings: A review. In *Indian Journal of Engineering* (Vol. 20, Issue 53). <https://doi.org/10.54905/disssi/v20i53/e14ije1014>
- Orihuela, J., & Sánchez, N. (2016). Diseño estructural de tanques rectangulares y sus aplicaciones. *Ingenium*, 01(02). <https://doi.org/10.18259/ing.2016009>
- Paul, S. C., van Zijl, G. P. A. G., & Šavija, B. (2020). Effect of fibers on durability of concrete: A practical review. In *Materials* (Vol. 13, Issue 20). <https://doi.org/10.3390/ma13204562>
- Portilla Yupanqui, V. A. (2019). Diseño estructural de un edificio de concreto armado en Surco. In *Repositorio de Tesis - PUCP; Pontificia Universidad Católica del Perú*.
- Quino Quispe, W. P. (2019). Optimización de concreto en losas aligeradas en construcción de viviendas, con la incorporación de vacíos esféricos y aplicación del sistema Bubble Deck. In *Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga*.
- Rojas, H., Yaguana, A., & Baculima, F. (2022). Herramienta para revisión digital y captación de datos de proyectos de construcción. *CienciAmérica*, 11(2). <https://doi.org/10.33210/ca.v11i2.397>
- Salinas Villegas, E. X., Espín Lagos, S. M., Vélez Niacato, A. M., Guamanquispe Toasa, J. P., & Freire Romero, D. R. (2023). Evaluación de pórticos concéntricos en V, V invertida y en k y su impacto en el diseño de un edificio de acero de 7 pisos. *AlfaPublicaciones*, 5(2). <https://doi.org/10.33262/ap.v5i2.345>

- Salomão, P. E. A., Santos, A. A. dos, Lorentz, L. P. A., & Paula, L. T. G. de. (2019). Sistema misto steel deck e suas aplicações na construção civil. *Research, Society and Development*, 8(12). <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i12.1364>
- Sanabra-Loewe, M., Capellà-Llovera, J., Ramírez-Anaya, S., & Pujadas-Gispert, E. (2023). A path to more versatile code provisions for slab deflection control. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Structures and Buildings*, 176(4). <https://doi.org/10.1680/jstbu.20.00205>
- Santos, W. W. dos, Buzatto, L. M., Gonçalves, J. R. M. R., Martins, F. B. da S., Nóbrega, M. de J. R. da, Queiroz, H. R. de, & Bentes, F. M. (2020). Comparative Analysis between Ribbed and Steel Deck Slabs. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 7(7). <https://doi.org/10.22161/ijaers.77.20>
- Santos, M., Sornoza, D., Hidalgo, B., Mieles, Y., & Alcívar, S. (2021). STRUCTURAL PATHOLOGIES OF FLOOR SLABS. In *Revista Internacional de* (Vol. 26).
- Sawwalakhe, A. K., & Pachpor, P. D. (2021). Comparative Study Of Conventional Slab, Flat Slab And Grid Slab Using ETABS. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1197(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1197/1/012020>
- SILVA, A. R., & SILVA, P. B. (2019). Nonlinear numerical analysis of composite slabs with steel decking. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, 12(5). <https://doi.org/10.1590/s1983-41952019000500002>
- Soomro, Z., Abbasi, S. A., Khoso, S., Ansari, A. A., Ali, T., & Naqash, M. T. (2022). Realistic Determination of Live Loads on Various Reinforced Concrete Structures. *Engineering, Technology and Applied Science Research*, 12(3). <https://doi.org/10.48084/etasr.4783>
- Valenzuela, H., Velasco, F., Hernández Rodríguez, L. T., & Guaminga, E. (2022). Estudio experimental de conectores de corte tipo ángulo en posición L y V embebidos en losas compuestas con lámina metálica colaborante. *Gaceta Técnica*, 23(2). <https://doi.org/10.51372/gacetatecnica232.6>
- Wu, F., Yang, X., Lian, B., Wang, Y., & Kang, J. (2023). Suitability Evaluation of Human Settlements Using a Global Sensitivity Analysis Method: A Case Study in China. *Sustainability*, 15(5), 4380. <https://doi.org/10.3390/su15054380>
- 318-14, A. (11 de 05 de 2024). LOSAS EN DOS DIRECCIONES - MÉTODO DEL PÓRTICO EQUIVALENTE CAP08. Obtenido de [https://civilshare.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/07/aci\\_318s\\_14\\_en\\_espanol.pdf](https://civilshare.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/07/aci_318s_14_en_espanol.pdf)
- Aquino Solano, H. J. (2020). Análisis comparativo de costos y rendimiento entre los sistemas constructivos de una losa nervada y losa Steel Deck. upse. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5414>
- Asán, A. A. (2020). MODELO CONCEPTUAL DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACION TIPO, DESTINADO A USO COMERCIAL, UBICADO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL, EN LA COOP. GUEVARA MORENO 1, CALLE GABRIEL GARCÍA MORENO. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, 285. Obtenido de

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/51685/1/T-70535%20%20AQUILES%20SUAREZ%20FINAL.pdf>

- Bencomo, O. B. (23 de 03 de 2022). Planificación del desarrollo provincia EL Oro y cantón Machala: examen crítico desde la dimensión cultural. REVISTA CONRADO, 18(85), 345-354. Obtenido de <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/2296/2222>
- C, C. M. (2007). LOSAS BIDIRECCIONALES CON VIGAS, OTRA ALTERNATIVA DE CÁLCULO. Quito.
- CAMPO, M. B. (2022). ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES DE ENTREPISOS EN DOS DIRECCIONES, LOSAS MACIZAS Y LOSAS NERVADAS. Universidad de Cartagena, 90. Obtenido de <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/14625/ANALISIS%20ESTRUCTURAL%20COMPARATIVO%20ENTRE%20LOS%20SISTEMAS%20DE%20ENTREPISOS%20EN%20DOS%20DIRECCIONES%20LOSA%20MACIZA%20.pdf?isAllowed=y&sequence=1>
- Casco, J. &. (Mayo de 2019). Análisis comparativo de los diferentes sistemas de entrepiso en edificios basado en aspectos de seguridad y costo, Universidad del salvador (RIUES). UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, 371. Obtenido de <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20468/1/Analisis%20comparativo%20de%20los%20diferentes%20sistemas%20de%20entrepiso.pdf>
- COOTAD. (2018). CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACION TERRITORIAL.
- GAD\_Machala. (2019). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Machala.
- Grant J., F. J. (1977). COMPOSITE BEAMS WITH FORMED STEEL DECKS. ENG. JOURNAL.
- INEC, C. d. (2010). Obtenido de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Libros/Socioeconomico/Mujeres\\_y\\_Hombres\\_del\\_Ecuador\\_en\\_Cifras\\_III.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Libros/Socioeconomico/Mujeres_y_Hombres_del_Ecuador_en_Cifras_III.pdf)
- López Guzmán, L. I. (2003). Estudio del Comportamiento de Losas de Lámina y Concretos de Anthidrita Bajo Cargas Gravitacionales. tecmex. Obtenido de <https://repositorio.tec.mx/items/1f103802-d759-4737-acbf-31d20eae1875/full>
- Mercado Arimborgo, M. V. (2016). Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas Informales en la Ciudad de Huancayo. Repositorio UPLA. Obtenido de <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/801>
- Paredes, I. M. (2022). ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO - ECONÓMICO DE UNA EDIFICACIÓN RESIDENCIAL SISMORRESISTENTE DE TRES NIVELES EN HORMIGÓN ARMADO Y ACERO ESTRUCTURAL, UBICADA EN LA "URBANIZACIÓN MANTA 2000", CANTÓN MANTA, PROVINCIA DE MANABÍ. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, 257. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22969/1/UPS%20-%20TTS848.pdf>
- PDOT. (2019). Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón maCHALA.

- PDOT, M. (2019). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Machala. Obtenido de [https://www.machala.gob.ec/SIL/2021/ter/plate/PDOT\\_CANT%C3%93N%20MACHALA%202019.pdf](https://www.machala.gob.ec/SIL/2021/ter/plate/PDOT_CANT%C3%93N%20MACHALA%202019.pdf)
- Ramírez Arias, O. J. (2022). Análisis y diseño comparativo de losas nervadas para edificaciones de distintos niveles en Bogotá. Escuela Colombiana de Ingeniería. doi:<https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/2197>
- Reni, U. (2024). Análisis de la capacidad portante del suelo para edificaciones de hasta 3 pisos en el barrio Servidores Universitarios del cantón Machala. Utmach. Obtenido de <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/22819>
- Rueda Ruffrán, Y. S. (2021). Análisis y diseño estructural comparativo de una edificación de concreto armado de cuatro pisos utilizando losas bubble deck y losa aligerada en la ciudad de Tacna 2021. Universidad de Tacna, 152. Obtenido de <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/2073/Rueda-Ruffran-Jimenez-Choquecota.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SOLANO, J. A. (2020). ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS Y RENDIMIENTO ENTRE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE UNA LOSA NERVADA Y LOSA STEEL DECK. UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA, 44. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5414/1/UPSE-TIC-2020-0013.pdf>
- Steckerlacers. (2023). Steckerlacers, s.f. Obtenido de <https://steckerlacers.com/steel-deck-innovacion-y-eficiencia-en-la-construccion-de-losas-de-entrepiso/>
- Tenesaca, P. P. (2017). ANÁLISIS DE VELOCIDADES DE ONDAS DE CORTE Y PERIODOS DE VIBRACIÓN DEL SUELO. PARROQUIA JUBONES. CIUDAD DE MACHALA. UTMACH.
- Vallejo, U. C. (2019). Análisis de las viviendas informales y recomendaciones técnicas de la vulnerabilidad sísmica en el distrito de Independencia. Repositorio UCV. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35451>

# **ANEXOS**

# ANEXOS 1.

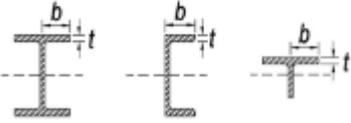
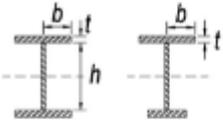
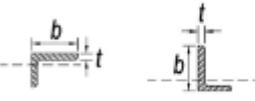
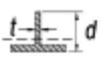
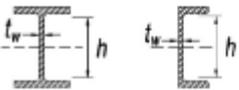
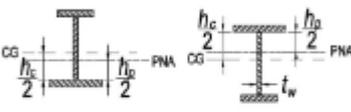
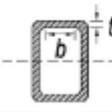
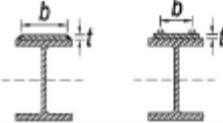
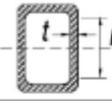
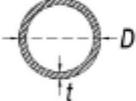
## TABLAS AISC

Ilustración 54. Razones ancho-espesor: elementos en compresión

<b>TABLA B4.1a</b> <b>Razones Ancho-Espesor: Elementos en Compresión.</b> <b>Miembros Sujetos a Compresión Axial</b>				
Caso	Descripción del elemento	Razón Ancho-Espesor	Razón Límite Ancho-Espesor $\lambda_c$ (Esbelto-No Esbelto)	Ejemplos
Elementos No-Atiesados	1	b/t	$0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	2	b/t	$0.64 \sqrt{\frac{k_c E}{F_y}}$ [a]	
	3	b/t	$0.45 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	4	d/t	$0.75 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Elementos Atiesados	5	$h/t_w$	$1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	6	b/t	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	7	b/t	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	8	b/t	$1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	9	D/t	$0.11 \frac{E}{F_y}$	

Fuente: AISC 360 - 16, (2016), Requerimientos de Diseño, (Pág. 82)

**Ilustración 55.** Razones ancho-espesor: elementos en compresión de miembros en flexión.

<b>TABLA B4.1b</b>						
<b>Razones Ancho-Espesor: Elementos en Compresión de miembros en flexión</b>						
Caso	Descripción del elemento	Razón Ancho-Espesor	Razones Ancho-Espesor Límite		Ejemplos	
			$\lambda_p$ (compacta-no compacta)	$\lambda_r$ (esbelto-no esbelto)		
Elementos No-Atiesados	10	Flexión en alas de perfiles I laminados, canales y tes.	$b/t$	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	11	Alas de secciones I soldadas con doble y simple simetría.	$b/t$	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.95 \sqrt{\frac{k_c E}{F_L}}$ <sup>[a] [b]</sup>	
	12	Alas de ángulos simples	$b/t$	$0.54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	13	Alas de toda doble t y canal en torno a su eje más débil.	$b/t$	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	14	Almas de tes	$d/t$	$0.84 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.03 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Elementos Atiesados	15	Almas de doble T simétricas y canales.	$h/t_w$	$3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	16	Almas de secciones doble T con un solo eje de simetría.	$h_c/t_w$	$\frac{h_c \sqrt{E}}{h_w \sqrt{F_y}} = \lambda_c$ $\left( \frac{0.54 M_p}{M_y} - 0.09 \right)^2 = \lambda_r$ <sup>[c]</sup>	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	17	Alas de secciones tubulares y secciones cajón de espesor uniforme.	$b/t$	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	18	Alas de sobre planchas y planchas diafragma entre líneas de conectores y soldadura.	$b/t$	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	19	Almas de tubos rectangulares y secciones cajón.	$h/t$	$2.42 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
20	Tubos redondos.	$D/t$	$0.07 \frac{E}{F_y}$	$0.31 \frac{E}{F_y}$		

Fuente: AISC 360 - 16, (2016), Requerimientos de Diseño, (Pág. 83)

# ANEXO 2.

## TERCER METODO DE ACI – METODO DE LOS COEFICIENTES

### COEFICIENTES PARA MOMENTO NEGATIVO

TABLA C.13-5  
COEFICIENTES PARA MOMENTO NEGATIVO EN LA LOSA  
(En las ecuaciones C.13-5 y C.13-6 se utiliza  $w_j = w_u$ )

Relación $m = \frac{\ell_a}{\ell_b}$	Caso 1 $\ell_a \leq \ell_b$	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00									
$C_{a,NEG}$		0.045		0.050	0.075	0.071		0.033	0.061
$C_{b,NEG}$		0.045	0.076	0.050			0.071	0.081	0.033
0.95									
$C_{a,NEG}$		0.050		0.055	0.079	0.075		0.038	0.065
$C_{b,NEG}$		0.041	0.072	0.045			0.087	0.056	0.029
0.90									
$C_{a,NEG}$		0.055		0.060	0.080	0.079		0.043	0.068
$C_{b,NEG}$		0.037	0.070	0.040			0.082	0.052	0.025
0.85									
$C_{a,NEG}$		0.060		0.066	0.082	0.083		0.049	0.072
$C_{b,NEG}$		0.031	0.065	0.034			0.057	0.046	0.021
0.80									
$C_{a,NEG}$		0.065		0.071	0.083	0.086		0.055	0.075
$C_{b,NEG}$		0.027	0.061	0.029			0.051	0.041	0.017
0.75									
$C_{a,NEG}$		0.069		0.076	0.085	0.088		0.061	0.078
$C_{b,NEG}$		0.022	0.056	0.024			0.044	0.036	0.014
0.70									
$C_{a,NEG}$		0.074		0.081	0.086	0.091		0.068	0.081
$C_{b,NEG}$		0.017	0.050	0.019			0.038	0.029	0.011
0.65									
$C_{a,NEG}$		0.077		0.085	0.087	0.093		0.074	0.083
$C_{b,NEG}$		0.014	0.043	0.015			0.031	0.024	0.008
0.60									
$C_{a,NEG}$		0.081		0.089	0.088	0.095		0.080	0.085
$C_{b,NEG}$		0.010	0.035	0.011			0.024	0.018	0.006
0.55									
$C_{a,NEG}$		0.084		0.092	0.089	0.096		0.085	0.086
$C_{b,NEG}$		0.007	0.028	0.008			0.019	0.014	0.005
0.50									
$C_{a,NEG}$		0.086		0.094	0.090	0.097		0.089	0.088
$C_{b,NEG}$		0.006	0.022	0.006			0.014	0.010	0.003

Nota: Un borde achurado indica que la losa continua a través, o esta restringida a momento por la rigidez, del apoyo. Un borde sin achurar indica que hay apoyo vertical, pero que este apoyo da una restricción a momento despreciable.

## COEFICIENTES PARA MOMENTO POSITIVO DE CARGA MUERTA

TABLA C.13-6  
COEFICIENTES PARA MOMENTO POSITIVO DE CARGA MUERTA EN LA LOSA  
(En las ecuaciones C.13-5 y C.13-6 se utiliza  $w_j = w_d$ )

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

Nota: Un borde achurado indica que la losa continua a través, o esta restringida a momento por la rigidez, del apoyo. Un borde sin achurar indica que hay apoyo vertical, pero que este apoyo da una restricción a momento despreciable.

## COEFICIENTES PARA MOMENTO POSITIVO DE CARGA VIVA

TABLA C.13-7  
COEFICIENTES PARA MOMENTO POSITIVO DE CARGA VIVA EN LA LOSA  
(En las ecuaciones C.13-5 y C.13-6 se utiliza  $w_j = w_d$ )

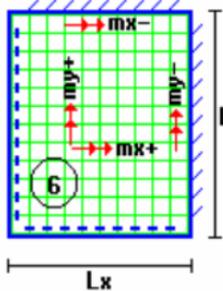
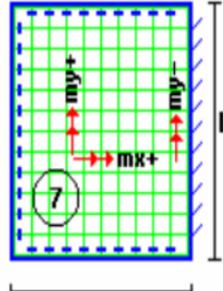
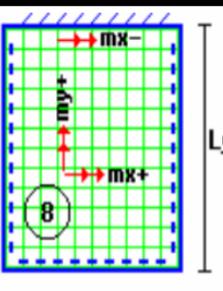
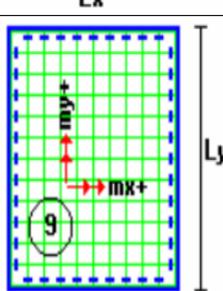
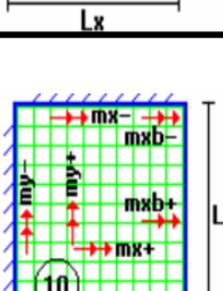
Relación $m = \frac{\ell_a}{\ell_b}$	Caso 1		Caso 2		Caso 3		Caso 4		Caso 5		Caso 6		Caso 7		Caso 8		Caso 9	
	$\ell_b$	$\ell_a$	$\ell_b$	$\ell_a$	$\ell_b$	$\ell_a$	$\ell_b$	$\ell_b$	$\ell_a$									
1.00	$C_{A,pec.L}$	0.036	0.027	0.027	0.032	0.032	0.035	0.032	0.028	0.030								
	$C_{h,pec.L}$	0.036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

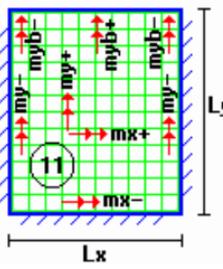
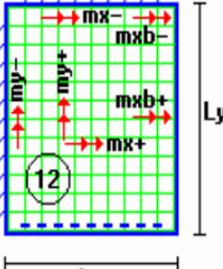
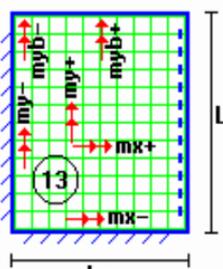
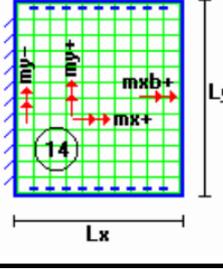
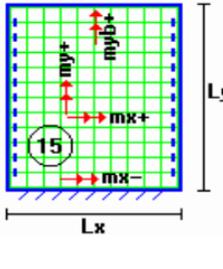
Nota: Un borde achurado indica que la losa continúa a través, o está restringida a momento por la rigidez, del apoyo. Un borde sin achurar indica que hay apoyo vertical, pero que este apoyo da una restricción a momento despreciable.

# ANEXO 3.

## MÉTODO DE LOS COEFICIENTES (MARCELO ROMO, MSC.)

Losa	Fórmula	Coef	Lx / Ly					
			1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
	$\Delta = 0.0001 q \cdot \delta \cdot Lx^4 / (E \cdot h^3)$ $My- = 0.0001 q \cdot my- \cdot Lx^2$ $My+ = 0.0001 q \cdot my+ \cdot Lx^2$ $Mx- = 0.0001 q \cdot mx- \cdot Lx^2$ $Mx+ = 0.0001 q \cdot mx+ \cdot Lx^2$	$\delta$ $my-$ $my+$ $mx-$ $mx+$	200	241	281	315	336	339
	$\Delta = 0.0001 q \cdot \delta \cdot Lx^4 / (E \cdot h^3)$ $My- = 0.0001 q \cdot my- \cdot Lx^2$ $My+ = 0.0001 q \cdot my+ \cdot Lx^2$ $Mx- = 0.0001 q \cdot mx- \cdot Lx^2$ $Mx+ = 0.0001 q \cdot mx+ \cdot Lx^2$	$\delta$ $my-$ $my+$ $mx-$ $mx+$	265	347	443	545	635	691
	$\Delta = 0.0001 q \cdot \delta \cdot Lx^4 / (E \cdot h^3)$ $My- = 0.0001 q \cdot my- \cdot Lx^2$ $My+ = 0.0001 q \cdot my+ \cdot Lx^2$ $Mx- = 0.0001 q \cdot mx- \cdot Lx^2$ $Mx+ = 0.0001 q \cdot mx+ \cdot Lx^2$	$\delta$ $my-$ $my+$ $mx-$ $mx+$	265	297	322	339	345	339
	$\Delta = 0.0001 q \cdot \delta \cdot Lx^4 / (E \cdot h^3)$ $My+ = 0.0001 q \cdot my+ \cdot Lx^2$ $Mx- = 0.0001 q \cdot mx- \cdot Lx^2$ $Mx+ = 0.0001 q \cdot mx+ \cdot Lx^2$	$\delta$ $my+$ $mx-$ $mx+$	323	456	644	894	1191	1479
	$\Delta = 0.0001 q \cdot \delta \cdot Lx^4 / (E \cdot h^3)$ $My- = 0.0001 q \cdot my- \cdot Lx^2$ $My+ = 0.0001 q \cdot my+ \cdot Lx^2$ $Mx+ = 0.0001 q \cdot mx+ \cdot Lx^2$	$\delta$ $my-$ $my+$ $mx+$	323	340	351	354	348	335

Losa	Fórmula	Coef	Lx / Ly					
			1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
	$\Delta = 0.0001 q \cdot \delta \cdot Lx^4 / (E \cdot h^3)$ $My- = 0.0001 q \cdot m_{y-} \cdot Lx^2$ $My+ = 0.0001 q \cdot m_{y+} \cdot Lx^2$ $Mx- = 0.0001 q \cdot m_{x-} \cdot Lx^2$ $Mx+ = 0.0001 q \cdot m_{x+} \cdot Lx^2$	$\delta$ my- m y+ m x- m x+	406	489	572	644	693	712
	$\Delta = 0.0001 q \cdot \delta \cdot Lx^4 / (E \cdot h^3)$ $My- = 0.0001 q \cdot m_{y-} \cdot Lx^2$ $My+ = 0.0001 q \cdot m_{y+} \cdot Lx^2$ $Mx+ = 0.0001 q \cdot m_{x+} \cdot Lx^2$	$\delta$ my- m y+ m x+	569	630	681	715	729	718
	$\Delta = 0.0001 q \cdot \delta \cdot Lx^4 / (E \cdot h^3)$ $My+ = 0.0001 q \cdot m_{y+} \cdot Lx^2$ $Mx- = 0.0001 q \cdot m_{x-} \cdot Lx^2$ $Mx+ = 0.0001 q \cdot m_{x+} \cdot Lx^2$	$\delta$ m y+ m x- m x+	569	754	979	1230	1469	1644
	$\Delta = 0.0001 q \cdot \delta \cdot Lx^4 / (E \cdot h^3)$ $My+ = 0.0001 q \cdot m_{y+} \cdot Lx^2$ $Mx+ = 0.0001 q \cdot m_{x+} \cdot Lx^2$	$\delta$ m y+ m x+	969	1170	1371	1550	1684	1749
	$\Delta = 0.0001 q \cdot \delta \cdot Lx^4 / (E \cdot h^3)$ $My- = 0.0001 q \cdot m_{y-} \cdot Lx^2$ $My+ = 0.0001 q \cdot m_{y+} \cdot Lx^2$ $Mx- = 0.0001 q \cdot m_{x-} \cdot Lx^2$ $Mxb- = 0.0001 q \cdot m_{x-} \cdot Lx^2$ $Mx+ = 0.0001 q \cdot m_{x+} \cdot Lx^2$ $Mxb+ = 0.0001 q \cdot m_{x+} \cdot Lx^2$	$\delta$ my- m y+ m x- m xb- m x+ m xb+	355	567	944	1637	2935	5348

Losa	Fórmula	Coef	Lx / Ly					
			1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
	$\Delta = 0.0001 q \cdot \delta \cdot Lx^4 / (E \cdot h^3)$ $My^- = 0.0001 q \cdot m y^- \cdot Lx^2$ $Myb^- = 0.0001 q \cdot m y^- \cdot Lx^2$ $My^+ = 0.0001 q \cdot m y^+ \cdot Lx^2$ $Myb^+ = 0.0001 q \cdot m yb^+ \cdot Lx^2$ $Mx^- = 0.0001 q \cdot m x^- \cdot Lx^2$ $Mx^+ = 0.0001 q \cdot m x^+ \cdot Lx^2$	$\delta$ $m y^-$ $m yb^-$ $m y^+$ $m yb^+$ $m x^-$ $m x^+$	355	337	327	326	326	326
	$\Delta = 0.0001 q \cdot \delta \cdot Lx^4 / (E \cdot h^3)$ $My^- = 0.0001 q \cdot m y^- \cdot Lx^2$ $My^+ = 0.0001 q \cdot m y^+ \cdot Lx^2$ $Mx^- = 0.0001 q \cdot m x^- \cdot Lx^2$ $Mxb^- = 0.0001 q \cdot m x^- \cdot Lx^2$ $Mx^+ = 0.0001 q \cdot m x^+ \cdot Lx^2$ $Mxb^+ = 0.0001 q \cdot m x^+ \cdot Lx^2$	$\delta$ $m y^-$ $m y^+$ $m x^-$ $m xb^-$ $m x^+$ $m xb^+$	789	1230	1768	3216	5298	8520
	$\Delta = 0.0001 q \cdot \delta \cdot Lx^4 / (E \cdot h^3)$ $My^- = 0.0001 q \cdot m y^- \cdot Lx^2$ $Myb^- = 0.0001 q \cdot m y^- \cdot Lx^2$ $My^+ = 0.0001 q \cdot m y^+ \cdot Lx^2$ $Myb^+ = 0.0001 q \cdot m yb^+ \cdot Lx^2$ $Mx^- = 0.0001 q \cdot m x^- \cdot Lx^2$ $Mx^+ = 0.0001 q \cdot m x^+ \cdot Lx^2$	$\delta$ $m y^-$ $m yb^-$ $m y^+$ $m yb^+$ $m x^-$ $m x^+$	789	758	718	679	674	672
	$\Delta = 0.0001 q \cdot \delta \cdot Lx^4 / (E \cdot h^3)$ $My^- = 0.0001 q \cdot m y^- \cdot Lx^2$ $My^+ = 0.0001 q \cdot m y^+ \cdot Lx^2$ $Mx^+ = 0.0001 q \cdot m x^+ \cdot Lx^2$ $Mxb^+ = 0.0001 q \cdot m x^+ \cdot Lx^2$	$\delta$ $m y^-$ $m y^+$ $m x^+$ $m xb^+$	1937	2866	4277	6355	9192	12510
	$\Delta = 0.0001 q \cdot \delta \cdot Lx^4 / (E \cdot h^3)$ $My^+ = 0.0001 q \cdot m y^+ \cdot Lx^2$ $Myb^+ = 0.0001 q \cdot m yb^+ \cdot Lx^2$ $Mx^- = 0.0001 q \cdot m x^- \cdot Lx^2$ $Mx^+ = 0.0001 q \cdot m x^+ \cdot Lx^2$	$\delta$ $m y^+$ $m yb^+$ $m x^-$ $m x^+$	1937	1941	1895	1800	1676	1620

