

	<b>GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>		<b>Código</b>	FO-GS-15
			<b>VERSIÓN</b>	02
	<b>ESQUEMA HOJA DE RESUMEN</b>		<b>FECHA</b>	03/04/2017
			<b>PÁGINA</b>	1 de 1
<b>ELABORÓ</b>		<b>REVISÓ</b>		<b>APROBÓ</b>
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad		Líder de Calidad

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): JUAN PABLO APELLIDOS: MANTILLA MANRIQUE

NOMBRE(S): \_\_\_\_\_ APELLIDOS: \_\_\_\_\_

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): JORGE FERNANDO APELLIDOS: MÁRQUEZ PEÑARANDA

CO-DIRECTOR:

NOMBRE(S): JOSE DANIEL APELLIDOS: PALACIOS PABÓN

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y DE COSTOS SEGÚN LA VARIACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA EN LOSAS MACIZAS Y NERVADAS DE CONCRETO REFORZADO EN UNA Y DOS DIRECCIONES BAJO LA ACCIÓN DE CARGAS GRAVITACIONALES

RESUMEN

Este proyecto realizó el análisis comparativo del comportamiento estructural y de costos según la variación de la configuración geométrica en losas macizas y nervadas de concreto reforzado. Para ello, se implementó una investigación aplicada y la información se recopiló mediante la modelación de software en análisis del comportamiento estructural y del análisis de la relación costo-beneficio. La población y muestra correspondió a las losas macizas y nervadas diseñadas en una y dos direcciones (1D y 2D). Se lograron determinar los esfuerzos de flexión y cortante, y la rigidez relativa según las condiciones de tamaño y forma. Asimismo, se identificaron los requerimientos estructurales de concreto y acero para el funcionamiento de las losas. Por último, se llevó a cabo el estudio de la relación que existe entre el número de paneles a implementar y la relación costo-beneficio.

PALABRAS CLAVE: Comportamiento estructural, NSR-10, losas macizas y nervadas, concreto reforzado.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 184 PLANOS: \_\_\_\_\_ ILUSTRACIONES: \_\_\_\_\_ CD ROOM: 1

\*\*Copia No Controlada\*\*

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y DE COSTOS  
SEGÚN LA VARIACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA EN LOSAS MACIZAS  
Y NERVADAS DE CONCRETO REFORZADO EN UNA Y DOS DIRECCIONES BAJO LA  
ACCIÓN DE CARGAS GRAVITACIONALES

JUAN PABLO MANTILLA MANRIQUE

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y DE COSTOS  
SEGÚN LA VARIACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA EN LOSAS MACIZAS  
Y NERVADAS DE CONCRETO REFORZADO EN UNA Y DOS DIRECCIONES BAJO LA  
ACCIÓN DE CARGAS GRAVITACIONALES

JUAN PABLO MANTILLA MANRIQUE

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Civil

Director:

JORGE FERNANDO MÁRQUEZ PEÑARANDA

Doctor en Ingeniería

Codirector:

JOSE DANIEL PALACIOS PABÓN

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

## ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

FECHA: 28 DE ABRIL DE 2022 HORA: 8:00 a. m.

LUGAR: LABORATORIO DE ESTRUCTURAS - UFPS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

TITULO DE LA TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y DE COSTOS SEGÚN LA VARIACION DE LA CONFIGURACION GEOMETRICA EN LOSAS MACIZAS Y NERVADAS DE CONCRETO REFORZADO EN UNA Y DOS DIRECCIONES BAJO LA ACCION DE CARGAS GRAVITACIONALES".

JURADOS: ING. VICTOR ORLANDO MUTIS SERRANO  
ING. JOSE RAFAEL CACERES RUBIO

DIRECTOR: ING. JORGE FERNANDO MARQUEZ PEÑARANDA.  
CODIRECTOR: ING. JOSE DANIEL PALACIOS PABON

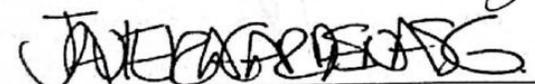
NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
JUAN PABLO MANTILLA MANRIQUE	1113196	4,7	CUATRO, SIETE

## MERITORIA

  
\_\_\_\_\_  
ING. VICTOR ORLANDO MUTIS SERRANO

  
\_\_\_\_\_  
ING. JOSE RAFAEL CACERES RUBIO

Vo. Bo.

  
\_\_\_\_\_  
JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ  
Coordinador Comité Curricular

Betty M.

## Contenido

	<b>pág.</b>
Introducción	17
1. Problema	19
1.1 Titulo	19
1.2 Planteamiento del Problema	19
1.3 Formulación del Problema	20
1.4 Objetivos	20
1.4.1 Objetivo general	20
1.4.2 Objetivos específicos	21
1.5 Justificación	21
1.6 Alcances y Limitaciones	22
1.6.1 Alcances	22
1.6.2 Limitaciones	23
1.7 Delimitaciones	23
1.7.1 Delimitación temporal	23
1.7.2 Delimitación espacial	23
1.7.3 Delimitación conceptual	23
2. Marco Referencial	25
2.1 Antecedentes	25
2.1.1 Internacionales	25
2.1.2 Nacionales	29
2.2 Marco Teórico	31
2.2.1 Losas de entrepiso	31

2.2.2	Altura de viga o espesor de losa recomendados por NSR-10	32
2.2.3	Método de elementos finitos	34
2.3	Marco Conceptual	34
2.3.1	Losas de entrepiso	35
2.3.2	Tipos de losas	35
2.4	Marco Contextual	38
2.5	Marco Legal	38
3.	Diseño Metodológico	40
3.1	Tipo de Investigación	40
3.2	Población y Muestra	41
3.2.1	Población	41
3.2.2	Muestra	41
3.3	Instrumentos para la Recolección de Información	43
3.3.1	Fuente primaria	43
3.3.2	Fuente secundaria	43
3.4	Técnicas de Análisis y Procesamiento de Datos	43
3.5	Fases y Actividades Específicas del Proyecto	44
3.5.1	Criterios de diseño	44
3.5.2	Combinaciones de carga	46
3.5.3	Selección de los materiales	47
3.5.4	Modelación de losas de estudio	47
3.5.5	Diseño losa maciza	50
3.5.5.1	Diseño a flexión	50
3.5.5.2	Verificación a cortante	52

3.5.6 Diseño losa nervada	54
3.5.6.1 Diseño a flexión	54
3.5.6.2 Diseño por cortante	56
3.5.7 Análisis de costos y presupuestos	59
3.5.7.1 Lista de precios de equipos y materiales	59
3.5.7.2 Análisis salarial de mano de obra	61
3.5.7.3 Análisis de precios unitarios de materiales	64
4. Análisis de Resultados	67
4.1 Análisis y Diseño Estructural de las Losas de Estudio	67
4.1.1 Relación de resistencia a flexión y cortante	110
4.1.2 Materiales	124
4.2 Análisis de Costo de las Losas de Estudio	133
4.2.1 Costo directo por metro cuadrado de losa	144
5. Conclusiones	153
6. Recomendaciones	156
Referencias Bibliográficas	157
Anexos	161

## Lista de Tablas

	<b>pág.</b>
Tabla 1. C.9.5(a) de la NSR10	32
Tabla 2. CR.9.5 de la NSR10	33
Tabla 3. Definición de la muestra	42
Tabla 4. Configuraciones de número de paneles simétricos en losas de estudio	42
Tabla 5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	43
Tabla 6. Valores en KN/m <sup>2</sup> de cargas muertas de elementos no estructurales	45
Tabla 7. Cargas de trabajo en KN/m <sup>2</sup> para losas macizas y nervadas	46
Tabla 8. Lista de precios de materiales	59
Tabla 9. Lista de precios de equipos de obra	60
Tabla 10. Análisis salarial obrero común	61
Tabla 11. Análisis salarial oficial común	62
Tabla 12. Análisis salarial maestro común	63
Tabla 13. Jornales de mano de obra año 2022	64
Tabla 14. Análisis de precio unitario de concreto 3000 PSI	64
Tabla 15. Análisis de precio unitario acero de refuerzo	65
Tabla 16. Dimensiones nominales de las barras de refuerzo	68
Tabla 17. Diseño losa maciza 1D - 3m x 3m - 1 panel	68
Tabla 18. Diseño losa maciza 1D - 3m x 3m - 4 paneles	69
Tabla 19. Diseño losa maciza 1D - 3m x 3m - 9 paneles	69
Tabla 20. Diseño losa maciza 1D - 6m x 6m - 1 panel	70
Tabla 21. Diseño losa maciza 1D - 6m x 6m - 4 paneles	70
Tabla 22. Diseño losa maciza 1D - 6m x 6m - 9 paneles	71

Tabla 23. Diseño losa maciza 2D - 3m x 3m - 1 panel	72
Tabla 24. Diseño losa maciza 2D - 3m x 3m - 4 paneles	73
Tabla 25. Diseño losa maciza 2D - 3m x 3m - 9 paneles	74
Tabla 26. Diseño losa maciza 2D - 3m x 6m - 1 panel	75
Tabla 27. Diseño losa maciza 2D - 3m x 6m - 4 paneles	76
Tabla 28. Diseño losa maciza 2D - 3m x 6m - 9 paneles	77
Tabla 29. Diseño losa maciza 2D - 3m x 9m - 1 panel	78
Tabla 30. Diseño losa maciza 2D - 3m x 9m - 4 paneles	79
Tabla 31. Diseño losa maciza 2D - 3m x 9m - 9 paneles	80
Tabla 32. Diseño losa maciza 2D - 6m x 6m - 1 panel	81
Tabla 33. Diseño losa maciza 2D - 6m x 6m - 4 paneles	82
Tabla 34. Diseño losa maciza 2D - 6m x 6m - 9 paneles	83
Tabla 35. Diseño losa maciza 2D - 6m x 12m - 1 panel	84
Tabla 36. Diseño losa maciza 2D - 6m x 12m - 4 paneles	85
Tabla 37. Diseño losa maciza 2D - 6m x 12m - 9 paneles	86
Tabla 38. Diseño losa maciza 2D - 6m x 18m - 1 panel	87
Tabla 39. Diseño losa maciza 2D - 6m x 18m - 4 paneles	88
Tabla 40. Diseño losa maciza 2D - 6m x 18m - 9 paneles	89
Tabla 41. Diseño losa nervada 1D - 3m x 3m - 1 panel	90
Tabla 42. Diseño losa nervada 1D - 3m x 3m - 4 paneles	90
Tabla 43. Diseño losa nervada 1D - 3m x 3m - 9 paneles	91
Tabla 44. Diseño losa nervada 1D - 6m x 6m - 1 panel	91
Tabla 45. Diseño losa nervada 1D - 6m x 6m - 4 paneles	92
Tabla 46. Diseño losa nervada 1D - 6m x 6m - 9 paneles	92

Tabla 47. Diseño losa nervada 2D - 3m x 3m - 1 panel	93
Tabla 48. Diseño losa nervada 2D - 3m x 3m - 4 paneles	94
Tabla 49. Diseño losa nervada 2D - 3m x 3m - 9 paneles	95
Tabla 50. Diseño losa nervada 2D - 3m x 6m - 1 panel	96
Tabla 51. Diseño losa nervada 2D - 3m x 6m - 4 paneles	97
Tabla 52. Diseño losa nervada 2D - 3m x 6m - 9 paneles	98
Tabla 53. Diseño losa nervada 2D - 3m x 9m - 1 panel	99
Tabla 54. Diseño losa nervada 2D - 3m x 9m - 4 paneles	100
Tabla 55. Diseño losa nervada 2D - 3m x 9m - 9 paneles	101
Tabla 56. Diseño losa nervada 2D - 6m x 6m - 1 panel	102
Tabla 57. Diseño losa nervada 2D - 6m x 6m - 4 paneles	103
Tabla 58. Diseño losa nervada 2D - 6m x 6m - 9 paneles	104
Tabla 59. Diseño losa nervada 2D - 6m x 12m - 1 panel	105
Tabla 60. Diseño losa nervada 2D - 6m x 12m - 4 paneles	106
Tabla 61. Diseño losa nervada 2D - 6m x 12m - 9 paneles	107
Tabla 62. Diseño losa nervada 2D - 6m x 18m - 1 panel	108
Tabla 63. Diseño losa nervada 2D - 6m x 18m - 4 paneles	109
Tabla 64. Diseño losa nervada 2D - 6m x 18m - 9 paneles	110
Tabla 65. Relación de resistencia de losas de estudio para relación de panel 1:1 y longitudes de panel de 3 y 6 metros	112
Tabla 66. Relación de resistencia de losas de estudio para relación de panel 1:2 y longitudes de panel de 3 y 6 metros	117
Tabla 67. Relación de resistencia de losas de estudio para relación de panel 1:3 y longitudes de panel de 3 y 6 metros	121

Tabla 68. Requerimientos estructurales de losas de estudio para relación de panel 1:1 y longitudes de 3 y 6 metros	124
Tabla 69. Requerimientos estructurales de losas de estudio para relación de panel 1:2 y longitudes de 3 y 6 metros	128
Tabla 70. Requerimientos estructurales de losas de estudio para relación de panel 1:3 y longitudes de 3 y 6 metros	131
Tabla 71. APU mano de obra de losas de estudio	134
Tabla 72. APU herramientas y equipos de losas de estudio	134
Tabla 73. APU materiales losa maciza 1D - 3m x 3m	135
Tabla 74. APU materiales losa nervada 1D - 3m x 3m	135
Tabla 75. APU materiales losa maciza 1D 6m x 6m	136
Tabla 76. APU materiales losa nervada 1D - 6m x 6m	137
Tabla 77. APU materiales losa maciza 2D - 3m x 3m	137
Tabla 78. APU materiales losa nervada 2D - 3m x 3m	138
Tabla 79. APU materiales losa maciza 2D - 3m x 6m	139
Tabla 80. APU materiales losa nervada 2D - 3m x 6m	139
Tabla 81. APU materiales losa maciza 2D - 3m x 9m	140
Tabla 82. APU materiales losa nervada 2D - 3m x 9m	140
Tabla 83. APU materiales losa maciza 2D - 6m x 6m	141
Tabla 84. APU materiales losa nervada 2D - 6m x 6m	142
Tabla 85. APU materiales losa maciza 2D - 6m x 12m	142
Tabla 86. APU materiales losa nervada 2D - 6m x 12m	143
Tabla 87. APU materiales losa maciza 2D - 6m x 18m	143
Tabla 88. APU materiales losa nervada 2D - 6m x 18m	144

Tabla 89. Costo directo y peso propio de losas de estudio para relación de panel 1:1 y longitudes de 3 y 6 metros	145
Tabla 90. Costo directo y peso propio de losas de estudio para relación de panel 1:2 y longitudes de 3 y 6 metros	148
Tabla 91. Costo directo y peso propio de losas de estudio para relación de panel 1:3 y longitudes de 3 y 6 metros	151

## Lista de Figuras

	<b>pág.</b>
Figura 1. Fases y actividades específicas del proyecto	44
Figura 2. Corte de sección transversal losa maciza	45
Figura 3. Corte de sección transversal losa nervada	45
Figura 4. Modelado y rigidez relativa de losa maciza en software SAP2000®	48
Figura 5. Esfuerzos de flexión (izquierda) y cortante (derecha) de losa maciza en software SAP2000®	48
Figura 6. Modelado y rigidez relativa de losa nervada en software SAP2000®	49
Figura 7. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada en software SAP2000®	49
Figura 8. Esquematación acero de refuerzo losa maciza	53
Figura 9. Corte distribución de acero de refuerzo losa maciza	54
Figura 10. Esquematación acero de refuerzo losa nervada en una dirección	58
Figura 11. Esquematación acero de refuerzo losa nervada en dos direcciones	58
Figura 12. Relación de resistencia a cortante de losas de estudio para relación de panel 1:1 y longitudes de 3 y 6 metros	114
Figura 13. Relación de resistencia a flexión de losas de estudio para relación de panel 1:1 y longitudes de 3 y 6 metros	115
Figura 14. Relación de resistencia a cortante de losas de estudio para relación de panel 1:2 y longitudes de 3 y 6 metros	118
Figura 15. Relación de resistencia a flexión de losas de estudio para relación de panel 1:2 y longitudes de 3 y 6 metros	119
Figura 16. Relación de resistencia a cortante de losas de estudio para relación de panel 1:3 y longitudes de 3 y 6 metros	122

Figura 17. Relación de resistencia a flexión de losas de estudio para relación de panel 1:3 y longitudes de 3 y 6 metros	123
Figura 18. Requerimientos de concreto y acero de losas de estudio para relación de panel 1:1 y longitudes de 3 y 6 metros	125
Figura 19. Requerimientos de concreto y acero de losas de estudio para relación de panel 1:2 y longitudes de 3 y 6 metros	129
Figura 20. Requerimientos de concreto y acero de losas de estudio para relación de panel 1:3 y longitudes de 3 y 6 metros	132
Figura 21. Relación costo-beneficio de losas de estudio para relación de panel 1:1 y longitudes de 3 y 6 metros	146
Figura 22. Relación costo-beneficio de losas de estudio para relación de panel 1:2 y longitudes de 3 y 6 metros	149
Figura 23. Relación costo-beneficio de losas de estudio para relación de panel 1:3 y longitudes de 3 y 6 metros	152

## **Lista de Anexos**

	<b>pág.</b>
Anexo 1. Análisis estructural de las losas de estudio	162

## Resumen

Este proyecto se basó en el análisis comparativo del comportamiento estructural y de costos según la variación de la configuración geométrica en losas macizas y nervadas de concreto reforzado en una y dos direcciones bajo la acción de cargas gravitacionales. Para ello, se implementó una investigación aplicada, ya que se utilizaron los conocimientos que se tienen y se llevaron a la práctica, aplicándolos en los diferentes procedimientos de análisis, de diseño y de costos de losas de entrepiso. La información se obtuvo mediante la modelación de software en análisis del comportamiento estructural y del análisis de la relación costo-beneficio de las losas de estudio. También se tuvo en cuenta la NSR-10, bibliografías especializadas y artículos de investigación. La población y muestra correspondió a las losas macizas y nervadas diseñadas en una y dos direcciones (1D y 2D). Se logró analizar la influencia que tiene la variación de la configuración geométrica, en la eficiencia estructural de funcionamiento, resistencia y costos, cuando se usan losas macizas o nervadas de concreto reforzadas para soportar cargas gravitacionales. Asimismo, se determinaron los esfuerzos de flexión y cortante, y la rigidez relativa de las distintas losas de estudio según las condiciones de tamaño y forma. Posteriormente, se identificaron los requerimientos estructurales de concreto y acero para el funcionamiento de las losas. Por último, se llevó a cabo el estudio de la relación que existe entre el número de paneles a implementar y la relación costo-beneficio de cada una de las losas de estudio.

## Introducción

El uso de losas de concreto reforzado (entrepiso y cubierta) son de principal importancia en la construcción de edificaciones. Ya que las losas tienen la función de soportar las cargas de servicio de la estructura y transmitir las a los elementos principales de la edificación (vigas y columnas). La investigación del comportamiento estructural de las losas ha sido estudiada desde hace muchos años. Por ello es importante conocer referencias prácticas tanto globales como locales de contribuir en la realización de la presente investigación. Por lo tanto, este trabajo propuso hacer un análisis comparativo del costo y comportamiento estructural de losas macizas y nervadas (losas de estudio) diseñadas en una y dos direcciones, variando la configuración geométrica.

El análisis y diseño estructural de las losas de estudio contempladas en la investigación se realizaron siguiendo los parámetros exigidos por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), teniendo en cuenta la actualización más reciente realizada mediante el Decreto 0945 del 5 de junio de 2017 y demás decretos complementarios. El diseño del experimento consistió principalmente en configurar los modelos estructurales de losas, tomando como base los efectos de la variación de proporciones geométricas y del cumplimiento de una rigidez de la estructura. La simulación de modelos contempló además la variación de la rigidez de los apoyos cuando estos se analizan como pórticos de concreto reforzado y como apoyos articulados.

Con la finalidad de dar exactitud a los cálculos se usó el software SAP2000® para hacer el análisis y diseño de las losas de estudio. Con los resultados típicos del proceso de modelado matemático en el software, se obtuvieron valores de desplazamientos, fuerzas internas y refuerzo

requerido. En todos los casos las cargas aplicadas fueron gravitacionales (verticales) y se usó el método de resistencia última para el diseño. Por último, para determinar el efecto en los costos y su comportamiento estructural producidos por la variación de la configuración geométrica de las losas de estudio, se analizaron los esfuerzos de flexión y cortante, así mismo se calculó el peso de las losas, el volumen del concreto, la cantidad de acero requerido y con los datos obtenidos se realizó un análisis presupuestal de cada tipo de losa de estudio.

## **1. Problema**

### **1.1 Título**

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y DE COSTOS SEGÚN LA VARIACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA EN LOSAS MACIZAS Y NERVADAS DE CONCRETO REFORZADO EN UNA Y DOS DIRECCIONES BAJO LA ACCIÓN DE CARGAS GRAVITACIONALES.

### **1.2 Planteamiento del Problema**

La construcción de edificaciones cuenta con una serie de etapas o procesos, que se deben seguir con el fin de lograr la mejor eficiencia del proyecto. Se entiende como eficiencia de un proyecto, cuando la edificación es funcional y se produce con la menor cantidad de recursos disponibles. Dentro de las etapas que se deben conllevar en la planeación de un proyecto, está el análisis y diseño de la estructura que dará soporte a la edificación, en donde se hace la elección del tipo de sistema estructural a utilizar. La elección de un sistema estructural que sea eficiente contempla los siguientes criterios: determinar las ventajas y las desventajas de los tipos de estructuras seleccionados, y luego compararlos según las necesidades del proyecto para determinar cuál es la estructura más adecuada (Rosales, 2005).

El diseño y construcción de las edificaciones que actualmente se desarrollan en Colombia, se fundamentan en los requerimientos mínimos exigidos por NSR-10. Dicho reglamento establece los parámetros para que los elementos estructurales que soporten las cargas gravitacionales a las que llegarían a estar sometidas, al igual que las cargas adicionales que podrían presentarse sobre la estructura tengan las condiciones adecuadas de funcionalidad y servicio (Medina & Rodriguez,

2014).

Una vez consultado el estado del arte, se puede concluir que no existen suficientes antecedentes sobre el efecto que tiene la variación de las proporciones geométricas en el análisis y diseño de las losas de entrepiso macizas y nervadas en edificaciones, para relaciones de paneles rectangulares de luz larga a luz corta mayores a 2, siendo aún incierta la cuantificación de dichas diferencias, en el funcionamiento de su eficiencia estructural, de resistencia y de costos. Por tal razón, la metodología consistió en diseñar estructuralmente las losas de estudio armadas en una y dos direcciones, basados en la metodología para el diseño de vigas rectangulares de concreto armado. De acuerdo con las necesidades y requerimientos a cubrir, se verificó cuáles de los sistemas de losas de estudiar son más efectivos, analizando y comparando las características estructurales de cada tipo de losa y su relación costo-beneficio.

### **1.3 Formulación del Problema**

¿Cuál es el efecto que tiene la variación de la configuración geométrica de losas macizas y nervadas, diseñadas en una y dos direcciones, para soportar cargas gravitacionales, en el funcionamiento de la eficiencia estructural, de resistencia y de la relación costo-beneficio?

### **1.4 Objetivos**

**1.4.1 Objetivo general.** Analizar la influencia que tiene la variación de la configuración geométrica, en la eficiencia estructural de funcionamiento, resistencia y costos, cuando se usan losas macizas o nervadas de concreto reforzadas para soportar cargas gravitacionales.

**1.4.2 Objetivos específicos.** Los objetivos específicos se plantean a continuación:

Determinar los esfuerzos de flexión y cortante, y la rigidez relativa de las distintas losas de estudio según las condiciones de tamaño y forma.

Identificar los requerimientos estructurales de concreto y acero para el funcionamiento de las losas de estudio.

Estudiar la relación que existe entre el número de paneles a implementar y la relación costo-beneficio de cada una de las losas de estudio.

## **1.5 Justificación**

Debido al acelerado incremento de los avances tecnológicos, se han optimizado los sistemas de construcción, además, se han propiciado importantes avances en los métodos de diseño y construcción, brindando opciones más económicas de acuerdo con las necesidades de cada proyecto (Ríos & Botello, 2017). Al construir edificaciones se busca que sean eficientes, con el propósito de reducir los costos sin afectar la funcionalidad estructural y de servicio.

Generalmente los constructores y diseñadores estructurales tienen en cuenta estudios propios o su experiencia para elegir las características de construcción. Por lo que, para la ejecución de un proyecto, primero tienden a comparar minuciosamente los presupuestos correspondientes a las diferentes opciones para la realización del proyecto, con lo cual se puede tomar una decisión antes de la ejecución de dicho proyecto (Medina & Rodríguez, 2014).

Uno de los elementos estructurales más importantes en el campo de la construcción de edificaciones son los sistemas de entrepiso. Los sistemas de entrepiso pueden llegar a ser de muchos tipos que se pueden adaptar a las necesidades de los diseñadores estructurales,

proporcionando así, una forma más práctica de construcción y diseño, sin afectar simultáneamente la seguridad de la estructura (Firth Industries Perú S.A., 2010). El mayor desafío en la ingeniería es construir de forma eficiente, buscando siempre el equilibrio entre la funcionalidad estructural y el menor costo posible, para satisfacer cada una de las necesidades del ser humano (Paye, Peña & Franco, 2014).