Losa	Fórmula	Coef	Lx / Ly					
			1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
	$\Delta = 0.0001 q \cdot \delta \cdot Lx^4 / (E \cdot h^3)$ $My+ = 0.0001 q \cdot my+ \cdot Lx^2$ $Mx+ = 0.0001 q \cdot mx+ \cdot Lx^2$ $Mxb+ = 0.0001 q \cdot mxb+ \cdot Lx^2$	$\delta$ my+ mx+ mxb+	2005	3182	5274	9241	17450	36620
	$\Delta = 0.0001 q \cdot \delta \cdot Lx^4 / (E \cdot h^3)$ $My+ = 0.0001 q \cdot my+ \cdot Lx^2$ $Myb+ = 0.0001 q \cdot myb+ \cdot Lx^2$ $Mx+ = 0.0001 q \cdot mx+ \cdot Lx^2$	$\delta$ my+ myb+ mx+	2005	1908	1795	1678	1654	1651
	$\Delta = 0.0001 q \cdot \delta \cdot Lx^4 / (E \cdot h^3)$ $My- = 0.0001 q \cdot my- \cdot Lx^2$ $Myb- = 0.0001 q \cdot myb- \cdot Lx^2$ $Mx- = 0.0001 q \cdot mx- \cdot Lx^2$ $Mxb- = 0.0001 q \cdot mxb- \cdot Lx^2$	$\delta$ my- myb- mx- mxb-	11330	13660	15920	17770	18820	18680

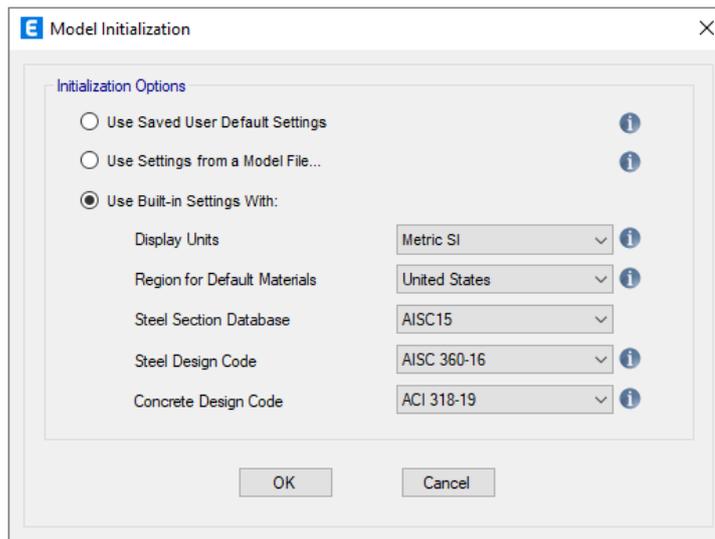
# ANEXO 4.

## MEMORIA DE CÁLCULO

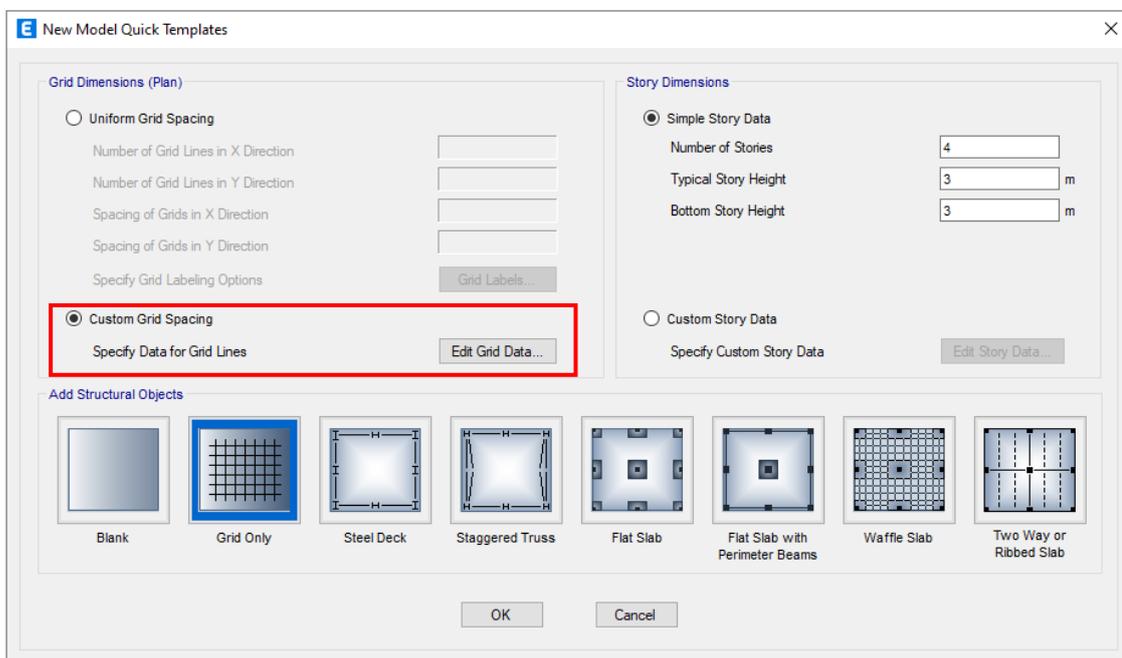
### Procedimiento en el software ETABS

Crear la estructura, seleccionar el tipo de acero y las secciones a utilizar.

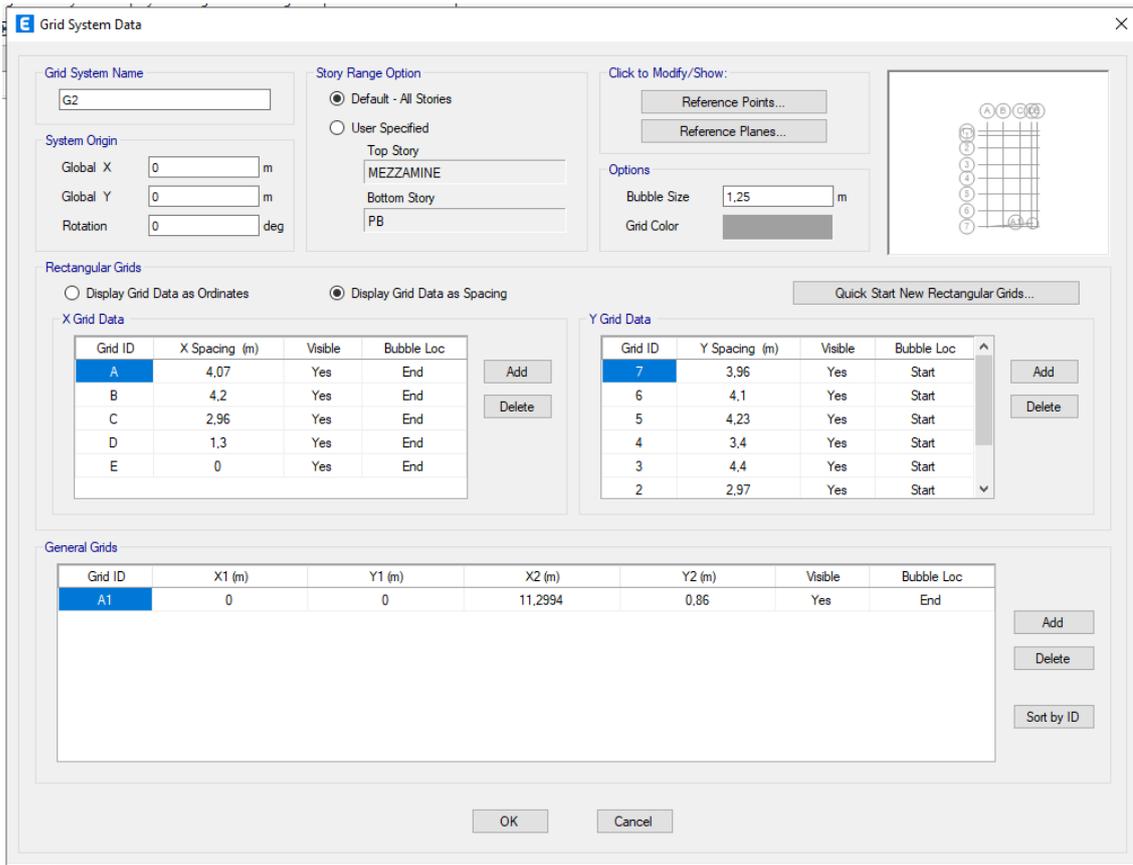
**Seleccionamos la configuración, damos clic en la tercera opción “Use Built-in Settings With” y aceptar**



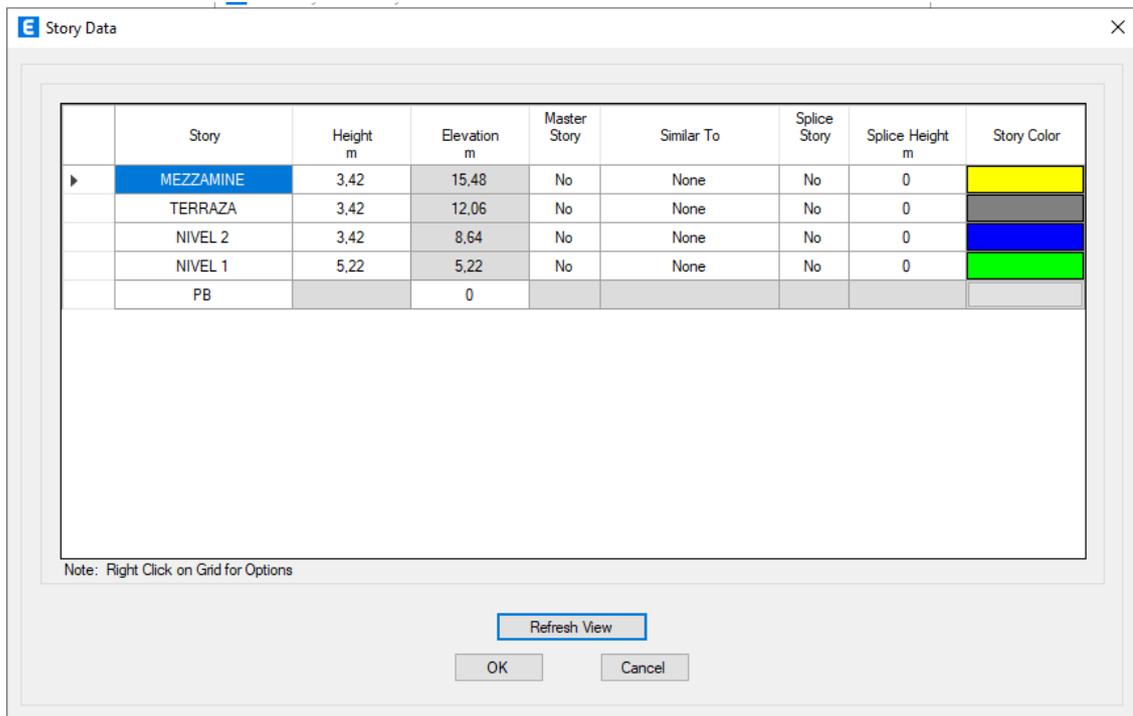
**En la ventana New Model Quick Templates, seleccionamos Custom Grid Spacing y damos clic en Edit Grid Data.**



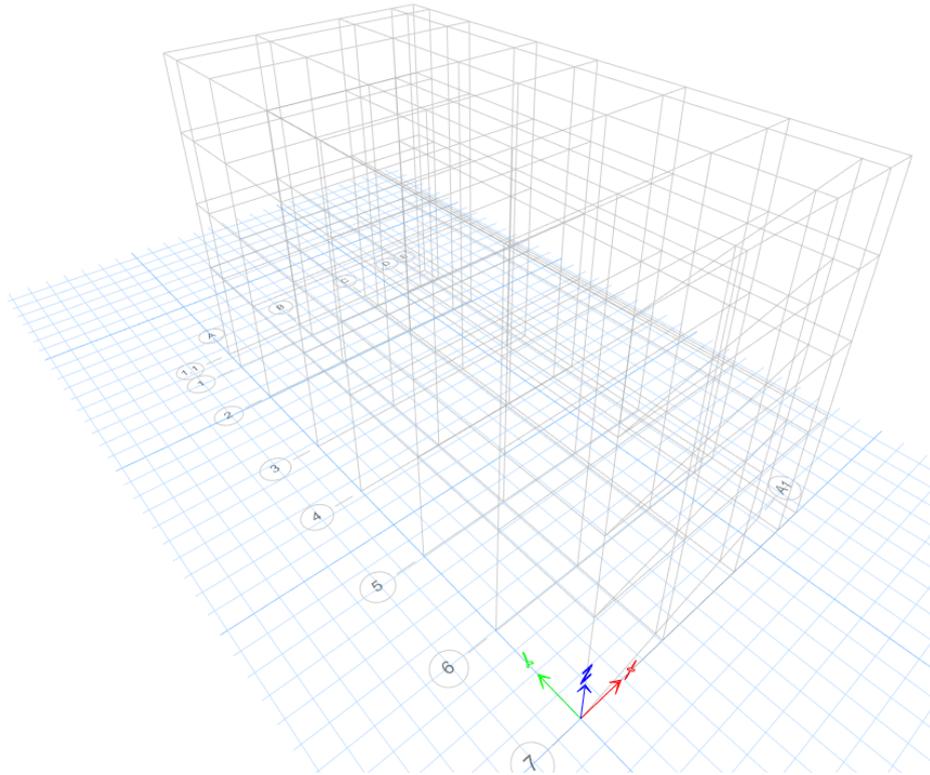
**Creamos los ejes de mallado en “x” & “y”, que vamos a usar en la estructura**



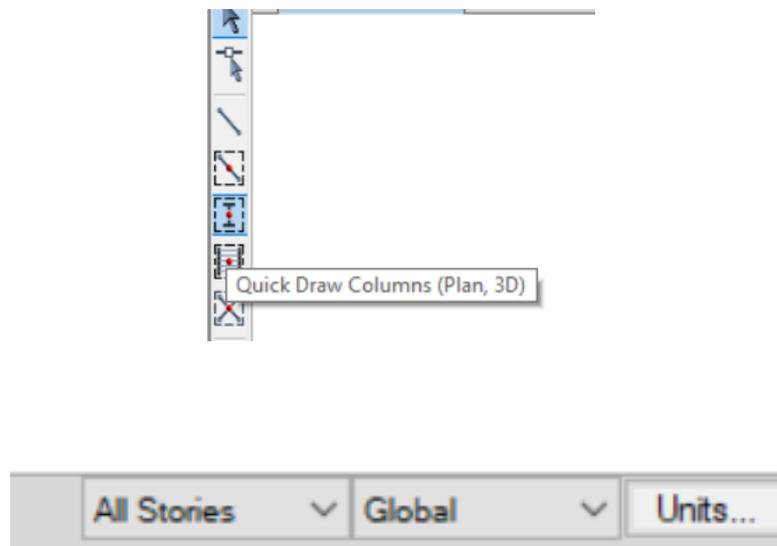
**Número de pisos, seleccionamos Edit Story Data y modificamos la ventana con los pisos del edificio.**

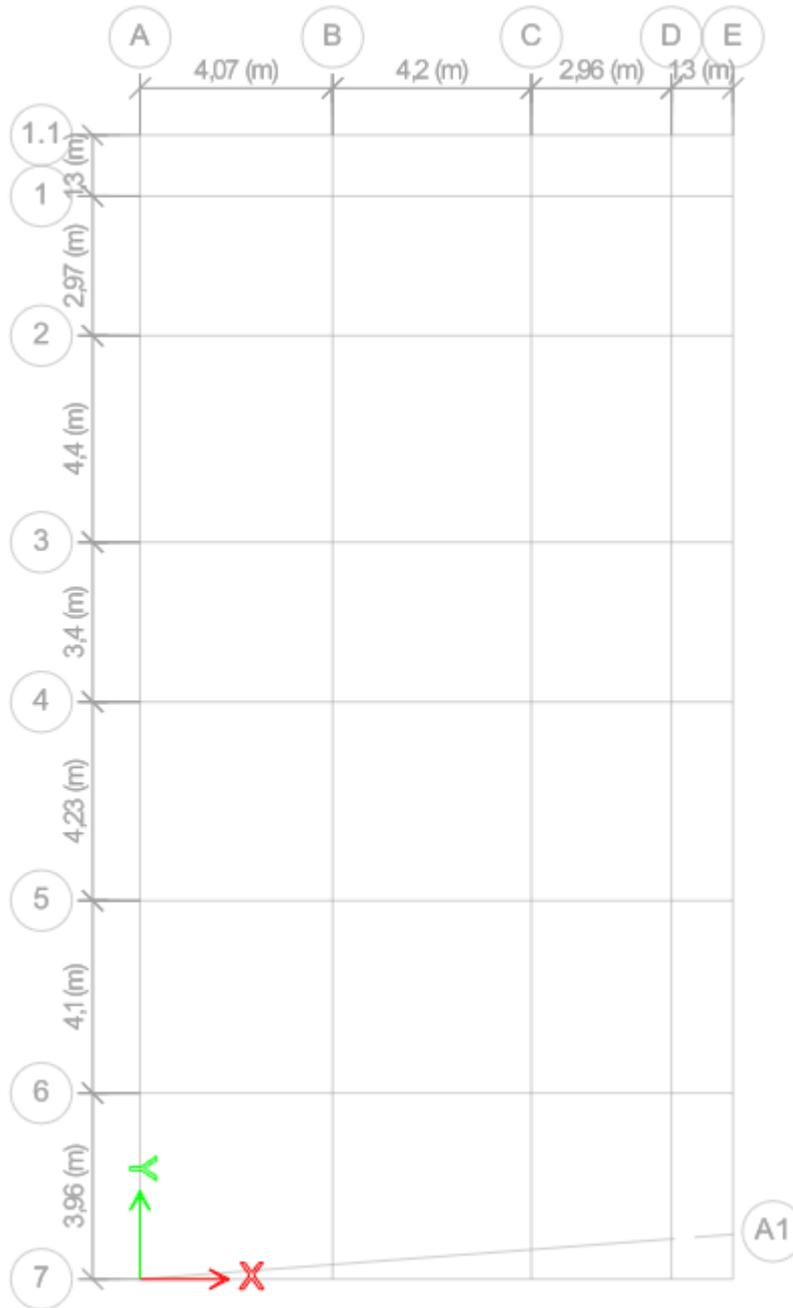


**Primera vista grafica del edificio, al detallar el mallado.**

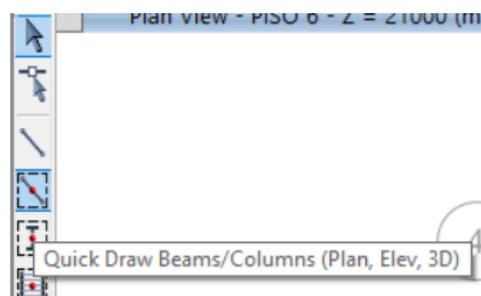


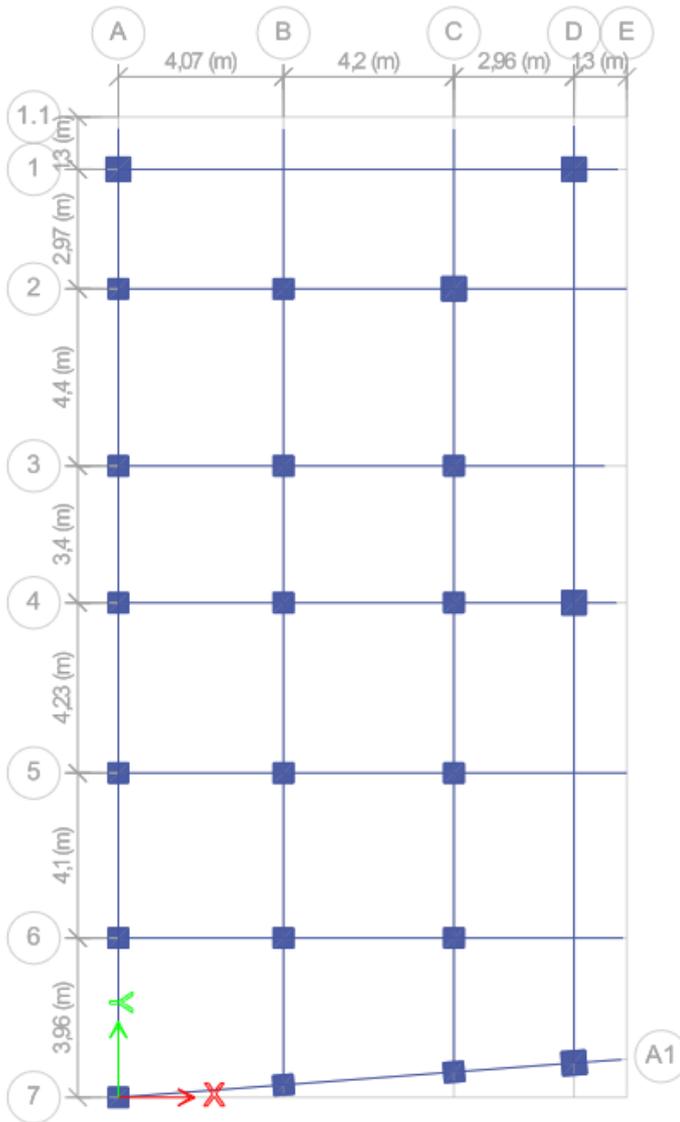
**Definir las columnas con la sección predeterminada del programa, poner vista en planta de cualquier piso y asegurarse que en la parte inferior derecha este seleccionado All Stories, luego clic en la opción Quick Draw Columns y seleccionamos de izquierda a derecha para que se coloquen las columnas.**



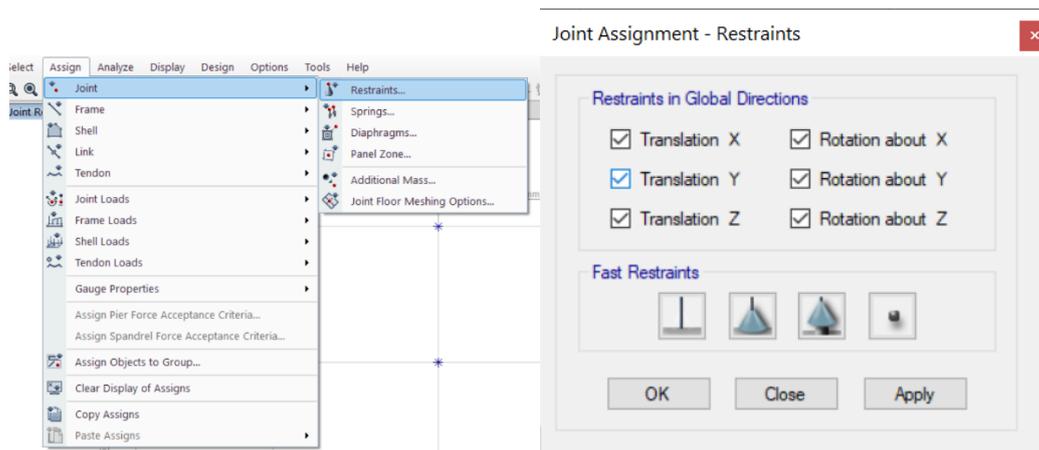


Hacemos lo mismo para las vigas, clic en la opción Quick Draw Beams/Columns, seleccionamos de izquierda a derecha y se colocan las vigas.

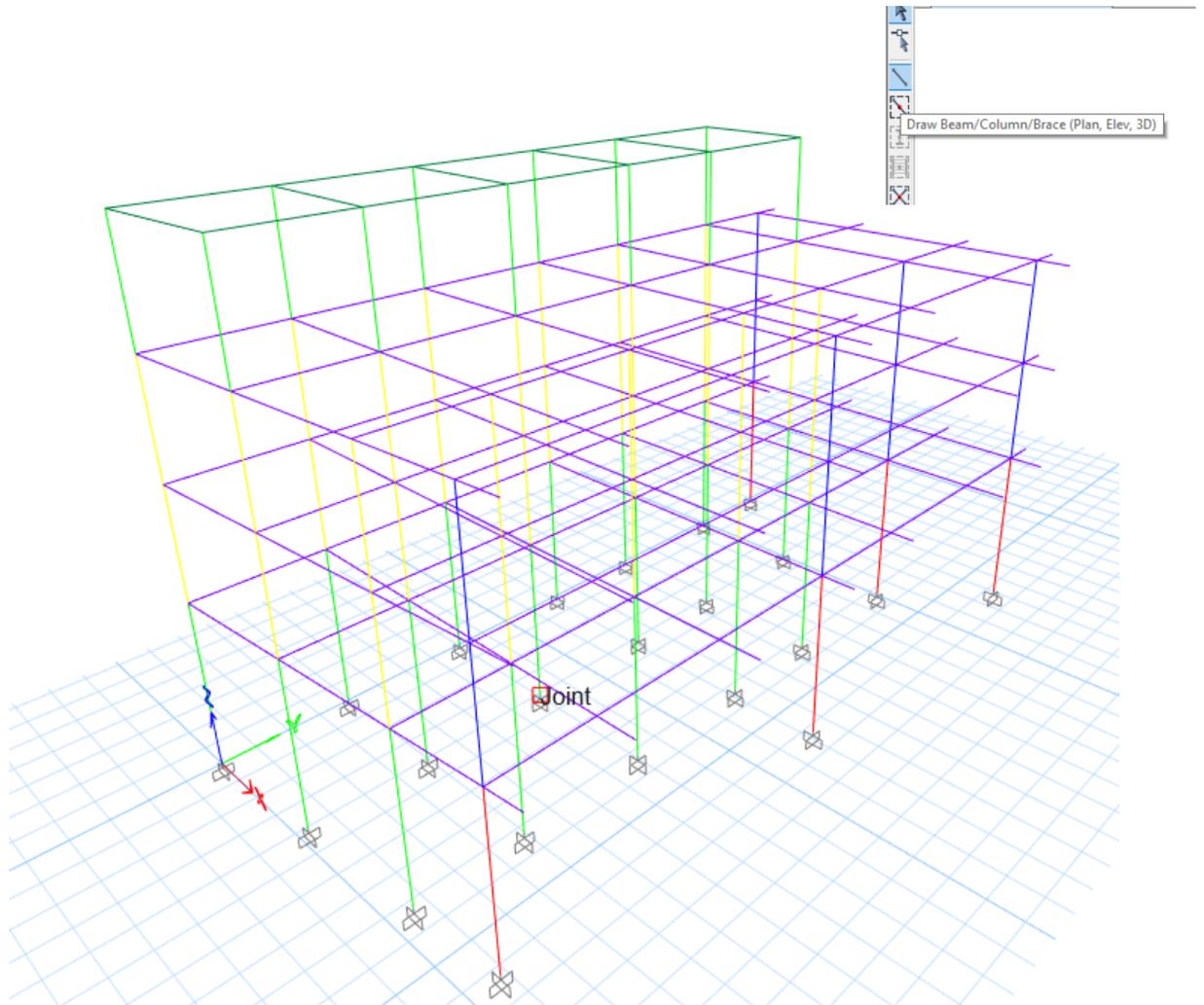




En la vista en planta de la base seleccionamos de izquierda a derecha y en la ventana Assign, damos clic en Joint y luego en Restraints, escogemos la opción de empotramiento y aceptar.