Debido a esto, se hizo necesario realizar un análisis comparativo de diferentes tipos de losas diseñadas en una y dos direcciones, variando su configuración geométrica. Con el fin de establecer parámetros comparativos y, proporcionar herramientas de juicio selectivo que puedan servir de ayuda, a la comunidad científica, atendiendo así a las necesidades y especificaciones de cada proyecto, llevándose de la mano con las situaciones económicas que involucran dicho proyecto.

Para finalizar, este proyecto pretende aportar a la comunidad, un documento que presente la comparación entre las diferentes losas de estudio, que pueda servir de ayuda a los profesionales del diseño estructural y de la construcción, en la comprensión del comportamiento de la funcionalidad estructural y la relación costo beneficio de los sistemas de entrepiso analizados, ayudando a cerrar la brecha de conocimiento existente.

## **1.6 Alcances y Limitaciones**

**1.6.1 Alcances.** Con el desarrollo de esta investigación se pretende mostrar la eficiencia que tienen las losas de estudio en las distintas configuraciones geométricas establecidas en la investigación con respecto a la relación costo-beneficio. Además, se espera generar un punto de partida, para otras investigaciones o para los profesionales en el área de la construcción, que deseen o requieran elegir un sistema constructivo de losas de entrepiso, siguiendo las mismas

condiciones que fueron consideradas en el desarrollo de este proyecto.

**1.6.2 Limitaciones.** Se requerirá la licencia del software de cálculo estructural SAP2000® para el análisis y diseño de las losas de estudio.

Se requerirá de consultoría por parte del director y/o codirector del proyecto para el diseño de las losas.

## 1.7 Delimitaciones

**1.7.1 Delimitación temporal.** El tiempo estimado para el cumplimiento de los objetivos es de cuatro (4) meses, por lo tanto, este tiempo correspondió al desarrollo de la implementación del proyecto a partir de su aprobación.

**1.7.2 Delimitación espacial.** El proyecto se desarrolló en Colombia, siguiendo normas, reglamentos y procedimientos colombianos como es el caso de la NSR-10. Además, para el análisis de costos se hizo uso del peso colombiano como moneda.

**1.7.3 Delimitación conceptual.** Todos los elementos estudiados fueron de concreto reforzado  $f'c = 21$  MPa.

Se utilizó acero grado 60 con  $f_y = 420$  MPa con un módulo de elasticidad de 200000 MPa.

Se consideró que las losas van a estar bordeadas con elementos que tengan una rigidez suficiente para considerarse como apoyos en cada panel.

El proyecto estuvo sujeto al análisis y diseño y no a la implementación o construcción de estos sistemas de entrepisos.

La información suministrada fue de materiales documentales (revistas especializadas, trabajos de grado, cartillas, etc.).

Solo se estudiaron las luces y paneles descritos en la metodología de esta propuesta.

Para efectos de comparación se fijaron condiciones de funcionamiento similares en cada caso. Para este efecto se consideró suficiente garantizar el mismo nivel de rigidez relativa de la losa expresado en función de su máximo desplazamiento vertical con respecto a la longitud del vano involucrado.

Las losas fueron sometidas solamente a cargas gravitacionales distribuidas o concentradas contempladas en la investigación.

El análisis y diseño de las losas de entrepiso se realizó siguiendo los parámetros exigidos por la NSR-10.

Como punto de comparación de los costos se utilizó el peso colombiano a la fecha de ejecución del proyecto.

Los principales puntos de comparación de las losas fueron su variación geométrica, esfuerzos de flexión y cortante, cantidades de acero de refuerzo, volumen de concreto, peso propio y costos totales directos por metro cuadrado de losa.

Se utilizó precios comerciales de Colombia para el año 2022.

## 2. Marco Referencial

### 2.1 Antecedentes

Diversos estudios han mostrado un gran número de investigaciones sobre distintos sistemas de entresijos convencionales y no convencionales, en cuanto a su comportamiento estructural y de costos, con el fin de comparar y analizar la eficiencia de estos sistemas de entresijo, los cuales se han limitado a un modelo típico o configuración geométrica de tamaño y forma ya preestablecido, sin tener en cuenta la incidencia que tiene la variación de la configuración geométrica en el comportamiento estructural y de costos de dichas losas.

A continuación, se presentan los trabajos de investigación más relevantes:

**2.1.1 Internacionales.** Mendoza (2019), buscó comparar el comportamiento estructural y económico de las losas armadas en una y dos direcciones. Los diseños se realizaron para losas de dos paneles rectangulares de relación (largo/corto) igual a 2, con dimensiones de 2m x 4m, 3m x 6m y 4m x 8m. Se modelaron las losas con el software de cálculo estructural SAP2000 v.20 para datos de deformación, se realizaron metrados de materiales, costo unitario y se calcularon los presupuestos para cada tipo de losa, por último, se compararon los resultados.

Como resultados principales se obtuvieron que; la deformación de las losas armadas en una dirección de 2m x 4m es 7.67 veces la losa armada en dos direcciones, para las losas de 3m x 6m la deformación es 5.69 veces, y en las losas de 4m x 8m la deformación es 14.39 veces la losa armada en dos direcciones. El costo de las losas armadas en una dirección de 2m x 4m son 1.067 veces la losa armada en dos direcciones, para las losas de 3m x 6m son 1.18 veces, y para las losas de 4m x 8m son 1.24 veces la losa armada en dos direcciones. Concluyendo así, que la losa armada

en dos direcciones tiene mejor comportamiento estructural y menor costo que la losa armada en una dirección.

El aporte de Mendoza (2019), a la investigación en curso, es metodológico, porque me está dando una metodología para analizar las losas por medio del software SAP2000 y procedimientos comparativos importantes, para que, a partir de ahí, replique lo que él hizo, agregando nuevas proporciones de losas, y otros tipos de losas, con diferentes configuraciones de paneles cuadrados y rectangulares, para así, analizar en mejor detalle, cuantificando la influencia que tiene la variación de la configuración geométrica, en la eficiencia estructural de funcionamiento, de resistencia y consecuentemente el costo de las mismas.

Rodríguez (2015), buscó analizar y comparar el comportamiento estructural y económico de una losa aligerada y una losa colaborante. Los diseños se realizaron para losas unidireccionales simplemente apoyadas con longitud de 3.5m, para un ancho aferente de 0.90m para losa colaborante y 0.40m para la losa aligerada. Se modelaron las losas con el software de cálculo estructural SAP2000 v.15 para datos de deformación, se realizaron metrados de materiales y cotizaciones de los materiales necesarios a utilizar, para la construcción de cada tipo de losa, por último, se compararon los resultados.

Como resultados principales se obtuvo, que la deformación de la losa aligerada unidireccional simplemente apoyada de 3.5m de longitud, es 4.57 veces la losa colaborante. También se obtuvo que el costo por m<sup>2</sup> de la losa aligerada es 1.16 veces la losa colaborante. Además, el peso por m<sup>2</sup> de la losa aligerada es 1.2 veces la losa colaborante.

El aporte de Rodríguez (2015), es metodológico, usando el software Sap2000 para el análisis, partiendo desde puntos de comparación importantes como datos de deformación de las losas.

Taveras & García (2016), buscaron analizar y comparar el comportamiento estructural y económico de las losas armadas en una y dos direcciones variando las longitudes de las losas para efectos de comparación. Los diseños se realizaron para losas de dos paneles con relación (largo/corto) igual a 1, con longitudes que van desde 4 metros hasta 9 metros. Se modelaron las losas con el software de diseño estructural SAFE para datos de deformación, se realizaron metrados de materiales, costo unitario y se calcularon los presupuestos para cada tipo de losa, por último, se compararon los resultados.

Como resultados principales obtuvieron que las losas aligeradas según las condiciones establecidas, son estructuralmente mejor que las losas macizas en luces de 7 metros para las nervadas unidireccionalmente, y 8 metros para las nervadas bidireccionalmente, además en cuanto al costo es mejor las losas macizas para luces de 4 a 7 metros y las losas nervadas unidireccionales son mejores para luces de 8 a 9 metros, por último concluyen que las losas macizas son mejores en todas las luces que la losa nervada bidireccional, a excepción de luces iguales o superiores a 9 metros.

El aporte de Taveras & García (2016), a esta investigación es metodológico y conceptual, partiendo desde otras configuraciones de paneles y además que los resultados de datos de deformaciones se realizaron por medio del software de diseño estructural SAFE, diferente al software que se utilizará para esta investigación y qué servirá para la discusión de resultados.

Ríos & Botello (2017), crearon una herramienta para optimizar losas macizas de concreto reforzado, modificando la entrada de datos del software ALKT (desarrollado en la universidad de Guanajuato – México), que utiliza el método de elementos finitos, se modelaron 5 losas de dos tableros cuadrados unidos por un lado continuo, de iguales dimensiones y condiciones de apoyo,

variando únicamente el peralte de la losa, con el fin de optimizar las losas tomando en cuenta el peralte y costo de la misma, y así, determinar un rango de peraltes óptimos. De cada modelo se cuantificaron el volumen de concreto y el peso de acero requerido, por último, se realizó un análisis de precios de las losas.

Como resultado principal, obtuvieron que los modelos con peraltes efectivos de 14 cm a 20 cm son los óptimos, ya que no sobrepasan la deflexión máxima permitida en losas según el código ACI-318, y su relación de costos después de estos rangos se elevan considerablemente, recomendando así, a otros sistemas de entrepisos como las losas nervadas.

El aporte de Ríos & Botello (2017), de esta investigación contribuye a la discusión de resultados, el cual establece que para losas de grandes luces no es recomendable utilizar losas macizas, es mejor cambiar a un sistema de losas nervadas que brinden mayor rigidez a la estructura y tengan menor peso.

Paye et al. (2014), consideraron 5 tipos de losas de entrepisos para su artículo, que fueron; losa aligerada convencional, losa maciza, losa aligerada con viguetas pretensadas y prefabricadas, losa con placas colaborantes y losa con prelosas. Con ellas se determinaron el peso propio de las losas por metro cuadrado con el fin de evaluar de forma comparativa la losa más eficiente, puesto que, a menor peso, consecuentemente se obtienen menor sección de columnas y menor cantidad de acero de refuerzo, además se determinaron la cantidad de concreto necesario, rendimientos de mano de obra, consumos de encofrado y costos de las losas.

Concluyendo, como resultado principal que, el costo de los sistemas de entrepiso tradicionales son 1.15 veces las losas de entrepisos utilizando elementos prefabricados, y que el tiempo de ejecución es hasta 0.55 veces las losas de entrepiso tradicionales.

El aporte de Paye et al. (2014), a esta investigación proporciona conceptos importantes en la optimización de los sistemas de entrepiso de losas macizas y nervadas, así como consideraciones metodológicas en los análisis comparativos de resultados.

**2.1.2 Nacionales.** Ávila (2017), buscó determinar, cuál fue el sistema de entrepiso más eficiente y económico a implementar en una edificación representativa, tomando como base una planta típica, se modelaron en el software ETABS v.15 para el análisis y diseño, se tomaron como base de estudio losas macizas y nervadas en una y dos direcciones, losa columna, losa reticular y losa Steel Deck, para datos de comparación se calcularon los pesos, los modelos, cortante basal, periodos, aceleraciones, derivas, cuantías de concreto y acero, por último, la estimación de los costos de las losas establecidas.

Como conclusión principal, se obtuvo que el sistema de entrepiso de lámina colaborante o Steel Deck es más económico que todos los demás sistemas contemplados, además que el costo de la losa nervada en una dirección es 1.13 veces la losa Steel Deck, y que el costo de la losa maciza en dos direcciones es 1.12 veces la losa nervada en una dirección.

Como aporte a esta tesis, Ávila (2017), ofrece metodología de análisis y diseño, de los sistemas de entrepiso de las losas de estudio, así como consideraciones metodológicas en los análisis comparativos de resultados.

Medina & Rodríguez (2014), buscó determinar, cuál fue el sistema de entrepiso más eficiente y económico a implementar en una edificación representativa de uso familiar de acuerdo a cada sistema adoptado, tomando como base la arquitectura de una edificación de seis pisos, se modelaron en el software ETABS para el análisis, se tomaron como base variaciones en los sistemas de entrepiso (losas macizas y aligeradas en dos direcciones), para efectos de

comparación se consideraron datos como masa total de la edificación, capacidad de controlar, cantidades de concreto y acero requerido en cada modelo, por último la estimación de los costos de las losas establecidas.

Como resultado principal, obtuvieron que el costo correspondiente al sistema con losas macizas en dos direcciones es 1.35 veces las losas aligeradas en dos direcciones, considerando las mismas condiciones, materiales y especificaciones existentes para cada modelo.

El aporte de Medina & Rodríguez (2014), a la investigación en curso es conceptual, porque ofrece conceptos de referencia importantes para el análisis y diseño de ambos sistemas de entrepiso de estudio.

Rendón (2019), buscó comparar mediante un modelo de edificación de 5 niveles, el efecto que tiene la variación en el aligeramiento (casetón de madera, bloque de poliestireno, bloque de arcilla cocida y bloque de concreto) de losas nervadas, con el fin de analizar el comportamiento estructural y su incidencia en los costos de construcción. Se modelaron mediante el software SAP2000 v.14, se calculó la cantidad de acero requerido, volumen de concreto y, por último, un presupuesto general de cada modelo.

Como resultado principal, se obtuvo que el sistema de entrepiso de losa nervada de mejor comportamiento estructural es aligeramiento con bloque de poliestireno, además que las variables que inciden en la variación del costo de una losa aligerada son la cantidad de acero requerido, volumen del concreto y el tipo de aligeramiento a usar. Concluyendo así, que el mejor aligeramiento es el bloque de poliestireno, el cual llega a tener una reducción de costos del 5% para aligeramientos en casetón de madera, del 10% para aligeramientos de bloques de arcilla cocida y del 15% para aligeramientos de bloques de concreto simple.

El proyecto de Rendón (2019), aporta conceptos de referencia importantes para mi investigación en curso, así como consideraciones metodológicas en los análisis comparativos de resultados, ya que establece parámetros comparativos con respecto al costo de los materiales, los cuales podrían servir de metodología para su desarrollo.

## **2.2 Marco Teórico**

**2.2.1 Losas de entrepiso.** Según la definición del libro “Estructura de Hormigón”, de Giraldo Bolívar (2003) las losas de entrepiso pueden ser definidas como aquellos elementos estructurales que permiten, por un lado, proporcionar una superficie de apoyo a las cargas de acción gravitacional, y, por otro, comportarse como elemento de amarre al sistema de columnas y muros. De esta forma, las losas corresponden a elementos de área que se encargan de recibir directamente las cargas gravitacionales, y luego transferirlas a los elementos de soporte estructural sobre los que se apoyan.

Por otro lado, la clasificación de losas según su sección transversal está relacionada directamente a la clasificación por distribución de carga. Por lo tanto, se pueden encontrar losas macizas, que mantienen una sección transversal uniforme y que pueden ser utilizadas independiente del funcionamiento (una o dos direcciones), y las losas nervadas o aligeradas, que manifiestan variaciones en su sección transversal debido a la incorporación de nervios o viguetas, los cuales favorecen la distribución de la carga, y cuyas direcciones están sujetos a la configuración de los apoyos (Nilson, 2001).

El concepto de un procedimiento de predimensionamiento de losas de concreto reforzado deja dos elementos claros a tratar para lograrlo, siendo el primero que las dimensiones elegidas sean las necesarias para que el entrepiso pueda resistir las cargas aplicadas tanto para estados

límite de servicio como estados límite último. En segunda instancia, la losa de entrepiso debe tener tal deflexión que no afecte la integridad y funcionalidad de la estructura (Ávila & Pineda, 2014).

**2.2.2 Altura de viga o espesor de losa recomendados por NSR-10.** El Capítulo C.9 de la NSR-10 recomienda el uso de un par de tablas para establecer las alturas de la sección transversal de la viga y el espesor de las losas reforzadas en una dirección para proporcionar la rigidez adecuada a fin de evitar que desarrollen deflexiones excesivas que afecten el normal funcionamiento de esos elementos estructurales o incluso pongan en riesgo su estabilidad (Márquez, 2020).

La Tabla 1 muestra el primer criterio para establecer una altura mínima del elemento, esta altura está en función de la longitud entre apoyos y de las condiciones de borde, para elementos que no soportan o se conectan a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de sufrir daños debido a grandes deflexiones.

**Tabla 1. C.9.5(a) de la NSR10**

Elementos	Espesor mínimo, h			
	Simplemente apoyados	Con un Extremo continuo	Ambos Extremos Continuos	En voladizo
	Elementos que NO soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección	$\frac{\ell}{20}$	$\frac{\ell}{24}$	$\frac{\ell}{28}$	$\frac{\ell}{10}$
Vigas o losas nervadas en una sola dirección	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{18.5}$	$\frac{\ell}{21}$	$\frac{\ell}{8}$

Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010.

Al igual que la tabla anterior, la NSR-10 recomienda usar la Tabla 2 para elementos que soportan o se conectan a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de sufrir daños debido a

grandes deflexiones.

**Tabla 2. CR.9.5 de la NSR10**

Elementos	Espesor mínimo, h			
	Simplemente apoyados	Con un Extremo continuo	Ambos Extremos Continuos	En voladizo
	Elementos que soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección	$\frac{\ell}{14}$	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{19}$	$\frac{\ell}{7}$
Vigas o losas nervadas en una sola dirección	$\frac{\ell}{11}$	$\frac{\ell}{12}$	$\frac{\ell}{14}$	$\frac{\ell}{5}$

Fuente: Minambiente, 2010.

En las tablas mencionadas anteriormente se hace una distinción entre vigas o losas en las que se admiten menores alturas o espesores y mayores deflexiones porque no soportan elementos frágiles susceptibles de daño y otros casos en los que deben controlarse las deflexiones con más rigor, porque de ser así, estos elementos pueden ser susceptibles a sufrir daños (Márquez, 2020).

El diseñador está en la libertad de tomar los valores anteriores sin tener que realizar cálculos correspondientes a las deflexiones y esperar estos valores desconocidos en su estructura, ya que las deflexiones esperadas de estas tablas no se describen en el capítulo C.9. Pero si se decide aplicar un valor inferior a estos límites es necesario realizar un cálculo correspondiente a la deflexión que justifique la disminución de la altura del elemento para evitar daños estructurales o afectación de los elementos que soporta como los muros (Ávila & Pineda, 2014).

Por lo anterior, la dimensiones (alturas o espesores mínimos) de las losas de estudio se tomaron aquellas que cumplan con una deformación vertical con respecto al vano involucrado de  $\ell/2000$ , es decir, todas las losas se analizaron y se diseñaron cumpliendo con esa deformación

máxima admisible, lo cual es el punto de partida y de comparación de este proyecto, además se chequearon que las solicitaciones de diseño a flexión y cortante no sobrepasen la cuantía máxima admisible dados por NSR-10, donde más adelante en este documento se explica su procedimiento.

**2.2.3 Método de elementos finitos.** El programa SAP2000 es uno de los softwares líderes en el campo de la ingeniería estructural, utilizado a nivel mundial para grandes y pequeñas obras para analizar cualquier tipo de estructura, e incluso se puede diseñar con precisión elemento por elemento según las normativas más conocidas (ACI en Estados Unidos, NSR-10 en Colombia, EUROCODIGOS en Europa, etc.) (Camacho & Romero, 2012). Es un excelente programa para cálculos estructurales tridimensionales utilizando elementos finitos.

A través de este, es posible modelar formas geométricas complejas, definir diferentes condiciones de carga, asignar secciones, materiales, generar automáticamente pesos propios, así como realizar cálculos estructurales de concreto y acero según los códigos ACI vigentes y otras normativas. La potente interfaz gráfica en el entorno de Windows permite crear modelos de forma rápida y precisa, ya sea por el uso de las herramientas de dibujo del programa, a partir de gráficos en el programa de dibujo CAD o utilizando los modelos paramétricos disponibles. El modelado, la ejecución de análisis, la revisión de resultados y la optimización del diseño se realizan de forma totalmente interactiva dentro de la misma interfaz (Camacho & Romero, 2012).

## **2.3 Marco Conceptual**

Con el trascurso del tiempo, el uso de las construcciones masivas y altas densidades de los materiales se han venido dejando en el pasado, por motivo que se ha comprobado la necesidad en la construcción de trabajar con materiales de baja densidad que permitan trabajar mejor en la

construcción de cualquier obra en específico (Ticó, 2015).

En el caso de esta investigación se busca mostrar la eficiencia que tienen las losas de estudio en las diferentes configuraciones geométricas de tamaño y forma, donde para su comprensión se abarcan términos afines los cuales se definirán a continuación:

**2.3.1 Losas de entrepiso.** Es una losa amplia y plana, que separa un piso de otro, regularmente horizontal y las superficies inferior y superior son paralelas entre sí. Son las responsables de soportar las cargas de acción gravitacional y distribuir las fuerzas horizontales. La capacidad de soportar cargas gravitacionales equivale a sostener su propio peso, acabados, muros, tabiques, pisos terminados y carga viva dependiendo al uso de aplicación de la estructura (Trujillo, 2016).

La losa de entrepiso es uno de los elementos más importantes en la construcción de edificaciones, debido, a que la incorrecta colocación del acero de refuerzo puede ocasionar el colapso de la estructura sin necesidad alguna de que acontezca un sismo u otros eventos. Siempre se debe contar con los correspondientes planos estructurales, llevando a cabo las medidas y cantidad de materiales a utilizar, así como las especificaciones técnicas que da el diseñador (Trujillo, 2016).

Esta también, está compuesta por sub-elementos que ayudan a disminuir su peso mediante cualquier tipo de aligerantes, que varían dependiendo del uso de la estructura, disponibilidad económica y su diseño establecido.

**2.3.2 Tipos de losas.** Blanco (2011), menciona acerca de los diferentes tipos de losas lo siguiente:

**Losas aligeradas.** Son en esencia losas nervadas, pero que tienen como diferencia, que el espacio existente entre las nervaduras o viguetas esté relleno por un ladrillo aligerado (con espacios vacíos tubulares).

**Losas Nervadas.** Son losas que tienen nervios o viguetas cada cierta distancia, unidas por una losa maciza superior más delgada, requiriendo de un encofrado que siga la superficie lateral de las nervaduras y el fondo de la losa superior.

**Losas macizas.** Tienen un determinado espesor, son íntegramente de concreto armado y reforzadas con acero.

**Clasificación de losas de entrepiso.** Las losas o placas de entrepiso se pueden clasificar así:

**Según la dirección de la carga:**

**Losas unidireccionales.** Son aquellas en que la carga se transmite en una dirección hacia los muros portantes; son generalmente losas rectangulares en las que un lado mide por lo menos 1.5 veces más que el otro. Es la más corriente de las placas que se realizan en nuestro medio (Olivares & Calihua, 2013).

**Losas Bidireccionales.** Cuando se dispone de muros portantes en los cuatro costados de la placa y la relación entre la dimensión mayor y la menor del lado de la placa es de 1.5 o menos, se utilizan placas reforzadas en dos direcciones (Olivares & Calihua, 2013).

**Según el tipo de material estructural:**

**Losas o placas en concreto (hormigón) reforzado.** Son las más comunes que se construyen y utilizan como refuerzo barras de acero corrugado o mallas metálicas de acero (Olivares &

Calihua, 2013).

**Losas o placas en concreto (hormigón) pretensado.** Son las que utilizan cables fraccionados y anclados, que le transmiten a la placa compresión. Este tipo de losa es de poca ocurrencia en nuestro medio y sólo lo utilizan las grandes empresas constructoras que tienen equipos con los cuales tensionan los cables (Olivares & Calihua, 2013).

**Losa o placa en lámina de acero:** Son las que se funden sobre una lámina de acero delgada y que configura simultáneamente la formaleta y el refuerzo inferior del concreto que se funde encima de ella. Tiene un uso creciente en el medio constructivo nacional (Olivares & Calihua, 2013).

#### **Funcionamiento estructural de las losas de entrepisos:**

Las losas de entrepiso tienen dos funciones: son las encargadas de soportar las cargas gravitacionales y distribuir las fuerzas sísmicas horizontales. Hay que decir que deben soportar las cargas gravitacionales, se refiere a su peso propio, acabados, particiones y cargas vivas según al uso que tendrá la construcción. En el análisis sísmico, la mayoría de los casos, se considera que las losas de entrepiso son diafragmas rígidos, que, bajo la acción de las cargas horizontales, se desplazan integralmente sin sufrir deformaciones en su plano. Los programas de análisis suponen la anterior hipótesis y basados en ella, reparten las cargas sísmicas entre los pórticos o muros o en general, en el sistema de resistencia sísmica. Estrictamente se dice que las fuerzas sísmicas se reparten entre los pórticos en proporción a su rigidez (Rochel, 2012).

## 2.4 Marco Contextual

El proyecto fue desarrollado en la ciudad de San José de Cúcuta, Norte de Santander, Colombia. Conceptualmente, la investigación se guio bajo los parámetros exigidos por la NSR-10. Para facilitar y dar exactitud a los cálculos se usó el software SAP2000 para hacer el análisis y diseño de las losas de estudio. Aunque, el proyecto esté ubicado en Colombia, la metodología de análisis, diseño y estudio puede ser replicada en cualquier lugar a nivel mundial, aplicándose a las normas y reglamentos de los diferentes países.

## 2.5 Marco Legal

Para el desarrollo de este proyecto de investigación se tuvo en cuenta la siguiente normatividad:

**NSR-10.** Es el reglamento colombiano que establece los requisitos de carácter técnico y científico para el diseño y construcción de estructuras sísmico-resistentes. Igualmente pretende garantizar estabilidad, bienestar y calidad de las construcciones y proteger la vida y patrimonio de los residentes. A continuación, se presentan los decretos modificatorios de la NSR-10.

**Decreto 926 del 19 de marzo de 2010.** Por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistentes NSR-10.

**Decreto 2525 del 13 de julio de 2010.** Por el cual se modifica el Decreto 926 de 2010 y se dictan otras disposiciones.

**Decreto 092 del 17 de enero de 2011.** Por el cual se modifica el Decreto 926 de 2010.

**Decreto 340 del 13 de febrero de 2012.** Por el cual se modifica parcialmente el Reglamento de Construcciones Sismo Resistentes NSR-10.

**Decreto 945 del 05 de junio de 2017.** Por el cual se modifica parcialmente el Reglamento colombiano de Construcciones Sismo Resistentes NSR -10.

**Decreto 2113 del 25 de noviembre de 2019.** Por el cual se incorpora al Reglamento colombiano de construcción Sismo Resistente NSR-10 el documento AIS-610-EP-2017 - Evaluación e Intervención de Edificaciones Patrimoniales de uno y dos pisos de Adobe y Tapia Pisada, y se dictan otras disposiciones.

### 3. Diseño Metodológico

Un proyecto de investigación es un conjunto articulado y coherente de actividades dirigidas a lograr uno o más objetivos relacionados con la generación, adaptación o aplicación creativa del conocimiento, en que se sigue una metodología definida que prevé alcanzar determinados resultados con recursos y tiempo limitados, especificados en el presupuesto y cronograma, respectivamente (Colciencias, s.f.).

#### 3.1 Tipo de Investigación

El proyecto es una investigación aplicada, porque se utilizaron los conocimientos que se tienen y se llevaron a la práctica, aplicándolos en los diferentes procedimientos de análisis, de diseño y de costos de losas de entrepiso, para finalmente comparar el efecto que tiene variación de las proporciones geométricas de las losas de estudio, en la eficiencia estructural y de costos para los dos sistemas, ayudando a cerrar la brecha de este conocimiento. La investigación aplicada, se denomina “*investigación práctica o empírica*”, la cual se caracteriza porque busca aplicar o utilizar los conocimientos adquiridos, al mismo tiempo que se adquieren otros, luego de implementar y sistematizar la práctica basada en la investigación (Vargas, 2009).

Es de tipo descriptiva, porque se evaluaron las losas de estudio en las distintas configuraciones, con estos modelos se recolectaron, analizaron, ordenaron y se presentaron un conjunto de datos, con la finalidad de realizar una comparación de los esfuerzos de resistencia, de deformación, y de costo para ambos sistemas de entrepisos, que denotó en la variación de datos, representados por gráficos, tablas y cálculos. La investigación descriptiva exhibe el conocimiento de la realidad tal como se presenta en una situación de espacio y de tiempo dado. Aquí se observa y se registra, o se pregunta y se registra. Describe el fenómeno sin introducir modificaciones: tal

cual. Las preguntas de rigor son: ¿Qué es?, ¿Cómo es?, ¿Dónde está?, ¿Cuándo ocurre?, ¿Cuántos individuos o casos se observan?, ¿Cuáles se observan? (Rojas Cairampoma, 2015). Además, es de tipo experimental, porque se partió de una arquitectura existente variando sus configuraciones geométricas de tamaño y forma con el propósito de analizar su influencia en el comportamiento estructural y de costos de las losas de estudio. Los diseños experimentales nacen del término experimento que se refiere a “elegir o realizar una acción” y después observar las consecuencias (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

### **3.2 Población y Muestra**

**3.2.1 Población.** Hernández et al. (2014), definen población como un conjunto de casos que coinciden con cualquiera de sus descripciones, generalmente compuesto por personas, organizaciones, hechos o situaciones que forman el foco de la investigación. Por tanto, para el presente proyecto, la población fueron las losas macizas y nervadas diseñadas en una y dos direcciones (1D y 2D).

**3.2.2 Muestra.** Con el propósito de analizar y comparar el comportamiento de las distintas losas de estudio se establecieron configuraciones que cumplen con una relación de panel (largo/corto)  $\beta$  (1, 2 y 3). Además, se plantearon configuraciones de losas simétricas de 1, 4 y 9 paneles.

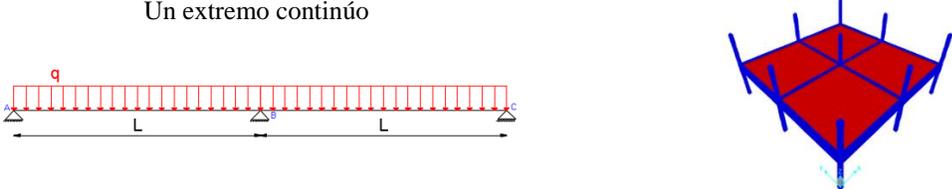
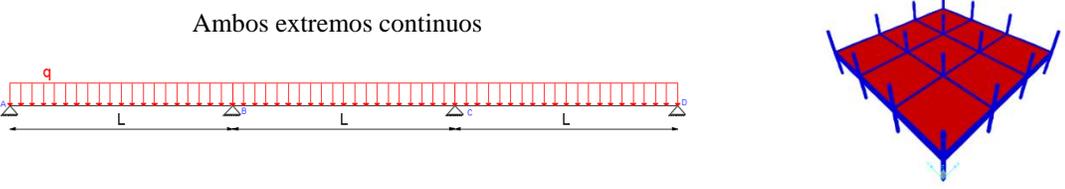
La Tabla 3 muestra las configuraciones que cumplen con una relación de panel (largo/corto)  $\beta$  (1, 2 y 3).

**Tabla 3. Definición de la muestra**

Losas macizas y nervadas	
1D	2D
3m x 3m	3m x 3m
	3m x 6m
	3m x 9m
6m x 6m	6m x 6m
	6m x 12m
	6m x 18m

Asimismo, se desarrollaron configuraciones de losas simétricas de 1, 4 y 9 paneles, para un total de 48 modelos a analizar que se utilizaron para evaluar y determinar los resultados, como se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4. Configuraciones de número de paneles simétricos en losas de estudio**

Configuraciones de número de paneles simétricos en losas de estudio	
1P	<p>Simply supported</p> 
4P	<p>One end continuous</p> 
9P	<p>Both ends continuous</p> 

### 3.3 Instrumentos para la Recolección de Información

**3.3.1 Fuente primaria.** La fuente de información primaria se refiere a los datos recolectados del autor de proyecto. Para el caso de la presente investigación la información fue la recolectada de la modelación en el software, del análisis del comportamiento estructural y del análisis de la relación costo-beneficio de las losas de estudio.

**3.3.2 Fuente secundaria.** La información secundaria consistió en aquella suministrada por: NSR-10, bibliografías especializadas, artículos de investigación y antecedentes del presente proyecto.

### 3.4 Técnicas de Análisis y Procesamiento de Datos

Se analizaron los dos sistemas de entrepiso con diferentes alternativas de configuraciones de losas de estudio, para efectos de comparación, con la ayuda de tablas, gráficos de barras, y estadística. La Tabla 5 muestra las técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos que se siguieron para el desarrollo de la presente investigación.

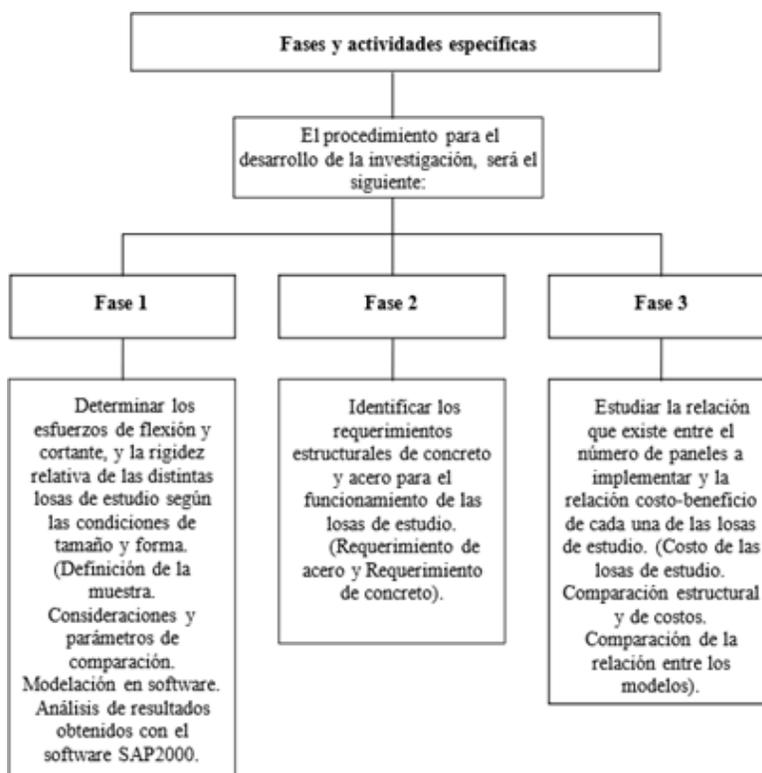
**Tabla 5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

Variables	Recolección de Datos		
	Fuente	Técnica	Instrumento
Comportamiento Estructural	Losas de estudio	Consulta Bibliográfica	NSR-10 Software SAP2000 Formato de presentación de resultados
		Modelamiento Idealización	
Comportamiento de Costos	Losas de estudio	Idealización	Formato de cantidad de obra
		Esquematación	Esquemas de detallado de refuerzo
		Idealización Idealización	Formato de presupuesto general Formato de presentación de resultados

### 3.5 Fases y Actividades Específicas del Proyecto

El procedimiento para el desarrollo de la investigación, fue el siguiente:

La Figura 1 muestra mediante un esquema las fases que se siguieron para el desarrollo del proyecto.



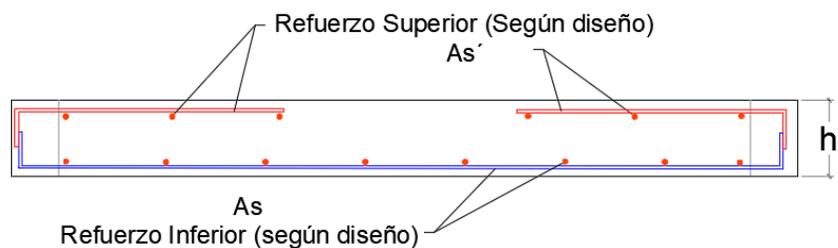
**Figura 1. Fases y actividades específicas del proyecto**

A continuación, se detallan los procedimientos utilizados en la investigación:

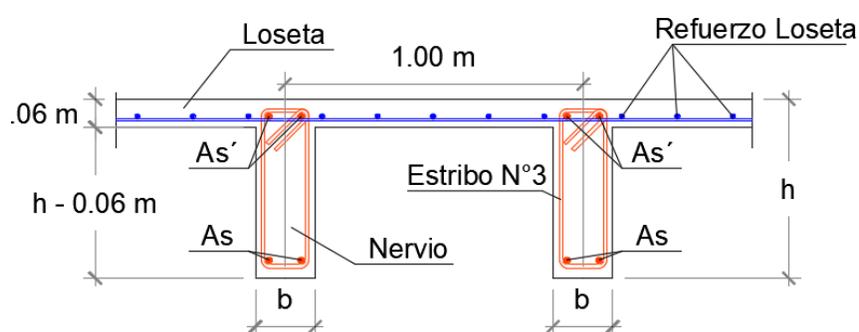
Fase 1. Determinar los esfuerzos de flexión y cortante, y la rigidez relativa de las distintas losas de estudio según las condiciones de tamaño y forma.

**3.5.1 Criterios de diseño.** En la Figura 2 y Figura 3 se detallan los esquemas de diseño para seleccionar el tipo de refuerzo y sección transversal a ser utilizado en las distintas losas de

estudio. Fijando para las losas macizas y nervadas una sección transversal de la forma:



**Figura 2. Corte de sección transversal losa maciza**



**Figura 3. Corte de sección transversal losa nervada**

Se obtuvo en base a un análisis de cargas, para la carga muerta de los elementos no estructurales, se aplican los valores dados en el capítulo B.3.4 del título B de la NSR-10, mostrados en la siguiente tabla:

**Tabla 6. Valores en KN/m<sup>2</sup> de cargas muertas de elementos no estructurales**

Cargas muertas de los elementos no estructurales	KN/ m <sup>2</sup>
Entramado metálico suspendido afinado en yeso	0.5
Baldosa cerámica (20 mm) sobre 25 mm de mortero	1.1
Fachada y particiones de mampostería	3.0
Otros	0.4
Total	5.0

Fuente: NSR10, 2010.

Para el estudio se tomó como carga muerta un valor de 5.0 KN/m<sup>2</sup>, correspondiente análisis de carga realizado en la Tabla 6.

Siguiendo lo establecido en el título B de NSR-10 (sección B.4.2), se adoptó un valor de carga viva uniformemente distribuida igual a 12 kN/m<sup>2</sup>, correspondiente a la carga de ocupación más crítica. Dicha carga superficial, se encuentra por encima de los valores de uso común para edificaciones establecidos por esta norma, además, cabe mencionar que los valores de carga son los “mínimos” a considerarse, y que en algunos casos pueden existir cargas que sobrepasen dichos valores.

Con las cargas de diseño tanto viva como muerta, se procede a establecer el valor de las cargas de trabajo dadas por la siguiente tabla:

**Tabla 7. Cargas de trabajo en KN/m<sup>2</sup> para losas macizas y nervadas**

Cargas de trabajo	KN/m <sup>2</sup>
Carga muerta	5.0
Carga viva	12.0

**3.5.2 Combinaciones de carga.** Utilizando las combinaciones mínimas de cargas mayoradas establecidas por el capítulo B del reglamento NSR-10 (sección B.2.4.2), se usaron las siguientes combinaciones:

Donde; W es la combinación de las cargas mayoradas, D es la carga muerta y L es la carga viva.

$$W_1 = 1.4 D \text{ (Ec. 1)}$$

$$W_2 = 1.2 D + 1.6 L \text{ (Ec. 2)}$$

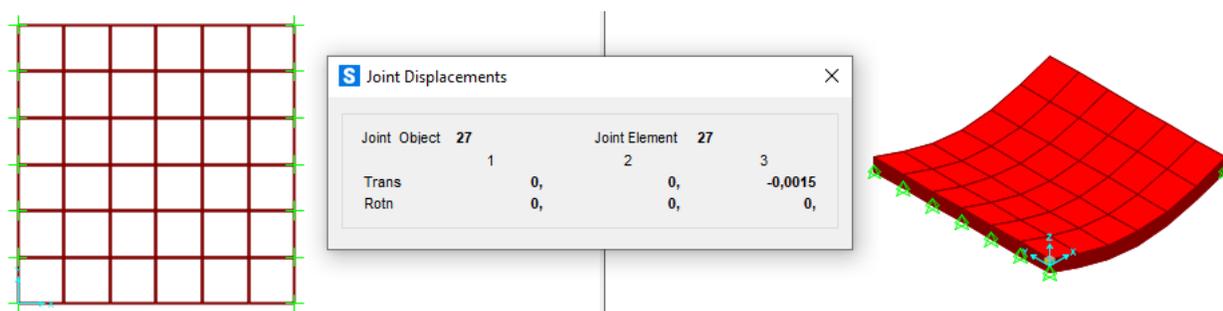
**3.5.3 Selección de los materiales.** Los materiales que se utilizaron en la presente investigación fueron concreto, con una resistencia a la compresión de 21 MPa, y acero de resistencia a la fluencia de 420 MPa.

**3.5.4 Modelación de losas de estudio.** Con la ayuda del software SAP2000®, se modelaron las losas de estudio, como punto de partida se consideró suficiente garantizar una rigidez relativa de losa expresada en función de su máximo desplazamiento vertical con respecto a la longitud del vano involucrado, esta rigidez relativa corresponde a la longitud de la losa medida de centro a centro de los apoyos sobre dos mil ( $l/2000$ ), a partir de allí se realizaron iteraciones de las alturas o espesores de las losas para que cumplieran con la condición anterior.

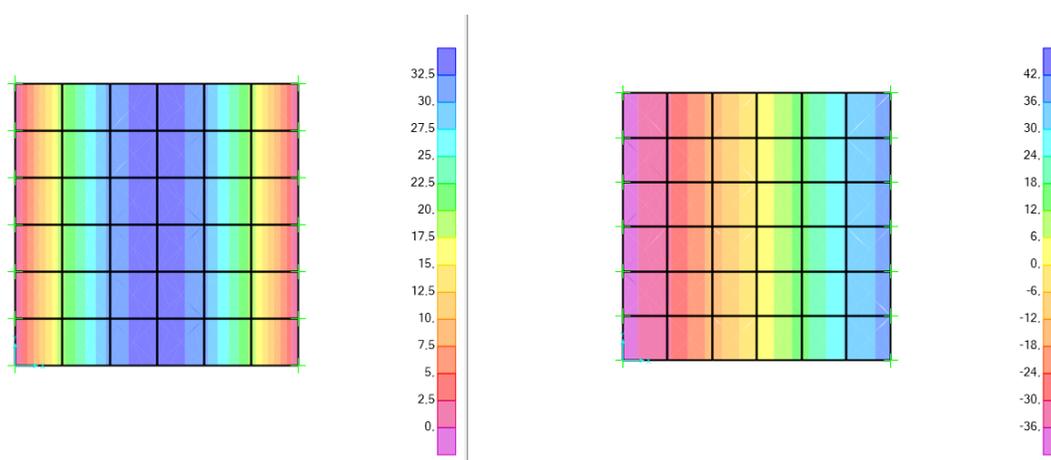
Se hicieron unos estudios preliminares para establecer el valor de rigidez relativa de losa como criterio de comparación, en primera instancia se realizaron unos modelos que cumplieran con una rigidez relativa de  $l/500$ , es decir, para una deflexión inmediata debido a las cargas de servicio que cumpla con la anterior condición. La evaluación de la deflexión inmediata de la losa es la calculada por el software, para el cual se realizaron iteraciones de las alturas o espesores de losa que cumplieran con la rigidez relativa de estudio, sin embargo, se concluyó que para nuestras condiciones y parámetros de estudio, en algunos modelos el estado límite último de resistencia (flexión y cortante) es decisivo para el dimensionamiento (alturas o espesores) y no el estado límite de deformación (rigidez relativa), ya que por lo general cuando se necesitan mayores requerimientos estructurales, estos sobrepasan los estados límites de resistencia, haciendo que se aumenten las secciones (alturas o espesores) consideradas inicialmente con el fin de cumplir con los parámetros de diseño (flexión y cortante).

Siguiendo con lo anterior, para efectos de garantizar el mismo nivel de rigidez relativa de losa se tomó el valor que cumpliera con la resistencia a flexión y cortante más crítica, es decir, una relación de resistencia aproximada a la cuantía máxima, y a partir de allí se estableció una deflexión inmediata debido a las cargas de servicio de  $l/2000$  para todas las losas.

La Figura 4 y Figura 5 muestran capturas de pantalla del software, donde se puede ver que en la primera se realiza el modelado de la losa maciza y su cálculo de su rigidez relativa de estudio, en la segunda se pueden ver mediante barras de colores los esfuerzos de flexión y cortante para el diseño de la losa.

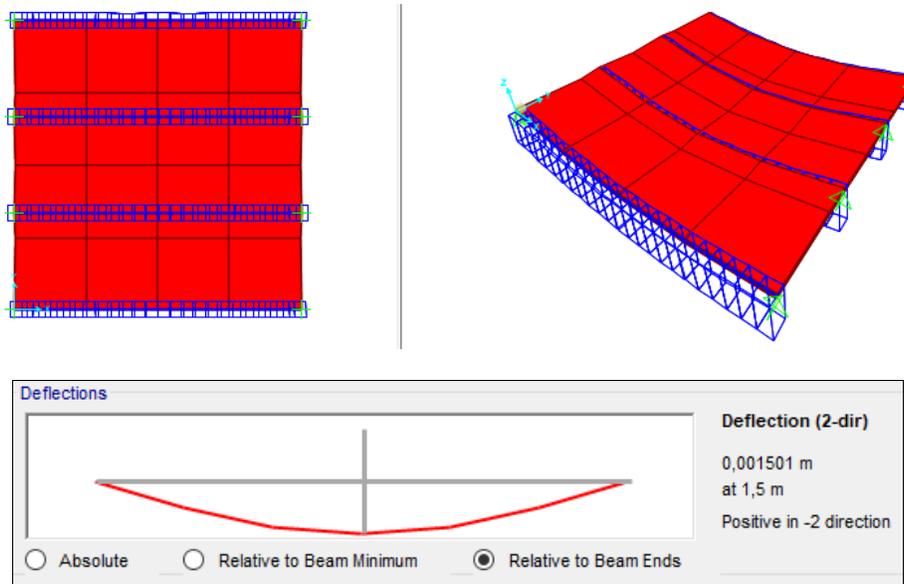


**Figura 4. Modelado y rigidez relativa de losa maciza en software SAP2000®**

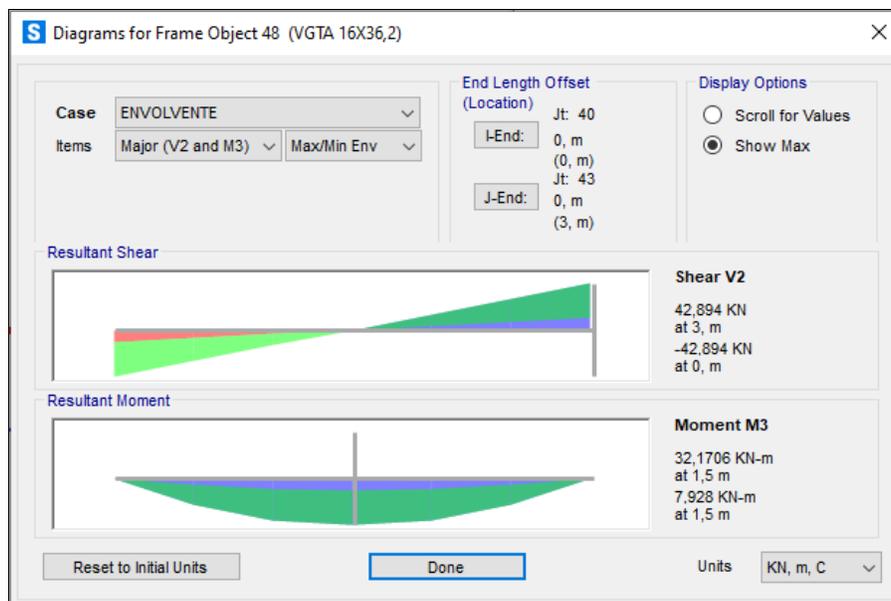


**Figura 5. Esfuerzos de flexión (izquierda) y cortante (derecha) de losa maciza en software SAP2000®**

Al igual que para las losas macizas, la Figura 6 muestra una captura de pantalla del software donde se puede apreciar el modelado de la losa nervada y el cálculo de la rigidez relativa de estudio. La Figura 7 muestra el registro de los esfuerzos de flexión y de cortante para el diseño de la losa nervada.



**Figura 6. Modelado y rigidez relativa de losa nervada en software SAP2000®**



**Figura 7. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada en software SAP2000®**

Fase 2. Identificar los requerimientos estructurales de concreto y acero para el funcionamiento de las losas de estudio.