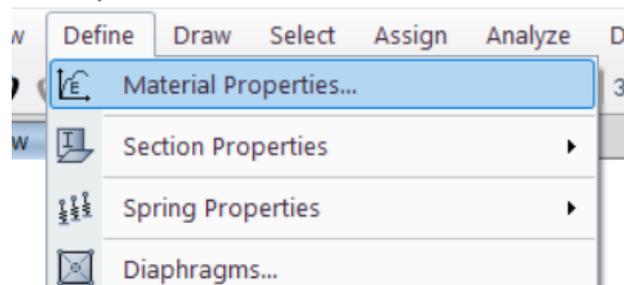


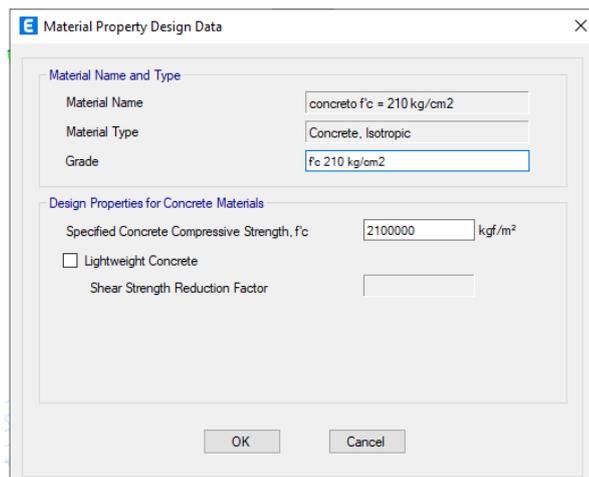
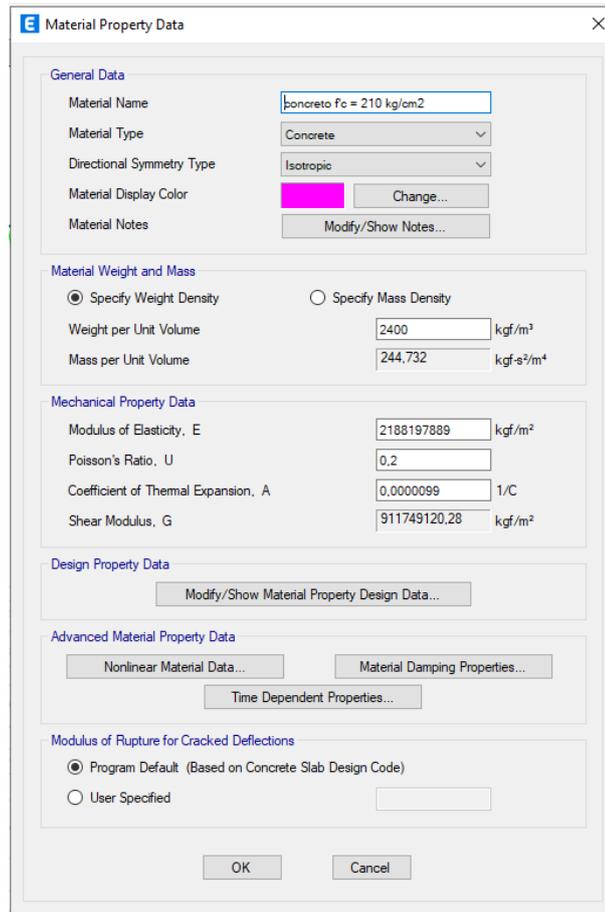
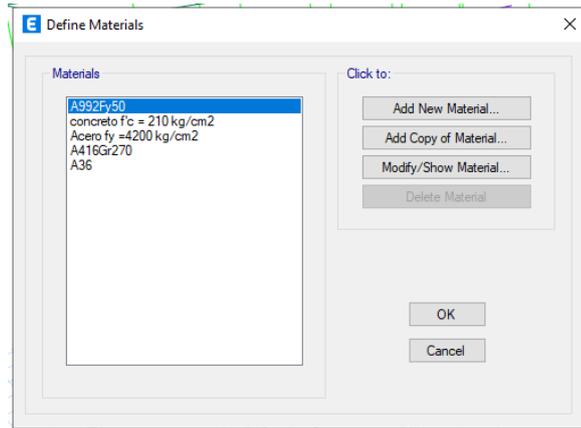
Eliminar las columnas y vigas que no son parte de la estructura. Dibujar los arriostramientos con la opción Draw Beam/Column/Brace (Añadirlos en vista en elevación)

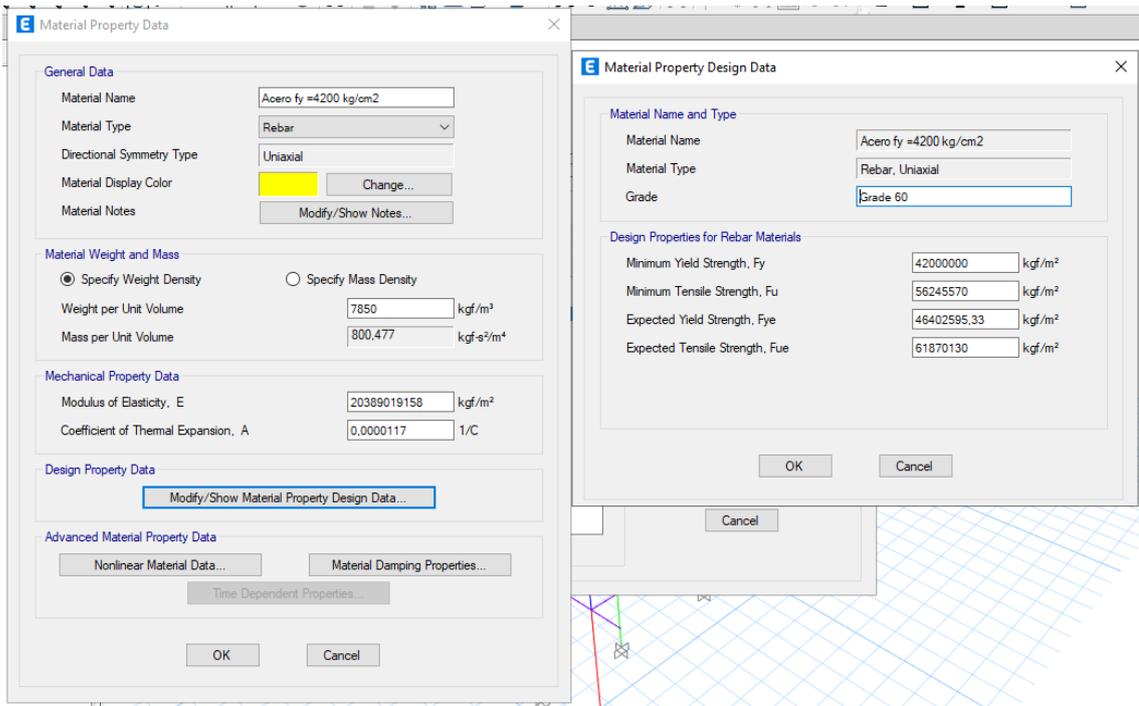


Definir las propiedades de los materiales, en este caso concreto de  $f'c = 210$

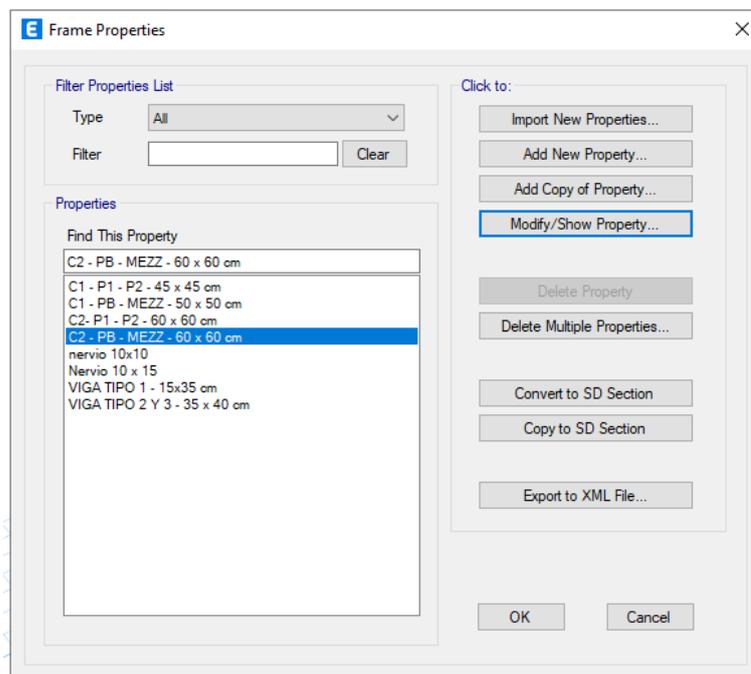
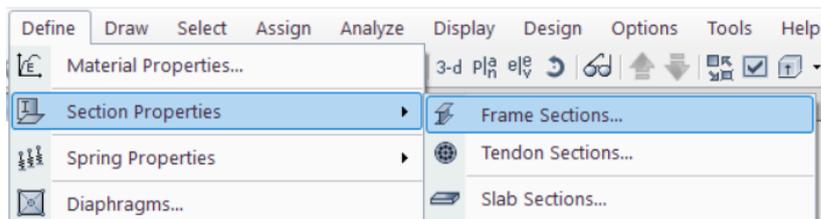
18.1.1 - pasos

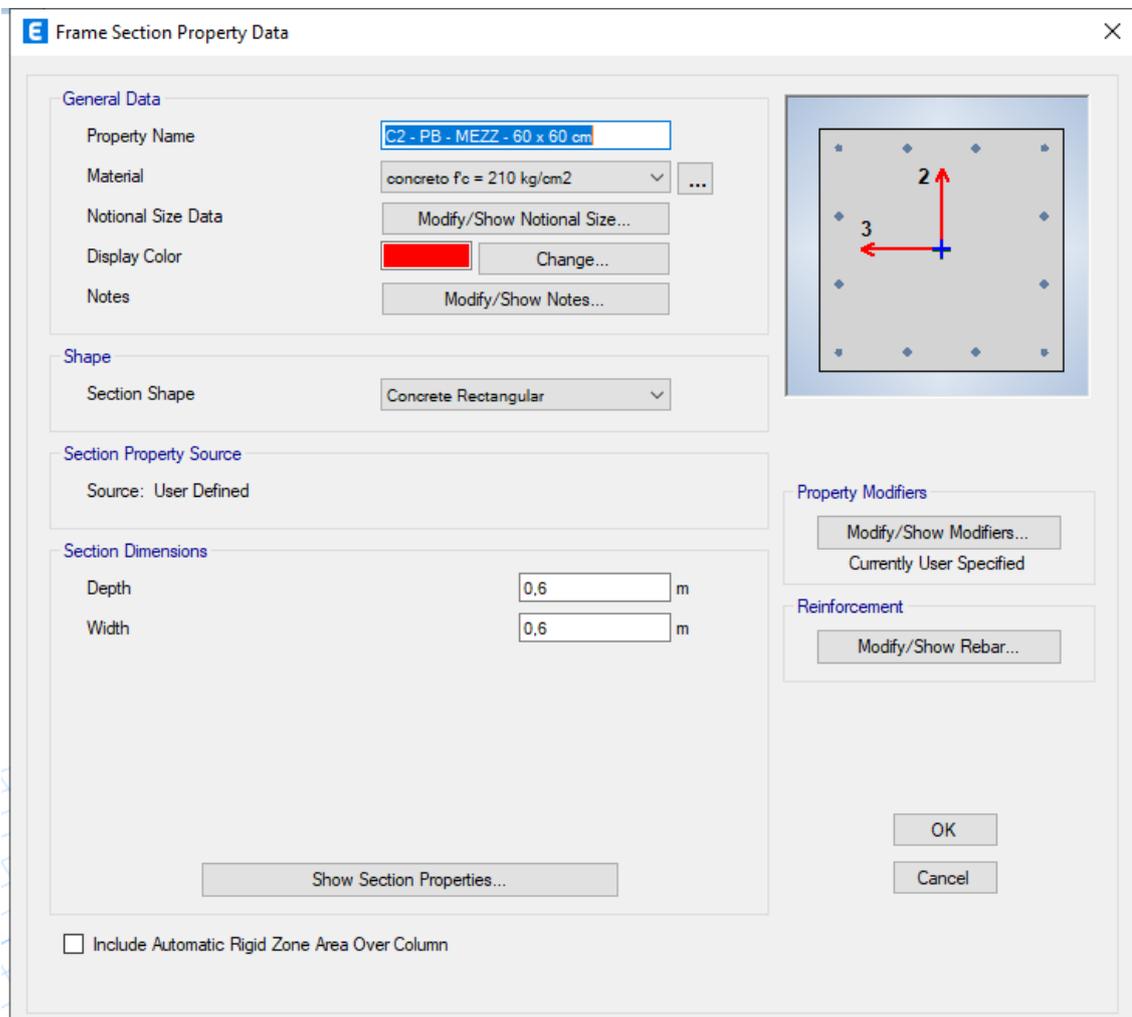
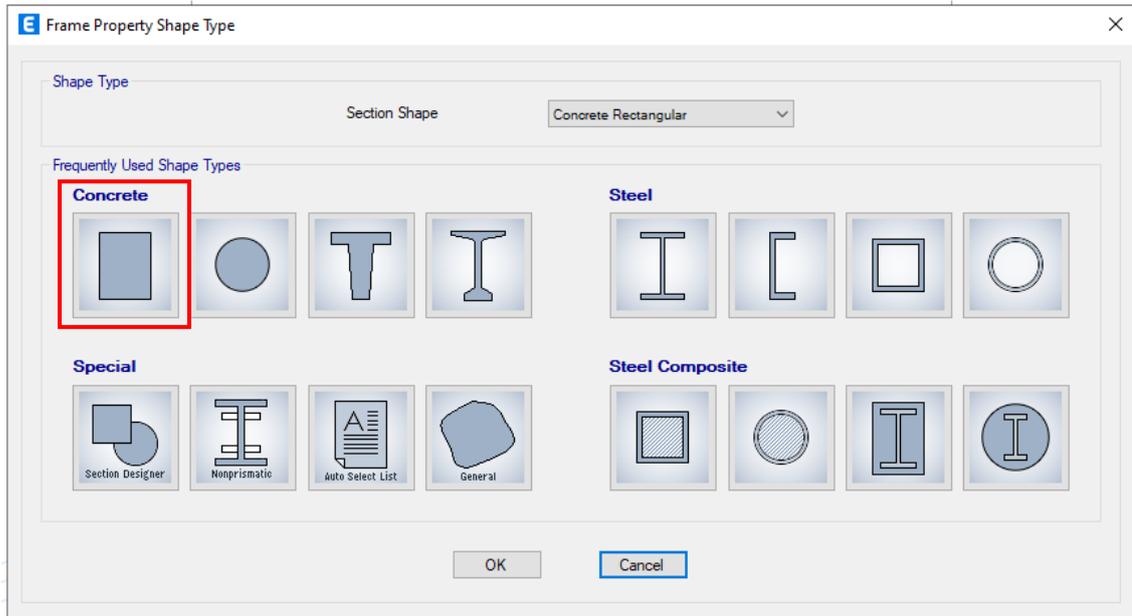






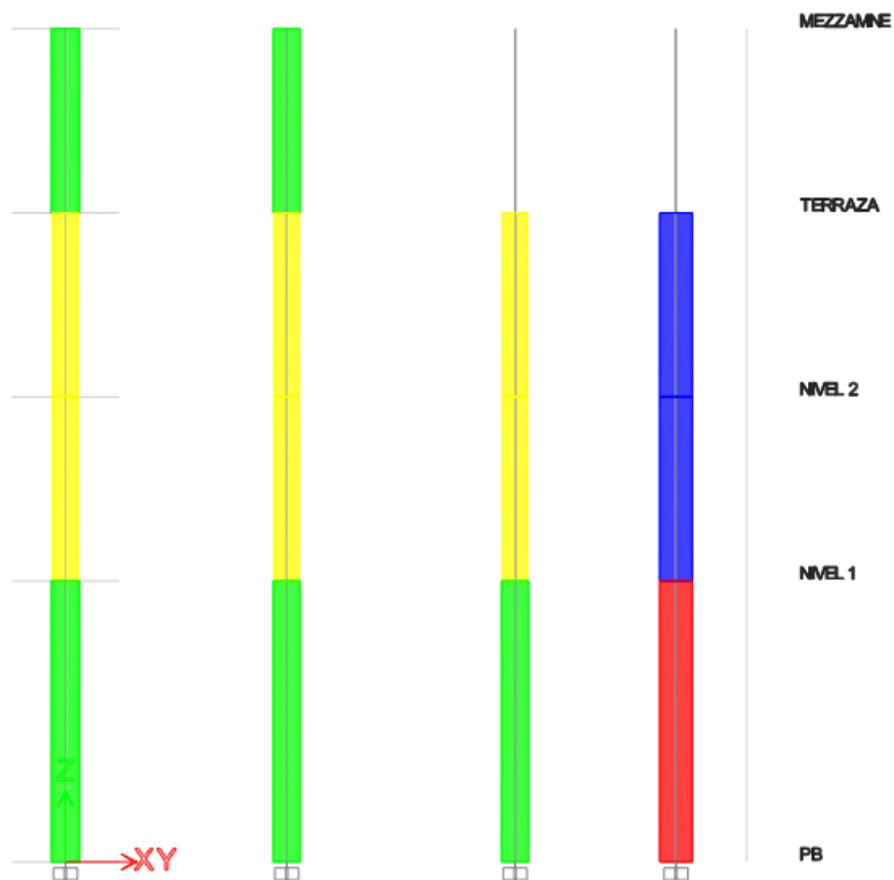
**Definir las secciones de las columnas.**





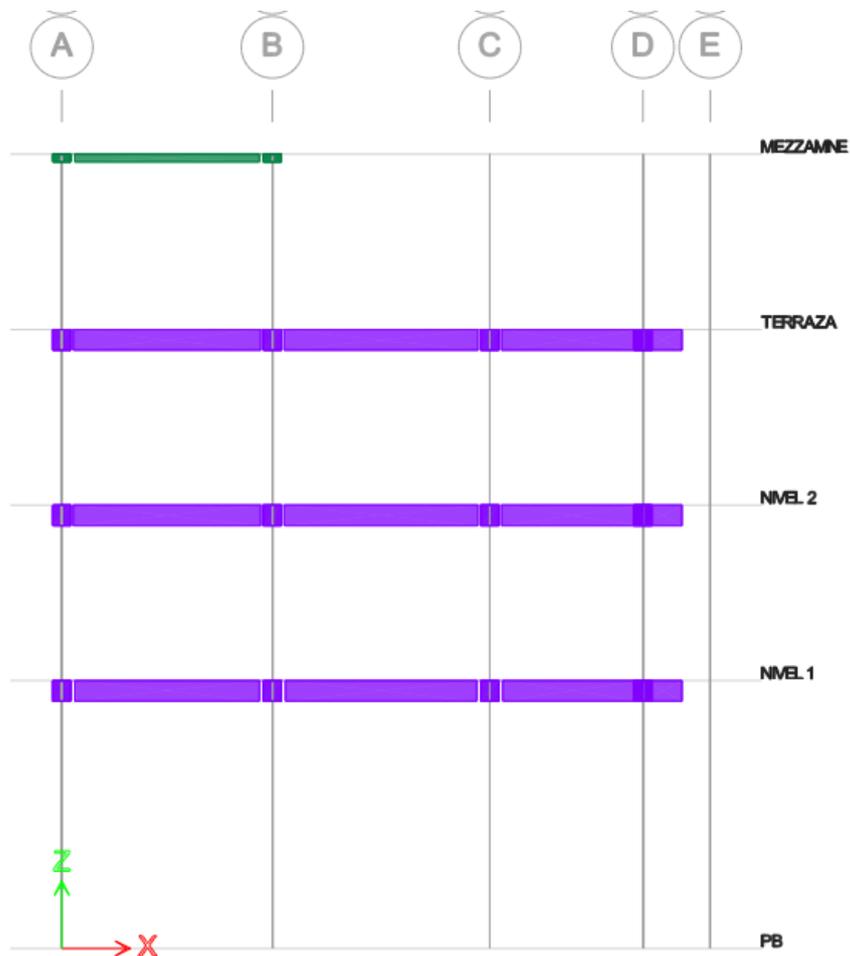
El proceso se repite para todas las secciones. A continuación, se describen todas las secciones utilizadas:

PISO	ELEMENTO	NOMENCLATURA	DIMENSIONES	
			b [cm]	h [cm]
PB	Col, Central	Col 50 x 50	50	50
PISO 1		Col 45 x 45	45	45
PISO 2		Col 45 x 45	45	45
MEZZ,		Col 50 x 50	50	50
PB	Col. Borde	Col 50 x 50	60	60
PISO 1		Col 60 x 60	60	60
PISO 2		Col 60 x 60	60	60
MEZZ,		Col 60 x 60	60	60

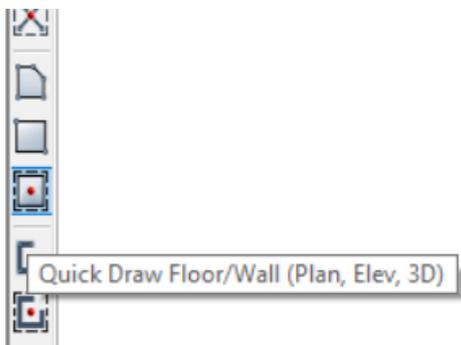
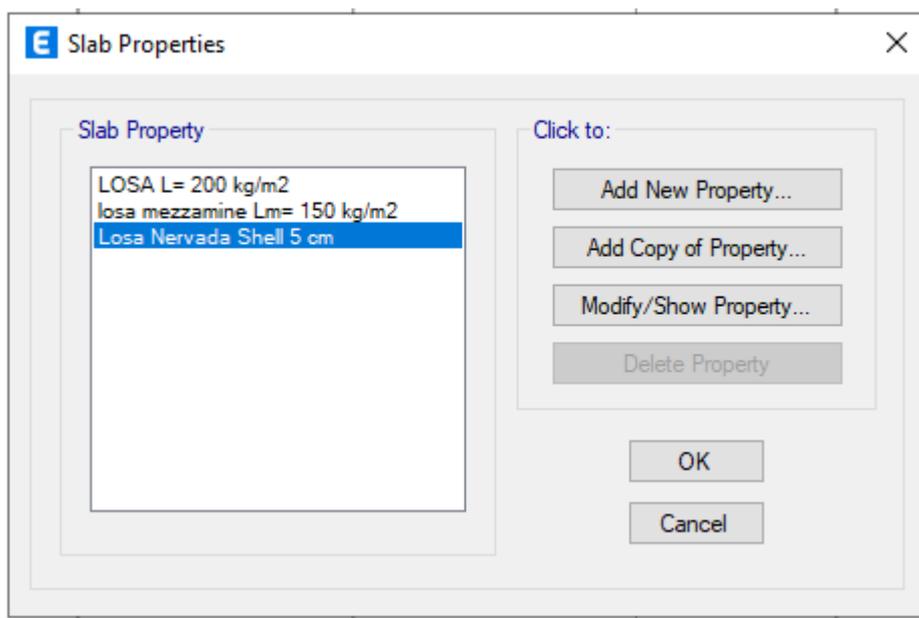
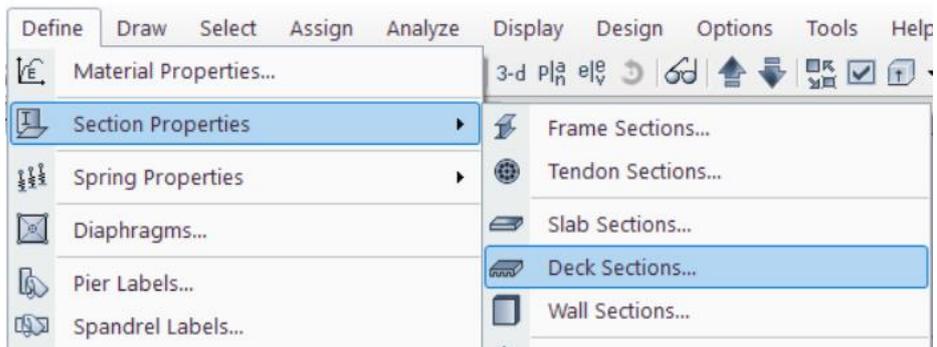