**3.5.5 Diseño losa maciza.** A continuación se presenta el diseño de losa maciza:

**3.5.5.1 Diseño a flexión.** Una vez definido los parámetros de diseño y modelado en el software SAP2000®, se procedió a determinar el momento máximo de los resultados dados por este programa para posteriormente calcular el acero requerido.

$$M_{\text{máx}} = M_u$$

A continuación, con la siguiente ecuación cuadrática se determinó la cuantía de refuerzo requerido:

$$M_u = \phi M_n = \phi F_y \rho \left( 1 - 0.59 \rho \frac{F_y}{F'_c} \right) b d^2 \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

$M_u$  = Momento último requerido

$M_n$  = Resistencia nominal a flexión

$\phi$  = Factor de resistencia a tracción

$F_y$  = Esfuerzo cedente del acero de refuerzo

$F'_c$  = Resistencia a la compresión del concreto

$\rho$  = Cuantía de acero

$d$  = Altura Útil

$b$  = Base Losa (Ancho aferente)

Después de calcular la cuantía de acero se procedió a calcular el área requerido y el número de barras a utilizar:

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$\text{N}^\circ \text{barras/ml} = \frac{A_s}{A_b}$$

Donde:

$A_s$  = Acero de refuerzo a tracción

$A_b$  = Área de la barra nominal

Adicionalmente, se debe verificar que la separación entre las barras cumpla con lo exigido por NSR-10, donde para el acero de refuerzo principal debe cumplir con la siguiente condición:

$$\text{Separación entre barras} = \frac{1.0 \text{ ml}}{\text{N}^\circ \text{barras} - 1}$$

Refuerzo principal NSR – 10 C.7.6.5 =  $S < 3$  veces espesor losa

Donde:

$S$  = Separación entre barras

Para el diseño por retracción y temperatura se debe cumplir con un refuerzo por cuantía mínima:

Diseño de refuerzo por retracción y temperatura C.7.12.1

$$A'_s = \rho_{\min} \cdot b \cdot d \rightarrow \rho_{\min} = 0.0018$$

Donde:

$\rho_{\min}$  = Cuantía mínima de refuerzo

$A'_s$  = Acero de refuerzo a compresión

Igualmente, para este refuerzo se debe cumplir con una separación máxima en donde establece que:

Por temperatura NSR – 10 C. 7.12.2.2 =  $S < 5$  veces espesor losa

**3.5.5.2 Verificación a cortante.** Una vez realizado el diseño por flexión, cabe destacar que las losas macizas no requieren de acero de refuerzo por cortante ya que este es soportado únicamente por el concreto y por lo general sólo requiere una verificación.

$$V_{u, \max} = V_u$$

$$\phi V_c = \phi \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

Donde:

$V_u$  = Cortante último requerido

$V_{u, \max}$  = Cortante máximo requerido

$\phi$  = Factor de resistencia a cortante

$V_c$  = Resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto

$\lambda$  = Factor de resistencia a compresión

$F'_c$  = Resistencia a la compresión del concreto

$b$  = Base Losa (Ancho aferente)

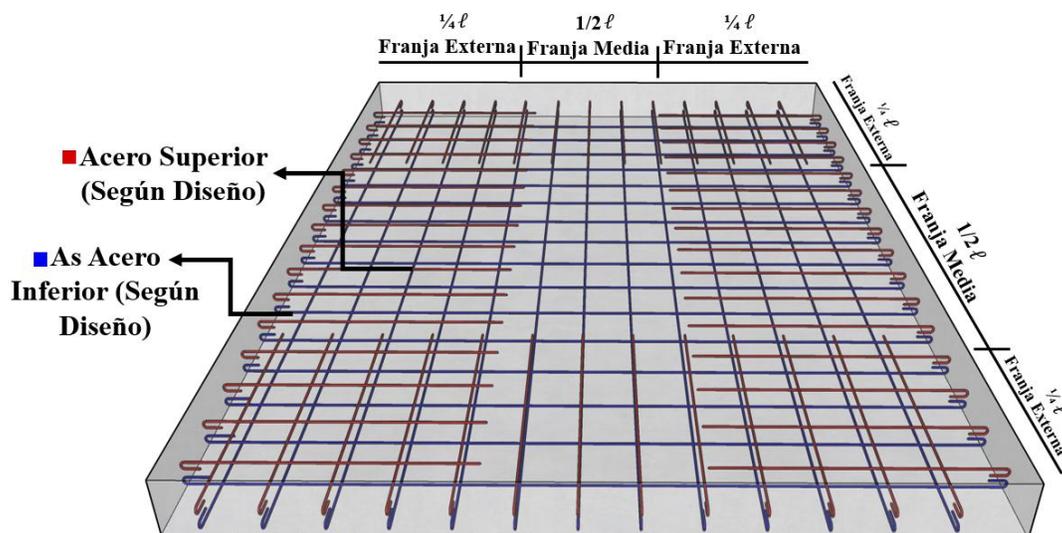
$d$  = Altura Útil

La NSR-10 establece que para las losas, el cortante  $\phi V_c$  debe ser mayor o igual a  $V_u$ .

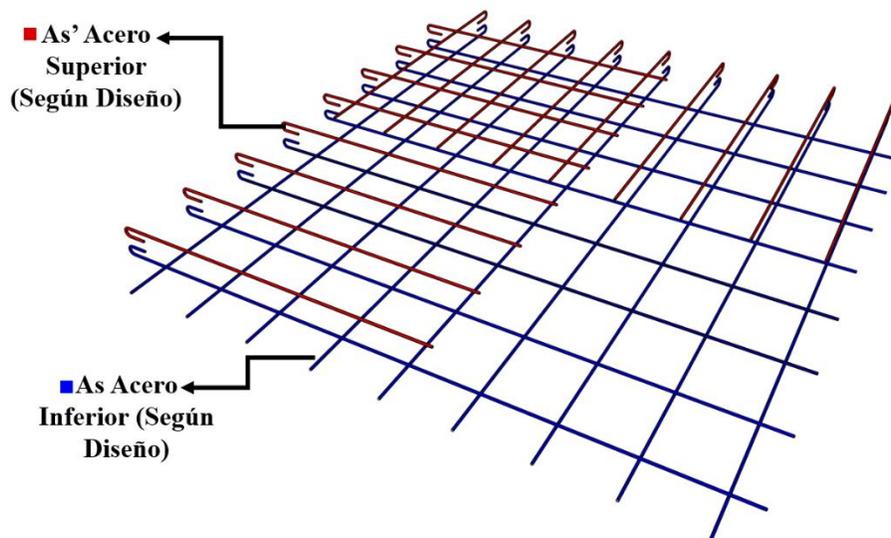
$\phi V_c \gg V_u \rightarrow$  No requiere refuerzo por cortante

Si  $\phi V_c$  es menor que  $V_u$ , la solución sería aumentar la altura de la losa.

En la Figura 8 y Figura 9 se puede apreciar una esquematización del acero de refuerzo de la losa maciza.



**Figura 8. Esquematización acero de refuerzo losa maciza**



**Figura 9. Corte distribución de acero de refuerzo losa maciza**

**3.5.6 Diseño losa nervada.** A continuación se presenta el diseño de losa nervada:

**3.5.6.1 Diseño a flexión.** Al igual que el diseño a flexión para losas macizas, en losas nervadas se determinó el momento máximo dado por el software y se calculó la cuantía de acero requerido utilizando la ecuación cuadrática anterior (Ec. 3):

$$M_{\text{máx}} = M_u$$

$$M_u = \phi M_n = \phi \cdot f_y \cdot \rho \cdot \left( 1 - 0.59 \cdot \rho \cdot \frac{f_y}{f'_c} \right) \cdot b \cdot d^2$$

Donde:

$M_u$  = Momento último requerido

$M_n$  = Resistencia nominal a flexión

$\phi$  = Factor de resistencia a tracción

$F_y$  = Esfuerzo cedente del acero de refuerzo

$F'_c$  = Resistencia a la compresión del concreto

$\rho$  = Cuantía de acero

$d$  = Altura Útil

$b$  = Base vigueta o nervio

Después de calcular la cuantía de acero se procedió a calcular el área requerido y el número de barras a utilizar:

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

Donde:

$A_s$  = Acero de refuerzo a tracción

Adicionalmente, se debe calcular el espacio ocupado por las barras y verificar si tal espaciamiento cumple con el reglamento.

**Espacio minimo entre barras C.7.6.1**

**1.33 TAG ó 2.54 cm**

Donde:

TAG = Tamaño del agregado grueso

Seguidamente se realiza el diseño por construcción o por diseño, según indique el análisis.

**Diseño de refuerzo por construcción**

$$A'_s = \rho_{\min} \cdot b \cdot d \rightarrow \rho_{\min} = 0.0033$$

Donde:

$\rho_{\min}$  = Cuantía mínima de refuerzo

$A'_s$  = Acero de refuerzo a compresión

**3.5.6.2 Diseño por cortante.** Para diseñar los estribos, primero se determina el tipo de acero a utilizar. Para este estudio, se utilizó un acero de diámetro N° 3 (3/8''), como se especifica en la sección C.21.3 de la NSR-10, la cual establece que deben disponerse estribos cerrados de confinamiento al menos N°3 (3/8'') o 10M (10mm).

Definido el acero de refuerzo para cortante, se determinó la altura efectiva.

$d$  → Altura Útil a tracción

Conociendo el diámetro del acero, se pudo determinar el área del refuerzo igual a:

$A_v$  → Área de la barra nominal

A continuación, con la siguiente ecuación cuadrática se determina la cuantía de refuerzo requerido:

$$V_{u, \max} = V_u$$

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s$$

$$V_u = \phi \cdot \left[ 0.17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d + \frac{f_y \cdot A_v \cdot d}{s} \right]$$

Donde:

$V_u$  = Cortante último requerido

$V_{u, \max}$  = Cortante máximo requerido

$\phi$  = Factor de resistencia a cortante

$V_c$  = Resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto

$\lambda$  = Factor de resistencia a compresión

$f'_c$  = Resistencia a la compresión del concreto

$b$  = Base Losa (Ancho aferente)

$d$  = Altura Útil

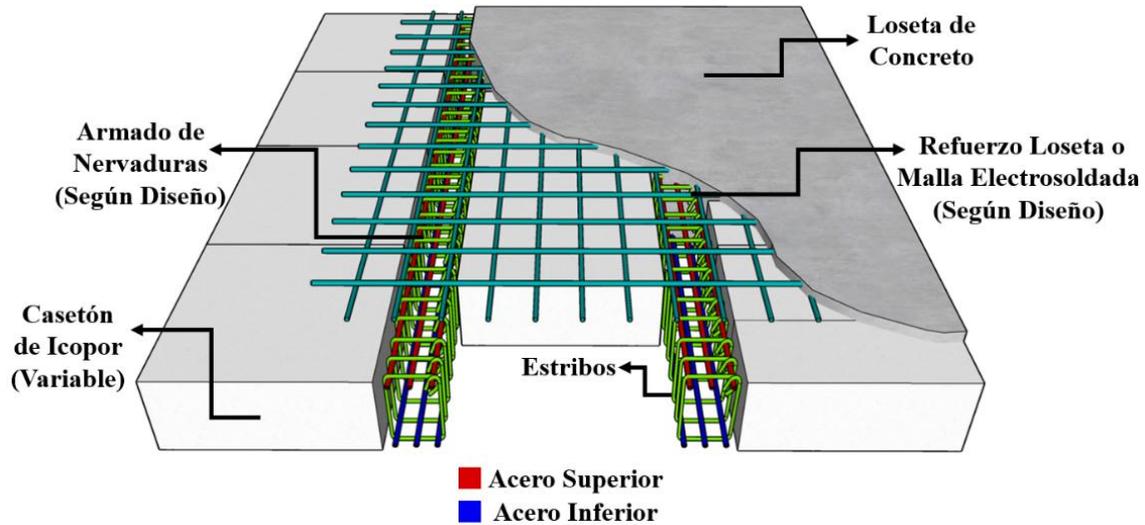
$A_v$  = Área de la barra nominal

$S$  = Separación entre barras

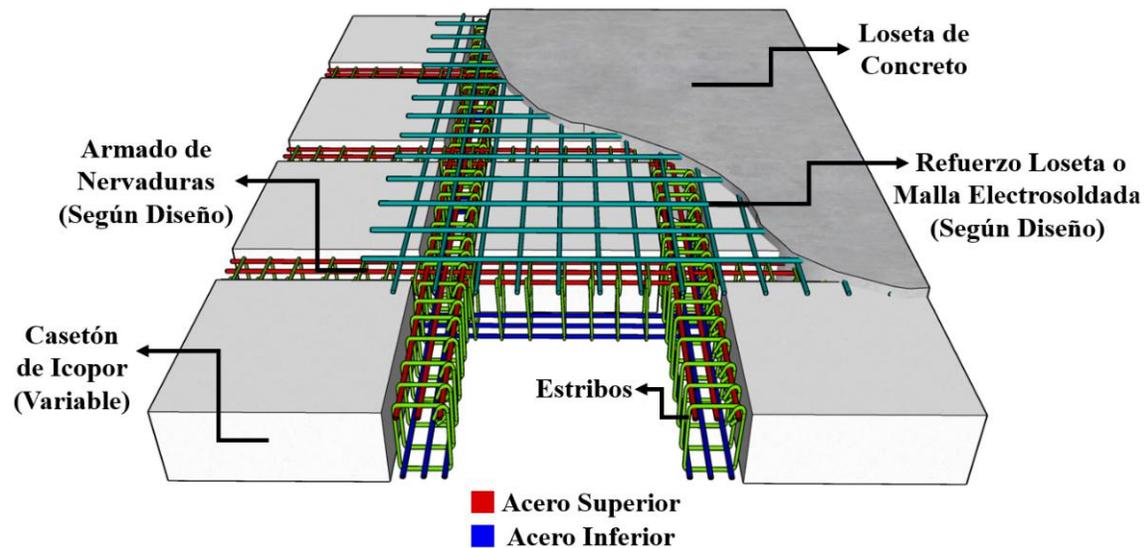
Separación máxima NSR-10 C.21.5.3.4:

$$\frac{d}{2}$$

En la Figura 10 y Figura 11 se puede apreciar una esquematización del acero de refuerzo de la losa nervada.



**Figura 10. Esquematización acero de refuerzo losa nervada en una dirección**



**Figura 11. Esquematización acero de refuerzo losa nervada en dos direcciones**

Esta fue la metodología que se utilizó para todos los modelos de análisis y diseño de losas de estudio, y se pueden encontrar las memorias de cálculo entre las tablas 16 - 115.

Fase 3. Estudiar la relación que existe entre el número de paneles a implementar y la relación costo-beneficio de cada una de las losas de estudio.

**3.5.7 Análisis de costos y presupuestos.** Para efectos de la realización de análisis de precios unitarios se utilizaron precios con base en el análisis de mercado regional realizado por el municipio de Villa del Rosario, el cual es utilizado en la realización de presupuestos de obra pública con vigencia 2021-2022, a este se accedió de manera gratuita por medio de la plataforma Colombia compra eficiente SECOP II, nueva versión del SECOP I, que le permite a entidades estatales y proveedores hacer todo el proceso de contratación en línea, por el cual, los ciudadanos, entes de control, medios de comunicación o veedores interesados pueden ingresar libremente a la página para hacer búsquedas de proceso de contratación sin necesidad de tener un usuario y contraseña.

**3.5.7.1 Lista de precios de equipos y materiales.** Como se mencionó anteriormente, la Tabla 8 y Tabla 9 representa los precios de materiales y equipos de obra utilizados para el análisis de los precios unitarios de las losas de estudio.

**Tabla 8. Lista de precios de materiales**

<b>Materiales de Obra</b>		
<b>Material</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Cemento gris	kg	\$ 500,00
Arena lavada tamaño 0-5 mm	m <sup>3</sup>	\$ 42.200,00
Triturado lavado tamaño máx 3/4"	m <sup>3</sup>	\$ 38.560,00
Agua	L	\$ 30,00
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	\$ 381.910,00
Acero de refuerzo	kg	\$ 8.226,00
Alambre negro # 18	kg	\$ 7.800,00
Varilla corrugada 1/4" a 3/4"	kg	\$ 5.500,00
Casetón Icopor	Und	\$ 60.000,00

Fuente: Alcaldía Municipal, 2022.

**Tabla 9. Lista de precios de equipos de obra**

<b>Equipos de Obra</b>		
<b>Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Mezcladora 1 Bulto	día	\$ 57.800,00
Vibrador (Gas/Eléctrico)	día	\$ 59.500,00
Formaleta metálica/madera	día	\$ 450,00
Paral metálico	día	\$ 170,00
Pluma grúa eléctrica	día	\$ 60.000,00
Cercha metálica	día	\$ 120,00
Sección de andamios con tablonos	día	\$ 2.150,00
Cizalla manual	día	\$ 11.000,00
Dobladora manual	día	\$ 11.000,00

Fuente: Alcaldía Municipal de Villa del Rosario, 2022.

**3.5.7.2 Análisis salarial de mano de obra.** El análisis salarial de mano de obra se evidencia a continuación:

**Tabla 10. Análisis salarial obrero común**

<b>Formulación para el Análisis de Salarios Personal con Régimen Legal (Tarifa Diaria)</b>					
Ítem	Descripción	Formulación	<b>Cargo: Obrero Común</b>		
			Porcentuales (%)	Valores Parciales Ayudante (\$)	
<b>A</b>	Salario Básico			\$ 33.333,33	
<b>B</b>	Auxilio de Transporte			\$ 3.905,73	
<b>C</b>	Base Salarial	Sub-Total (A + B)		\$ 37.239,00	
<b>D</b>	Sistema de Seguridad Social Integral	D.1	Salud (8% de A)	12,50%	\$ 4.166,67
		D.2	Pensiones (11,25% de A)	16,00%	\$ 5.333,33
		D.3	Riesgos Profesionales (Variable s/riesgo)	7,00%	\$ 2.333,33
		<b>Sub-Total (D)</b>			<b>35,50%</b>
<b>E</b>	Aportes Parafiscales		Subsidio Familiar (4% de A)	4,00%	\$ 1.333,33
<b>F</b>			S.E.N.A (2% de A)	2,00%	\$ 666,67
<b>G</b>			I.C.B.F. (3% de A)	3,00%	\$ 1.000,00
<b>Sub-Total</b>			<b>9,00%</b>	<b>\$ 3.000,00</b>	
<b>H</b>	Dotación Personal		Variable (según Análisis presentado)	10,00%	\$ 3.333,33
<b>I</b>	Prima de Servicios		(Son 30 días por año) = (C) * (30/360)	8,33%	\$ 3.103,25
<b>J</b>	Vacaciones		(Son 15 días por Año) = (A) * (15/360)	4,170%	\$ 1.388,89
<b>K</b>	Cesantías e intereses	k.1	Cesantía (30 días por año) =(C)*(1día lab). (30/360)	8,33%	\$ 3.103,25
		k.2	Interés (1% mes) = ((k.1) *30*(1%)) /30*(1 día lab.)	1,00%	\$ 31,03
		<b>Sub-Total (k)</b>			<b>9,33%</b>
<b>L</b>	Salario por Día Calendario		Total (C+D+E+F+G+H+I+J+K)		<b>\$ 63.031,00</b>
<b>S</b>	Salario por Día Laborado (Valor de partida para el cálculo de los Análisis Unitarios)	S.1	Días Calendario (Año Actual)	365	
		S.2	Días Laborados (Año Actual)	294	
		S.3	Factor (S.1) / (S.2)	1,24	
			<b>Total</b>		<b>\$ 78.253,00</b>

Fuente: Alcaldía Municipal de Villa del Rosario, 2022.

Tabla 11. Análisis salarial oficial común

Formulación Para El Análisis De Salarios Personal Con Régimen Legal (Tarifa Diaria)					
Ítem	Descripción	Formulación	Cargo: Oficial Común		
			Porcentuales (%)	Valores Parciales Oficial (\$)	
A	Salario Básico			\$ 66.666,67	
B	Auxilio de Transporte			\$ 3.905,73	
C	Base Salarial		Sub-Total (A + b)	\$ 70.572,00	
D	Sistema de Seguridad Social Integral	D.1	Salud (8% de A)	12,50%	\$ 8.333,33
		D.2	Pensiones (11,25% de A)	16,00%	\$ 10.666,67
		D.3	Riesgos Profesionales (Variable s/riesgo)	7,00%	\$ 4.666,67
			<b>Sub-Total (D)</b>	<b>35,50%</b>	<b>\$ 23.667,00</b>
E	Aportes Parafiscales		Subsidio Familiar (4% de A)	4,00%	\$ 2.666,67
F			S.E.N.A (2% de A)	2,00%	\$ 1.333,33
G			I.C.B.F. (3% de A)	3,00%	\$ 2.000,00
			<b>Sub-Total</b>	<b>9,00%</b>	<b>\$ 6.000,00</b>
H	Dotación Personal		Variable (según Análisis presentado)	10,00%	\$ 6.666,67
I	Prima de Servicios		(Son 30 días por año) = (C) * (30/360)	8,33%	\$ 5.881,00
J	Vacaciones		(Son 15 días por Año) = (A) * (15/360)	4,170%	\$ 2.777,78
K	Cesantías e intereses	k.1	Cesantía (30 días por año) = (C) * (1 día lab.) (30/360)	8,33%	\$ 5.881,00
		k.2	Interés (1% mes) = ((k.1) * 30 * (1%)) / 30 * (1 día lab.)	1,00%	\$ 58,81
			Sub-Total (k)	9,33%	5940
			Total		
L	Salario por Día Calendario		(C+D+E+F+G+H+I+J+K)		\$ 121.504,00
S	Salario por Día Laborado (Valor de partida para el cálculo de los Análisis Unitarios)	S.1	Días Calendario (Año Actual)	365	
		S.2	Días Laborados (Año Actual)	294	
		S.3	Factor (S.1) / (S.2)	1,24	
			<b>Total</b>		<b>\$ 150.847,00</b>

Fuente: Alcaldía Municipal de Villa del Rosario, 2022.

Tabla 12. Análisis salarial maestro común

Formulación para el Análisis de Salarios Personal con Régimen Legal (Tarifa Diaria)					
Ítem	Descripción	Formulación	Cargo: Maestro Común		
			Porcentuales (%)	Valores Parciales Maestro (\$)	
A	Salario Básico			\$ 83.333,33	
B	Auxilio de Transporte			\$ 3.905,73	
C	Base Salarial		Sub-Total (A + b)	\$ 87.239,00	
D	Sistema de Seguridad Social Integral	D.1	Salud (8% de A)	12,50%	\$ 10.416,67
		D.2	Pensiones (11,25% de A)	16,00%	\$ 13.333,33
		D.3	Riesgos Profesionales (Variable s/riesgo)	7,00%	\$ 5.833,33
			<b>Sub-Total (D)</b>	<b>35,50%</b>	<b>\$ 29.583,00</b>
E	Aportes Parafiscales		Subsidio Familiar (4% de A)	4,00%	\$ 3.333,33
F			S.E.N.A (2% de A)	2,00%	\$ 1.666,67
G			I.C.B.F. (3% de A)	3,00%	\$ 2.500,00
			<b>Sub-Total</b>	<b>9,00%</b>	<b>\$ 7.500,00</b>
H	Dotación Personal		Variable (según Análisis presentado)	10,00%	\$ 8.333,33
I	Prima de Servicios		(Son 30 días por año) = (C) * (30/360)	8,33%	\$ 7.269,92
J	Vacaciones		(Son 15 días por Año) = (A) * (15/360)	4,170%	\$ 3.472,22
K	Cesantías e intereses	k.1	Cesantía (30 días por año) = (C) * (1 día lab.) (30/360)	8,33%	\$ 7.269,92
		k.2	Interés (1% mes) = ((k.1) * 30 * (1%)) / 30 * (1 día lab.)	1,00%	\$ 72,70
			Sub-Total (k)	9,33%	\$ 7.343,00
L	Salario por Día Calendario		Total (C+D+E+F+G+H+I+J+K)		\$ 150.740,00
S	Salario por Día Laborado (Valor de partida para el cálculo de los Análisis Unitarios)	S.1	Días Calendario (Año Actual)	365	
		S.2	Días Laborados (Año Actual)	294	
		S.3	Factor (S.1) / (S.2)	1,24	
			<b>Total</b>		<b>\$ 187.143,00</b>

Fuente: Alcaldía Municipal de Villa del Rosario, 2022.

**Tabla 13. Jornales de mano de obra año 2022**

<b>Análisis Mano de Obra 2022</b>			
<b>Tabla de Jornales</b>			
Personal	Básico	Prest. Sociales	V/ Total Jornal
Ayudante (1 SMLV)	\$ 33.333,33	\$ 44.919,67	\$ 78.253,00
Oficial (2 SMLV)	\$ 66.666,67	\$ 84.180,33	\$ 150.847,00
Maestro (3 SMLV)	\$ 83.333,33	\$ 103.809,67	\$ 187.143,00
<b>Relación de Cuadrillas</b>			
Cuadrilla	Personal	Costo Diario Total	
Cuadrilla # 1	(1 Oficial + 1 Ayudante)	\$ 229.100,00	
Cuadrilla # 2	(1 Oficial + 2 Ayudantes)	\$ 307.353,00	
Cuadrilla # 3	(1 Oficial + 3 Ayudantes)	\$ 385.606,00	
Cuadrilla # 4	(1 Oficial + 4 Ayudantes)	\$ 463.859,00	
Cuadrilla # 5	(1 Oficial + 5 Ayudantes)	\$ 542.112,00	
Cuadrilla # 6	(1 Oficial + 6 Ayudantes)	\$ 620.365,00	
Cuadrilla # 7	(1 Ayudante)	\$ 78.253,00	
Cuadrilla # 8	(2 Ayudantes)	\$ 156.506,00	
Cuadrilla # 9	(1 Oficial)	\$ 150.847,00	
Cuadrilla # 10	(1 Maestro)	\$ 187.143,00	

Fuente: Alcaldía Municipal de Villa del Rosario, 2022.

**3.5.7.3 Análisis de precios unitarios de materiales.** El análisis de precios unitarios de materiales se evidencia a de la siguiente forma:

**Tabla 14. Análisis de precio unitario de concreto 3000 PSI**

<b>Análisis de precio unitario de concreto 3000 PSI</b>					
APU Materiales			Fecha:	Febrero 2022	
Capítulo:	0	<b>Materiales Hechos en Obra</b>		Unidad:	<b>m<sup>3</sup></b>
Ítem:	0,1	<b>Concreto 3000 PSI (21 MPa)</b>			
<b>Materiales</b>					
Descripción	Und	Cantidad	V/Unitario	V/Total	
Cemento Gris	Kg	375,000	\$ 500,00	\$ 187.500,00	
Arena Lavada Tamaño 0-5 Mm	m <sup>3</sup>	0,650	\$ 42.200,00	\$ 27.430,00	
Triturado Lavado Tamaño Máx 3/4"	m <sup>3</sup>	0,850	\$ 38.560,00	\$ 32.776,00	
Agua	L	160,000	\$ 30,00	\$ 4.800,00	
Desperdicio	%	5,00%	\$ 252.506,00	\$ 12.625,30	
				<b>Sub Total</b>	<b>\$ 265.131,30</b>
<b>Mano de Obra</b>					
Descripción	Valor Dia	Rend.Un/Dia	V/Total		

<b>Análisis de precio unitario de concreto 3000 PSI</b>					
Cuadrilla # 2 (1 Oficial + 2 Ayudantes)		\$ 307.353,00	3,06	\$ 100.324,13	
			<b>Sub Total</b>	<b>\$ 100.324,13</b>	
<b>Herramienta y Equipos</b>					
<b>Descripción</b>		<b>Valor Dia</b>	<b>Rend.Uni/Dia</b>	<b>V/Total</b>	
Herramienta Menor (10% S./M.O.)		\$ 100.324,13	10,00%	\$ 10.032,00	
Mezcladora 1 Bulto		\$ 57.800,00	9,00	\$ 6.422,22	
			<b>Sub Total</b>	<b>\$ 16.454,22</b>	
APU Materiales			Fecha:	Febrero 2022	
Capitulo:	0	<b>Materiales Hechos en Obra</b>		Unidad:	
Ítem:	0,1	<b>Concreto 3000 PSI (21 MPa)</b>		<b>m<sup>3</sup></b>	
<b>Transporte</b>					
<b>Descripción</b>		<b>Distancia</b>	<b>m<sup>3</sup>/Km</b>	<b>V/Unitario</b>	<b>V/Total</b>
			<b>Sub Total</b>	<b>\$ 0,00</b>	
Total, Costo Directo				\$ 381.909,65	
<b>Aproximación</b>				<b>\$ 381.910,00</b>	

**Tabla 15. Análisis de precio unitario acero de refuerzo**

<b>Análisis de precio unitario acero de refuerzo</b>					
APU Materiales			Fecha:	Febrero 2022	
Capitulo:	0	<b>Materiales Hechos en Obra</b>		Unidad:	
Ítem:	0,2	<b>Acero de Refuerzo</b>		<b>Kg</b>	
<b>Materiales</b>					
<b>Descripción</b>		<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V/Unitario</b>	<b>V/Total</b>
Alambre Negro # 18		Kg	0,100	\$ 7.800,00	\$ 780,00
Varilla Corrugada 1/4" a 3/4"		Kg	1,000	\$ 5.500,00	\$ 5.500,00
Desperdicio		%	5,00%	\$ 6.280,00	\$ 314,00
			<b>Sub Total \$</b>	<b>\$ 6.594,00</b>	
<b>Mano de Obra</b>					
<b>Descripción</b>		<b>Valor Dia</b>	<b>Rend.Un/Dia</b>	<b>V/Total</b>	
Cuadrilla # 2 (1 Oficial + 2 Ayudantes)		\$ 307.353,00	\$ 210,00	\$ 1.463,59	
			<b>Sub Total \$</b>	<b>\$ 1.463,59</b>	
<b>Herramienta y Equipos</b>					
<b>Descripción</b>		<b>Valor Dia</b>	<b>Rend.Uni/Dia</b>	<b>V/Total</b>	
Herramienta Menor (5% M.O.)		\$ 1.463,59	5,00%	\$ 73,00	
Cizalla Manual		\$ 11.000,00	230,00	\$ 47,83	
Dobladora Manual		\$ 11.000,00	230,00	\$ 47,83	
			<b>Sub Total \$</b>	<b>\$ 168,65</b>	
<b>Transporte</b>					

<b>Análisis de precio unitario acero de refuerzo</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Distancia</b>	<b>M<sup>3</sup>/Km</b>	<b>V/Unitario</b>	<b>V/Total</b>
			<b>Sub Total \$</b>	<b>\$ 0,00</b>
				Total, Costo Directo \$ 8.226,24
				<b>Aproximación \$ 8.226,00</b>

Nota: los análisis de precios unitarios de las losas de estudio se realizaron en base a las tablas anteriormente mencionadas.

## 4. Análisis de Resultados

### 4.1 Análisis y Diseño Estructural de las Losas de Estudio

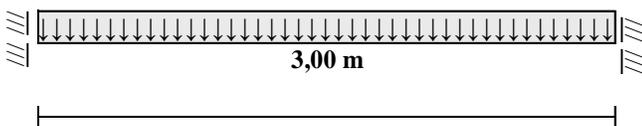
En este ítem se detallan las memorias de cálculo de los requerimientos estructurales de las distintas losas de estudio. Se tomaron como parámetros de diseño una resistencia del concreto a la compresión de 21MPa, resistencia del acero a fluencia de 420MPa; factor de resistencia a tracción y compresión  $\phi = 0.9$  y  $0.75$ ; recubrimiento mínimo del concreto de 2cm, cuantías de acero mínima y máxima para losas macizas de 0.0018 y 0.0135, y losas nervadas de 0.0033 y 0.0135. En las siguientes tablas correspondientes a este ítem, se especifican los valores de esfuerzos de flexión y cortante, así como el área requerida y el acero de refuerzo dado, garantizando los requisitos de diseño y construcción exigidos por NSR.10. Los procedimientos de cálculo se encuentran explicados en la metodología de este proyecto. Para el diseño de las losas macizas se realiza una verificación del cortante donde “N/A” significa que “no aplica”, y por lo tanto solo se hace una verificación lo cual se hizo con anterioridad en los análisis. Para el diseño de las distintas losas se cumplió con lo exigido en el título C de NSR-10. A continuación se presentan las áreas de las barras nominales usadas en la investigación, en donde la Tabla 16 muestra las dimensiones nominales de las barras de refuerzo.

**Tabla 16. Dimensiones nominales de las barras de refuerzo**

Designación de la barra	Diámetro en referencia en pulgadas	Dimensiones Nominales	
		Diámetro (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )
N° 2	1/4"	6,4	32
N° 3	3/8"	9,5	71
N° 4	1/2"	12,7	129
N° 5	5/8"	15,9	199
N° 6	3/4"	19,1	284
N° 7	7/8"	22,2	387

Fuente: NSR10, 2010.

**Tabla 17. Diseño losa maciza 1D - 3m x 3m - 1 panel**

Diseño losa maciza 1D - 3m x 3m - 1 Panel			
N° Tramos: 1			
			
<b>Diseño a Flexión</b>		$\phi M_n$ Máx = 123,98 KN-m	
Sentido en "x"		Sección: e = 20,0 cm	
Mu (KN-m)	-23,12	34,83	-23,12
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	3,69	5,64	3,69
Superior	Ø 3/8" c/.23m		Ø 3/8" c/.23m
Acero			
Inferior	Ø 3/8" c/.14m		
<b>Diseño a Cortante</b>		$\phi V_n$ Máx = 99,33 KN	
Sentido en "x"			
Vu (KN)	-46,44	46,44	
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	

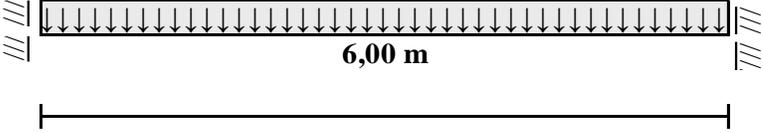
**Tabla 18. Diseño losa maciza 1D - 3m x 3m - 4 paneles**

Diseño losa maciza 1D - 3m x 3m - 4 Paneles				
N° Tramos: 2				
<b>Diseño a Flexión</b>		$\phi M_n$ Máx = 59,74 KN-m		
Sentido en "x"		Sección:		e = 14,8 cm
Mu (KN-m)	-22,00	-33,14	-22,00	
	18,56	18,56		
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	5,20	8,08	5,20	
	4,35	4,35		
Superior Acero	Ø 3/8" c/.15m	Ø 3/8" c/.09m	Ø 3/8" c/.15m	
Inferior	Ø 3/8" c/.19m	Ø 3/8" c/.19m	Ø 3/8" c/.19m	
<b>Diseño a Cortante</b>		$\phi V_n$ Máx = 68,94 KN		
Sentido en "x"				
Vu (KN)	44,19	-55,24	55,24	-44,19
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A

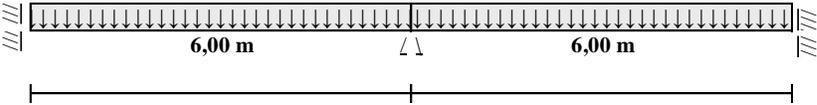
**Tabla 19. Diseño losa maciza 1D - 3m x 3m - 9 paneles**

Diseño losa maciza 1D - 3m x 3m - 9 Paneles					
N° Tramos: 3					
<b>Diseño a Flexión</b>		$\phi M_n$ Máx = 72,50 KN-m			
Sentido en "x"		Sección:		e = 16,0 cm	
Mu (KN-m)	-22,26	-26,82	-26,82	-22,26	
	21,46	6,71	21,46		
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	4,73	5,76	5,76	4,73	
	4,55	2,34	4,55		
Superior Acero	Ø 3/8" c/.17m	Ø 3/8" c/.14m	Ø 3/8" c/.14m	Ø 3/8" c/.17m	
Inferior	Ø 3/8" c/.18m	Ø 3/8" c/.35m	Ø 3/8" c/.18m	Ø 3/8" c/.18m	
<b>Diseño a Cortante</b>		$\phi V_n$ Máx = 75,96 KN			
Sentido en "x"					
Vu (KN)	44,71	-53,65	44,71	-44,71	53,65
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

**Tabla 20. Diseño losa maciza 1D - 6m x 6m - 1 panel**

Diseño losa maciza 1D - 6m x 6m - 1 Panel			
N° Tramos: 1			
			
<b>Diseño a Flexión</b>		$\phi M_n$ Máx = 700,21 KN-m	
Sentido en "x"		Sección: e = 43,4 cm	
Mu (KN-m)	-112,64	-112,64	-112,64
	7,54	169,64	7,54
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)		11,49	
Superior Acero	Ø 1/2" c/.20m		Ø 1/2" c/.20m
Inferior	Ø 1/2" c/.12m		
<b>Diseño a Cortante</b>			
Sentido en "x"		$\phi V_n$ Máx = 236,05 KN	
Vu (KN)	113,09		-113,09
Estribos Ø 3/8"	N/A		N/A

**Tabla 21. Diseño losa maciza 1D - 6m x 6m - 4 paneles**

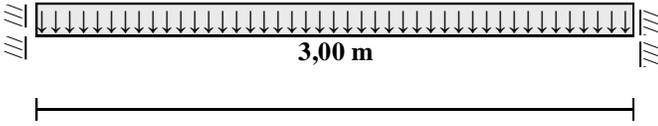
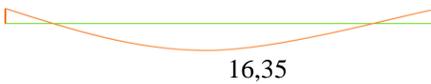
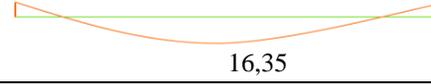
Diseño losa maciza 1D - 6m x 6m - 4 Paneles			
N° Tramos: 2			
			
<b>Diseño a Flexión</b>		$\phi M_n$ Máx = 346,02 KN-m	
Sentido en "x"		Sección: e = 31,4 cm	
Mu (KN-m)	-102,31	-150,09	-102,31
	86,29	14,90	86,29
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	9,94	14,90	9,94
	8,33		8,33

<b>Diseño losa maciza 1D - 6m x 6m - 4 Paneles</b>				
Superior	Ø 1/2" c/.14m		Ø 1/2" c/.09m	Ø 1/2" c/.14m
Acero				
Inferior	Ø 1/2" c/.18m		Ø 1/2" c/.18m	
<b>Diseño a Cortante</b>				
Sentido en "x"	$\phi V_n \text{ Max} = 165,94 \text{ KN}$			
Vu (KN)	102,72	-128,41	128,41	-102,72
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A

**Tabla 22. Diseño losa maciza 1D - 6m x 6m - 9 paneles**

<b>Diseño losa maciza 1D - 6m x 6m - 9 paneles</b>				
N Tramos: 3				
<b>Diseño a Flexión</b>				
			$\phi M_n \text{ Max} = 412,28 \text{ KN-m}$	
Sentido en "x"				Sección: e = 34,0 cm
Mu (KN-m)	-104,55	-125,97	-125,97	-104,55
rea de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	9,25	11,23	11,23	9,25
	8,90	5,58	8,90	
Superior	Ø 1/2" c/.15m	Ø 1/2" c/.12m	Ø 1/2" c/.12m	Ø 1/2" c/.15m
Acero				
Inferior	Ø 1/2" c/.16m		Ø 1/2" c/.29m	
<b>Diseño a Cortante</b>				
Sentido en "x"	$\phi V_n \text{ Max} = 181,13 \text{ KN}$			
Vu (KN)	104,97	-125,97	104,97	-104,97
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A

**Tabla 23. Diseño losa maciza 2D - 3m x 3m - 1 panel**

Diseño losa maciza 2D - 3m x 3m - 1 panel			
Nº Tramos: 1			
			
<b>Diseño a Flexión</b>		$\phi M_n$ Máx = 46,40 KN-m	
Sentido en "x"		Sección:	e = 13,4 Cm
Mu (KN-m)	-10,85		-10,85
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	2,85	4,38	2,85
Superior Acero	Ø 3/8" c/.33m		Ø 3/8" c/.33m
Inferior		Ø 3/8" c/.19m	
Sentido en "y"			
Mu (KN-m)	-10,85		-10,85
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	2,85	4,38	2,85
Superior Acero	Ø 3/8" c/.33m		Ø 3/8" c/.33m
Inferior		Ø 3/8" c/.19m	
<b>Diseño a Cortante</b>		$\phi V_n$ Máx = 60,76 KN	
Sentido en "x"			
Vu (KN)	21,79		-21,79
Estribos Ø 3/8"	N/A		N/A
Sentido en "y"			
Vu (KN)	21,79		-21,79
Estribos Ø 3/8"	N/A		N/A

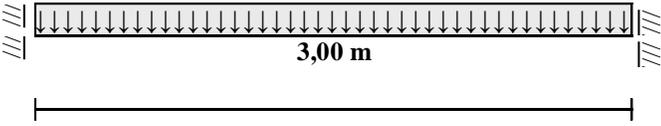
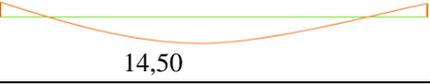
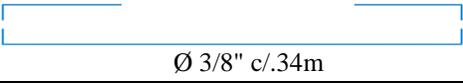
**Tabla 24. Diseño losa maciza 2D - 3m x 3m - 4 paneles**

Diseño losa maciza 2D - 3m x 3m - 4 paneles				
Nº Tramos: 2				
<b>Diseño a Flexión</b> <span style="float: right;"><math>\phi M_n</math> Máx = 26,10 KN-m</span>				
Sentido en "x"		Sección: e = 10,8 cm		
Mu (KN-m)	-10,57	-15,92	-10,57	
	8,91		8,91	
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	3,80	5,93	3,80	
Superior Acero	Ø 3/8" c/.22m	Ø 3/8" c/.13m	Ø 3/8" c/.22m	
Inferior	Ø 3/8" c/.28m		Ø 3/8" c/.28m	
Sentido en "y"				
Mu (KN-m)	-10,57	-15,92	-10,57	
	8,91		8,91	
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	3,80	5,93	3,80	
Superior Acero	Ø 3/8" c/.22m	Ø 3/8" c/.13m	Ø 3/8" c/.22m	
Inferior	Ø 3/8" c/.28m		Ø 3/8" c/.28m	
<b>Diseño a Cortante</b>				
Sentido en "x"		$\phi V_n$ Máx = 45,57 KN		
Vu (KN)	21,23	-26,54	26,54	-21,23
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A
Sentido en "y"				
Vu (KN)	21,23	-26,54	26,54	-21,23
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A

**Tabla 25. Diseño losa maciza 2D - 3m x 3m - 9 paneles**

Diseño losa maciza 2D - 3m x 3m - 9 Paneles						
N° Tramos: 3						
<b>Diseño a Flexión</b>			$\phi M_n \text{ Max} = 27,46 \text{ KN-m}$			
Sentido en "x"			Seccion: e = 11,0 cm			
Mu (KN-m)	-10,59	-12,76	-12,76	-10,59		
	10,21	3,19	10,21			
rea de acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	3,70	4,52	4,52	3,70		
	3,56	1,44	3,56			
Superior	Ø 3/8" c/.23m	Ø 3/8" c/.18m	Ø 3/8" c/.18m	Ø 3/8" c/.23m		
Acero	[Diagrama de barras de acero superior]					
Inferior	Ø 3/8" c/.24m	Ø 3/8" c/.30m	Ø 3/8" c/.24m			
Sentido en "y"						
Mu (KN-m)	-10,59	-12,76	-12,76	-10,59		
	10,21	3,19	10,21			
rea de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	3,70	4,52	4,52	3,70		
	3,56	1,44	3,56			
Superior	Ø 3/8" c/.23m	Ø 3/8" c/.18m	Ø 3/8" c/.18m	Ø 3/8" c/.23m		
Acero	[Diagrama de barras de acero superior]					
Inferior	Ø 3/8" c/.24m	Ø 3/8" c/.30m	Ø 3/8" c/.24m			
<b>Diseño a Cortante</b>			$\phi V_n \text{ Max} = 46,74 \text{ KN}$			
Sentido en "x"						
Vu (KN)	21,27	-25,53	21,27	-21,27	25,53	-21,27
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sentido en "y"						
Vu (KN)	21,27	-25,53	21,27	-21,27	25,53	-21,27
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabla 26. Diseño losa maciza 2D - 3m x 6m - 1 panel

Diseño losa maciza 2D - 3m x 6m - 1 Panel			
N° Tramos: 1			
			
<b>Diseño a Flexión</b>		$\phi M_n$ Máx = 100,43 KN-m	
Sentido en "x"		Sección:	e = 18,3 cm
Mu (KN-m)	-19,35		-19,35
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	3,44	4,95	3,44
Superior Acero	Ø 3/8" c/.26m		Ø 3/8" c/.26m
Inferior		Ø 3/8" c/.16m	
Sentido en "y"			
Mu (KN-m)	-9,63		-9,63
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	2,75	2,75	2,75
Superior Acero	Ø 3/8" c/.34m		Ø 3/8" c/.34m
Inferior		Ø 3/8" c/.34m	
<b>Diseño a Cortante</b>		$\phi V_n$ Máx = 89,39 KN	
Sentido en "x"			
Vu (KN)	38,85		-38,85
Estribos Ø 3/8"	N/A		N/A
Sentido en "y"			
Vu (KN)	19,34		-19,34
Estribos Ø 3/8"	N/A		N/A

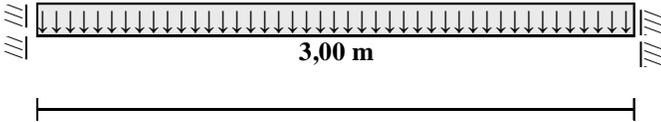
**Tabla 27. Diseño losa maciza 2D - 3m x 6m - 4 paneles**

Diseño losa maciza 2D - 3m x 6m - 4 Paneles				
Nº Tramos: 2				
<b>Diseño a Flexión</b>		$\phi M_n$ Máx = 54,78 KN-m		
Sentido en "x"		Sección:		e = 14,3 cm
Mu (KN-m)	-18,62	-28,03	-18,62	
	15,70	15,70		
Área de acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	4,58	7,08	4,58	
	3,83	3,83		
Superior Acero	Ø 3/8" c/.18m	Ø 3/8" c/.11m	Ø 3/8" c/.18m	
Inferior	Ø 3/8" c/.22m		Ø 3/8" c/.22m	
Sentido en "y"				
Mu (KN-m)	-6,57	-9,89	-6,57	
	5,54	5,54		
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	2,03	2,37	2,03	
	2,03	2,03		
Superior Acero	Ø 3/8" c/.45m	Ø 3/8" c/.42m	Ø 3/8" c/.45m	
Inferior	Ø 3/8" c/.45m		Ø 3/8" c/.45m	
<b>Diseño a Cortante</b>		$\phi V_n$ Máx = 66,02 KN		
Sentido en "x"				
Vu (KN)	37,38	-46,72	46,72	37,38
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A
Sentido en "y"				
Vu (KN)	13,19	-16,46	16,46	-13,19
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A

**Tabla 28. Diseño losa maciza 2D - 3m x 6m - 9 paneles**

Diseño losa maciza 2D - 3m x 6m - 9 Paneles						
N° Tramos: 3						
<b>Diseño a Flexión</b>			$\phi M_n \text{ Máx} = 60,75 \text{ KN-m}$			
Sentido en "x"			Sección:		e = 14,9 cm	
Mu (KN-m)	-17,62	-21,23	-21,23	-17,62		
	16,99	5,97	16,99			
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	4,08	4,96	4,96	4,08		
	3,93	2,14	3,93			
Superior Acero	Ø 3/8" c/.21m	Ø 3/8" c/.16m	Ø 3/8" c/.16m	Ø 3/8" c/.21m		
Inferior	Ø 3/8" c/.22m	Ø 3/8" c/.40m	Ø 3/8" c/.22m			
Sentido en "y"						
Mu (KN-m)	-7,71	-9,23	-9,23	-7,71		
	7,43	2,32	7,43			
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	2,14	2,14	2,14	2,14		
	2,14	2,14	2,14			
Superior Acero	Ø 3/8" c/.45m	Ø 3/8" c/.45m	Ø 3/8" c/.45m	Ø 3/8" c/.45m		
Inferior	Ø 3/8" c/.45m	Ø 3/8" c/.45m	Ø 3/8" c/.45m			
<b>Diseño a Cortante</b>						
Sentido en "x"			$\phi V_n \text{ Máx} = 69,53 \text{ KN}$			
Vu (KN)	35,38	-42,47	35,38	-35,38	42,47	-35,38
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sentido en "y"						
Vu (KN)	15,48	-18,58	15,48	-15,48	18,48	-15,48
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

**Tabla 29. Diseño losa maciza 2D - 3m x 9m - 1 panel**

Diseño losa maciza 2D - 3m x 9m - 1 panel		
N° Tramos: 1		
		
<b>Diseño a Flexión</b>		
$\phi M_n$ Máx = 119,65 KN-m		
Sentido en "x"		
Sección: e = 19,7 cm		
Mu (KN-m)	-21,68	-21,68
		
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	3,52	3,52
5,38		
Superior Acero	Ø 3/8" c/.25m	Ø 3/8" c/.25m
Inferior		
Sentido en "y"		
Mu (KN-m)	-6,92	-6,92
		
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	3,01	3,01
3,01		
Superior Acero	Ø 3/8" c/.30m	Ø 3/8" c/.30m
Inferior		
<b>Diseño a Cortante</b>		
Sentido en "x"		
$\phi V_n$ Máx = 97,57 KN		
Vu (KN)	43,53	-43,53
Estribos Ø 3/8"	N/A	
Sentido en "y"		
Vu (KN)	13,89	-13,89
Estribos Ø 3/8"	N/A	

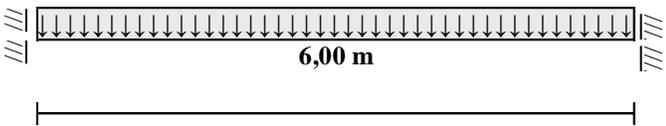
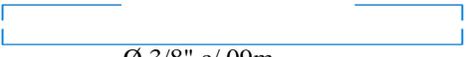
**Tabla 30. Diseño losa maciza 2D - 3m x 9m - 4 paneles**

Diseño losa maciza 2D - 3m x 9m - 4 paneles				
Nº Tramos: 2				
<b>Diseño a Flexión</b>				
$\phi M_n$ Máx = 57,73 KN-m				
Sentido en "x"		Sección: e = 14,6 cm		
Mu (KN-m)	-21,68	-31,09	-21,68	
	18,28		18,28	
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	5,22	7,69	5,22	
Superior Acero	Ø 3/8" c/.10m		Ø 3/8" c/.15m	
Inferior Acero	Ø 3/8" c/.19m		Ø 3/8" c/.19m	
Sentido en "y"				
Mu (KN-m)	-6,92	-10,42	-6,92	
	5,84		5,84	
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	2,09	2,44	2,09	
Superior Acero	Ø 3/8" c/.41m		Ø 3/8" c/.45m	
Inferior Acero	Ø 3/8" c/.45m		Ø 3/8" c/.45m	
<b>Diseño a Cortante</b>				
Sentido en "x"		$\phi V_n$ Máx = 67,78 KN		
Vu (KN)	43,53	-54,41	54,41	43,53
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A
Sentido en "y"				
Vu (KN)	13,89	-17,36	17,36	13,89
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A

**Tabla 31. Diseño losa maciza 2D - 3m x 9m - 9 paneles**

Diseño losa maciza 2D - 3m x 9m - 9 paneles						
N° Tramos: 3						
<b>Diseño a Flexión</b>			$\phi M_n$ Máx = 68,11 KN-m			
Sentido en "x"			Sección:		e = 15,6 cm	
Mu (KN-m)	-20,41	-24,58	-24,58	-20,41		
	19,67		6,15	19,67		
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	4,47	5,44	5,44	4,47		
Superior	Ø 3/8" c/.18m	Ø 3/8" c/.15m	Ø 3/8" c/.15m	Ø 3/8" c/.18m		
Acero						
Inferior						Ø 3/8" c/.19m
Sentido en "y"						
Mu (KN-m)	-7,09	-8,55	-8,55	-7,09		
	6,84		2,14	6,84		
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	2,27	2,27	2,27	2,27		
Superior	Ø 3/8" c/.45m	Ø 3/8" c/.45m	Ø 3/8" c/.45m	Ø 3/8" c/.45m		
Acero						
Inferior						Ø 3/8" c/.45m
<b>Diseño a Cortante</b>			$\phi V_n$ Máx = 73,62 KN			
Sentido en "x"						
Vu (KN)	40,97	-49,17	40,97	-40,97	49,17	-40,97
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sentido en "y"						
Vu (KN)	13,36	-17,10	13,36	-13,36	17,10	-13,36
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