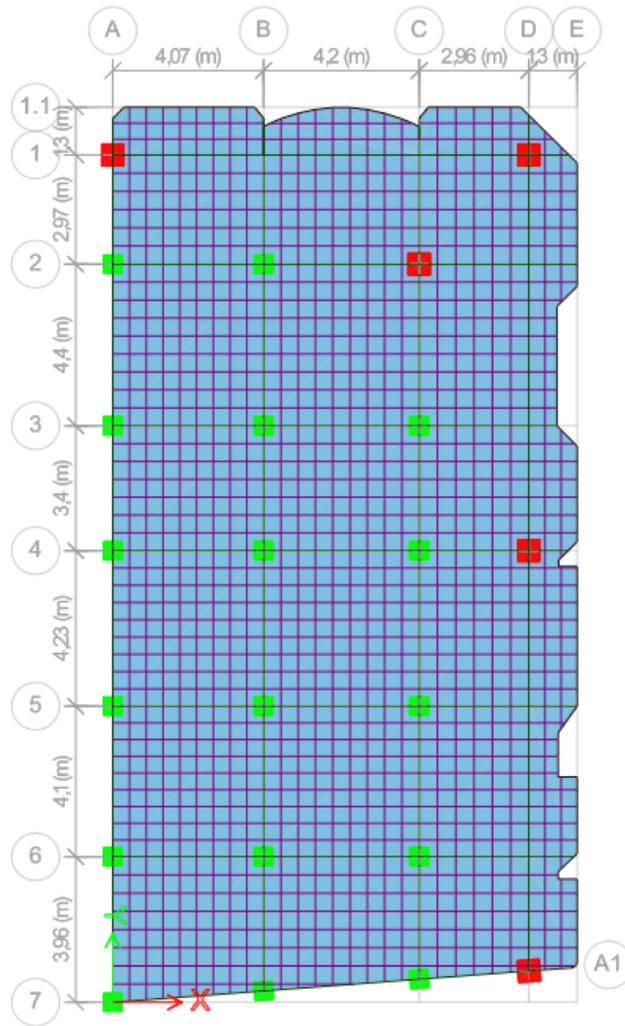
- Vigas principales de 35 x 40 cm [P1 - P2 - TERRAZA] y 35 x 25 cm (MEZANINE)

PISO	ELEMENTO	NOMENCLATURA	DIMENSIONES	
			b [cm]	h [cm]
PB	Viga Central	Viga 35 x 40	35	40
PISO 1		Viga 35 x 40	35	40
PISO 2		Viga 35 x 40	35	40
MEZZ,		Viga 35 x 25	35	25
PB	Viga Borde	Viga 35 x 40	35	40
PISO 1		Viga 35 x 40	35	40
PISO 2		Viga 35 x 40	35	40
MEZZ,		Viga 35 x 25	35	25

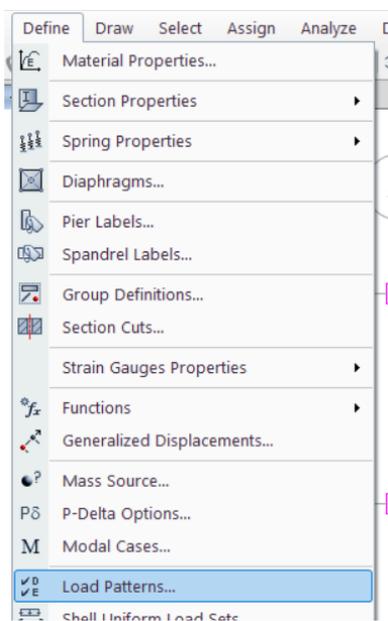


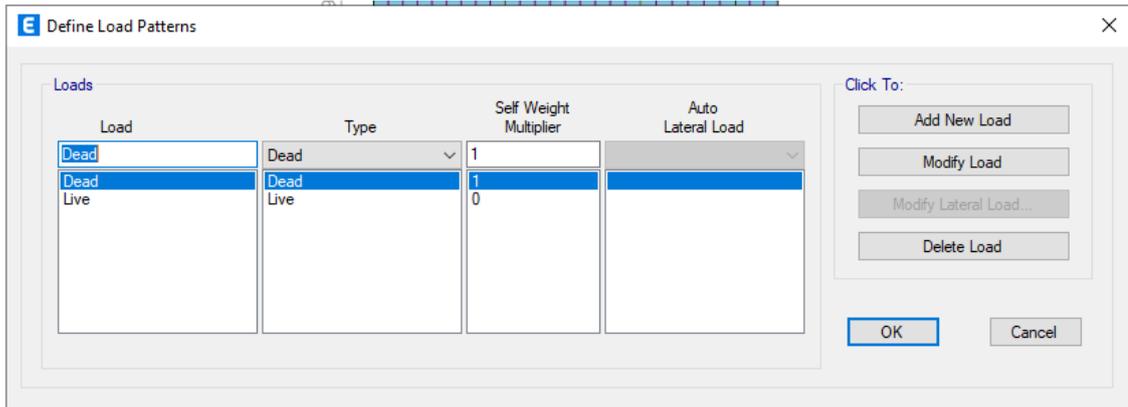
## CREAR Y ASIGNAR LOSAS



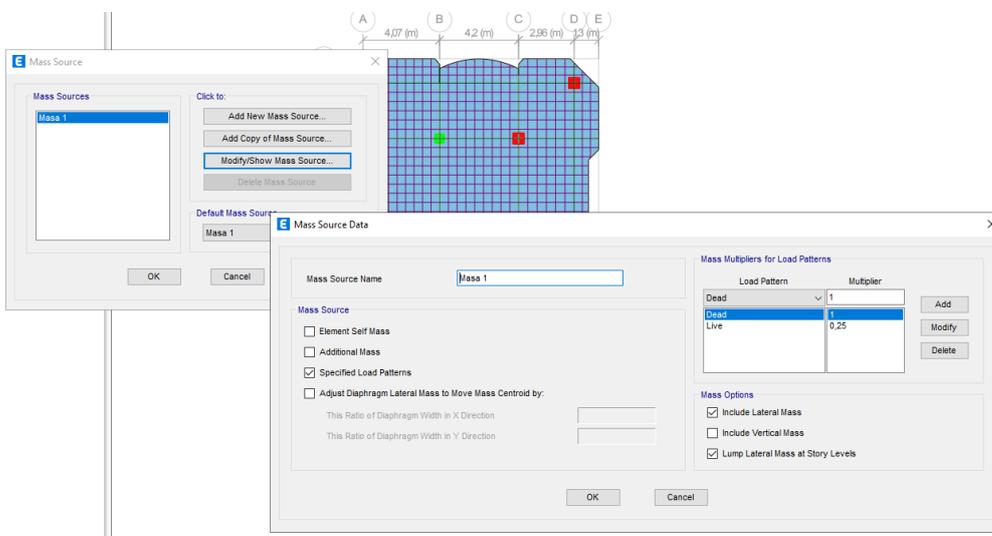
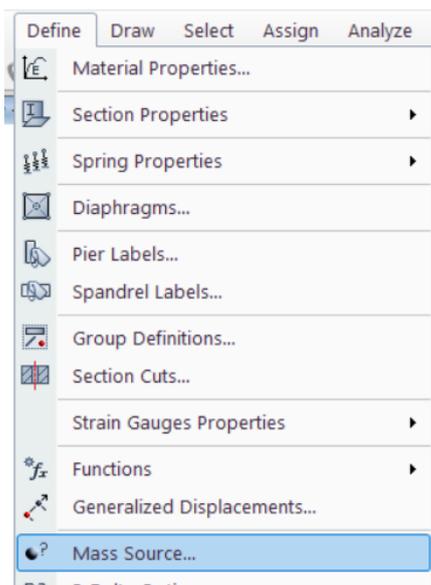


## Definir cargas

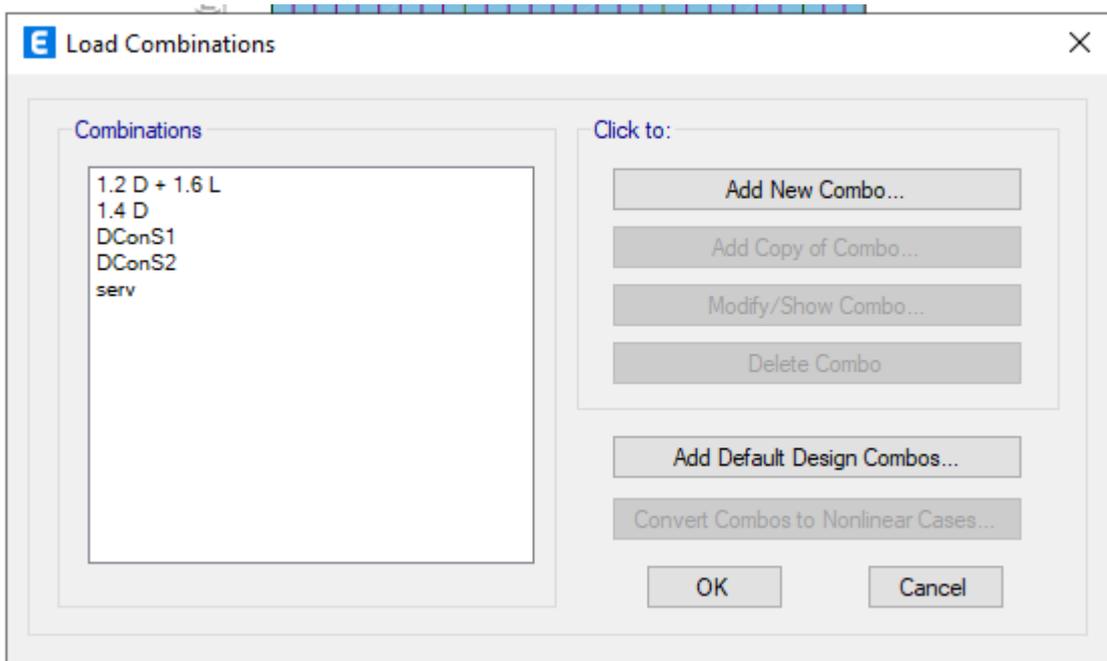
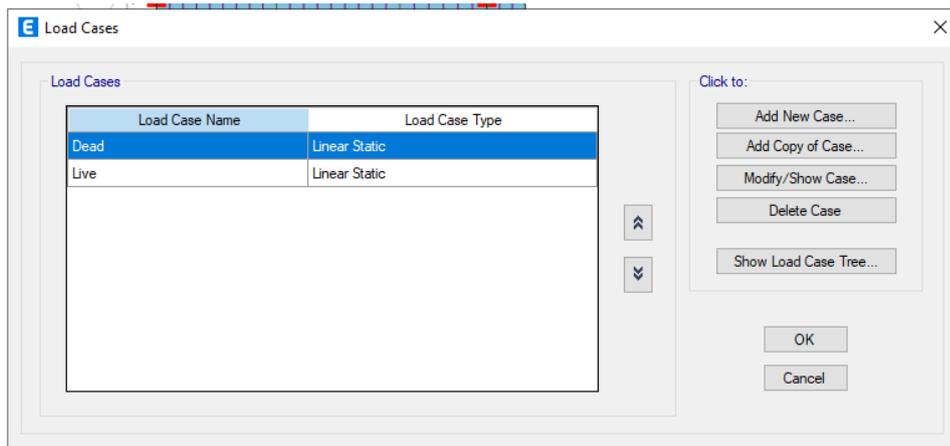




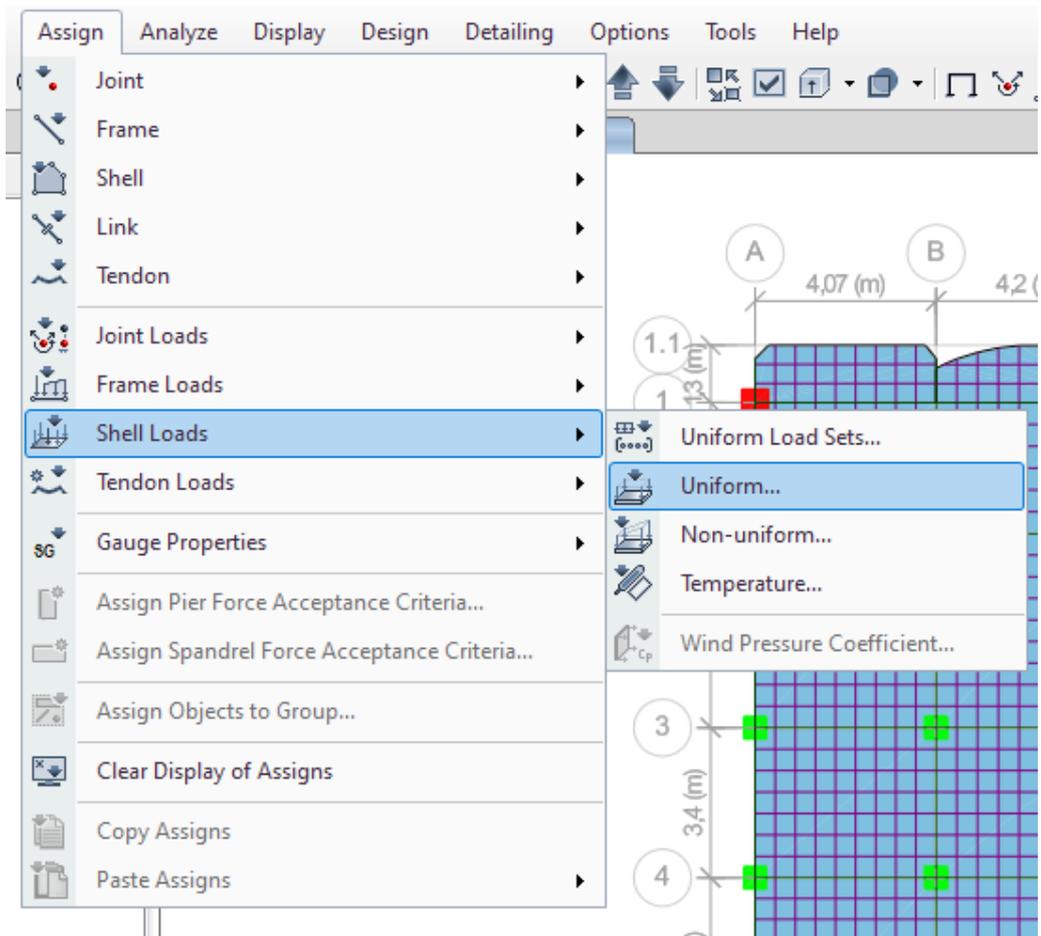
## Definir masa reactiva



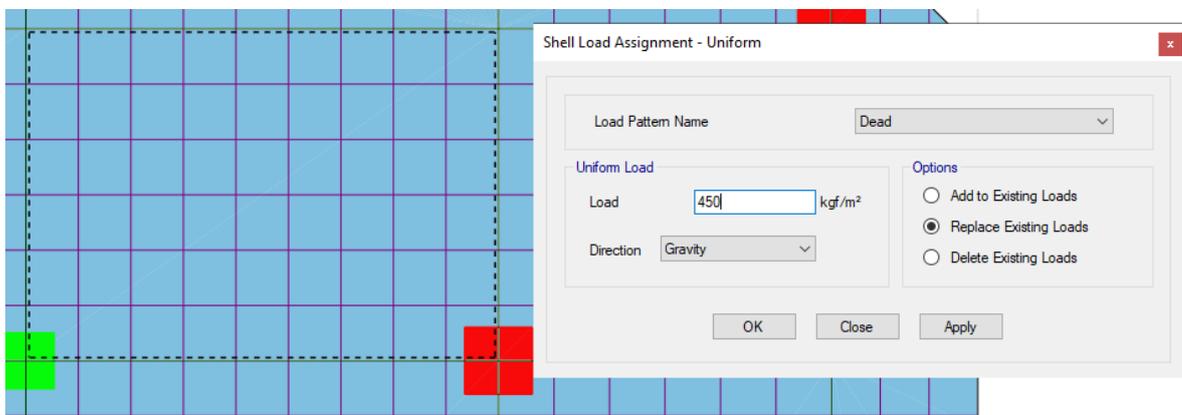
## Casos de carga y las combinaciones de cargas

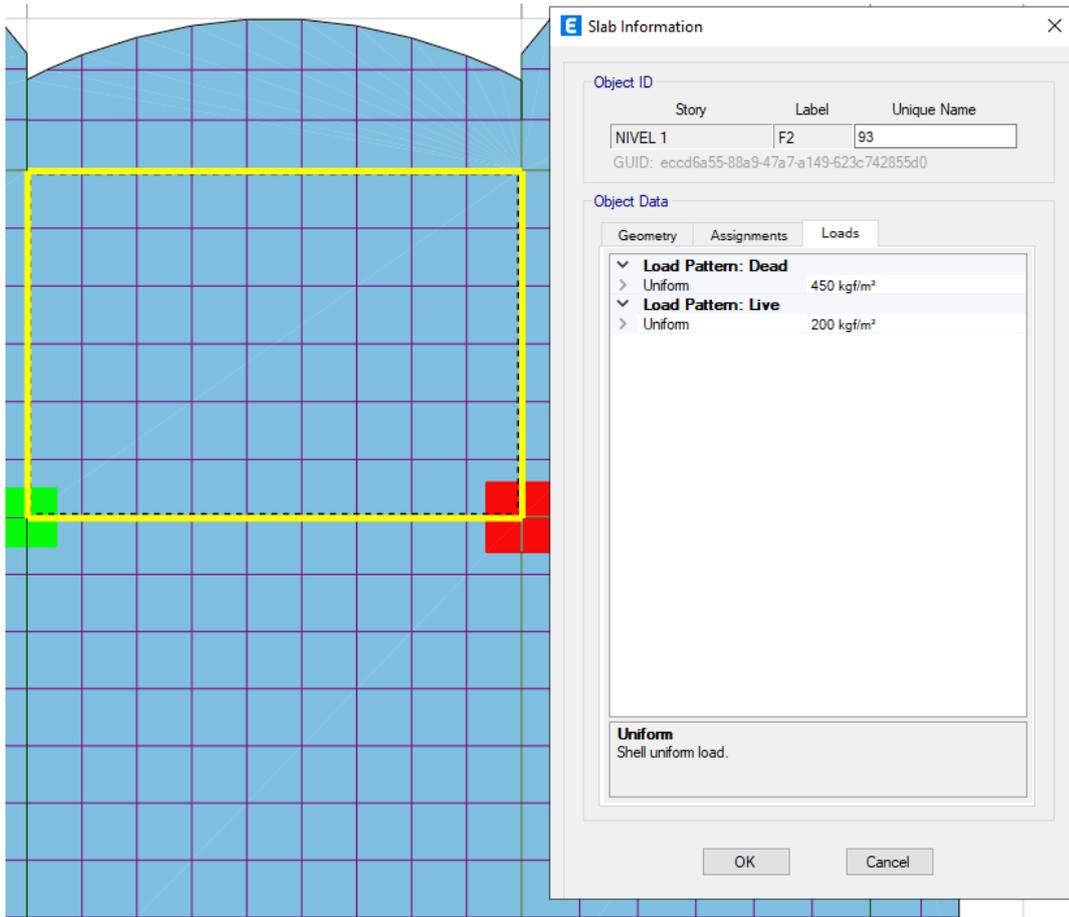


## Asignar cargas en la losa



Seleccionar la losa del piso al que le va a asignar las cargas





### Cargas en los 4 pisos

PISOS	CARGA VIVA	SOBRECARGA
Piso 1	200 kg/m <sup>2</sup>	450 kg/m <sup>2</sup>
Piso 2	200 kg/m <sup>2</sup>	350 kg/m <sup>2</sup>
Piso 3 (TERRAZA)	200 kg/m <sup>2</sup>	350 kg/m <sup>2</sup>
Piso 4 (MEZZANINE)	100 kg/m <sup>2</sup>	300 kg/m <sup>2</sup>

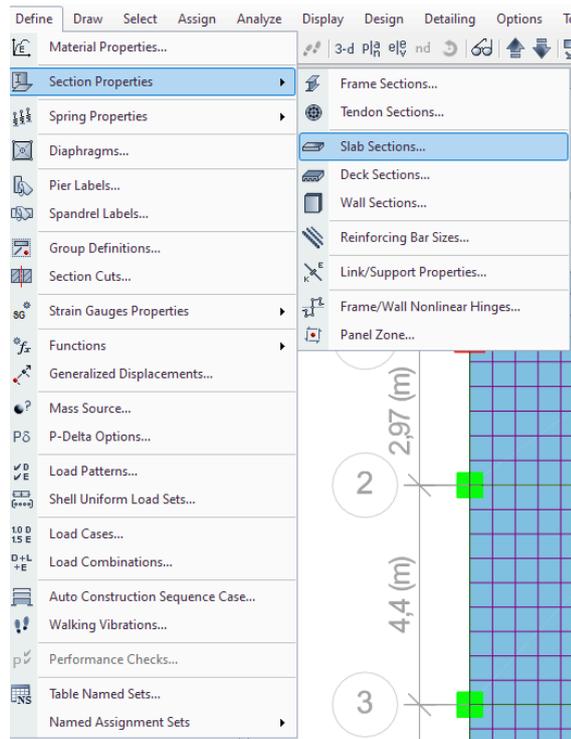
### DISEÑO DE LOSA NERVADA

Para diseñar la losa en dos direcciones se debe tener en cuenta lo siguiente, hay varias maneras, pero como ejemplo se muestran las dos siguientes:

#### PRIMERA OPCION

Al definir losa nos dirigimos primero a:

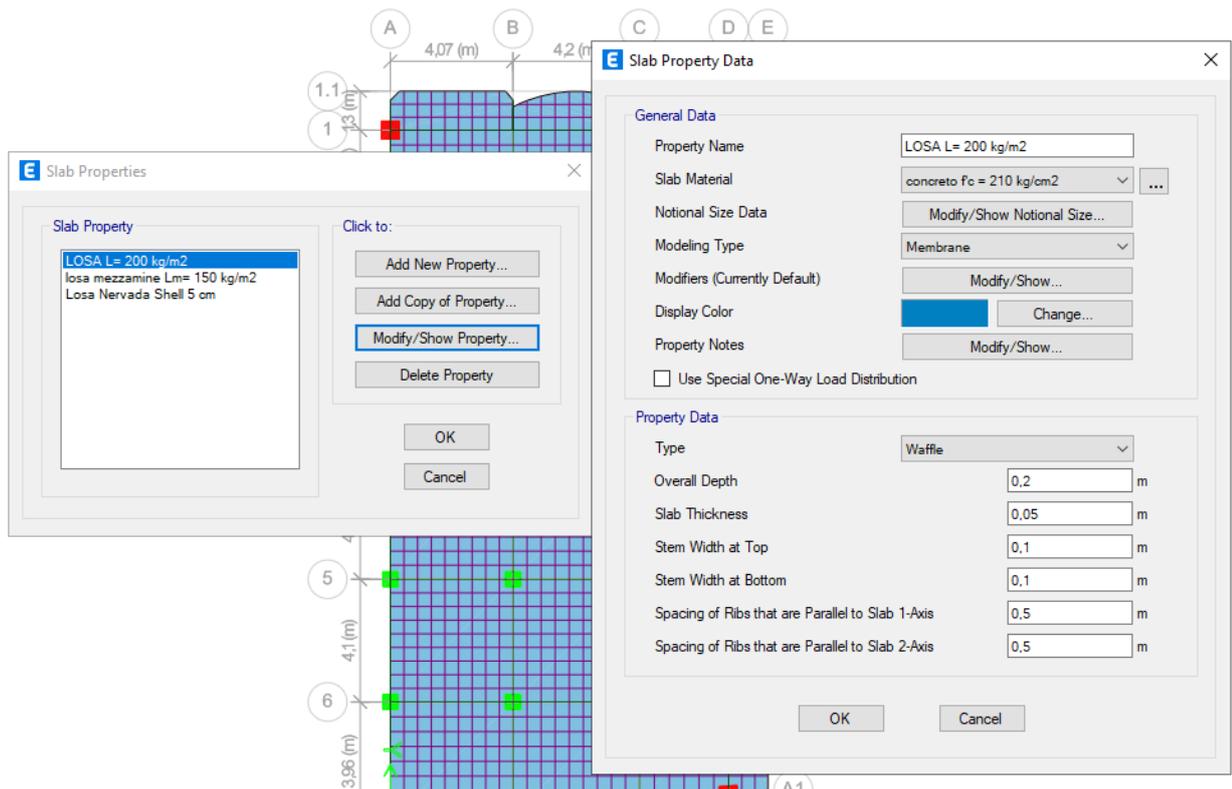
Define >>> Section Properties >> Slab Sections...



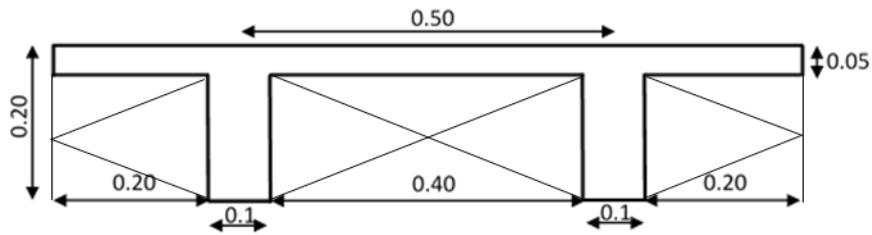
Al ingresar a Slab Properties, escogemos Add New Property

Se escoge el Material de la losa que es 210 kg/cm2

El tipo de Modelado: Membrana y en Property Data escogemos la sección Waffle



Con lo siguientes datos de los nervios y aliviamiento:



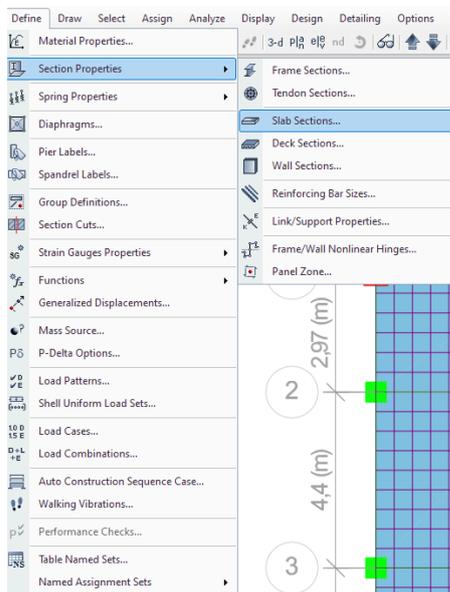
GEOMETRÍA DE LOSA NERVADA			
hp	5,00	cm	Altura de loseta a compresión
hn	15,00	cm	Altura de aliviamiento
h	20,00	cm	Altura total de losa nervada
s	40,00	cm	Ancho de aliviamiento
bn	10,00	cm	Ancho de nervio
b	50,00	cm	Ancho de losa a analizar
Ixx	12708,30	cm <sup>4</sup>	Inercia de la sección de losa analizada
heq	14,50	cm	Altura equivalente de losa

En este método, es recomendable realizarlo mediante el Etabs Ultimate, ya que viene integrado del software “SAFE”

## SEGUNDA OPCION

Iniciamos tal cual la primera opción para el diseño de la losa, en este caso sería la losa de 5 cm, y una viga como nervio de 10x20 cm

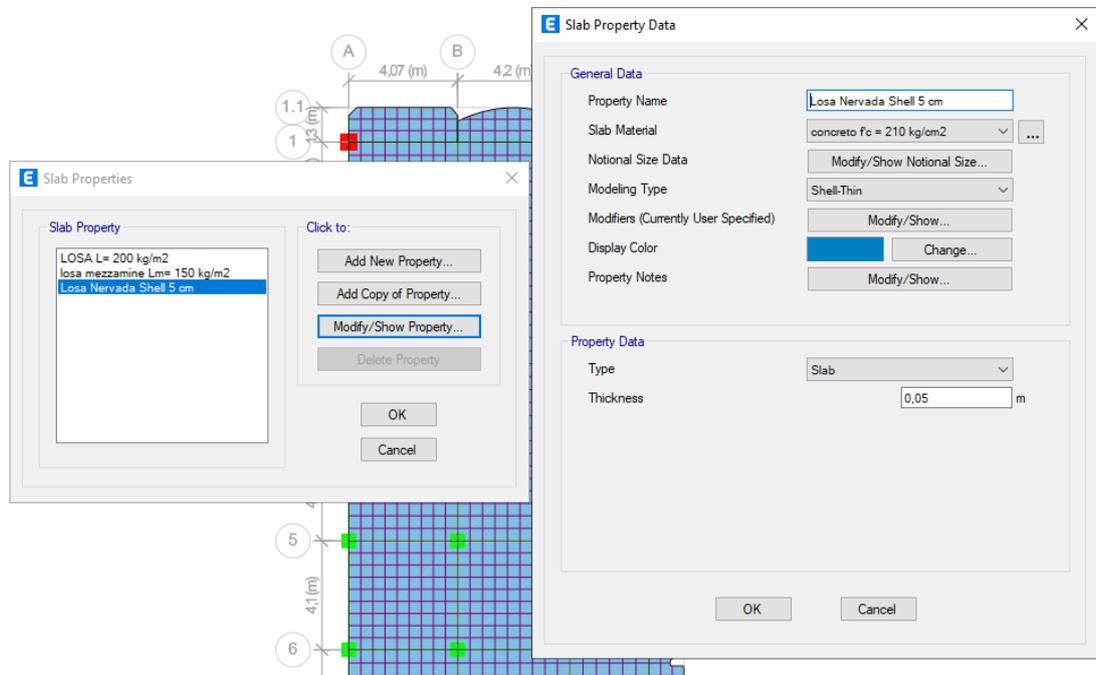
Define >>> Section Properties >> Slab Sections...