**Tabla 32. Diseño losa maciza 2D - 6m x 6m - 1 panel**

<b>Diseño losa maciza 2D - 6m x 6m - 1 panel</b>		
N° Tramos: 1		
		
<b>Diseño a Flexión</b>		
$\phi M_n$ Máx = 270,28 KN-m		
Sentido en "x"		
Sección: e = 28,1 cm		
Mu (KN-m)	-49,95	-49,95
		
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	5,40	5,40
8,45		
Superior	Ø 3/8" c/.15m	Ø 3/8" c/.15m
Acero		
Inferior	Ø 3/8" c/.09m	
Sentido en "y"		
Mu (KN-m)	-49,95	-49,95
		
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	5,40	5,40
8,45		
Superior	Ø 3/8" c/.15m	Ø 3/8" c/.15m
Acero		
Inferior	Ø 3/8" c/.09m	
<b>Diseño a Cortante</b>		
Sentido en "x"		
$\phi V_n$ Máx = 146,65 KN		
Vu (KN)	49,93	-49,93
Estribos Ø 3/8" N/A	N/A	
Sentido en "y"		
Vu (KN)	49,93	-49,93
Estribos Ø 3/8" N/A	N/A	

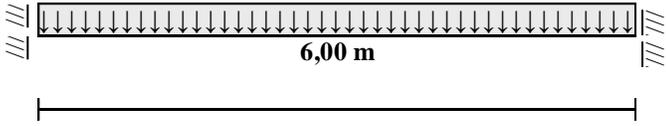
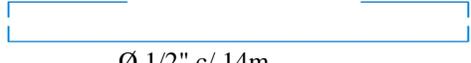
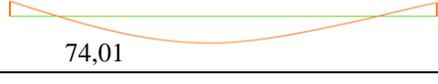
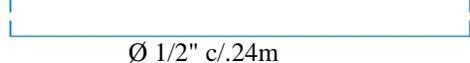
**Tabla 33. Diseño losa maciza 2D - 6m x 6m - 4 paneles**

Diseño losa maciza 2D - 6m x 6m - 4 paneles				
Nº Tramos: 2				
<b>Diseño a Flexión</b>		$\phi M_n$ Máx = 164,81 KN-m		
Sentido en "x"		Sección:		e = 22,6 cm
Mu (KN-m)	-47,37	-71,18	-47,37	
	39,95		39,95	
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	6,66	10,24	6,66	
Superior Acero	Ø 1/2" c/.23m	Ø 1/2" c/.14m	Ø 1/2" c/.23m	
Inferior	Ø 1/2" c/.29m		Ø 1/2" c/.29m	
Sentido en "y"				
Mu (KN-m)	-47,37	-71,18	-47,37	
	39,95		39,95	
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	6,66	10,24	6,66	
Superior Acero	Ø 1/2" c/.23m	Ø 1/2" c/.14m	Ø 1/2" c/.23m	
Inferior	Ø 1/2" c/.29m		Ø 1/2" c/.29m	
<b>Diseño a Cortante</b>		$\phi V_n$ Máx = 114,52 KN		
Sentido en "x"				
Vu (KN)	47,56	-59,45	59,45	-47,56
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A
Sentido en "y"				
Vu (KN)	47,56	-59,45	59,45	-47,56
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A

**Tabla 34. Diseño losa maciza 2D - 6m x 6m - 9 paneles**

Diseño losa maciza 2D - 6m x 6m - 9 paneles						
N° Tramos: 3						
<b>Diseño a Flexión</b> $\phi M_n$ Máx = 168,19 KN-m						
Sentido en "x"			Sección:		e = 22,8 cm	
Mu (KN-m)	-47,45	-57,17	-57,17	-47,45		
	45,74	14,29	45,74			
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	6,60	8,02	8,02	6,60		
	6,35	3,56	6,35			
Superior Acero	Ø 1/2" c/.23m	Ø 1/2" c/.18m	Ø 1/2" c/.18m	Ø 1/2" c/.23m		
Inferior	Ø 1/2" c/.24m		Ø 1/2" c/.40m		Ø 1/2" c/.24m	
<b>Sentido en "y"</b>						
Mu (KN-m)	-47,45	-57,17	-57,17	-47,45		
	45,74	14,29	45,74			
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	6,60	8,02	8,02	6,60		
	6,35	3,56	6,35			
Superior Acero	Ø 1/2" c/.23m	Ø 1/2" c/.18m	Ø 1/2" c/.18m	Ø 1/2" c/.23m		
Inferior	Ø 1/2" c/.24m		Ø 1/2" c/.40m		Ø 1/2" c/.24m	
<b>Diseño a Cortante</b>						
Sentido en "x"			$\phi V_n$ Máx = 115,69 KN			
Vu (KN)	47,69	-57,17	47,69	-47,69	57,17	-47,69
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Sentido en "y"</b>						
Vu (KN)	47,69	-57,17	47,69	-47,69	57,17	-47,69
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

**Tabla 35. Diseño losa maciza 2D - 6m x 12m - 1 panel**

Diseño losa maciza 2D - 6m x 12m - 1 panel		
Nº Tramos: 1		
		
<b>Diseño a Flexión</b>		
$\phi M_n$ Máx = 568,42 KN-m		
Sentido en "x"		
	Sección:	e = 39,4 cm
Mu (KN-m)	-92,82	-92,82
		
	6,90	6,90
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)		
	10,05	
Superior	Ø 1/2" c/.22m	Ø 1/2" c/.22m
Acero		
Inferior	Ø 1/2" c/.14m	
Sentido en "y"		
Mu (KN-m)	-49,14	-49,14
		
	6,55	6,55
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)		
	6,55	
Superior	Ø 1/2" c/.24m	Ø 1/2" c/.24m
Acero		
Inferior	Ø 1/2" c/.24m	
<b>Diseño a Cortante</b>		
Sentido en "x"		
$\phi V_n$ Máx = 212,68 KN		
Vu (KN)	93,19	-93,19
Estribos	Ø 3/8" N/A	
Sentido en "y"		
Vu (KN)	49,34	-49,34
Estribos	Ø 3/8" N/A	

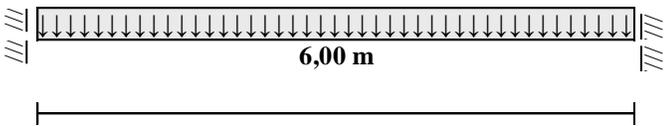
**Tabla 36. Diseño losa maciza 2D - 6m x 12m - 4 paneles**

Diseño losa maciza 2D - 6m x 12m - 4 paneles				
Nº Tramos: 2				
<b>Diseño a Flexión</b>		$\phi M_n$ Máx = 317,40 KN-m		
Sentido en "x"		Sección:		e = 30,4 cm
Mu (KN-m)	-86,09	-129,65	-86,09	
	72,61	72,61		
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	8,70	13,38	8,70	
	7,29	7,29		
Superior Acero	Ø 1/2" c/.17m	Ø 1/2" c/.10m	Ø 1/2" c/.17m	
Inferior Acero	Ø 1/2" c/.21m		Ø 1/2" c/.21m	
Sentido en "y"				
Mu (KN-m)	-35,45	-53,39	-35,45	
	29,89	29,89		
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	4,90	5,31	4,90	
	4,90	4,90		
Superior Acero	Ø 1/2" c/.35m	Ø 1/2" c/.31m	Ø 1/2" c/.35m	
Inferior Acero	Ø 1/2" c/.35m		Ø 1/2" c/.35m	
<b>Diseño a Cortante</b>				
Sentido en "x"		$\phi V_n$ Máx = 158,92 KN		
Vu (KN)	86,43	-103,72	103,72	-86,43
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A
Sentido en "y"				
Vu (KN)	35,59	-42,71	42,71	-35,59
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A

**Tabla 37. Diseño losa maciza 2D - 6m x 12m - 9 paneles**

Diseño losa maciza 2D - 6m x 12m - 9 paneles						
Nº Tramos: 3						
<b>Diseño a Flexión</b>			$\phi M_n$ Máx = 346,02 KN-m			
Sentido en "x"		Sección:		e = 31,4 cm		
Mu (KN-m)	-86,97	-104,78	-104,78	-104,78	-86,97	-86,97
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	8,39	10,19	10,19	10,19	8,39	8,39
Superior Acero	Ø 1/2" c/.17m	Ø 1/2" c/.14m	Ø 1/2" c/.14m	Ø 1/2" c/.14m	Ø 1/2" c/.17m	Ø 1/2" c/.17m
Inferior	Ø 1/2" c/.18m	Ø 1/2" c/.33m	Ø 1/2" c/.33m	Ø 1/2" c/.33m	Ø 1/2" c/.18m	Ø 1/2" c/.18m
Sentido en "y"						
Mu (KN-m)	-35,81	-43,14	-43,14	-43,14	-35,81	-35,81
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	5,11	5,11	5,11	5,11	5,11	5,11
Superior Acero	Ø 1/2" c/.33m	Ø 1/2" c/.33m	Ø 1/2" c/.33m	Ø 1/2" c/.33m	Ø 1/2" c/.33m	Ø 1/2" c/.33m
Inferior	Ø 1/2" c/.33m	Ø 1/2" c/.33m	Ø 1/2" c/.33m	Ø 1/2" c/.33m	Ø 1/2" c/.33m	Ø 1/2" c/.33m
<b>Diseño a Cortante</b>			$\phi V_n$ Máx = 165,94 KN			
Sentido en "x"						
Vu (KN)	87,32	-104,78	87,32	-87,32	104,78	-87,32
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sentido en "y"						
Vu (KN)	35,95	-43,14	35,95	-35,95	43,14	-35,95
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

**Tabla 38. Diseño losa maciza 2D - 6m x 18m - 1 panel**

<b>Diseño losa maciza 2D - 6m x 18m - 1 panel</b>			
N° Tramos: 1			
			
<b>Diseño a Flexión</b>		$\phi M_n$ Máx = 655,87 KN-m	
Sentido en "x"		Sección:	e = 42,1 cm
Mu (KN-m)	-102,60		-102,60
	7,09	152,74	7,09
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)		10,68	
Superior Acero	Ø 1/2" c/.21m		Ø 1/2" c/.21m
Inferior		Ø 1/2" c/.13m	
Sentido en "y"			
Mu (KN-m)	-33,46		-33,46
	7,04	50,39	7,04
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)		7,04	
Superior Acero	Ø 1/2" c/.22m		Ø 1/2" c/.22m
Inferior		Ø 1/2" c/.22m	
<b>Diseño a Cortante</b>		$\phi V_n$ Máx = 228,45 KN	
Sentido en "x"			
Vu (KN)	103,01		-103,01
Estribos Ø 3/8"	N/A		N/A
Sentido en "y"			
Vu (KN)	33,59		-33,59
Estribos Ø 3/8"	N/A		N/A

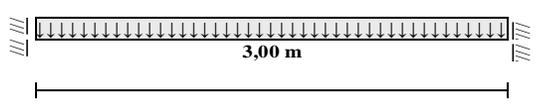
**Tabla 39. Diseño losa maciza 2D - 6m x 18m - 4 paneles**

Diseño losa maciza 2D - 6m x 18m - 4 paneles				
N° Tramos: 2				
<b>Diseño a Flexión</b>		$\phi M_n$ Máx = 336,34 KN-m		
Sentido en "x"		Sección:		e = 31,0 cm
Mu (KN-m)	-93,81	-141,29	-93,81	
	79,12	79,12		
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	9,22	14,20	9,22	
Superior Acero	Ø 1/2" c/.15m	Ø 1/2" c/.09m	Ø 1/2" c/.15m	
Inferior	Ø 1/2" c/.19m		Ø 1/2" c/.19m	
Sentido en "y"				
Mu (KN-m)	-32,63	-49,14	-32,63	
	27,52	27,52		
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	5,04	5,04	5,04	
Superior Acero	Ø 1/2" c/.33m	Ø 1/2" c/.33m	Ø 1/2" c/.33m	
Inferior	Ø 1/2" c/.33m		Ø 1/2" c/.33m	
<b>Diseño a Cortante</b>		$\phi V_n$ Máx = 163,60 KN		
Sentido en "x"				
Vu (KN)	94,19	-113,03	113,03	94,19
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A
Sentido en "y"				
Vu (KN)	32,63	-49,14	49,14	-32,63
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A

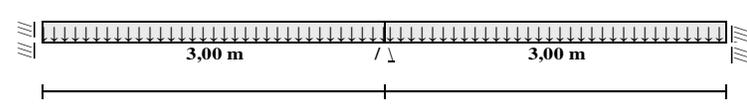
**Tabla 40. Diseño losa maciza 2D - 6m x 18m - 9 paneles**

Diseño losa maciza 2D - 6m x 18m - 9 paneles						
N° Tramos: 3						
<b>Diseño a Flexión</b>						
$\phi M_n$ Máx = 396,47 KN-m						
Sentido en "x"			Sección:		e = 33,4 cm	
Mu (KN-m)	-92,59	-111,56	-111,56	-111,56	-92,59	-92,59
	89,25		28,21		89,25	
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	8,33	10,10	10,10	10,10	8,33	8,33
Superior Acero	Ø 1/2" c/.17m	Ø 1/2" c/.14m	Ø 1/2" c/.14m	Ø 1/2" c/.14m	Ø 1/2" c/.17m	Ø 1/2" c/.17m
Inferior	Ø 1/2" c/.18m		Ø 1/2" c/.30m		Ø 1/2" c/.18m	
Sentido en "y"						
Mu (KN-m)	-31,21	-37,61	-37,61	-37,61	-31,21	-31,21
	30,08		10,96		30,08	
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	5,47	5,47	5,47	5,47	5,47	5,47
Superior Acero	Ø 1/2" c/.30m	Ø 1/2" c/.30m	Ø 1/2" c/.30m	Ø 1/2" c/.30m	Ø 1/2" c/.30m	Ø 1/2" c/.30m
Inferior	Ø 1/2" c/.30m		Ø 1/2" c/.30m		Ø 1/2" c/.30m	
<b>Diseño a Cortante</b>						
Sentido en "x"			$\phi V_n$ Máx = 177,62 KN			
Vu (KN)	92,96	-111,56	92,96	-92,96	111,56	-92,96
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sentido en "y"						
Vu (KN)	33,43	-40,11	33,43	-33,43	40,11	-33,43
Estribos Ø 3/8"	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

**Tabla 41. Diseño losa nervada 1D - 3m x 3m - 1 panel**

Diseño losa nervada 1D - 3m x 3m - 1 panel			
N° Tramos: 1			
			
<b>Diseño a Flexión</b>		$\phi M_n \text{ Máx} = 43,59 \text{ KN-m}$	
Sentido en "x"		Sección: 16 x 29,2 cm	
Mu (KN-m)	-20,87		-20,87
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	2,35	3,70	2,35
Superior Acero	2 Ø 1/2"		2 Ø 1/2"
Inferior		3 Ø 1/2"	
<b>Diseño a Cortante</b>			
Sentido en "x"		$\phi V_n \text{ Máx} = 117,49 \text{ KN}$	
Vu (KN)	41,92		-41,92
Estribos Ø 3/8"	c/.12m		c/.12m

**Tabla 42. Diseño losa nervada 1D - 3m x 3m - 4 paneles**

Diseño losa nervada 1D - 3m x 3m - 4 paneles			
N° Tramos: 2			
			
<b>Diseño a Flexión</b>		$\phi M_n \text{ Máx} = 34,13 \text{ KN-m}$	
Sentido en "x"		Sección: 16 x 26,3 cm	
Mu (KN-m)	-20,74		-20,74
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	2,70	4,32	2,70
Superior Acero	1 Ø 3/8" + 2 Ø 1/2"	2 Ø 1/2" + 1 Ø 5/8"	1 Ø 3/8" + 2 Ø 1/2"
Inferior		2 Ø 1/2"	2 Ø 1/2"
<b>Diseño a Cortante</b>			
Sentido en "x"		$\phi V_n \text{ Máx} = 111,53 \text{ KN}$	
Vu (KN)	41,65	-52,07    52,07	-41,65
Estribos Ø 3/8"	c/.11m	c/.11m    c/.11m	c/.11m

**Tabla 43. Diseño losa nervada 1D - 3m x 3m - 9 paneles**

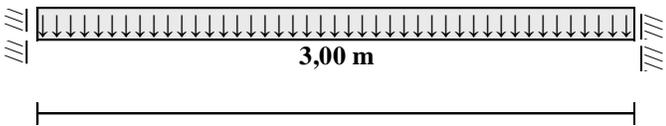
Diseño losa nervada 1D - 3m x 3m - 9 paneles						
N° Tramos: 3						
<b>Diseño a Flexión</b>			$\phi M_n$ Máx = 35,68 KN-m			
Sentido en "x"			Sección:		16 x 26,8 cm	
Mu (KN-m)	-20,83	-27,79	-27,79	-20,83		
	20,07	3,66	6,27	20,07		
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	2,64	3,66	3,66	2,64		
Superior	1 Ø 3/8" + 2 Ø 1/2"	3 Ø 1/2"	3 Ø 1/2"	1 Ø 3/8" + 2 Ø 1/2"		
Acero Inferior	2 Ø 1/2"		2 Ø 1/2"			
<b>Diseño a Cortante</b>			$\phi V_n$ Máx = 114,03 KN			
Sentido en "x"						
Vu (KN)	41,82	-50,19	41,82	-41,82	50,19	-41,82
Estribos Ø 3/8"	c/.11m	c/.11m	c/.11m	c/.11m	c/.11m	c/.11m

**Tabla 44. Diseño losa nervada 1D - 6m x 6m - 1 panel**

Diseño losa nervada 1D - 6m x 6m - 1 panel			
N° Tramos: 1			
<b>Diseño a Flexión</b>		$\phi M_n$ Máx = 143,99 KN-m	
Sentido en "x"		Sección: 16 x 49,8 cm	
Mu (KN-m)	-76,49	104,66	-76,49
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	4,79	6,64	4,79
Superior	4 Ø 1/2"		4 Ø 1/2"
Acero Inferior	2 Ø 5/8" + 1 Ø 3/4"		
<b>Diseño a Cortante</b>		$\phi V_n$ Máx = 135,94 KN	
Sentido en "x"			
Vu (KN)	86,83		-86,83
Estribos Ø 3/8"	c/.22m		c/.22m



**Tabla 47. Diseño losa nervada 2D - 3m x 3m - 1 panel**

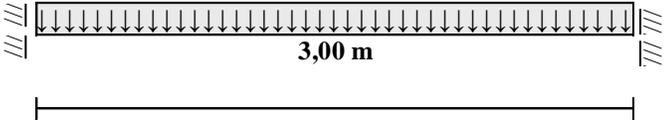
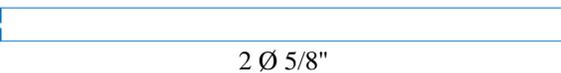
<b>Diseño losa nervada 2D - 3m x 3m - 1 panel</b>			
N° Tramos: 1			
			
<b>Diseño a Flexión</b>		$\phi M_n$ Máx = 24,47 KN-m	
Sentido en "x"		Sección:	12 x 25,8 cm
Mu (KN-m)	-10,57		-10,57
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	1,37	2,15	1,37
Superior Acero	2 Ø 3/8"		2 Ø 3/8"
Inferior		2 Ø 1/2"	
Sentido en "y"			
Mu (KN-m)	-10,57		-10,57
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	1,37	2,15	1,37
Superior Acero	2 Ø 3/8"		2 Ø 3/8"
Inferior		2 Ø 1/2"	
<b>Diseño a Cortante</b>		$\phi V_n$ Máx = 112,80 KN	
Sentido en "x"			
Vu (KN)	21,23		-21,23
Estribos Ø 3/8"	c/.10m		c/.10m
Sentido en "y"			
Vu (KN)	21,23		-21,23
Estribos Ø 3/8"	c/.10m		c/.10m

**Tabla 48. Diseño losa nervada 2D - 3m x 3m - 4 paneles**

Diseño losa nervada 2D - 3m x 3m - 4 paneles				
Nº Tramos: 2				
<b>Diseño a Flexión</b>		$\phi M_n$ Máx = 18,98 KN-m		
Sentido en "x"		Sección:		12 x 23,2 cm
$M_u$ (KN-m)	-10,45	-15,87	-10,45	
	8,81	8,81		
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	1,56	2,51	1,56	
	1,30	1,30		
Superior Acero	2 Ø 1/2"	2 Ø 1/2"	2 Ø 1/2"	
Inferior	2 Ø 3/8"	2 Ø 3/8"	2 Ø 3/8"	
Sentido en "y"				
$M_u$ (KN-m)	-10,45	-15,87	-10,45	
	8,81	8,81		
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	1,56	2,51	1,56	
	1,30	1,30		
Superior Acero	2 Ø 1/2"	2 Ø 1/2"	2 Ø 1/2"	
Inferior	2 Ø 3/8"	2 Ø 3/8"	2 Ø 3/8"	
<b>Diseño a Cortante</b>				
Sentido en "x"		$\phi V_n$ Máx = 108,89 KN		
$V_u$ (KN)	20,98	-26,23	26,23	-20,98
Estribos Ø 3/8"	c/.09m	c/.09m	c/.09m	c/.09m
Sentido en "y"				
$V_u$ (KN)	20,98	-26,23	26,23	-20,98
Estribos Ø 3/8"	c/.09m	c/.09m	c/.09m	c/.09m



**Tabla 50. Diseño losa nervada 2D - 3m x 6m - 1 panel**

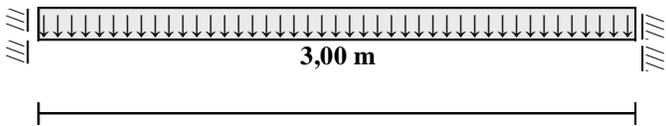
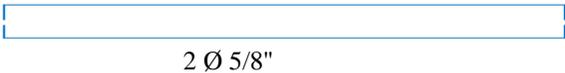
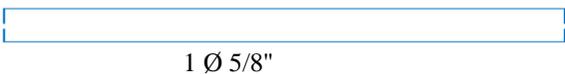
<b>Diseño losa nervada 2D - 3m x 6m - 1 panel</b>			
N° Tramos: 1			
			
<b>Diseño a Flexión</b>		$\phi M_n$ Máx = 41,82 KN-m	
Sentido en "x"		Sección: 12 x 32,5 cm	
Mu (KN-m)	-18,19		-18,19
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	1,80	2,71	1,80
Superior Acero	2 Ø 1/2"		2 Ø 1/2"
Inferior		2 Ø 5/8"	
Sentido en "y"			
Mu (KN-m)	-9,63		-9,63
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	1,13	1,41	1,13
Superior Acero	1 Ø 1/2"		1 Ø 1/2"
Inferior		1 Ø 5/8"	
<b>Diseño a Cortante</b>			
Sentido en "x"		$\phi V_n$ Máx = 111,04 KN	
Vu (KN)	36,52		-36,52
Estribos Ø 3/8"	c/.14m		c/.14m
Sentido en "y" $\phi V_n$ Máx= 65,51 KN			
Vu (KN)	19,34		-19,34
Estribos Ø 3/8"	c/.14m		c/.14m

**Tabla 51. Diseño losa nervada 2D - 3m x 6m - 4 paneles**

Diseño losa nervada 2D - 3m x 6m - 4 paneles				
Nº Tramos: 2				
<b>Diseño a Flexión</b>		<b><math>\phi M_n</math> Máx = 33,74 KN-m</b>		
Sentido en "x"		Sección:		12 x 29,6 cm
Mu (KN-m)	-18,07	-27,22	-18,07	
	15,24	15,24		
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	2,02	3,21	2,02	
Superior Acero	2 Ø 1/2"	2 Ø 5/8"	2 Ø 1/2"	
Inferior	2 Ø 1/2"	2 Ø 1/2"	2 Ø 1/2"	
Sentido en "y"				
Mu (KN-m)	-6,38	-9,61	-6,38	
	5,38	5,38		
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	1,02	1,03	1,02	
Superior Acero	1 Ø 1/2"	1 Ø 1/2"	1 Ø 1/2"	
Inferior	1 Ø 1/2"	1 Ø 1/2"	1 Ø 1/2"	
<b>Diseño a Cortante</b>				
Sentido en "x"		<b><math>\phi V_n</math> Máx = 113,37 KN</b>		
Vu (KN)	36,28	-45,36	45,36	-36,28
Estribos Ø 3/8"	c/.12m	c/.12m	c/.12m	c/.12m
Sentido en "y"		<b><math>\phi V_n</math> Máx = 65,66 KN</b>		
Vu (KN)	12,81	-16,01	16,01	-12,81
Estribos Ø 3/8"	c/.12m	c/.12m	c/.12m	c/.12m



**Tabla 53. Diseño losa nervada 2D - 3m x 9m - 1 panel**

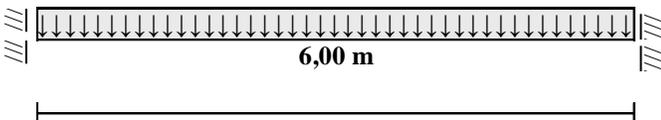
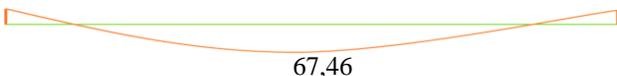
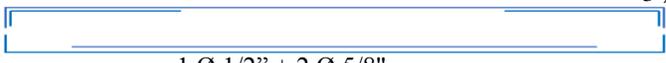
<b>Diseño losa nervada 2D - 3m x 9m - 1 panel</b>			
Nº Tramos: 1			
			
<b>Diseño a Flexión</b>		$\phi M_n$ Máx = 53,05 KN-m	
Sentido en "x"		Sección:	12 x 36,1 cm
$M_u$ (KN-m)	-20,28		-20,28
Área de Acero $cm^2$ (Rec. 2,0cm)	1,77	2,75	1,77
Superior Acero	2 Ø 1/2"		2 Ø 1/2"
Inferior		2 Ø 5/8"	
Sentido en "y"			
$M_u$ (KN-m)	-6,47		-6,47
Área de Acero $cm^2$ (Rec. 2,0cm)	1,27	1,27	1,27
Superior Acero	1 Ø 5/8"		1 Ø 5/8"
Inferior		1 Ø 5/8"	
<b>Diseño a Cortante</b>		$\phi V_n$ Máx = 112,25 KN	
Sentido en "x"			
$V_u$ (KN)	40,72		-40,72
Estribos Ø 3/8"	c/.16m		c/.16m
Sentido en "y" $\phi V_n$ Máx = 67,38 KN			
$V_u$ (KN)	13,66		-13,66
Estribos Ø 3/8"	c/.16m		c/.16m

**Tabla 54. Diseño losa nervada 2D - 3m x 9m - 4 paneles**

Diseño losa nervada 2D - 3m x 9m - 4 paneles				
Nº Tramos: 2				
<b>Diseño a Flexión</b>				
$\phi M_n$ Máx = 34,27 KN-m				
Sentido en "x"		Sección: 12 x 29,8 cm		
Mu (KN-m)	-18,28	-27,54	-18,28	
	15,42		15,42	
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	2,03	3,22	2,03	
Superior Acero	2 Ø 1/2"	2 Ø 5/8"	2 Ø 1/2"	
Inferior	2 Ø 1/2"		2 Ø 1/2"	
Sentido en "y"				
Mu (KN-m)	-6,38	-9,60	-6,38	
	5,38		5,38	
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	1,03	1,03	1,03	
Superior Acero	1 Ø 1/2"	1 Ø 1/2"	1 Ø 1/2"	
Inferior	1 Ø 1/2"		1 Ø 1/2"	
<b>Diseño a Cortante</b>				
Sentido en "x"		$\phi V_n$ Máx = 114,26 KN		
Vu (KN)	35,43	-42,52	42,52	-35,43
Estribos Ø 3/8"	c/.12m	c/.12m	c/.12m	c/.12m
Sentido en "y"		$\phi V_n$ Máx = 66,17 KN		
Vu (KN)	12,81	-15,37	15,37	-12,81
Estribos Ø 3/8"	c/.12m	c/.12m	c/.12m	c/.12m



**Tabla 56. Diseño losa nervada 2D - 6m x 6m - 1 panel**

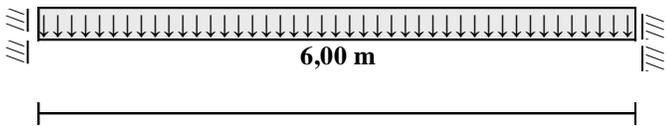
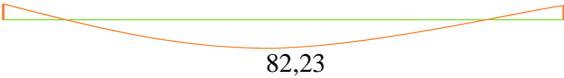
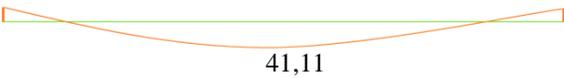
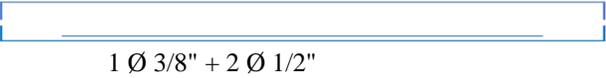
Diseño losa nervada 2D - 6m x 6m - 1 panel			
Nº Tramos: 1			
			
<b>Diseño a Flexión</b>		$\phi M_n$ Máx = 100,16 KN-m	
Sentido en "x"		Sección:	16 x 42,2 cm
Mu (KN-m)	-44,81		-44,81
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	3,31	5,19	3,31
Superior Acero	3 Ø 1/2"		3 Ø 1/2"
Inferior		1 Ø 1/2" + 2 Ø 5/8"	
Sentido en "y"			
Mu (KN-m)	-44,81		-44,81
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	3,31	5,19	3,31
Superior Acero	3 Ø 1/2"		3 Ø 1/2"
Inferior		1 Ø 1/2" + 2 Ø 5/8"	
<b>Diseño a Cortante</b>		$\phi V_n$ Máx = 125,64 KN	
Sentido en "x"			
Vu (KN)	44,96		-44,96
Estribos Ø 3/8"	c/.19m		c/.19m
Sentido en "y"			
Vu (KN)	44,96		-44,96
Estribos Ø 3/8"	c/.19m		c/.19m

**Tabla 57. Diseño losa nervada 2D - 6m x 6m - 4 paneles**

Diseño losa nervada 2D - 6m x 6m - 4 paneles				
Nº Tramos: 2				
<b>Diseño a Flexión</b>		$\phi M_n$ Máx = 72,06 KN-m		
Sentido en "x"		Sección:		16 x 36,4 cm
Mu (KN-m)	-43,32	-62,24	-43,32	
	36,53	36,53		
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	3,88	5,86	3,88	
Superior Acero	3 Ø 1/2"	1 Ø 1/2" + 2 Ø 5/8"	3 Ø 1/2"	
Inferior	1 Ø 3/8" + 2 Ø 1/2"		1 Ø 3/8" + 2 Ø 1/2"	
Sentido en "y"				
Mu (KN-m)	-43,32	-62,24	-43,32	
	36,53	36,53		
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	3,88	5,86	3,88	
Superior Acero	3 Ø 1/2"	1 Ø 1/2" + 2 Ø 5/8"	3 Ø 1/2"	
Inferior	1 Ø 3/8" + 2 Ø 1/2"		1 Ø 3/8" + 2 Ø 1/2"	
<b>Diseño a Cortante</b>		$\phi V_n$ Máx = 120,87 KN		
Sentido en "x"				
Vu (KN)	43,49	-54,36	54,36	-43,49
Estribos Ø 3/8"	c/.16m	c/.16m	c/.16m	c/.16m
Sentido en "y"				
Vu (KN)	43,49	-54,36	54,36	-43,49
Estribos Ø 3/8"	c/.16m	c/.16m	c/.16m	c/.16m



**Tabla 59. Diseño losa nervada 2D - 6m x 12m - 1 panel**

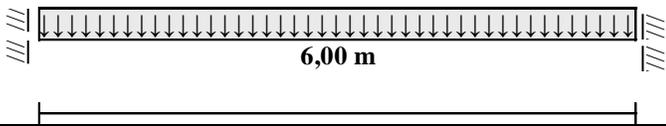
<b>Diseño losa nervada 2D - 6m x 12m - 1 panel</b>		
Nº Tramos: 1		
		
<b>Diseño a Flexión</b>		
$\phi M_n$ Máx = 130,48 KN-m		
Sentido en "x"		
		Sección: 16 x 47,6 cm
Mu (KN-m)	-63,69	-63,69
		
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	4,16	4,16
5,50		
Superior Acero	2 Ø 1/2" + 1 Ø 5/8"	2 Ø 1/2" + 1 Ø 5/8"
Inferior		
Sentido en "y"		
		Sección: 16 x 47,6 cm
Mu (KN-m)	-27,29	-27,29
		
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	2,30	2,30
2,61		
Superior Acero	2 Ø 1/2"	2 Ø 1/2"
Inferior		
<b>Diseño a Cortante</b>		
Sentido en "x"		
		$\phi V_n$ Máx = 133,63 KN
Vu (KN)	54,82	-54,82
Estribos Ø 3/8"	c/.21m	c/.21m
Sentido en "y"		
Vu (KN)	27,40	-27,40
Estribos Ø 3/8"	c/.21m	c/.21m

**Tabla 60. Diseño losa nervada 2D - 6m x 12m - 4 paneles**

Diseño losa nervada 2D - 6m x 12m - 4 paneles				
Nº Tramos: 2				
<b>Diseño a Flexión</b>		<b><math>\phi M_n</math> Máx = 107,64 KN-m</b>		
Sentido en "x"		Sección: 16 x 43,6 cm		
Mu (KN-m)	-56,69	-85,38	-56,69	
	47,81		47,81	
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	4,10	6,48	4,10	
Superior	3,41		3,41	
Acero	2 Ø 1/2" + 1 Ø 5/8"		2 Ø 5/8" + 1 Ø 3/4"	
Inferior	3 Ø 1/2"		3 Ø 1/2"	
Sentido en "y"				
Mu (KN-m)	-26,99	-40,65	-26,99	
	22,77		22,77	
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	2,09	2,87	2,09	
Superior	2,09		2,09	
Acero	2 Ø 1/2"		1 Ø 3/8" + 2 Ø 1/2"	
Inferior	2 Ø 1/2"		2 Ø 1/2"	
<b>Diseño a Cortante</b>		<b><math>\phi V_n</math> Máx = 130,25 KN</b>		
Sentido en "x"				
Vu (KN)	56,91	-68,30	68,30	-56,91
Estribos Ø 3/8"	c/.19m	c/.19m	c/.19m	c/.19m
Sentido en "y"				
Vu (KN)	27,10	-32,52	32,52	-27,10
Estribos Ø 3/8"	c/.19m	c/.19m	c/.19m	c/.19m



**Tabla 62. Diseño losa nervada 2D - 6m x 18m - 1 panel**

<b>Diseño losa nervada 2D - 6m x 18m - 1 panel</b>		
Nº Tramos: 1		
		
<b>Diseño a Flexión</b>		
$\phi M_n$ Máx = 158,81 KN-m		
Sentido en "x"		
Sección: 16 x 49,2 cm		
Mu (KN-m)	-58,97	-58,97
	88,81	
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	3,42	3,42
	5,32	
Superior Acero	3 Ø 1/2"	3 Ø 1/2"
Inferior	2 Ø 3/4"	
Sentido en "y"		
Mu (KN-m)	-31,32	-31,32
	47,18	
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	2,54	2,54
	2,71	
Superior Acero	2 Ø 1/2"	2 Ø 1/2"
Inferior	1 Ø 3/8" + 2 Ø 1/2"	
<b>Diseño a Cortante</b>		
Sentido en "x"		
$\phi V_n$ Máx = 134,61 KN		
Vu (KN)	59,20	-59,20
Estribos Ø 3/8"	c/.22m	c/.22m
Sentido en "y"		
Vu (KN)	31,45	-31,45
Estribos Ø 3/8"	c/.22m	c/.22m

**Tabla 63. Diseño losa nervada 2D - 6m x 18m - 4 paneles**

Diseño losa nervada 2D - 6m x 18m - 4 paneles				
Nº Tramos: 2				
<b>Diseño a Flexión</b>		$\phi M_n$ Máx = 109,28 KN-m		
Sentido en "x"		Sección:		16 x 43,9 cm
Mu (KN-m)	-56,98	-85,81	-56,98	
	48,05		48,05	
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	4,09	6,46	4,09	
	3,40		3,40	
Superior Acero	2 Ø 5/8" + 1 Ø 3/4"		2 Ø 1/2" + 1 Ø 5/8"	
Inferior	2 Ø 5/8"		2 Ø 5/8"	
Sentido en "y"				
Mu (KN-m)	-26,71	-40,22	-26,71	
	22,52		22,52	
Área de Acero cm <sup>2</sup> (Rec. 2,0cm)	2,11	2,81	2,11	
	2,11		2,11	
Superior Acero	1 Ø 3/8" + 2 Ø 1/2"		2 Ø 1/2"	
Inferior	2 Ø 1/2"		2 Ø 1/2"	
<b>Diseño a Cortante</b>		$\phi V_n$ Máx = 131,23 KN		
Sentido en "x"				
Vu (KN)	57,20	-68,65	68,65	-57,20
Estribos Ø 3/8"	c/.19m	c/.19m	c/.19m	c/.19m
Sentido en "y"				
Vu (KN)	26,81	-32,17	32,17	-26,81
Estribos Ø 3/8"	c/.19m	c/.19m	c/.19m	c/.19m

**Tabla 64. Diseño losa nervada 2D - 6m x 18m - 9 paneles**

Diseño losa nervada 2D - 6m x 18m - 9 paneles						
N° Tramos: 3						
<b>Diseño a Flexión</b>			$\phi M_n$ Máx = 114,82 KN-m			
Sentido en "x"			Sección:		16 x 44,9 cm	
Mu (KN-m)	-57,80	-69,64	-69,64	-57,80		
	55,71		17,42	55,71		
Área de Acero $cm^2$	4,03	4,94	4,94	4,03		
(Rec.2,0cm)	3,87		2,16	3,87		
Superior Acero	2 Ø 1/2" + 1 Ø 5/8"		1 Ø 1/2" + 2 Ø 5/8"		1 Ø 1/2" + 2 Ø 5/8"	
Inferior Acero	2 Ø 5/8"		2 Ø 5/8"		2 Ø 5/8"	
Sentido en "y"						
Mu (KN-m)	-27,09	-32,64	-32,64	-27,09		
	26,12		8,16	26,12		
Área de Acero $cm^2$	2,16	2,20	2,20	2,16		
(Rec.2,0cm)	2,16		2,16	2,16		
Superior Acero	2 Ø 1/2"		2 Ø 1/2"		2 Ø 1/2"	
Inferior Acero	2 Ø 1/2"		2 Ø 1/2"		2 Ø 1/2"	
<b>Diseño a Cortante</b>			$\phi V_n$ Máx = 129,71 KN			
Sentido en "x"						
Vu (KN)	58,03	-69,64	58,03	-58,03	69,64	-58,03
Estribos Ø 3/8"	c/.20m	c/.20m	c/.20m	c/.20m	c/.20m	c/.20m
Sentido en "y"						
Vu (KN)	27,20	-32,65	27,20	-27,20	32,65	-27,20
Estribos Ø 3/8"	c/.20m	c/.20m	c/.20m	c/.20m	c/.20m	c/.20m

**4.1.1 Relación de resistencia a flexión y cortante.** En la siguiente tabla se muestran los valores de relación de resistencia de cortante y momento máximo nominal de las losas de estudio para relación de panel 1:1 con una longitud medida de centro a centro de los apoyos de 3 y 6

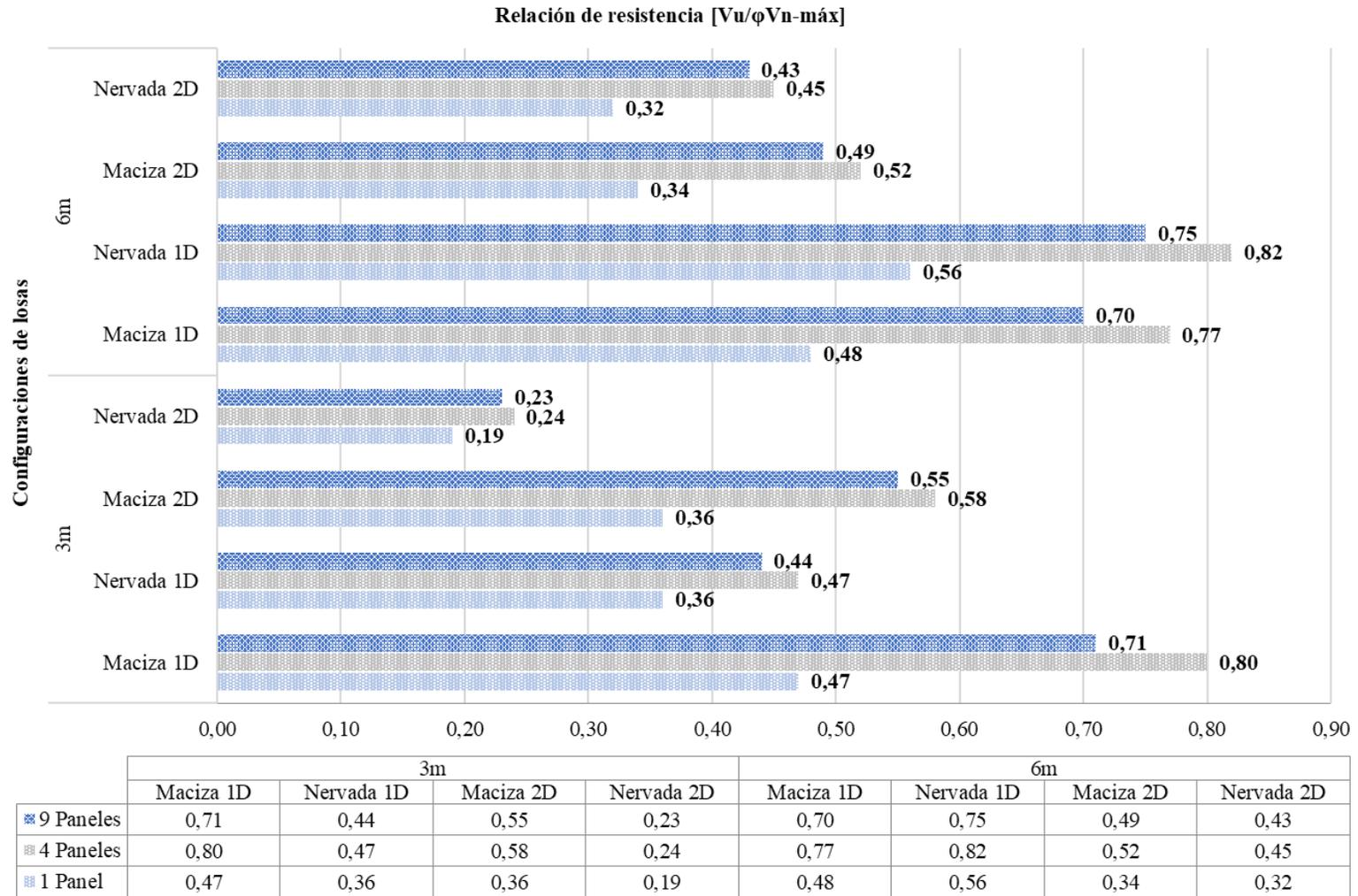
metros, para configuraciones de 1, 4 y 9 paneles. La relación de resistencia a cortante ( $V_u / \phi V_n$  máx) y momento ( $M_u / \phi M_n$  máx) está basada según el análisis en los esfuerzos máximos requeridos sobre los esfuerzos máximos nominales de diseño, es decir, los valores que más se acerquen a “1” son las losas más óptimas o eficientes.

**Tabla 65. Relación de resistencia de losas de estudio para relación de panel 1:1 y longitudes de panel de 3 y 6 metros**

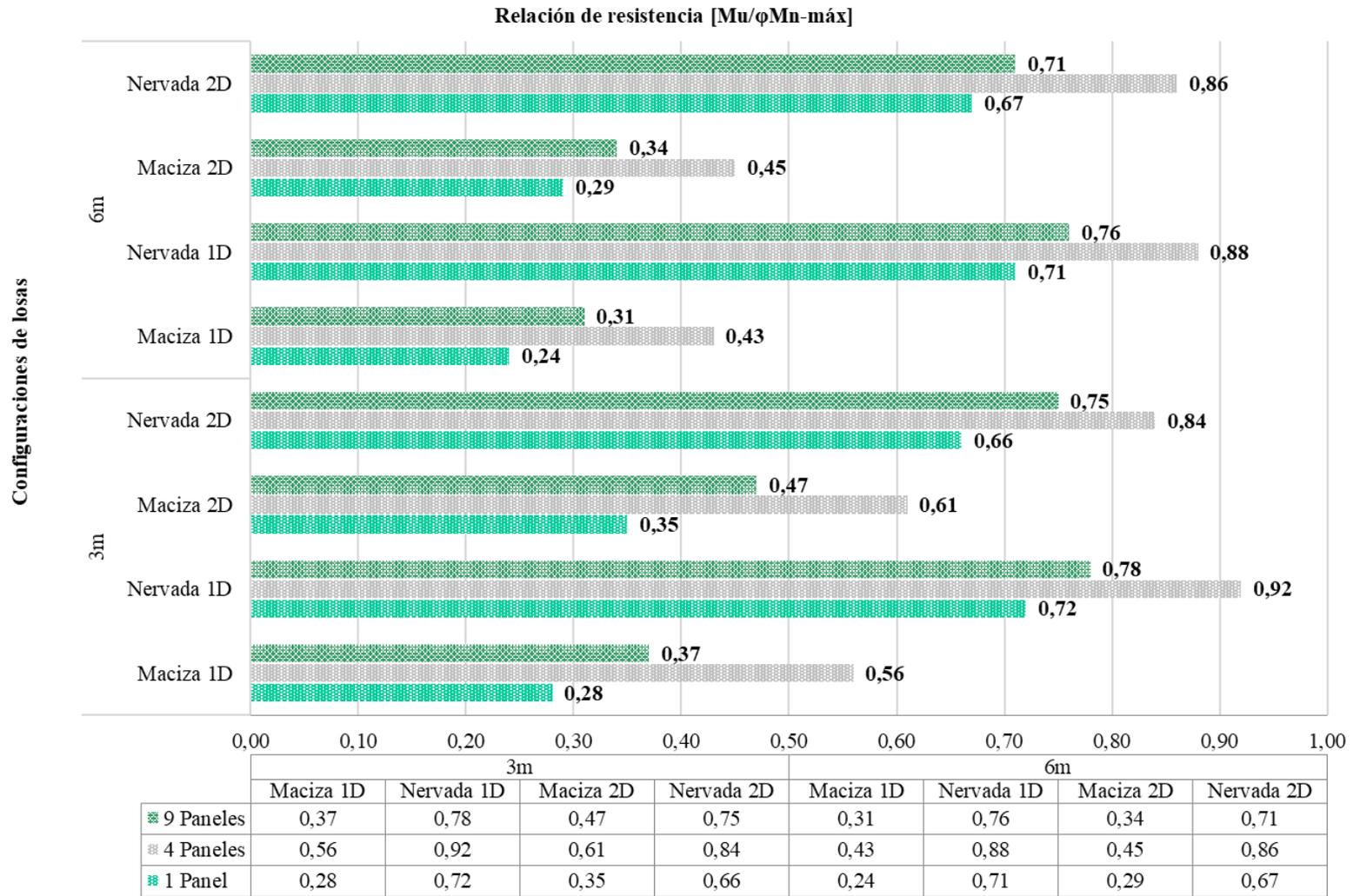
Dirección	N° Paneles	Tipo de losa	Longitudes de 3m				Longitudes de 6m			
			Sección	Relación de resistencia		Sección	Relación de resistencia			
				[Vu/φVn máx]	[Mu/φMn máx]		[Vu/φVn máx]	[Mu/φMn máx]		
1D	1	Maciza	e = 20,0 cm	0,47	0,28	e = 43,4 cm	0,48	0,24		
		Nervada	16 x 29,2 cm	0,36	0,72	16 x 49,8 cm	0,56	0,71		
	4	Maciza	e = 14,8 cm	0,80	0,56	e = 31,4 cm	0,77	0,43		
		Nervada	16 x 26,3 cm	0,47	0,92	16 x 45,3 cm	0,82	0,88		
	9	Maciza	e = 16,0 cm	0,71	0,37	e = 34,0 cm	0,70	0,31		
		Nervada	16 x 26,8 cm	0,44	0,78	16 x 46,1 cm	0,75	0,76		
2D	1	Maciza	e = 13,4 cm	0,36	0,35	e = 28,1 cm	0,34	0,29		
		Nervada	12 x 25,8 cm	0,19	0,66	16 x 42,2 cm	0,32	0,67		
	4	Maciza	e = 10,8 cm	0,58	0,61	e = 22,6 cm	0,52	0,43		
		Nervada	12 x 23,2 cm	0,24	0,84	16 x 36,4 cm	0,45	0,86		
	9	Maciza	e = 11,0 cm	0,55	0,47	e = 22,8 cm	0,49	0,34		
		Nervada	12 x 23,6 cm	0,23	0,75	16 x 36,9 cm	0,43	0,71		

Con el propósito de apreciar mejor los resultados obtenidos de la Tabla 65, se realizaron unos esquemas donde se puede observar desde otra perspectiva su análisis representados en la Figura 12 y Figura 13, correspondiente a la relación de resistencia a cortante y momento de las losas de estudio para relaciones de panel 1:1 y longitud de losa medida de centro a centro de los apoyos igual a 3 y 6 metros. Primeramente, resaltar que se están analizando dos sistemas de entresijos según la configuración de armado (1D y 2D), donde se varían las condiciones de apoyo (1, 4 y 9 paneles), se observa que las losas de 1 panel son las que requieren mayor altura o espesor de losa, y que las losas de 4 paneles son las que requieren menor espesor de losa, debido a que el estudio está basado en que todos los modelos cumplen con una misma rigidez relativa, donde las losas de 4 paneles (un extremo continuo) tienen un mejor comportamiento en términos de respuesta estructural y permiten menores alturas o espesores de losa.

La Figura 12 muestra algo muy interesante, y es que las losas macizas tienen una tendencia que se cumple al variar su longitud (3 y 6 metros), donde las losas en una dirección son relativamente más óptimas que las losas en dos direcciones, sin embargo hay que aclarar que estas distribuyen los esfuerzos en un solo sentido, haciendo que sus esfuerzos sean mucho mayores y más cercanos a los esfuerzos máximos nominales de la losa, a comparación con las losas en dos direcciones, que distribuyen los esfuerzos en ambos sentidos permitiendo no sólo disminuir los esfuerzos sino disminuir la sección o espesor de losa requerido. Para el caso de las losas nervadas la tendencia sigue siendo la misma que para las losas macizas, sin embargo, estas relaciones de esfuerzos pueden variar según sea el criterio del diseñador ya sea por el análisis o por el cumplimiento de la norma NSR-10, debido a que estas requieren de acero de refuerzo a cortante y hace que su resistencia aumente significativamente, sin embargo, cabe destacar que las losas macizas no requieren, según su análisis y diseño, de este tipo de refuerzo.