Al ingresar a Slab Properties, escogemos Add New Property

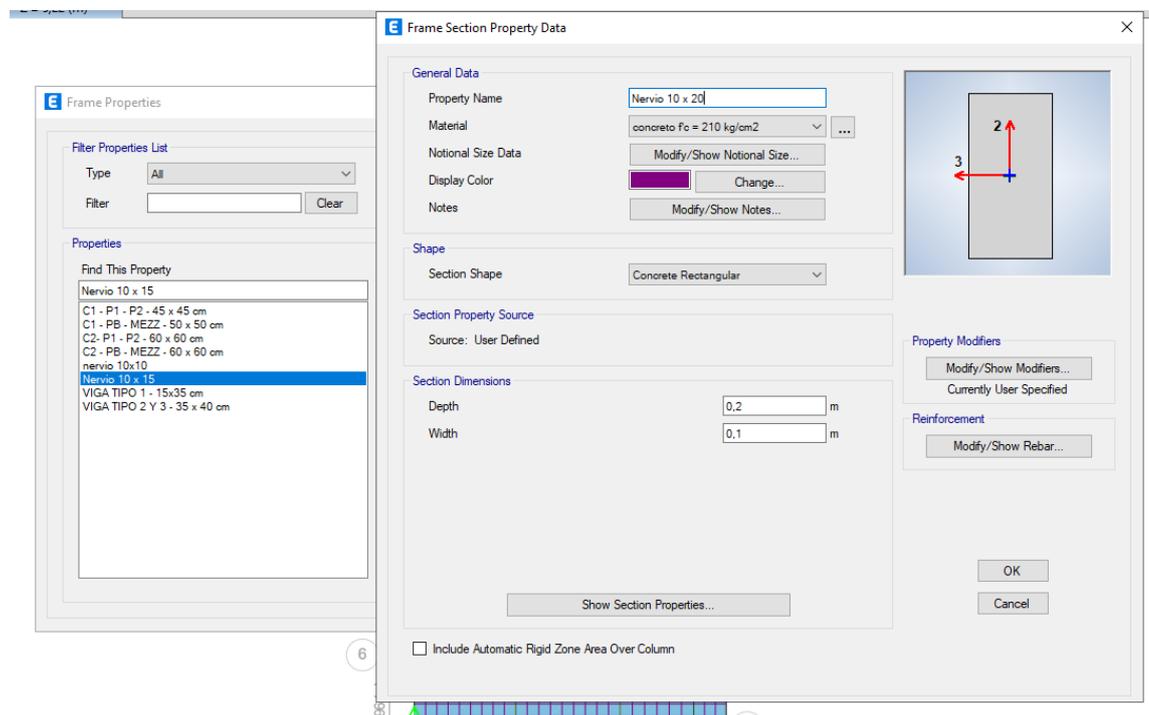
Se escoge el Material de la losa que es 210 kg/cm<sup>2</sup>

El tipo de Modelado: Shell – Thin (para espesores delgados) y en Property Data escogemos la sección Slab.

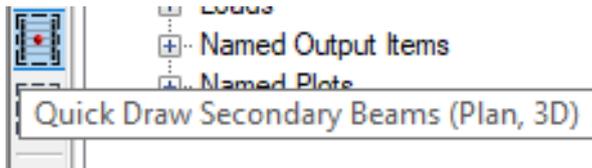


Luego procedemos a definir el nervio:

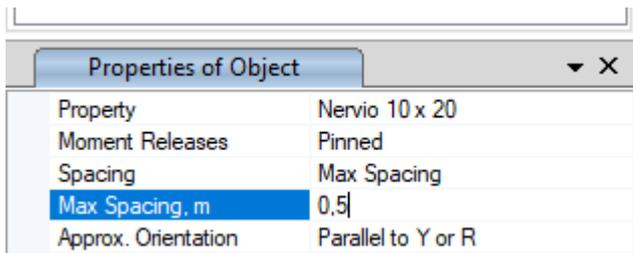
Manteniendo el mismo tipo de material



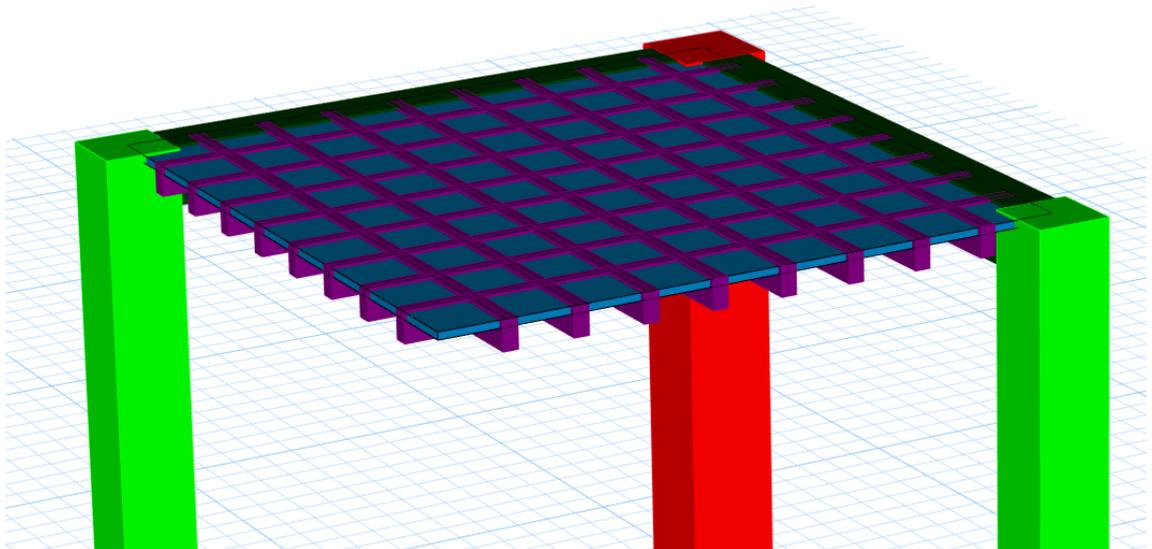
Al tenerlos definidos se procede a colocar en cada losa, los nervios podemos hacerlo mediante la opción Quick Draw Secondary Beams



En propiedad, seleccionamos nuestro nervio y en la opción de espaciamento escogemos el máximo, al colocar 0.5 m, para la orientación iremos alternado en el eje x & y hasta tener el resultado deseado.



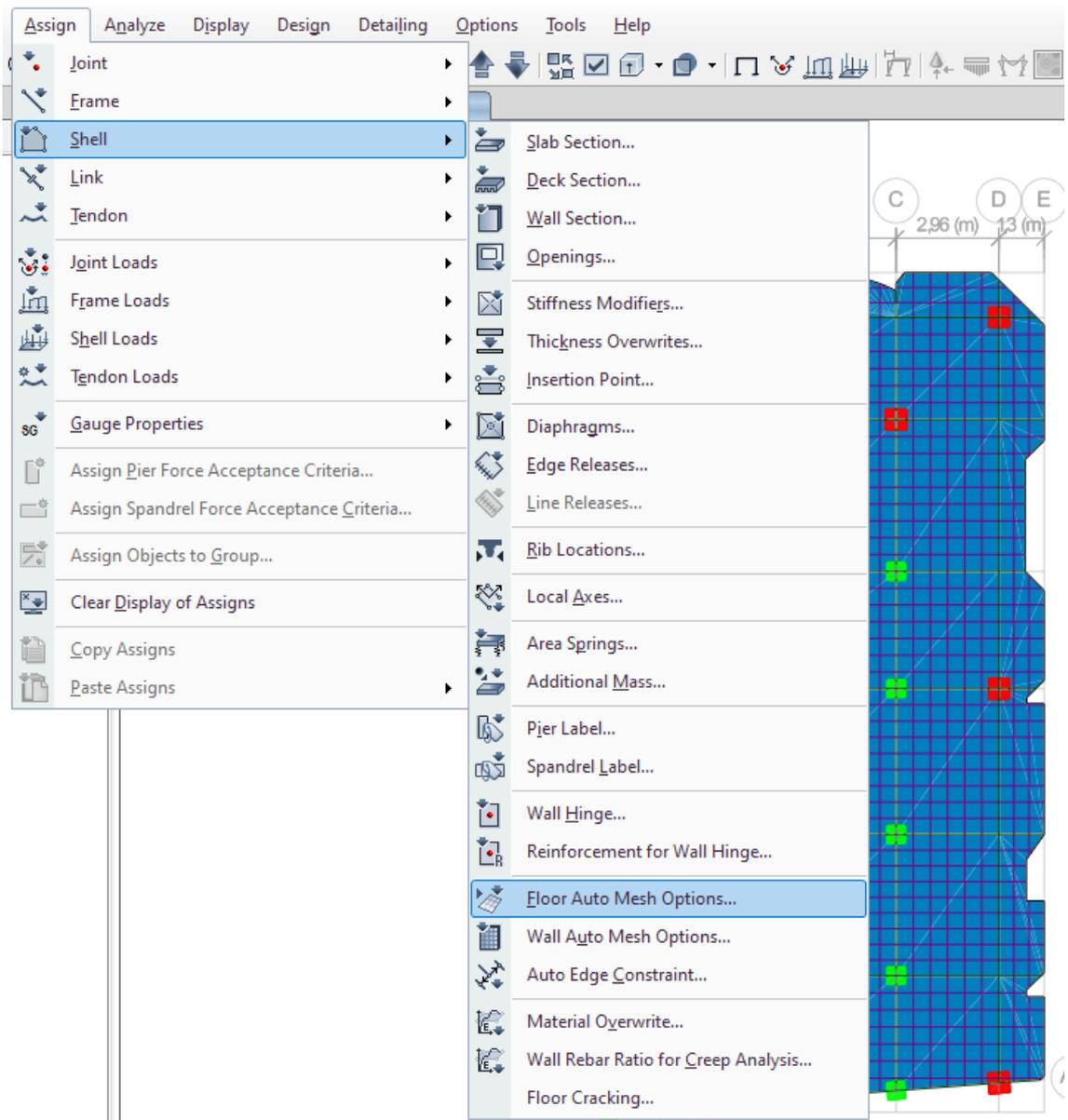
Obteniendo el siguiente resultado:



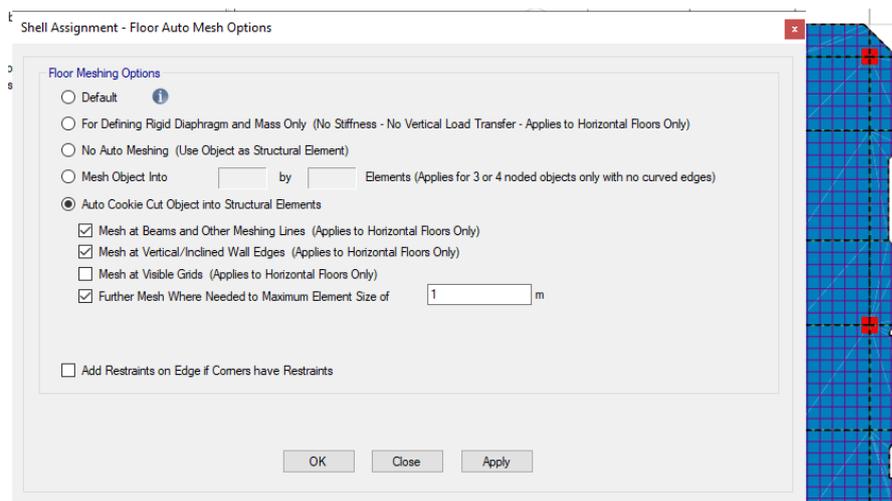
Después de tener todo listo, procedemos a seleccionar todas las losas e ir a la siguiente opción:

Assign >>> Shell >> Floor Auto Mesh Options

El "Floor Auto Mesh" en ETABS es una función automatizada que genera una malla de elementos finitos en losas, losas de piso o diafragmas de manera automática, optimizando el proceso de modelado estructural.



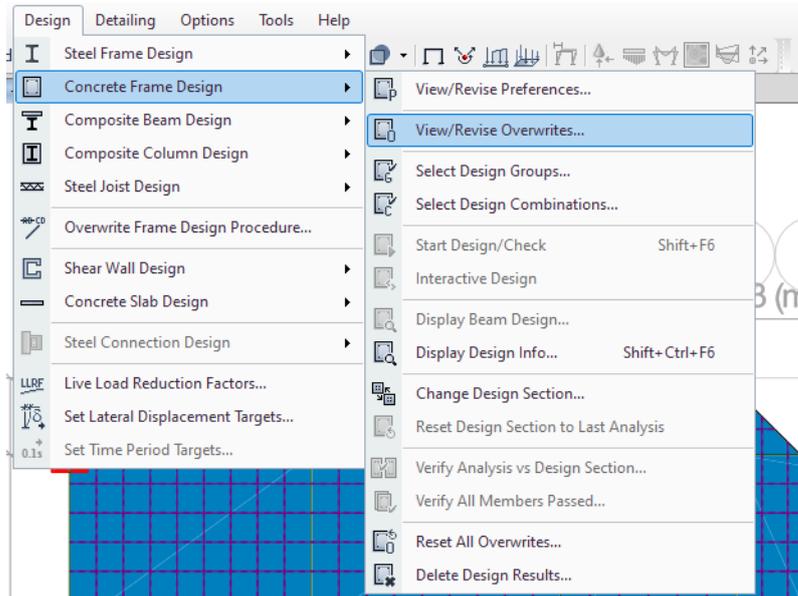
Se procede a seleccionar las siguientes opciones:



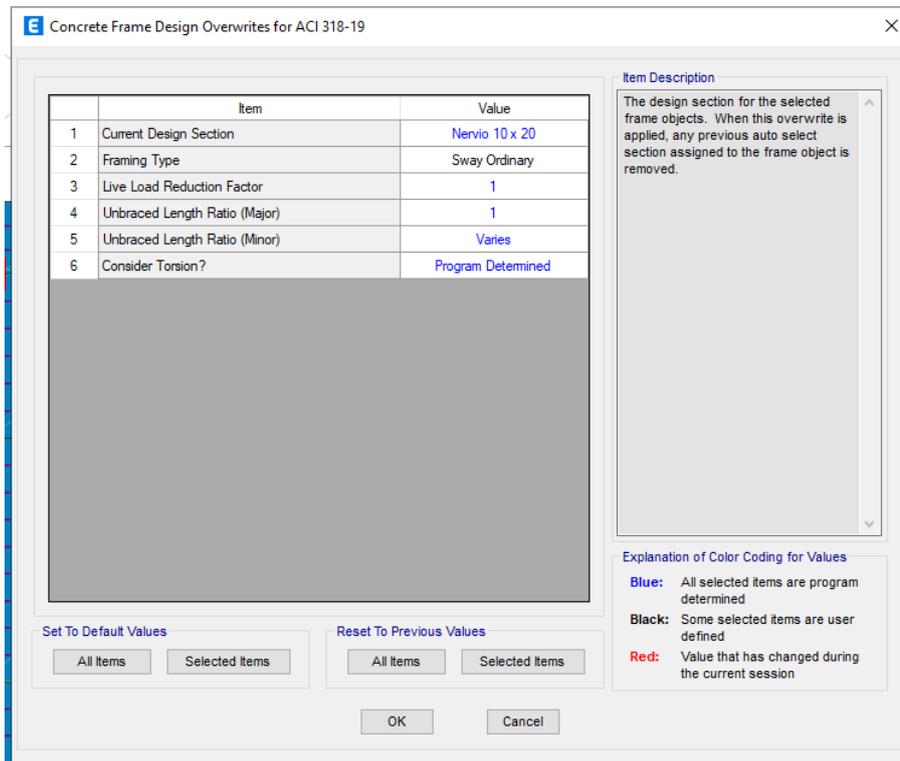
Después de eso procedemos a seleccionar los nervios de manera que no trabajen como vigas

Seleccionamos todos los nervios como primer paso y no dirigimos a:

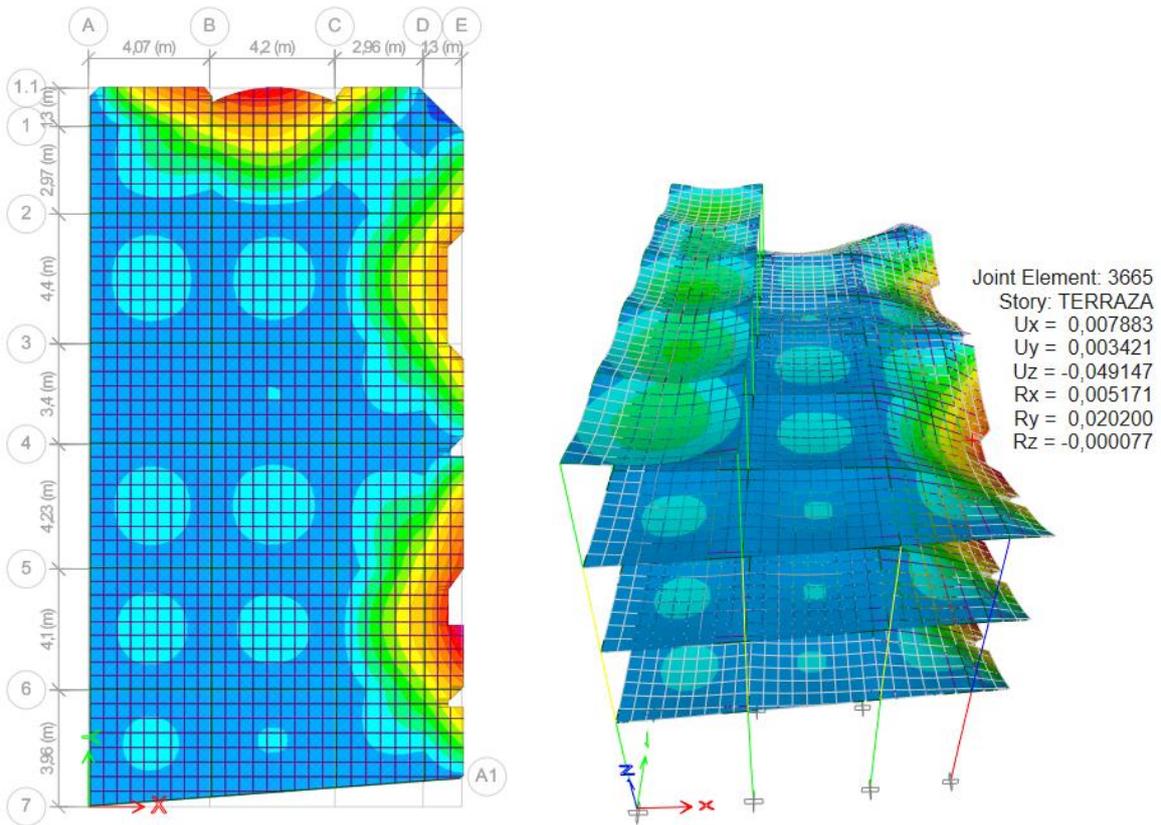
Design >>> Concrete Frame Design >> View/ Revise Overwrites



Dentro de esa opción procedemos a seleccionar la opción Framing Type >> y seleccionamos "Sway Ordinary"



De esta manera ya podemos dar inicio al programa y revisar las deflexiones y momentos que se presentan:



Considerando que al observar las deflexiones estas se presentan mas en los bordes al no tener un apoyo de una columna. Se realizo la imagen con el uso de la combinación de la Carga Ultima:

$$U = 1.2 D + 1.6 L$$

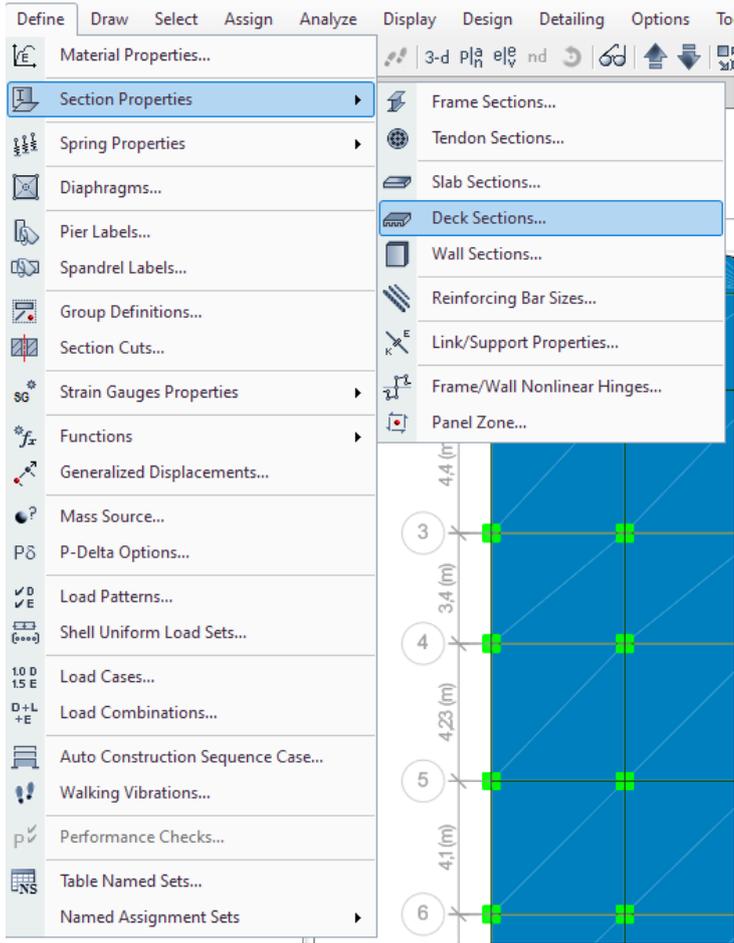
### LOSA DECK

Se procede en las columnas y vigas tal como estaba en la losa de hormigón Armado, y pasando directamente en la definición de la Losa Deck

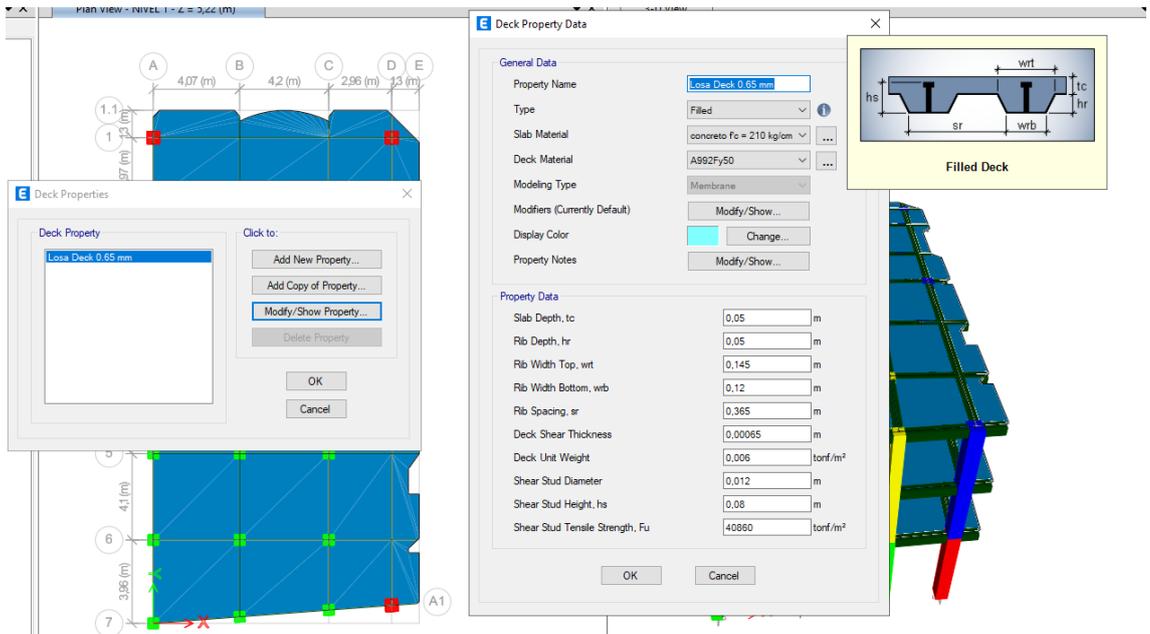
Se va a la opción:

Define >>> Section Properties >> Deck Sections

Donde le damos clic en Add New Property



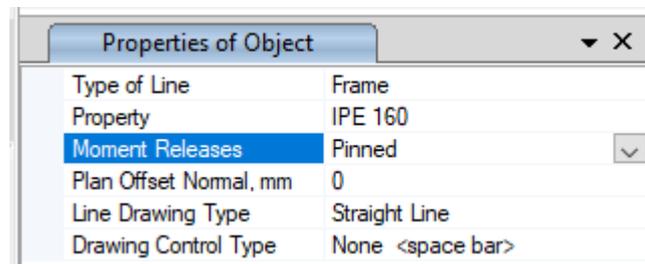
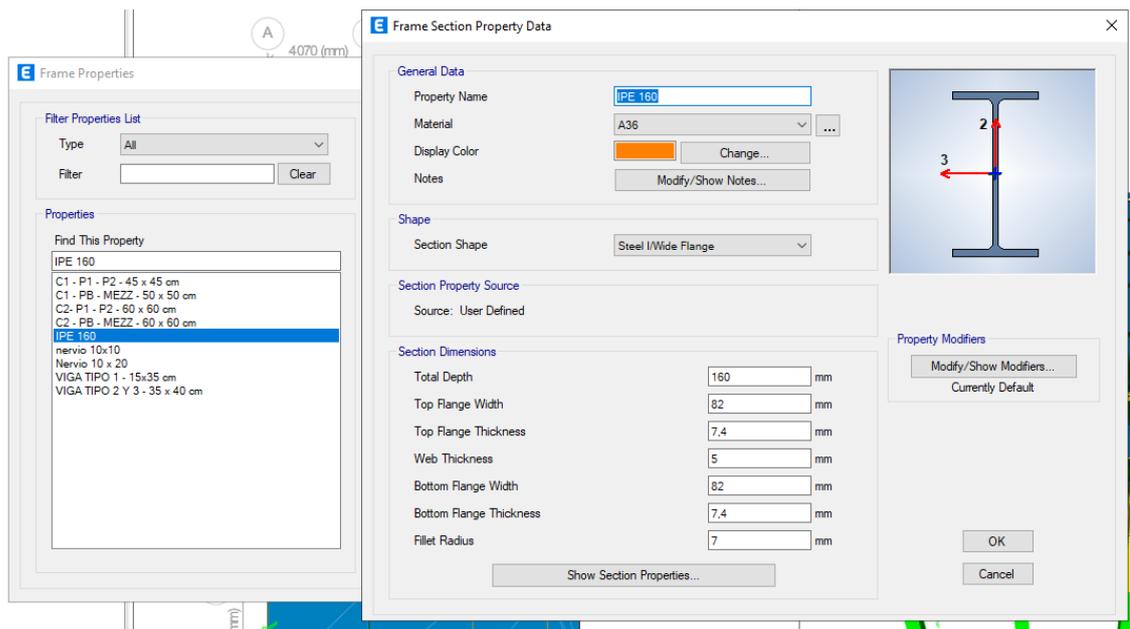
Definimos de la siguiente manera las propiedades de la losa deck



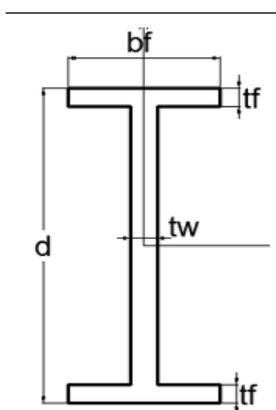
## Modelación de viguetas en acero estructural

Para definir las viguetas metálicas, debes usar la barra de menús. Ve a la opción "Define" (Definir), luego selecciona "Section Properties" (Propiedades de la sección) y después "Frame Sections" (Secciones de marco), como se muestra en la Figura. Para asegurarte de que estas viguetas funcionen como vigas simplemente apoyadas, al dibujarlas selecciona la opción "Pinned" (Articulado), tal como se indica en la Figura.

Es decir, configuras las viguetas desde un menú específico y, al dibujarlas, eliges una opción (pinned) que garantiza su comportamiento como vigas apoyadas en sus extremos.



## Vigas Secundarias usadas en la losa deck IPE 160 mm



### Secciones de catálogo:

- Vigas secundarias IPE 160

### Simbología del perfil IPE:

- **H (d)**: Altura del patín
- **b (bf)**: Ancho del ala
- **t (tw)**: Espesor del patín
- **e (tf)**: Espesor del ala
- **R**: Radio de giro

Finalmente, se desarrolló un esquema para determinar la sección del perfil laminado IPE adecuada.

DENOMINACIÓN	DIMENSIONES					PROPIEDADES					
	h	b	t	e	R	ÁREA SECCIÓN cm <sup>2</sup>	PESOS kg/mts	INERCIA (cm <sup>4</sup> )		MÓDULO RESISTENCIA (cm <sup>3</sup> ) SECCIÓN	
	mm	mm	mm	mm	mm			Eje x-x	Eje y-y	Eje x-x	Eje y-y
IPE 80	80	46	3.80	5.20	5	7.64	6.00	80	8.49	20.00	3.69
IPE 100	100	55	4.10	5.70	5	10.30	8.10	171	15.90	34.20	5.79
IPE 120	120	64	4.40	6.30	5	13.20	10.40	318	27.70	53.00	8.65
IPE 160	160	82	5.00	7.40	7	20.10	15.80	869	68.30	109.00	16.70
IPE 200	200	100	5.60	8.50	9	28.50	22.40	1940	142.00	194.00	28.50
IPE 220	220	110	5.90	9.20	9	33.40	26.20	2770	205.00	252.00	37.30
IPE 240	240	120	6.20	9.80	12	39.10	30.70	3890	284.00	324.00	47.30
IPE 300	300	150	7.10	10.70	15	53.80	42.20	8360	604.00	557.00	80.50
IPE 400	400	180	8.60	13.50	118	84.50	63.30	23130	1320.00	1160.00	146.00
IPE 450	450	190	9.40	14.60	21	98.80	77.70	33740	1680.00	1500.00	176.00
IPE 500	500	200	10.20	16.00	21	116.00	90.70	48200	2140.00	1930.00	214.00

# ANEXO 5.

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APUS)

### Análisis de Precios Unitarios

<b>Código</b>		<b>Unidad</b>	m3
<b>Rubro</b>	1	<b>Item</b>	1 de 21
<b>Detalle</b>	Hormigón f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Columnas: 60x60 cm		<b>Rendimiento</b> 1,10 m3 / hora

#### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C * R
HERRAMIENTAS MANUALES 5% M. O		5% Parcial B		2,59
VIBRADOR	1,00	5,00	5,00	5,50
<b>Parcial A</b>				\$ 8,09

#### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C * R
MAESTRO OBRA (EST. OCUP. C1)	1,00	4,75	4,75	5,23
ALBAÑIL (EST. OCU. D2)	2,00	4,28	8,56	9,42
PEON (EST. OCUP. E2)	8,00	4,23	33,84	37,22
<b>Parcial B</b>				\$ 51,87

#### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
HORMIGON PREMEZCLADO Fc=210 Kg/cm2	m3	1,00	119,52	119,52
<b>Parcial C</b>				\$ 119,52

\* Ver anexo

#### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
<b>Parcial D</b>				\$ -

Total Costos Directos		179,48
Costos Indirectos	20,0 %	35,90
Otros Costos Indirectos		
<b>Total 1</b>		\$ 215,38
<b>Valor Propuesto</b>		\$ 215,38

## Análisis de Precios Unitarios

<b>Código</b>		<b>Unidad</b>	m3
<b>Rubro</b>	2	<b>Item</b>	2 de 21
<b>Detalle</b>	Hormigón f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Columnas: 50x50 cm	<b>Rendimiento</b>	1,1000 m3 / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
HERRAMIENTAS MANUALES 5% M. O		5% Parcial B		1,63
VIBRADOR	1,00	5,00	5,00	5,50
			<b>Parcial A</b>	\$ 7,13

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
MAESTRO OBRA (EST. OCUP. C1)	1,00	4,75	4,75	5,23
ALBAÑIL (EST. OCU. D2)	2,00	4,28	8,56	9,42
PEON (EST. OCUP. E2)	7,00	4,23	29,61	32,57
			<b>Parcial B</b>	\$ 47,22

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
HORMIGON PREMEZCLADO Fc=210 Kg/cm2	m3	1,00	119,52	119,52
			<b>Parcial C</b>	\$ 119,52

\* Ver anexo

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
			<b>Parcial D</b>	\$ -

Total Costos Directos		173,87
Costos Indirectos	20,0 %	34,77
Otros Costos Indirectos		
<b>Total 2</b>	\$	208,64
<b>Valor Propuesto</b>	\$	<b>208,64</b>

## Análisis de Precios Unitarios

<b>Código</b>	<b>Unidad</b> m3
<b>Rubro</b> 3	<b>Item</b> 3 de 21
<b>Detalle</b> Hormigón f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> en Columnas: 45x45 cm	<b>Rendimiento</b> 1,1000 m3 / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
HERRAMIENTAS MANUALES 5% M. O VIBRADOR	1,00	5% Parcial B 5,00	5,00	1,90 5,50
			<b>Parcial A</b>	\$ 7,40

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
MAESTRO OBRA (EST. OCUP. C1)	1,00	4,75	4,75	5,23
ALBAÑIL (EST. OCU. D2)	2,00	4,28	8,56	9,42
PEON (EST. OCUP. E2)	5,00	4,23	21,15	23,27
			<b>Parcial B</b>	\$ 37,92

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
HORMIGON PREMEZCLADO Fc=210 Kg/cm <sup>2</sup>	m3	1,00	119,52	119,52
			<b>Parcial C</b>	\$ 119,52

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
			<b>Parcial D</b>	\$ -

Total Costos Directos	164,84
Costos Indirectos 20,0 %	32,97
Otros Costos Indirectos	
<b>Total 3</b>	\$ 197,80
<b>Valor Propuesto</b>	<b>\$ 197,80</b>

## Análisis de Precios Unitarios

**Código**  
**Rubro** 4  
**Detalle** Hormigón  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  en Vigas: 35x40 cm

**Unidad** m3  
**Item** 4 de 21  
**Rendimiento** 1,1000 m3 / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora $C = A \times B$	Costo Unitario $D = C \times R$
HERRAMIENTAS MANUALES 5% M. O		5% Parcial B		2,36
VIBRADOR	1,00	5,00	5,00	5,50
			<b>Parcial A</b>	\$ 7,86

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora $C = A \times B$	Costo Unitario $D = C \times R$
MAESTRO OBRA (EST. OCUP. C1)	1,00	4,75	4,75	5,23
ALBAÑIL (EST. OCU. D2)	3,00	4,28	12,84	14,12
PEON (EST. OCUP. E2)	6,00	4,23	25,38	27,92
			<b>Parcial B</b>	\$ 47,27

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario $C = A \times B$
HORMIGON PREMEZCLADO $F_c=210 \text{ Kg/cm}^2$	m3	1,00	119,52	119,52
			<b>Parcial C</b>	\$ 119,52

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario $D = A \times B \times C$
			<b>Parcial D</b>	\$ -

Total Costos Directos		174,65
Costos Indirectos	20,0 %	34,93
Otros Costos Indirectos		
<b>Total 4</b>		\$ 209,58
<b>Valor Propuesto</b>		<b>\$ 209,58</b>

## Análisis de Precios Unitarios

**Código**  
**Rubro** 5  
**Detalle** Hormigón  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$  en Vigas: 35x25 cm

**Unidad** m3  
**Item** 5 de 21  
**Rendimiento** 1,1000 m3 / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
HERRAMIENTAS MANUALES 5% M. O	1,00	5% Parcial B		1,90
VIBRADOR		5,00	5,00	5,50
<b>Parcial A</b>				<b>\$ 7,40</b>

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
MAESTRO OBRA (EST. OCUP. C1)	1,00	4,75	4,75	5,23
ALBAÑIL (EST. OCU. D2)	2,00	4,28	8,56	9,42
PEON (EST. OCUP. E2)	5,00	4,23	21,15	23,27
<b>Parcial B</b>				<b>\$ 37,92</b>

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
HORMIGON PREMEZCLADO $F_c=210 \text{ Kg/cm}^2$	m3	1,00	119,52	119,52
<b>Parcial C</b>				<b>\$ 119,52</b>

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
<b>Parcial D</b>				<b>\$ -</b>

Total Costos Directos	164,84
Costos Indirectos	20,0 %
Otros Costos Indirectos	
<b>Total 5</b>	<b>\$ 197,80</b>
<b>Valor Propuesto</b>	<b>\$ 197,80</b>

## Análisis de Precios Unitarios

**Código**  
**Rubro** 6  
**Detalle** Hormigón  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$  de Losa  $h=20\text{cm}$

**Unidad** m3  
**Item** 6 de 21  
**Rendimiento** 1,1000 m3 / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora $C = A \times B$	Costo Unitario $D = C \times R$
HERRAMIENTAS MANUALES 5% M. O		5% Parcial B		3,07
VIBRADOR	1,00	5,00	5,00	5,50
<b>Parcial A</b>				\$ 8,57

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora $C = A \times B$	Costo Unitario $D = C \times R$
MAESTRO OBRA (EST. OCUP. C1)	1,00	4,75	4,75	5,23
ALBAÑIL (EST. OCU. D2)	5,00	4,28	21,40	23,54
PEON (EST. OCUP. E2)	7,00	4,23	29,61	32,57
<b>Parcial B</b>				\$ 61,34

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario $C = A \times B$
HORMIGON PREMEZCLADO $F_c=210 \text{ Kg/cm}^2$	m3	1,00	119,52	119,52
<b>Parcial C</b>				\$ 119,52

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario $D = A \times B \times C$
<b>Parcial D</b>				\$ -

Total Costos Directos		189,43
Costos Indirectos	20,0 %	37,89
Otros Costos Indirectos		
<b>Total 6</b>		\$ 227,31
<b>Valor Propuesto</b>		<b>\$ 227,31</b>

## Análisis de Precios Unitarios

<b>Código</b>	<b>Unidad</b> m3
<b>Rubro</b> 7	<b>Item</b> 7 de 21
<b>Detalle</b> Hormigón f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> de Losa h=15cm	<b>Rendimiento</b> 1,1000 m3 / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C * R
HERRAMIENTAS MANUALES 5% M. O		5% Parcial B		1,66
VIBRADOR	1,00	5,00	5,00	5,50
<b>Parcial A</b>				\$ 7,16

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C * R
MAESTRO OBRA (EST. OCUP. C1)	1,00	4,75	4,75	5,23
ALBAÑIL (EST. OCU. D2)	2,00	4,28	8,56	9,42
PEON (EST. OCUP. E2)	4,00	4,23	16,92	18,61
<b>Parcial B</b>				\$ 33,26

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
HORMIGON PREMEZCLADO Fc=210 Kg/cm <sup>2</sup>	m3	1,00	119,52	119,52
<b>Parcial C</b>				\$ 119,52

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
<b>Parcial D</b>				\$ -

Total Costos Directos		159,94
Costos Indirectos	20,0 %	31,99
Otros Costos Indirectos		
<b>Total 7</b>		\$ 191,93
<b>Valor Propuesto</b>		<b>\$ 191,93</b>

## Análisis de Precios Unitarios

<b>Código</b>		<b>Unidad</b>	m2
<b>Rubro</b>	8	<b>Item</b>	8 de 21
<b>Detalle</b>	Encofrado/Desencofrado de Columnas: 60x60 cm	<b>Rendimiento</b>	2,0000 m2 / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
HERRAMIENTAS MANUALES 5% M. O		5% Parcial B		1,39
			<b>Parcial A</b>	\$ 1,39

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
MAESTRO OBRA (EST. OCUP. C1)	0,25	4,75	1,19	2,38
CARPINTERO	1,00	4,28	4,28	8,56
AYUDANTE DE CARPINTERO	2,00	4,23	8,46	16,92
			<b>Parcial B</b>	\$ 27,86

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
TABLA SEMIDURA 5 VARAS	m	5,00	0,80	4,00
TIRAS 2X1"	m	2,00	1,50	3,00
TABLA PARA APUNTALAMIENTO	m	0,50	14,00	7,00
CLAVO 2 1/2"	kg	0,30	5,00	1,50
ACEITE QUEMADO	GL	1,00	1,00	1,00
			<b>Parcial C</b>	\$ 16,50

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
			<b>Parcial D</b>	\$ -

Total Costos Directos		45,75
Costos Indirectos	20,0 %	9,15
Otros Costos Indirectos		
<b>Total 8</b>	\$	54,90
<b>Valor Propuesto</b>	\$	<b>54,90</b>

## Análisis de Precios Unitarios

<b>Código</b>		<b>Unidad</b>	m2
<b>Rubro</b>	9	<b>Item</b>	9 de 21
<b>Detalle</b>	Encofrado/Desencofrado de Columnas: 50x50 cm	<b>Rendimiento</b>	2,0000 m2 / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A x B	Costo Unitario D = C * R
HERRAMIENTAS MANUALES 5% M. O		5% Parcial B		0,97
			<b>Parcial A</b>	\$ 0,97

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A x B	Costo Unitario D = C * R
MAESTRO OBRA (EST. OCUP. C1)	0,25	4,75	1,19	2,38
CARPINTERO	1,00	4,28	4,28	8,56
AYUDANTE DE CARPINTERO	1,00	4,23	4,23	8,46
			<b>Parcial B</b>	\$ 19,40

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A x B
TABLA SEMIDURA 5 VARAS	m	5,00	0,80	4,00
TIRAS 2X1"	m	2,00	1,50	3,00
TABLA PARA APUNTALAMIENTO	m	0,50	14,00	7,00
CLAVO 2 1/2"	kg	0,30	5,00	1,50
ACEITE QUEMADO	GL	1,00	1,00	1,00
			<b>Parcial C</b>	\$ 16,50

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A x B x C
			<b>Parcial D</b>	\$ -

Total Costos Directos		36,87
Costos Indirectos	20,0 %	7,37
Otros Costos Indirectos		
<b>Total 9</b>	\$	<b>44,24</b>
<b>Valor Propuesto</b>	\$	<b>44,24</b>

## Análisis de Precios Unitarios

<b>Código</b>		<b>Unidad</b>	m2
<b>Rubro</b>	10	<b>Item</b>	9 de 21
<b>Detalle</b>	Encofrado/Desencofrado de Columnas: 45x45 cm	<b>Rendimiento</b>	2,0000 m2 / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
HERRAMIENTAS MANUALES 5% M. O		5% Parcial B		0,97
			<b>Parcial A</b>	\$ 0,97

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
MAESTRO OBRA (EST. OCUP. C1)	0,25	4,75	1,19	2,38
CARPINTERO	1,00	4,28	4,28	8,56
AYUDANTE DE CARPINTERO	1,00	4,23	4,23	8,46
			<b>Parcial B</b>	\$ 19,40

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
TABLA SEMIDURA 5 VARAS	m	5,00	0,80	4,00
TIRAS 2X1"	m	2,00	1,50	3,00
TABLA PARA APUNTALAMIENTO	m	0,50	14,00	7,00
CLAVO 2 1/2"	kg	0,30	5,00	1,50
ACEITE QUEMADO	GL	1,00	1,00	1,00
			<b>Parcial C</b>	\$ 16,50

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
			<b>Parcial D</b>	\$ -

Total Costos Directos	36,87
Costos Indirectos	20,0 %
Otros Costos Indirectos	
<b>Total 10</b>	\$ 44,24
<b>Valor Propuesto</b>	<b>\$ 44,24</b>

## Análisis de Precios Unitarios

<b>Código</b>		<b>Unidad</b>	m2
<b>Rubro</b>	11	<b>Item</b>	11 de 21
<b>Detalle</b>	Encofrado/Desencofrado de Vigas: 35x40 cm	<b>Rendimiento</b>	2,0000 m2 / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
HERRAMIENTAS MANUALES 5% M. O ANDAMIOS	3,00	5% Parcial B 0,92	2,76	1,39 5,52
			<b>Parcial A</b>	\$ 6,91

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
MAESTRO OBRA (EST. OCUP. C1)	0,25	4,75	1,19	2,38
CARPINTERO	1,00	4,28	4,28	8,56
AYUDANTE DE CARPINTERO	2,00	4,23	8,46	16,92
			<b>Parcial B</b>	\$ 27,86

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
TABLA SEMIDURA 5 VARAS	m	5,00	0,80	4,00
TIRAS 2X1"	m	2,00	1,50	3,00
TABLA PARA APUNTALAMIENTO	m	0,50	14,00	7,00
CLAVO 2 1/2"	kg	0,30	5,00	1,50
ACEITE QUEMADO	GL	1,00	1,00	1,00
			<b>Parcial C</b>	\$ 16,50

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
			<b>Parcial D</b>	\$ -

Total Costos Directos	51,27
Costos Indirectos	20,0 %
Otros Costos Indirectos	
<b>Total 11</b>	\$ 61,53
<b>Valor Propuesto</b>	\$ 61,53

## Análisis de Precios Unitarios

**Código**  
**Rubro** 12  
**Detalle** Encofrado/Desencofrado de Vigas: 35x25 cm

**Unidad** m2  
**Item** 12 de 21  
**Rendimiento** 2,0000 m2 / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
HERRAMIENTAS MANUALES 5% M. O ANDAMIOS	3,00	5% Parcial B 0,92	2,76	0,97 5,52
<b>Parcial A</b>				\$ 6,49

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
MAESTRO OBRA (EST. OCUP. C1)	0,25	4,75	1,19	2,38
CARPINTERO	1,00	4,28	4,28	8,56
AYUDANTE DE CARPINTERO	1,00	4,23	4,23	8,46
<b>Parcial B</b>				\$ 19,40

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
TABLA SEMIDURA 5 VARAS	m	5,00	0,80	4,00
TIRAS 2X1"	m	2,00	1,50	3,00
TABLA PARA APUNTALAMIENTO	m	0,50	14,00	7,00
CLAVO 2 1/2"	kg	0,30	5,00	1,50
ACEITE QUEMADO	GL	1,00	1,00	1,00
<b>Parcial C</b>				\$ 16,50

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
<b>Parcial D</b>				\$ -

Total Costos Directos		42,39
Costos Indirectos	20,0 %	8,48
Otros Costos Indirectos		
<b>Total 12</b>		\$ 50,87
<b>Valor Propuesto</b>		<b>\$ 50,87</b>

## Análisis de Precios Unitarios

**Código**  
**Rubro** 13  
**Detalle** Encofrado/Desencofrado de Losa h=20cm

**Unidad** m2  
**Item** 13 de 21  
**Rendimiento** 2,1000 m2 / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
HERRAMIENTAS MANUALES 5% M. O ANDAMIOS	2,00	5% Parcial B 0,92	1,84	1,59 3,86
<b>Parcial A</b>				\$ 5,45

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
MAESTRO OBRA (EST. OCUP. C1)	0,50	4,75	2,38	4,99
ALBAÑIL (EST. OCU. D2)	1,00	4,28	4,28	8,99
PEON (EST. OCUP. E2)	2,00	4,23	8,46	17,77
<b>Parcial B</b>				\$ 31,75

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
TABLERO METALICO	U	1,00	5,00	5,00
TIRAS 2x1" x 5 VARAS	U	1,00	7,00	7,00
PUNTAL	U	6,00	0,20	1,20
CLAVO 2 1/2"	lb	0,30	5,00	1,50
<b>Parcial C</b>				\$ 14,70

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
<b>Parcial D</b>				\$ -

Total Costos Directos		51,90
Costos Indirectos	20,0 %	10,38
Otros Costos Indirectos		
<b>Total 13</b>		\$ 62,28
<b>Valor Propuesto</b>		<b>\$ 62,28</b>

## Análisis de Precios Unitarios

**Código**  
**Rubro** 14  
**Detalle** Encofrado/Desencofrado de Losa h=15cm

**Unidad** m2  
**Item** 14 de 21  
**Rendimiento** 2,1000 m2 / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A x B	Costo Unitario D = C * R
HERRAMIENTAS MANUALES 5% M. O ANDAMIOS	2,00	5% Parcial B 1,92	3,84	1,14 8,06
			<b>Parcial A</b>	\$ 9,20

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A x B	Costo Unitario D = C * R
MAESTRO OBRA (EST. OCUP. C1)	0,50	4,75	2,38	4,99
ALBAÑIL (EST. OCU. D2)	1,00	4,28	4,28	8,99
PEON (EST. OCUP. E2)	1,00	4,23	4,23	8,88
			<b>Parcial B</b>	\$ 22,86

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A x B
TABLERO METALICO	U	1,00	5,00	5,00
TIRAS 2x1" x 5 VARAS	U	1,00	7,00	7,00
PUNTAL	U	6,00	0,20	1,20
CLAVO 2 1/2"	lb	0,30	5,00	1,50
			<b>Parcial C</b>	\$ 14,70

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A x B x C
			<b>Parcial D</b>	\$ -

Total Costos Directos		46,76
Costos Indirectos	20,0 %	9,35
Otros Costos Indirectos		
<b>Total 14</b>		\$ 56,12
<b>Valor Propuesto</b>		<b>\$ 56,12</b>

## Análisis de Precios Unitarios

**Código**  
**Rubro** 15  
**Detalle** Alivianamientos 40x20x15

**Unidad** U  
**Item** 15 de 21  
**Rendimiento** 0,1000 U / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
HERRAMIENTAS MANUALES 5% M. O		5% Parcial B		0,05
			<b>Parcial A</b>	\$ 0,05

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
MAESTRO OBRA (EST. OCUP. C1)	1,00	4,75	4,75	0,48
PEON (EST. OCUP. E2)	1,00	4,23	4,23	0,42
			<b>Parcial B</b>	\$ 0,90

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
BLOQUE DE CEMENTO 40X20X15	Unidad	1,00	0,56	0,56
			<b>Parcial C</b>	\$ 0,56

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
			<b>Parcial D</b>	\$ -

Total Costos Directos		1,51
Costos Indirectos	20,0 %	0,30
Otros Costos Indirectos		
<b>Total 15</b>		\$ 1,81
<b>Valor Propuesto</b>		<b>\$ 1,81</b>

## Análisis de Precios Unitarios

**Código**  
**Rubro** 16  
**Detalle** Acero Corrugado fy= 4200 Kg/cm<sup>2</sup>

**Unidad** kg  
**Item** 16 de 21  
**Rendimiento** 0,0200 kg / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
HERRAMIENTAS MANUALES 5% M. O CORTADORA (ZISAYA)	1,00	5% Parcial B 2,58	2,58	0,03 0,05
<b>Parcial A</b>				\$ 0,08

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
MAESTRO OBRA (EST. OCUP. C1)	1,00	4,75	4,75	0,10
FIERRERO (EST. OCUP. D2)	1,00	4,28	4,28	0,09
AYUDANTE FIERRERO (EST. OCUP. E2)	1,00	4,23	4,23	0,08
PEON (EST. OCUP. E2)	3,00	4,23	12,69	0,25
<b>Parcial B</b>				\$ 0,52

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	kg	1,03	1,28	1,32
ALAMBRE RECOCIDO N° 18	kg	0,03	1,94	0,06
<b>Parcial C</b>				\$ 1,38

### D. Transporte

Descripción	Unidad A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B
HIERRO	kg	5,00	0,03	0,14
<b>Parcial D</b>				\$ 0,14

Total Costos Directos		2,11
Costos Indirectos	20,0 %	0,42
Otros Costos Indirectos		
<b>Total 16</b>		\$ 2,54
<b>Valor Propuesto</b>		<b>\$ 2,54</b>

## Análisis de Precios Unitarios

<b>Código</b>		<b>Unidad</b>	kg
<b>Rubro</b>	17	<b>Item</b>	17 de 21
<b>Detalle</b>	Estructura Metálica Vigas Tipo I , A36, IPE 160 mm	<b>Rendimiento</b>	0,0400 kg / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
HERRAMIENTAS MANUALES 5% M. O MOLADORA	1,00	5% Parcial B 2,50	2,50	0,04 0,10
<b>Parcial A</b>				\$ 0,14

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
SOLDADOR	1,00	4,35	4,35	0,17
AYUDANTE (EST. OCUP. E2)	1,00	4,23	4,23	0,17
PINTOR	1,00	4,28	4,28	0,17
MECANICO	1,00	4,75	4,75	0,19
<b>Parcial B</b>				\$ 0,70

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
ACERO ESTRUCTURAL A36	KG	1,00	1,30	1,30
SOLDADURA E7018 , E6011, E6010	KG	0,03	3,52	0,11
PINTURA ANTICORROSIVA	KG	0,01	5,45	0,05
DISCO DE CORTE	Unidad	0,01	4,75	0,05
<b>Parcial C</b>				\$ 1,51

### D. Transporte

Descripción	Unidad A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B
<b>Parcial D</b>				\$ -

Total Costos Directos		2,34
Costos Indirectos	20,0 %	0,47
Otros Costos Indirectos		
<b>Total 17</b>		\$ 2,81
<b>Valor Propuesto</b>		<b>\$ 2,81</b>

## Análisis de Precios Unitarios

**Código**  
**Rubro**      18  
**Detalle**    Placa de anclaje

**Unidad**      kg  
**Item**            18 de 21  
**Rendimiento**    0,0300    kg / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
HERRAMIENTAS MANUALES 5% M. O SOLDADORA	1,00	5% Parcial B 2,85	2,85	0,02 0,09
			<b>Parcial A</b>	\$ 0,11

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
MAESTRO SOLDADOR (EST. OCUP. C1)	1,00	4,75	4,75	0,14
FIERRERO	1,00	4,28	4,28	0,13
AYUDANTE FIERRERO	1,00	4,23	4,23	0,13
			<b>Parcial B</b>	\$ 0,40

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
PLACA DE ANCLAJE	KG	1,00	2,69	2,69
			<b>Parcial C</b>	\$ 2,69

### D. Transporte

Descripción	Unidad A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B
			<b>Parcial D</b>	\$ -

Total Costos Directos		3,20
Costos Indirectos	20,0 %	0,64
Otros Costos Indirectos		
<b>Total 18</b>		\$ 3,84
<b>Valor Propuesto</b>		<b>\$ 3,84</b>

## Análisis de Precios Unitarios

<b>Código</b>		<b>Unidad</b>	U
<b>Rubro</b>	19	<b>Item</b>	19 de 21
<b>Detalle</b>	<i>Pernos Hilti</i>	<b>Rendimiento</b>	0,0400 U / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
HERRAMIENTAS MANUALES 5% M. O. EQUIPO DE PERFORACION	1,00	5% Parcial B 76,15	76,15	0,03 3,05
			<b>Parcial A</b>	\$ 3,08

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
MAESTRO OBRA (EST. OCUP. C1)	1,00	4,75	4,75	0,19
ALBAÑIL (EST. OCU. D2)	1,00	4,28	4,28	0,17
PEON (EST. OCUP. E2)	1,00	4,23	4,23	0,17
			<b>Parcial B</b>	\$ 0,53

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
PERNOS HILTI	U	1,00	1,10	1,10
LECHADA PARA INYECCION	LT	0,10	0,50	0,05
			<b>Parcial C</b>	\$ 1,15

### D. Transporte

Descripción	Cantidad A	Tarifa B		Costo Unitario D = A × B
				<b>Parcial D</b>
				\$ -

Total Costos Directos		4,76
Costos Indirectos	20,0 %	0,95
Otros Costos Indirectos		
<b>Total 19</b>		\$ 5,71
<b>Valor Propuesto</b>		<b>\$ 5,71</b>

## Análisis de Precios Unitarios

**Código**  
**Rubro** 20  
**Detalle** Losa Deck h=10cm , e=0.65mm

**Unidad** m2  
**Item** 20 de 21  
**Rendimiento** 0,3000 m2 / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A x B	Costo Unitario D = C * R
HERRAMIENTAS MANUALES 5% M. O.		5% Parcial B		0,21
			<b>Parcial A</b>	\$ 0,21

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A x B	Costo Unitario D = C * R
MAESTRO OBRA	0,25	4,75	1,19	0,36
ALBAÑIL	2,00	4,28	8,56	2,57
PEÓN	1,00	4,23	4,23	1,27
			<b>Parcial B</b>	\$ 4,20

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A x B
HORMIGON PREMEZCLADO FC=210KG/CM2	M3	0,07	119,52	8,37
LOSA DECK h=10cm , e=0.65mm	M2	1,00	12,11	12,11
			<b>Parcial C</b>	\$ 20,48

### D. Transporte

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Unitario D = A x B
			<b>Parcial D</b>
			\$ -

Total Costos Directos	24,89
Costos Indirectos	20,0 % 4,98
Otros Costos Indirectos	
<b>Total 20</b>	\$ 29,86
<b>Valor Propuesto</b>	<b>\$ 29,86</b>

## Análisis de Precios Unitarios

**Código**  
**Rubro**      21  
**Detalle**    *Malla Electrosoldada*

**Unidad**      m2  
**Item**            21 de 21  
**Rendimiento**    0,0400    m2 / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
HERRAMIENTAS MANUALES 5% M. O.		5% Parcial B		0,03
			<b>Parcial A</b>	\$ 0,03

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C × R
FIERRERO	1,00	4,28	4,28	0,17
PEON	3,00	4,23	12,69	0,51
			<b>Parcial B</b>	\$ 0,68

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
MALLA ELECTROSOLDADA	M2	1,00	5,00	5,00
ALAMBRE RECOCIDO N° 18	KG	0,03	1,94	0,06
			<b>Parcial C</b>	\$ 5,06

### D. Transporte

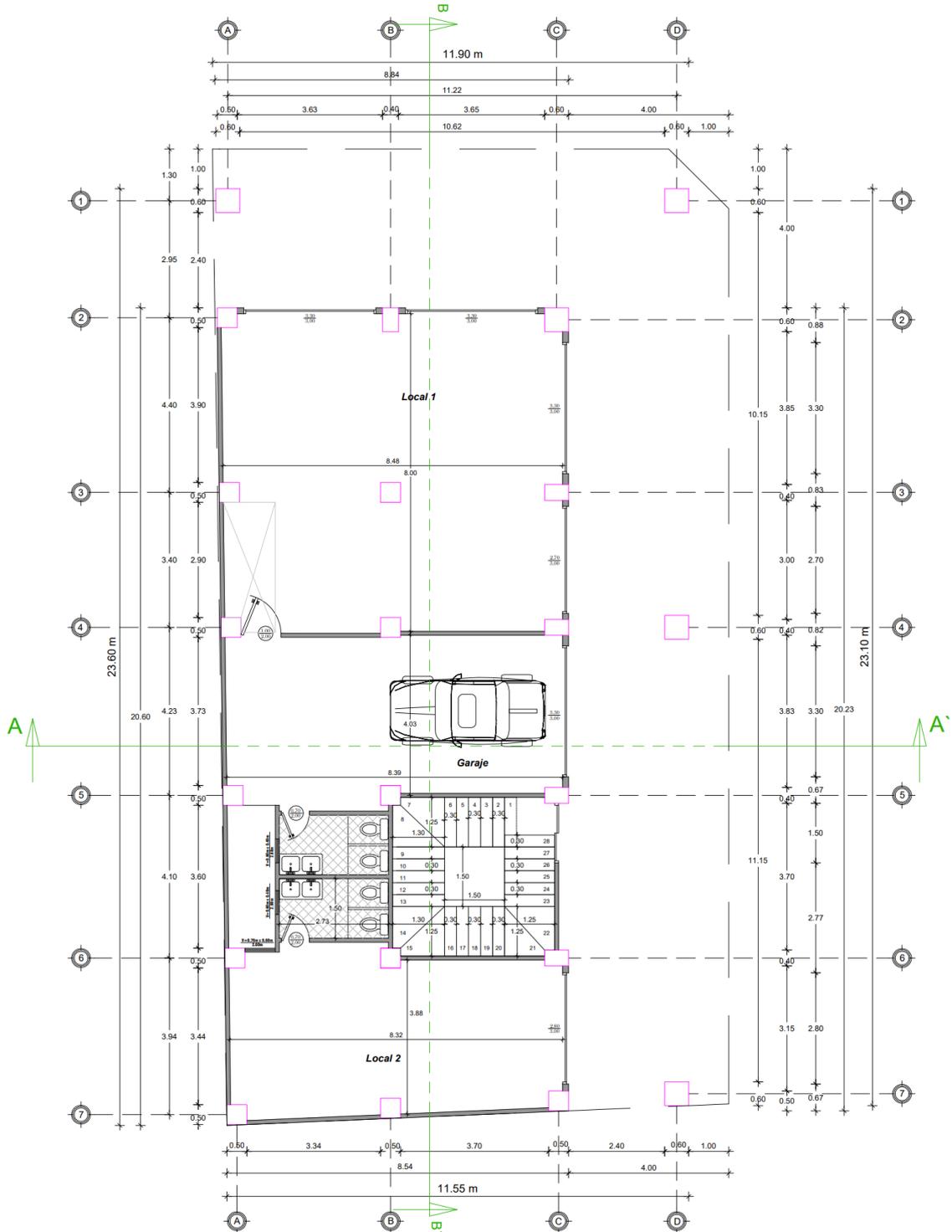
Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Unitario D = A × B
			<b>Parcial D</b>
			\$ -

Total Costos Directos		5,77
Costos Indirectos	20,0 %	1,15
Otros Costos Indirectos		
<b>Total 21</b>		\$ 6,93
<b>Valor Propuesto</b>		<b>\$ 6,93</b>

# ANEXOS 6.

## PLANOS ARQUITECTONICOS (HORMIGON ARMADO)

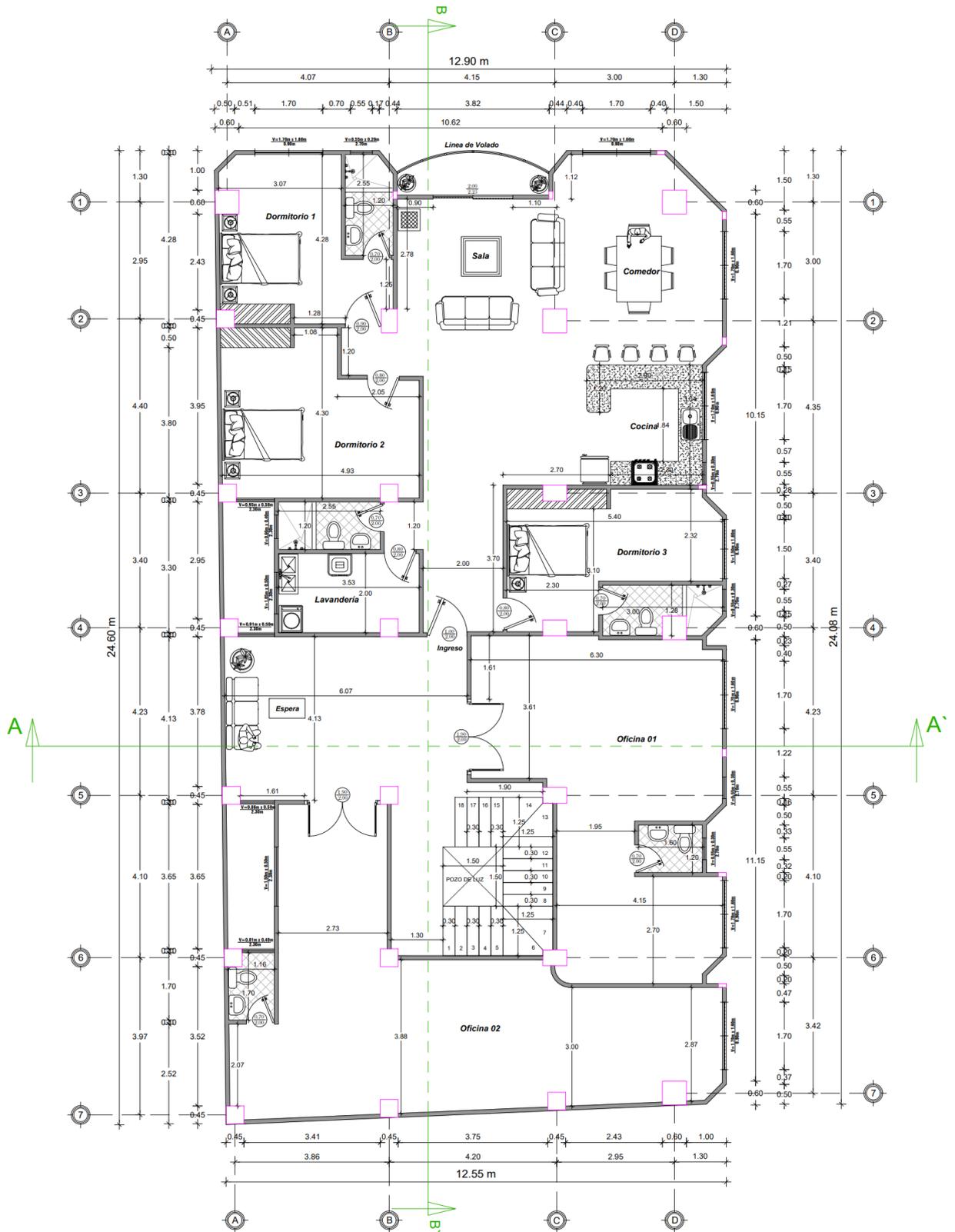
### PLANTA BAJA



**PLANTA BAJA**

Escala: 1/75

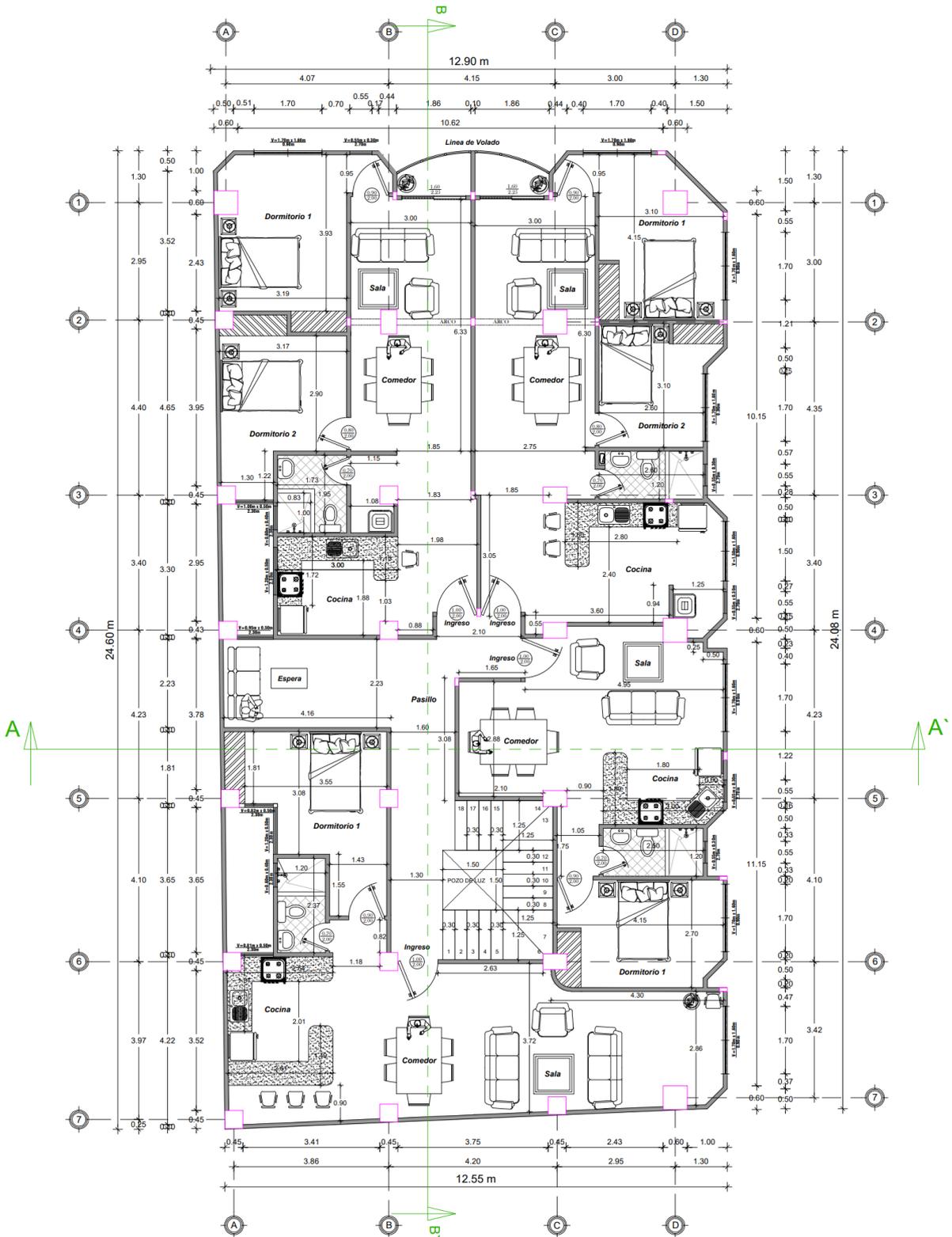
# PRIMERA PLANTA



**1ra PLANTA ALTA**

Escala: 1/75

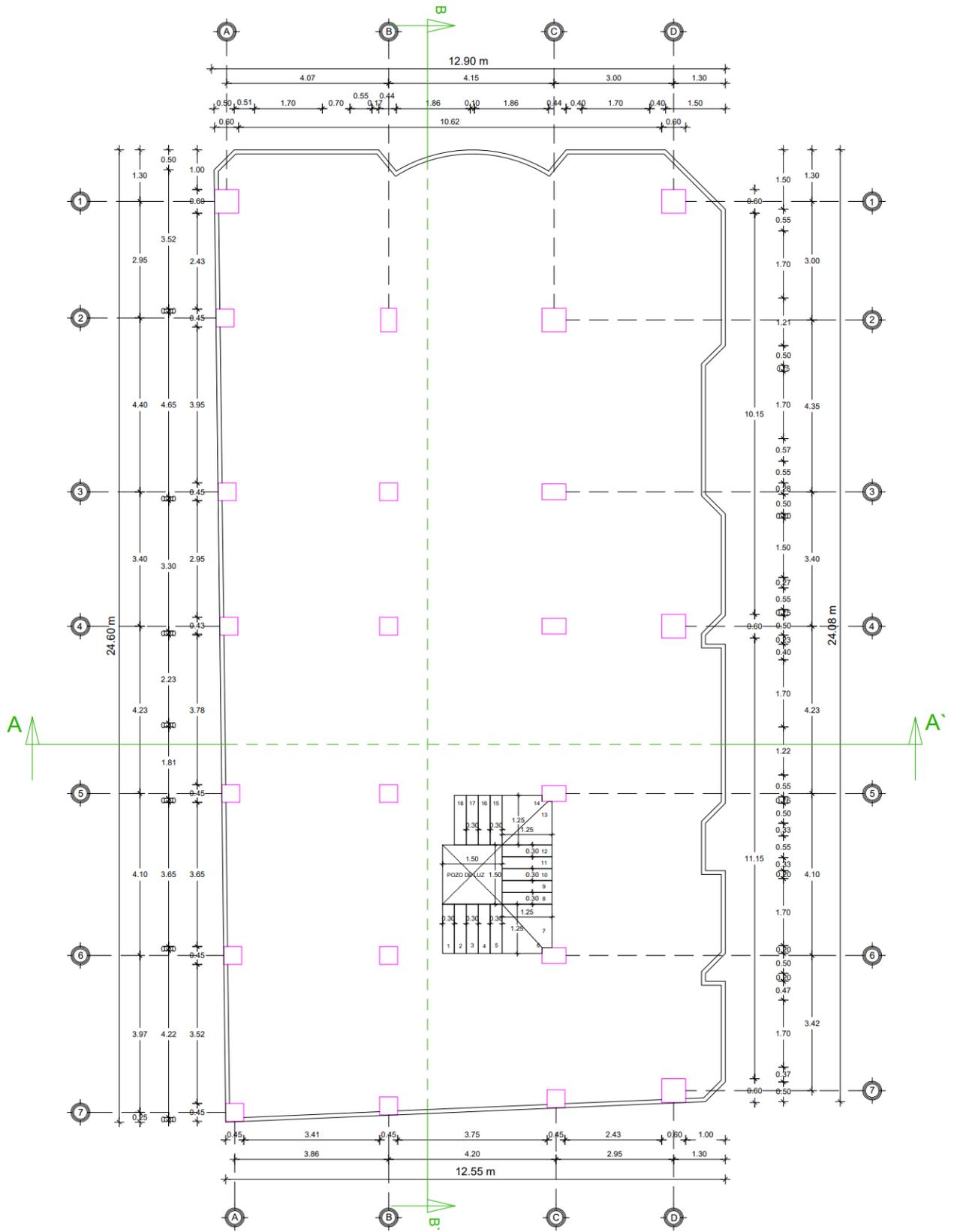
# SEGUNDA PLANTA



## 2da PLANTA ALTA

Escala: 1/75

# TERRAZA



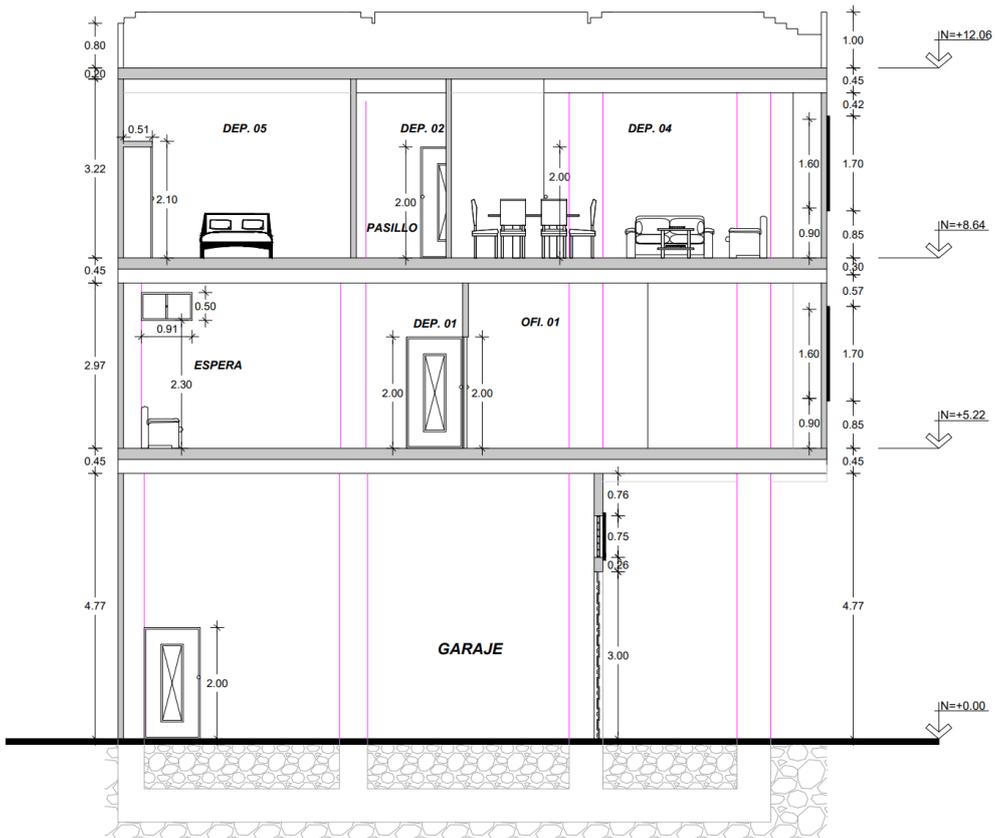
**TERRAZA**  
Escala: 1/75

# VISTA FRONTAL DEL EDIFICIO



## ELEVACION FRONTAL

Escala: 1/75



## CORTE A-A

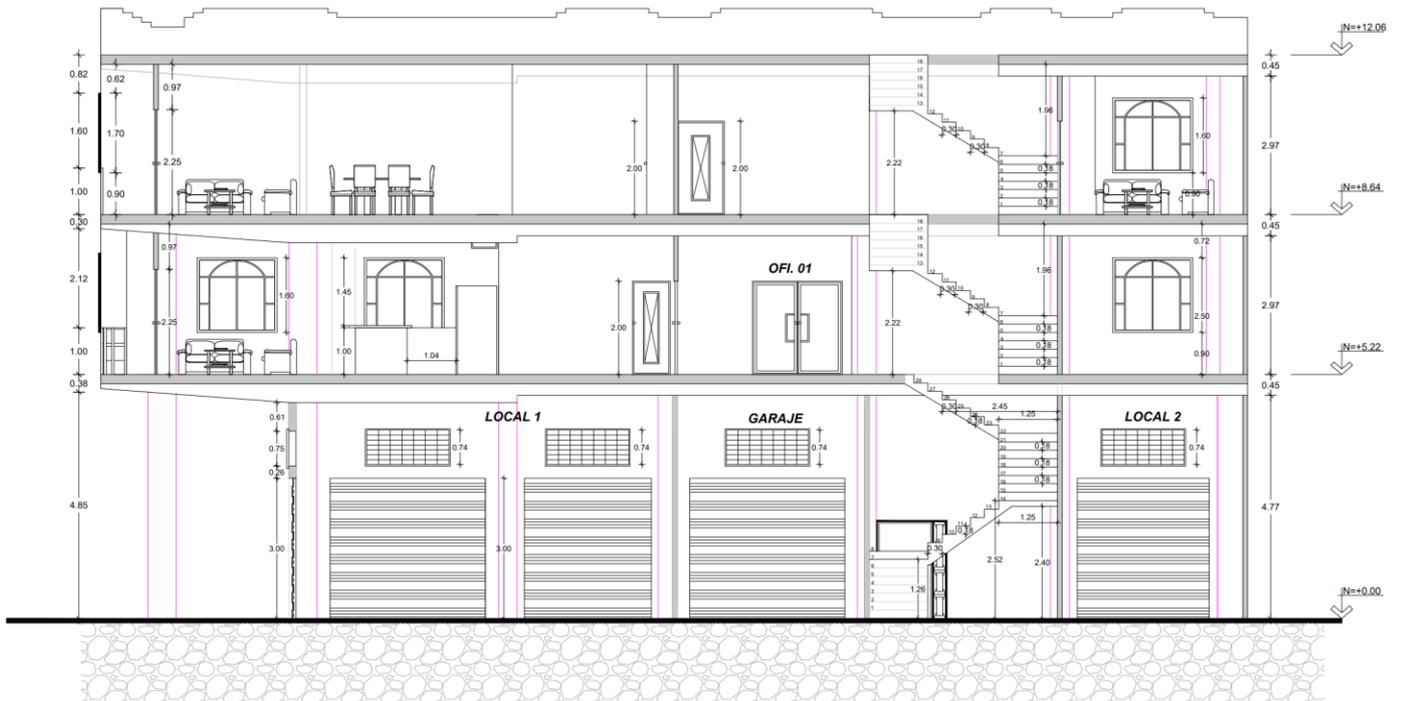
Escala: 1/75

# VISTA LATERAL



## ELEVACION LATERAL

Escala: 1/75

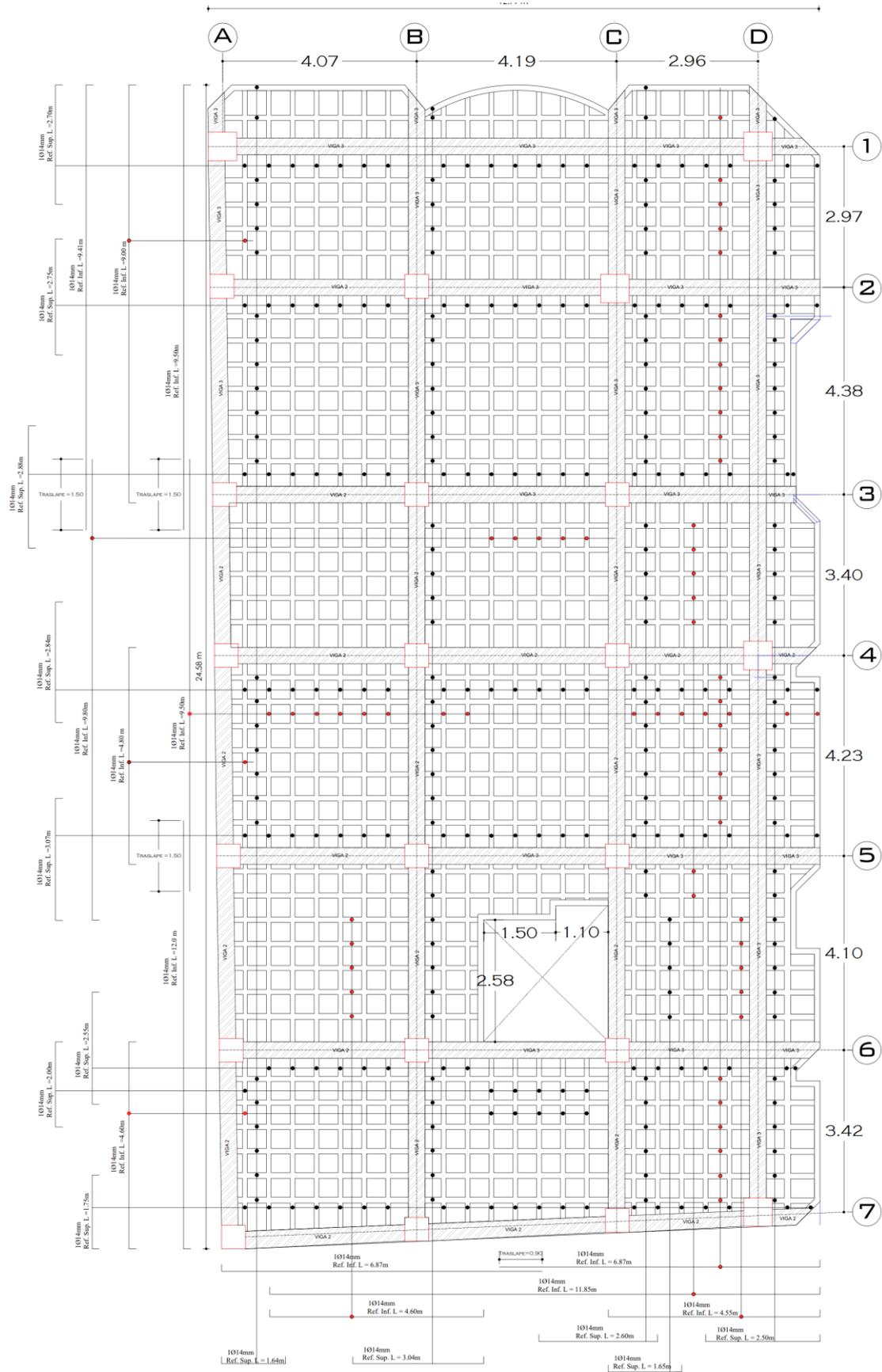


## CORTE B-B

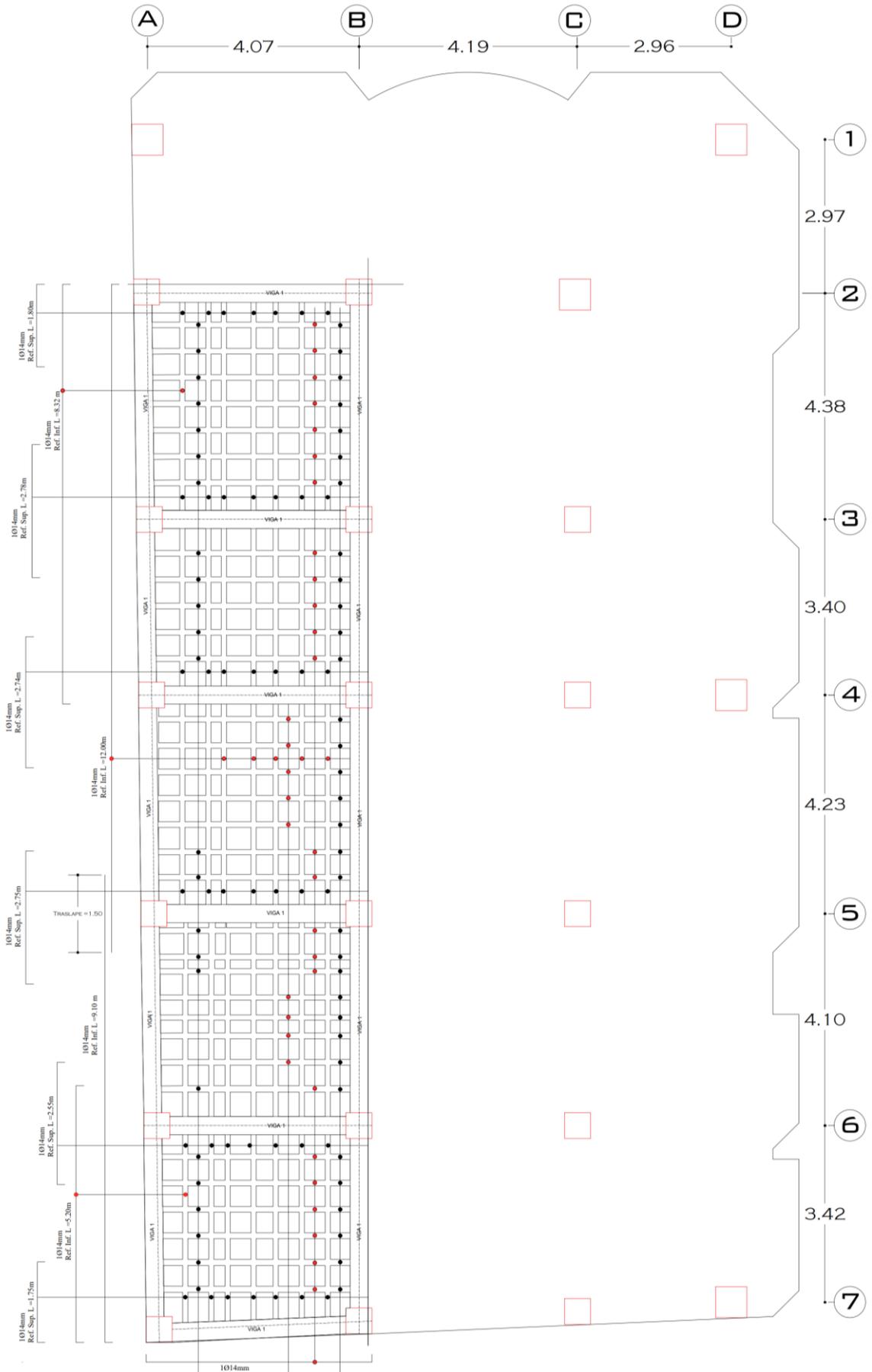
Escala: 1/75

# PLANOS ESTRUCTURALES LOSA DE HORMIGON ARMADO

## PLANTA TIPO I

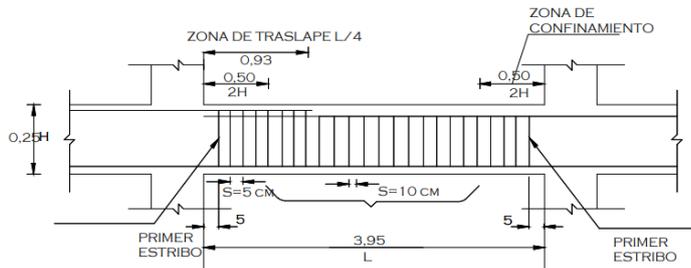
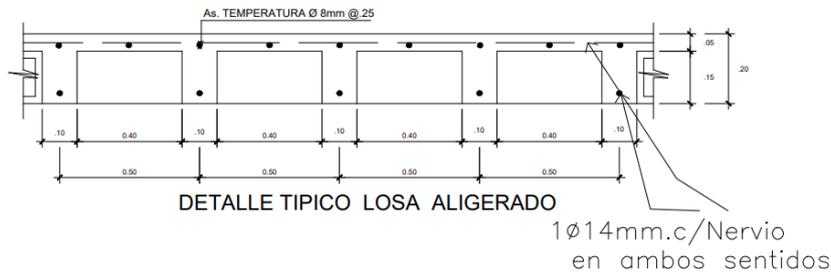
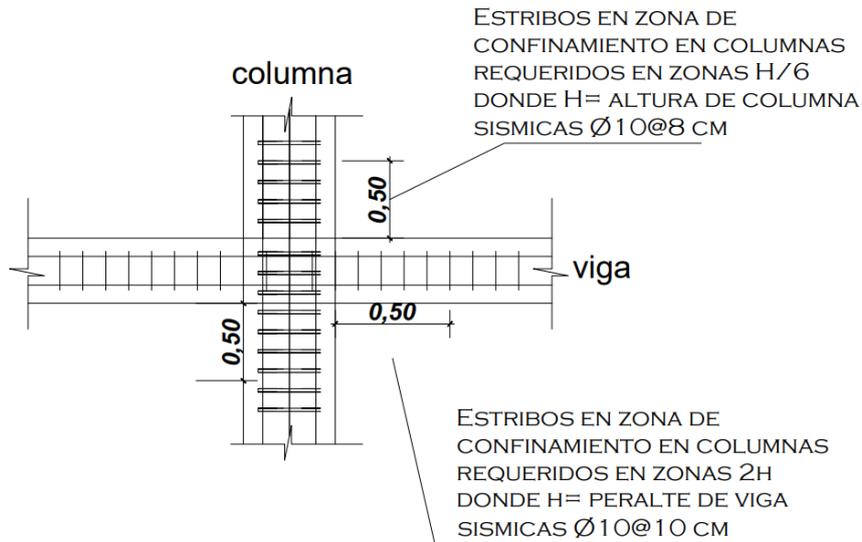


# PLANTA TIPO II - MEZZANINE



## DETALLES DE LOSA TIPO I, VIGA Y COLUMNA

### AREA DE CONFINAMIENTO VIGA-COLUMNA



DETALLE DE TRASLAPE Y ZONA DE CONFINAMIENTO DE VIGA TIPO



VARILLA ø (mm)	LONGITUD TRASLAPE (cm)	
	hierro superior	hierro inferior
8	30	30
10	30	30
12	35	35
14	40	35
16	49	40

#### NOTA:

#### Traslapes en vigas y losas:

Los empalmes traslapados para el acero superior se permiten solamente en el centro del claro de la luz y para el acero inferior se permiten en los apoyos; para evitar los esfuerzos máximos que se producen debido a la tensión.

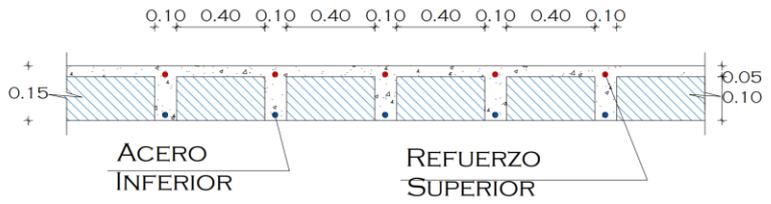
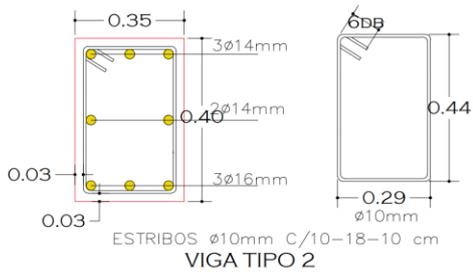
#### NOTA:

#### Traslapes en vigas según A.C.I art.12.15:

En los extremos del elemento; en cuyo caso el primer estribo se coloca a 50 mm y el último a una distancia  $2^*h$  de la cara de la conexión, En longitudes  $2^*h$  a cada lado de una sección en la que se puedan formar rótulas plásticas.

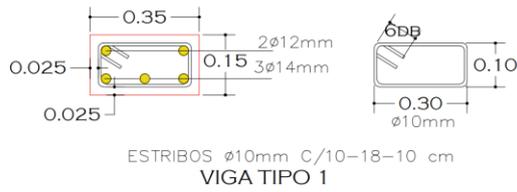
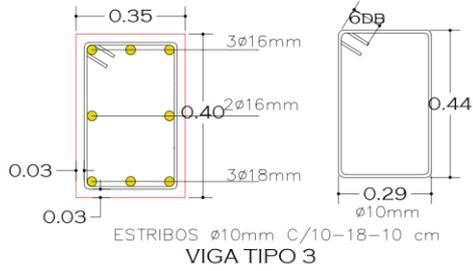
Según la NEC14-SE-HM Se deberá prever estribos para confinamiento, de al menos 10 mm de diámetro, en toda la longitud de traslape de varillas de refuerzo longitudinal. El espaciamiento máximo de este refuerzo en esas zonas no puede exceder  $d/4$  ó 100 mm

## DETALLES DE LOSA TIPO II

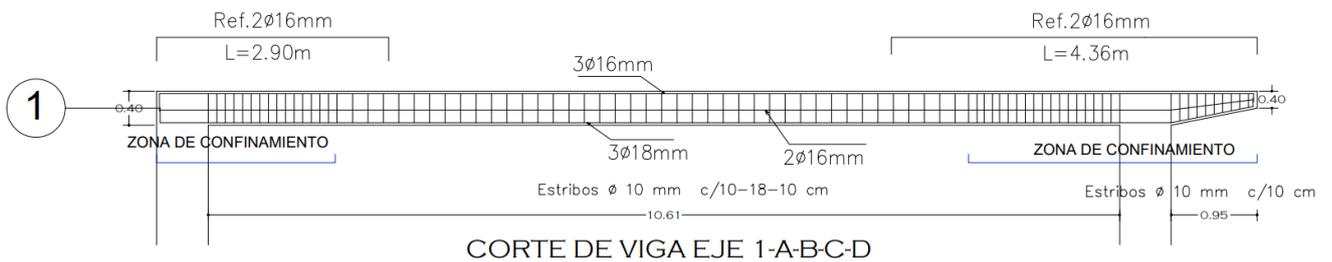
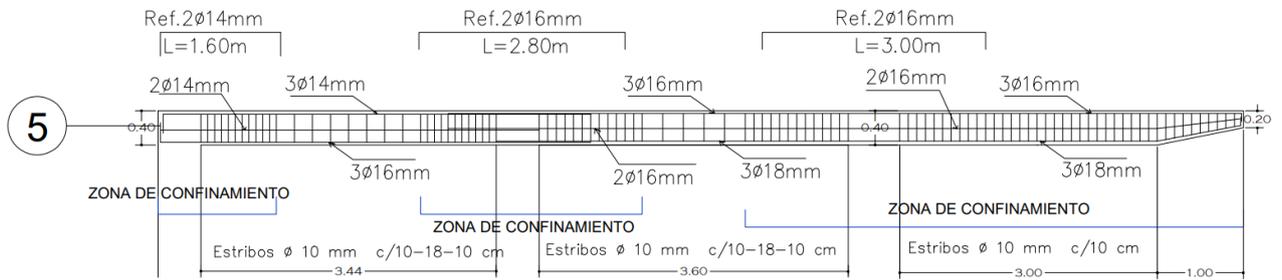


### DETALLES DE LOSA

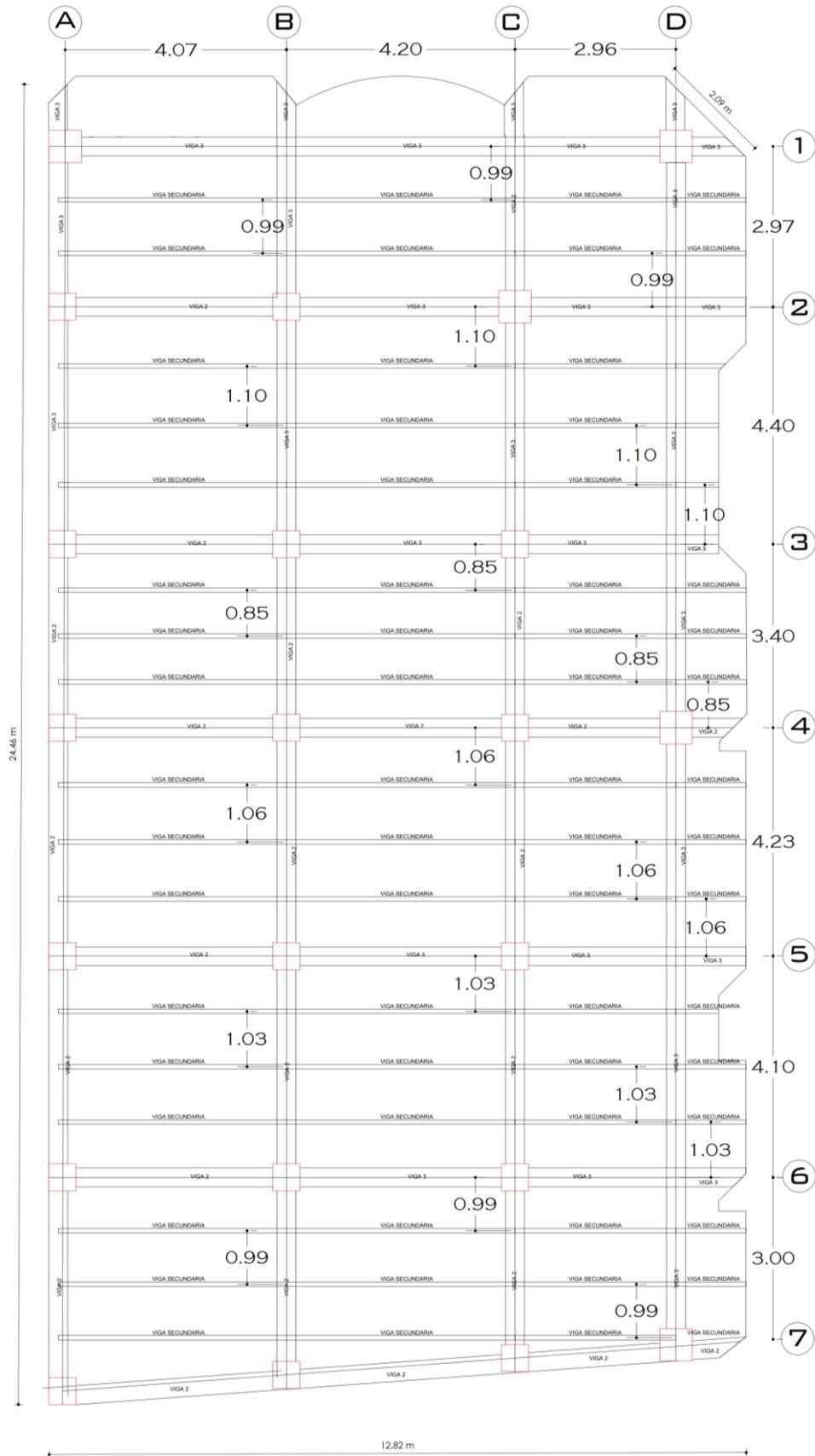
ESC.- 1:25



## DETALLES DE VIGAS TIPO 2 Y 3



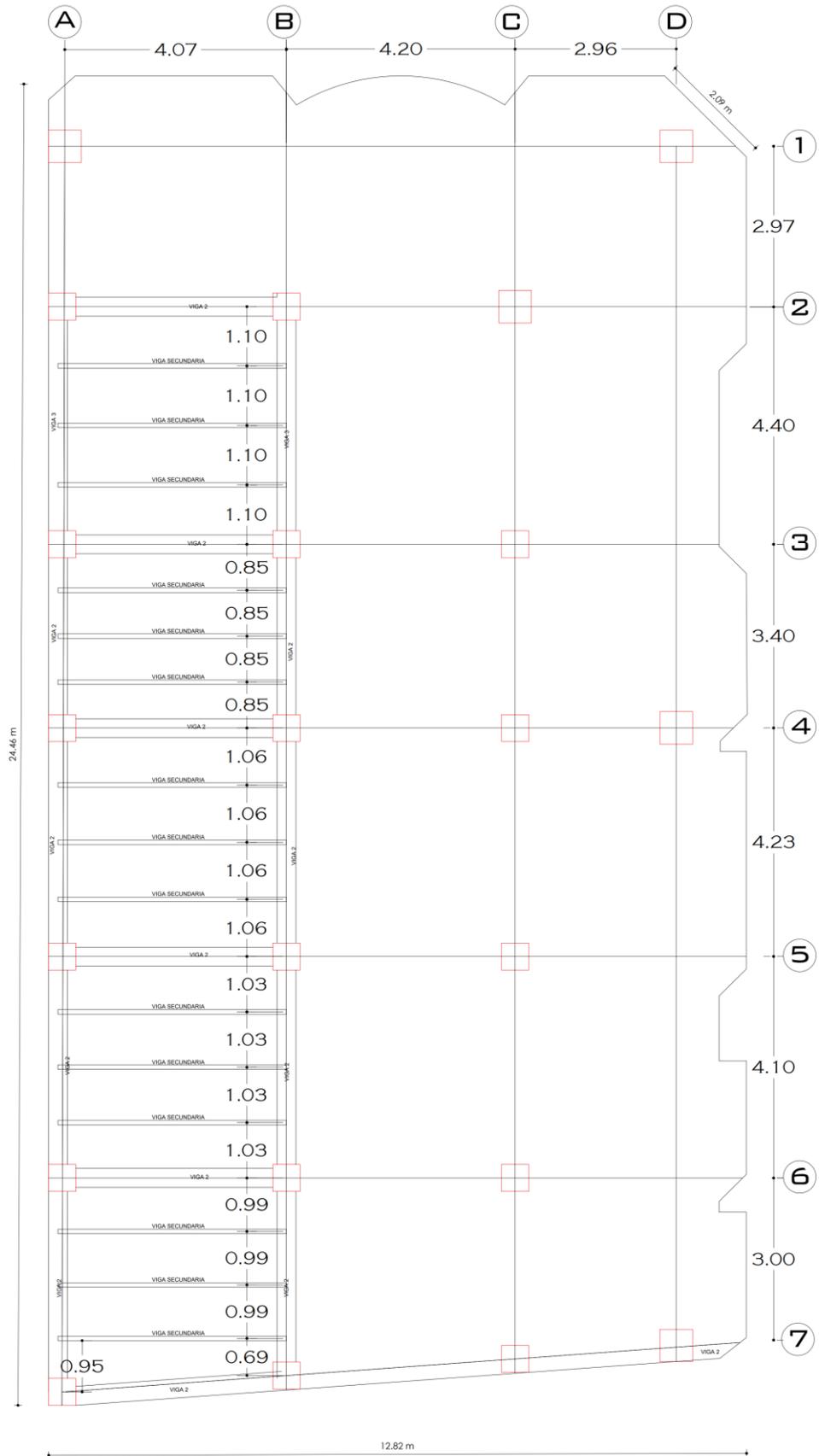
# LOSA DECK – LOSA TIPO I



**LOSA TIPO I**

Escala: 1/75

# LOSA DECK LOSA TIPO II

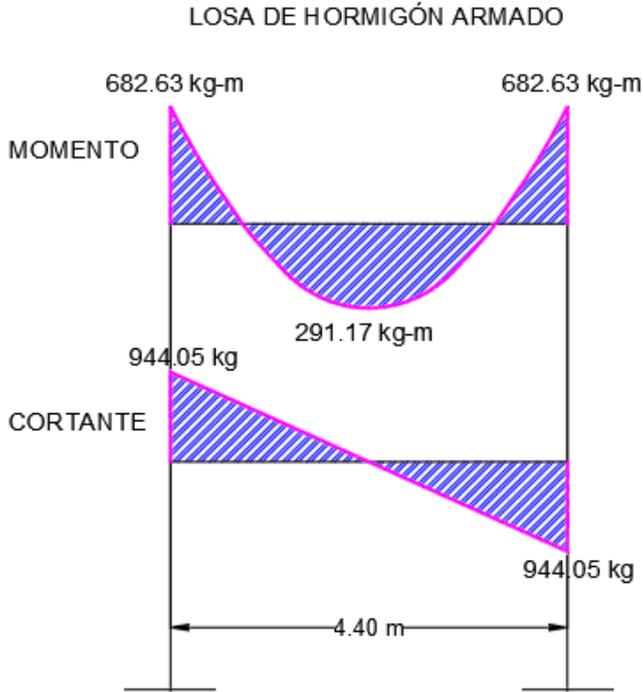


## LOSA TIPO II

Escala: 1/75

# ANEXOS 7.

## GRAFICA DE MOMENTO Y CORTE LOSA DE HA



## GRAFICA DE MOMENTO Y CORTE LOSA STEEL DECK