**Figura 12. Relación de resistencia a cortante de losas de estudio para relación de panel 1:1 y longitudes de 3 y 6 metros**



**Figura 13. Relación de resistencia a flexión de losas de estudio para relación de panel 1:1 y longitudes de 3 y 6 metros**

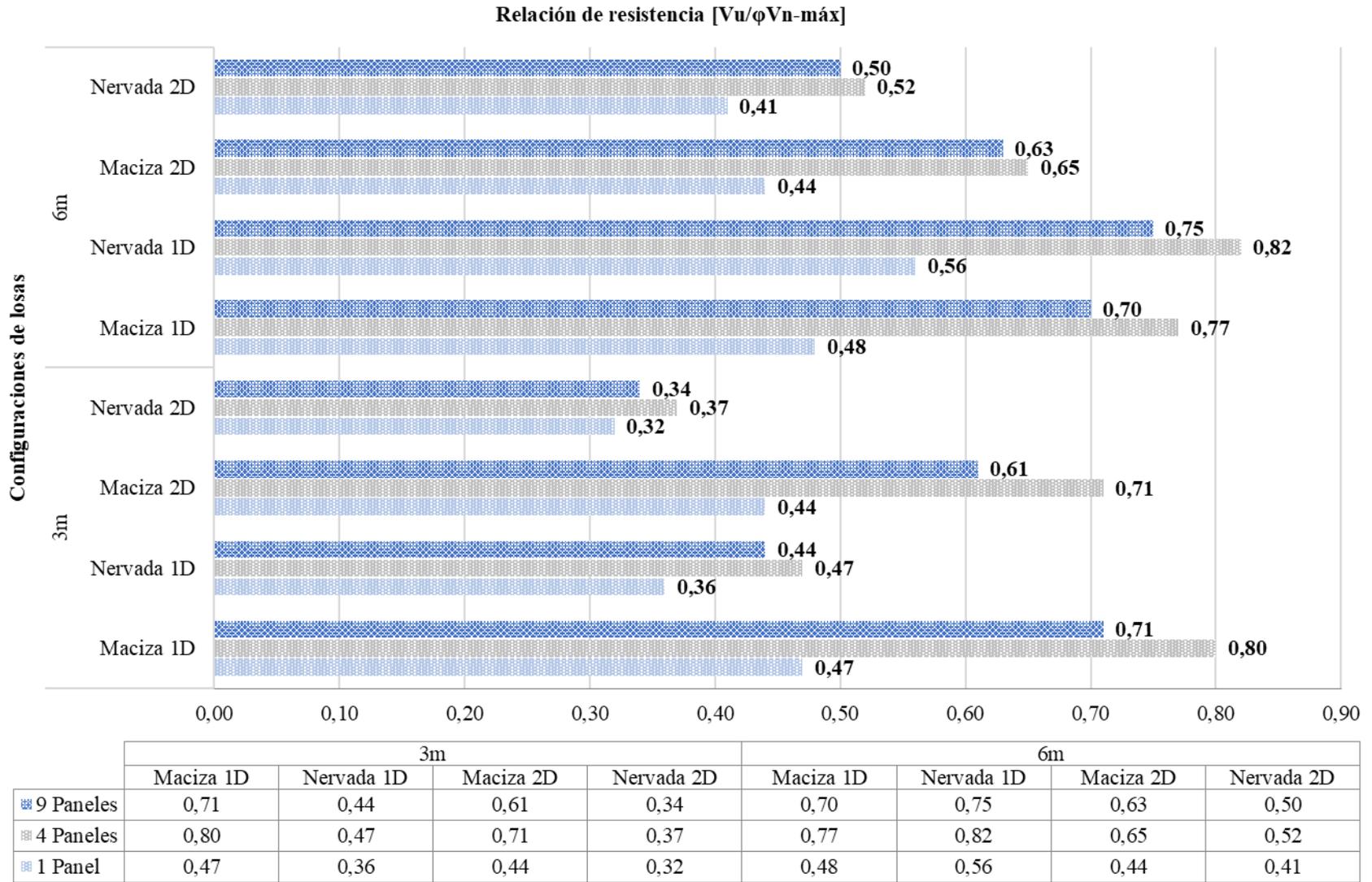
De acuerdo con el análisis de la Figura 13 podemos apreciar una tendencia muy marcada y en la que los resultados difieren muy poco, y es que las losas con un mejor comportamiento estructural a flexión son las losas nervadas independientemente de las longitudes (3 y 6 metros) y de la dirección de armado o diseño (1D y 2D), debido que las losas nervadas tienen una menor sección transversal comparado con las losas macizas, además de que los esfuerzos son menores debido a su peso propio y las fuerzas que transmiten a los elementos estructurales de apoyo según sea el caso (vigas o muros) son considerablemente menores. Cabe también resaltar que las losas macizas tienen mayor resistencia a flexión que las losas nervadas, esto se debe primordialmente a que las losas macizas utilizan todo su ancho útil (mayor sección) para resistir mejor los esfuerzos generados por las cargas de trabajo, ya que las losas nervadas poseen una menor sección útil y consecuentemente menor capacidad de resistencia máxima, el cual se ven limitadas a estos esfuerzos de diseño que en algunos casos pueden llegar a sobrepasar los esfuerzos máximos permisibles. De la Tabla 65, si observamos con detenimiento la relación que existe entre las alturas de las losas y las relaciones de los esfuerzos tanto a flexión como a cortante, podemos apreciar que la losa que requiere menor sección o espesor es la que mejor relación de esfuerzo tiene, y viceversa, esto realmente se debe a que las losas de 4 paneles distribuyen mejor los esfuerzos y consecuentemente permite menores alturas o espesores de losa independientemente de las longitudes que se vayan a construir o diseñar.

La Tabla 66 muestra los valores de relación de resistencia de cortante y momento máximo de las distintas losas de estudio para relación de panel 1:2, con una luz medida de centro a centro de los apoyos de 3 y 6 metros, y configuraciones de losa de 1, 4 y 9 paneles. Al igual que para el análisis anterior se realizaron dos gráficas (Figura 14 y Figura 15) para poder observar mejor las distintas relaciones que puedan existir y su comportamiento según sea el caso.

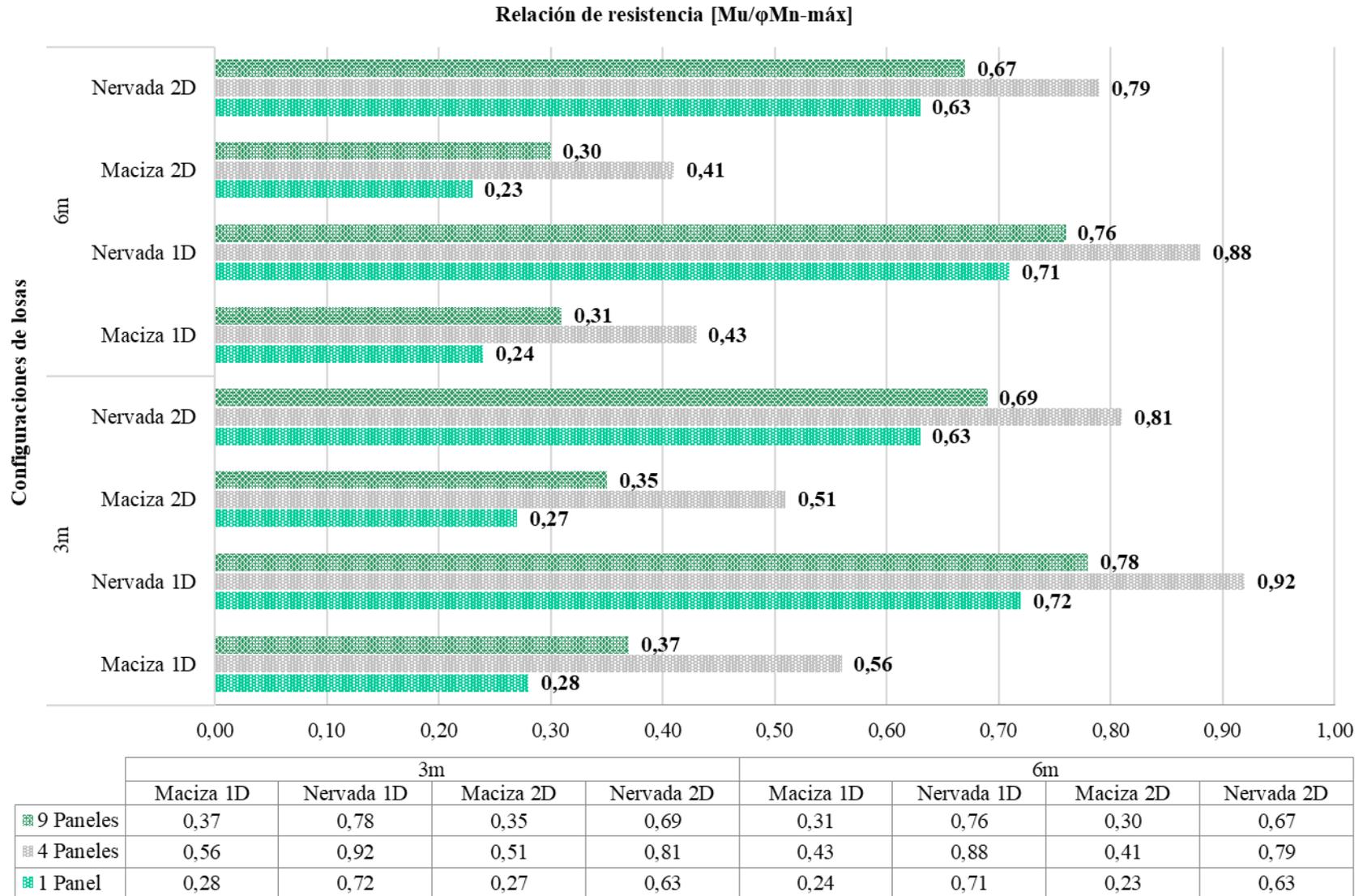
**Tabla 66. Relación de resistencia de losas de estudio para relación de panel 1:2 y longitudes de panel de 3 y 6 metros**

Dirección	N° Paneles	Tipo de losa	Longitudes de 3m			Longitudes de 6m		
			Sección	Relación de resistencia		Sección	Relación de resistencia	
				[Vu/φVn máx]	[Mu/φMn máx]		[Vu/φVmáx]	[Mu/φMmáx]
1D	1	Maciza	e = 20,0 cm	0,47	0,28	e = 43,4 cm	0,48	0,24
		Nervada	16 x 29,2 cm	0,36	0,72	16 x 49,8 cm	0,56	0,71
	4	Maciza	e = 14,8 cm	0,80	0,56	e = 31,4 cm	0,77	0,43
		Nervada	16 x 26,3 cm	0,47	0,92	16 x 45,3 cm	0,82	0,88
	9	Maciza	e = 16,0 cm	0,71	0,37	e = 34,0 cm	0,70	0,31
		Nervada	16 x 26,8 cm	0,44	0,78	16 x 46,1 cm	0,75	0,76
2D	1	Maciza	e = 18,3 cm	0,44	0,27	e = 39,4 cm	0,44	0,23
		Nervada	12 x 32,5 cm	0,32	0,63	16 x 47,6 cm	0,41	0,63
	4	Maciza	e = 14,3 cm	0,71	0,51	e = 30,2 cm	0,65	0,41
		Nervada	12 x 29,6 cm	0,37	0,81	16 x 43,6 cm	0,52	0,79
	9	Maciza	e = 14,9 cm	0,61	0,35	e = 31,4 cm	0,63	0,30
		Nervada	12 x 31,2 cm	0,36	0,69	16 x 44,2 cm	0,50	0,67

De la Tabla 66, si observamos con determinación, se puede ver que la variación que existe en las alturas o espesor de losa según el tipo de armado (1D y 2D), es relativamente pequeña, al igual que la relación de los esfuerzos de flexión y cortante, primordialmente se debe a la relación de panel (relación 1:2), haciendo que la losa se comporte o distribuya en gran porcentaje los esfuerzos en una sola dirección, ocasionalmente a la longitud más corta, donde para la longitud o tramo más largo estos esfuerzos sean mucho menores. Además, cabe resaltar que independientemente de la relación de panel para este caso se sigue evidenciando la tendencia que hay en las configuraciones de losa (1, 4 y 9 paneles), donde la losa con mejor comportamiento y la más eficiente son las de 4 paneles.



**Figura 14. Relación de resistencia a cortante de losas de estudio para relación de panel 1:2 y longitudes de 3 y 6 metros**



**Figura 15. Relación de resistencia a flexión de losas de estudio para relación de panel 1:2 y longitudes de 3 y 6 metros**

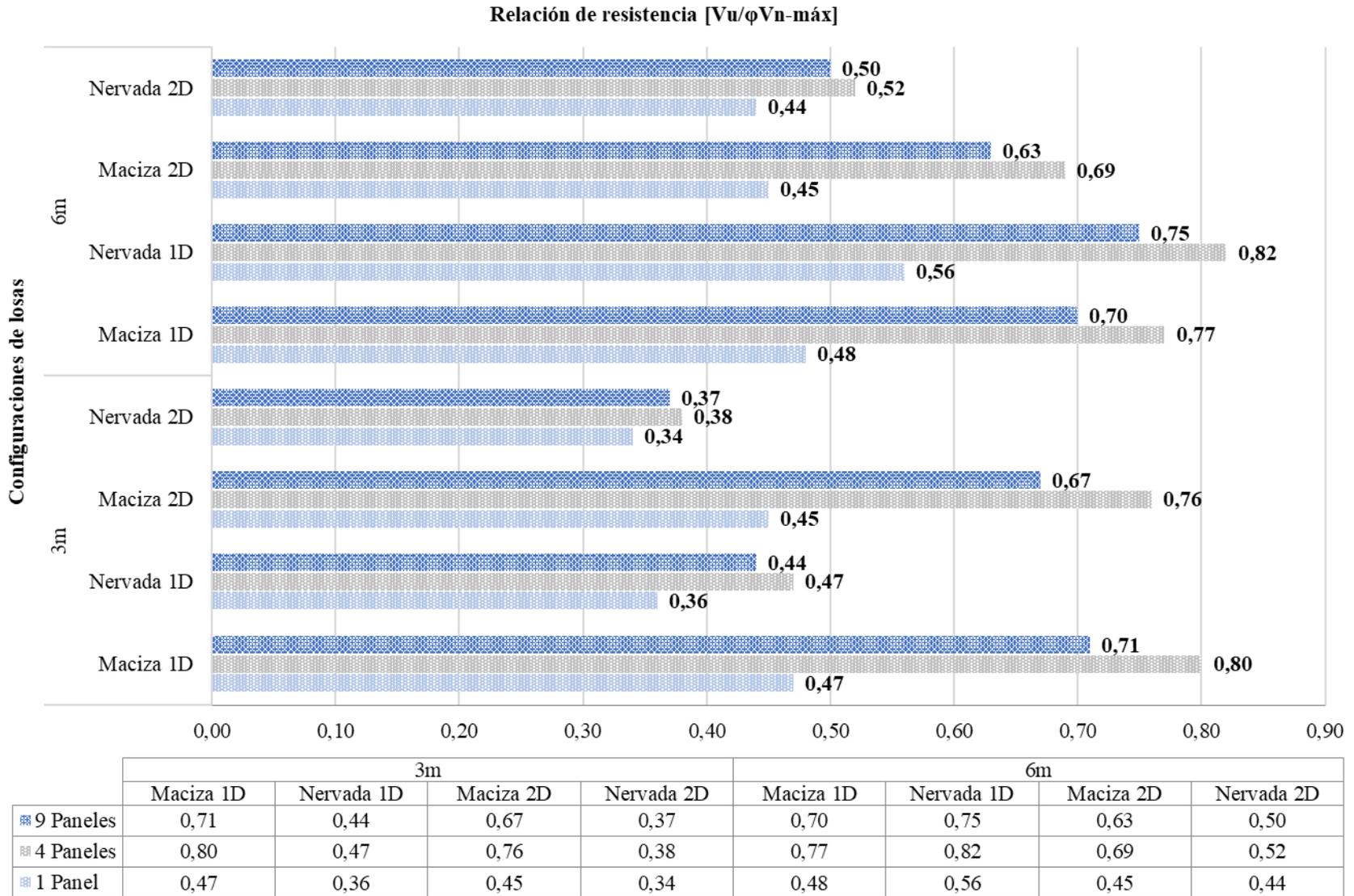
Al igual que el análisis realizado en la Figura 12 y Figura 13 (relación de panel 1:1), se puede apreciar que a pesar de la variación de la configuración geométrica de losa, se sigue cumpliendo la misma tendencia para relación de panel 1:2, donde se describe que las losas nervadas tienen mayor resistencia a cortante que las losas macizas ya que como se mencionó anteriormente, este tipo de losas requieren de estribos de confinamiento ya sea por construcción o por diseño, lo cual hace que dicho parámetro genere un beneficio en términos de respuesta estructural pero poco eficiente en cuanto sus costos, a diferencia de la anterior, las losas macizas no requieren de este tipo de refuerzo, por lo que generalmente el concreto es capaz de soportar estos esfuerzos y sólo se realiza una verificación por cortante. En cuanto a su comportamiento a flexión, las losas nervadas son más óptimas que las losas macizas, teniendo el mismo análisis realizado para las losas con relación de panel 1:1, donde en resumen las losas macizas tienen mayor resistencia debido a su mayor sección que las losas nervadas, sin embargo, estas últimas son más eficientes y son menos pesadas que las primeras. Además, cabe enfatizar que las losas nervadas en una dirección son las más óptimas en términos de su comportamiento a flexión que las demás losas de estudio y las menos óptimas son las losas macizas en dos direcciones, en donde todos los casos las losas nervadas son mejores que las macizas.

La Tabla 67 muestra los valores de relación de resistencia de cortante y momento máximo de las losas de estudio para relación de panel 1:3, con una luz medida de centro a centro de los apoyos de 3 y 6 metros, y configuraciones de losa de 1, 4 y 9 paneles. Asimismo, se realizaron gráficas (Figura 16 y Figura 17) para evidenciar por medio de gráfico de barras las distintas relaciones que hay en la variación de las configuraciones y del tipo de losa.

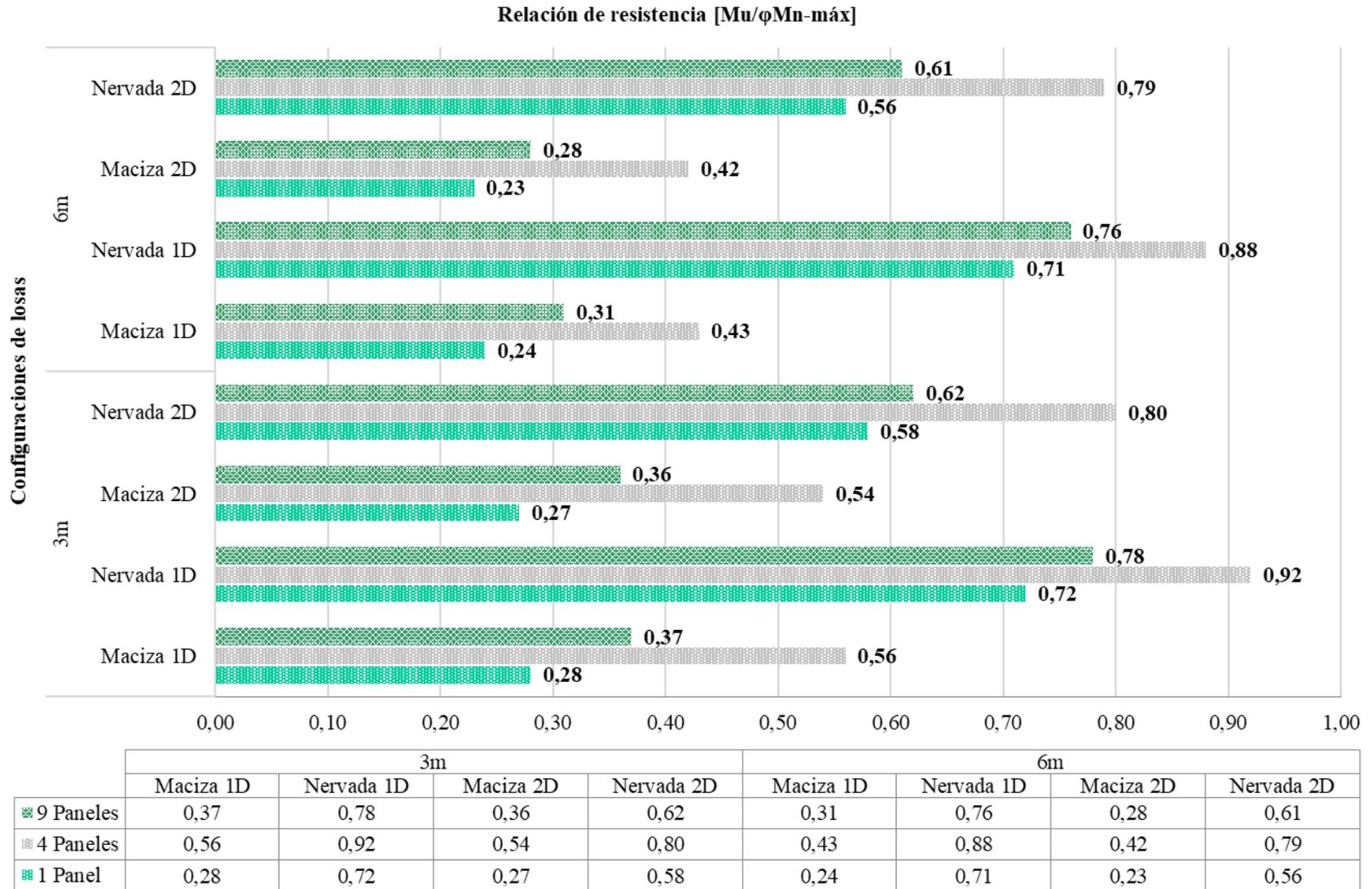
**Tabla 67. Relación de resistencia de losas de estudio para relación de panel 1:3 y longitudes de panel de 3 y 6 metros**

Dirección	N° Paneles	Tipo de losa	Longitudes de 3m			Longitudes de 6m		
			Sección	Relación de resistencia		Sección	Relación de resistencia	
				[Vu/φVn máx]	[Mu/φMn máx]		[Vu/φV máx]	[Mu/φM máx]
1D	1	Maciza	e = 20,0 cm	0,47	0,28	e = 43,4 cm	0,48	0,24
		Nervada	16 x 29,2 cm	0,36	0,72	16 x 49,8 cm	0,56	0,71
	4	Maciza	e = 14,8 cm	0,80	0,56	e = 31,4 cm	0,77	0,43
		Nervada	16 x 26,3 cm	0,47	0,92	16 x 45,3 cm	0,82	0,88
	9	Maciza	e = 16,0 cm	0,71	0,37	e = 34,0 cm	0,70	0,31
		Nervada	16 x 26,8 cm	0,44	0,78	16 x 46,1 cm	0,75	0,76
2D	1	Maciza	e = 19,7 cm	0,45	0,27	e = 42,1 cm	0,45	0,23
		Nervada	12 x 36,1 cm	0,34	0,58	16 x 49,2 cm	0,44	0,56
	4	Maciza	e = 14,6 cm	0,76	0,54	e = 31,0 cm	0,69	0,42
		Nervada	12 x 29,6 cm	0,38	0,80	16 x 43,9 cm	0,52	0,79
	9	Maciza	e = 15,6 cm	0,67	0,36	e = 33,4 cm	0,63	0,28
		Nervada	12 x 31,6 cm	0,37	0,62	16 x 44,9 cm	0,50	0,61

De acuerdo a la Tabla 67, similar a los análisis anteriormente realizados, se puede evidenciar que las losas en una dirección tienen una sección equivalente o aproximada a la losa en dos direcciones, esto ocurre debido a que para relaciones de largo/corto mayores a 2, como es el caso de relación de panel 1:3, las losas tienden a comportarse en una dirección y distribuyen los esfuerzos que son generados por las cargas a la dirección o lado más corto, que para el lado largo estos esfuerzos serían respectivamente mucho menores que los anteriores. De igual manera, se corrobora en la Figura 16 y Figura 17 que las losas nervadas tienen un mejor comportamiento a flexión, pues son más óptimas y que requieren menor sección transversal que losas macizas.



**Figura 16. Relación de resistencia a cortante de losas de estudio para relación de panel 1:3 y longitudes de 3 y 6 metros**



**Figura 17. Relación de resistencia a flexión de losas de estudio para relación de panel 1:3 y longitudes de 3 y 6 metros**

**4.1.2 Materiales.** En la siguiente tabla se muestran los valores de requerimientos estructurales por metro cuadrado de losa (concreto y acero de refuerzo) para relación de panel 1:1 con una luz de 3 y 6 metros y configuraciones de 1, 4 y 9 paneles.

**Tabla 68. Requerimientos estructurales de losas de estudio para relación de panel 1:1 y longitudes de 3 y 6 metros**

Dirección	N° Paneles	Tipo de losa	Longitudes de 3m			Longitudes de 6m		
			Sección	Materiales		Sección	Materiales	
				Concreto (m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> )	Acero (Kg/ m <sup>2</sup> )		Concreto (m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> )	Acero (Kg/ m <sup>2</sup> )
1D	1	Maciza	e = 20,0 cm	0,200	7,85	e = 43,4 cm	0,434	13,96
		Nervada	16 x 29,2 cm	0,097	8,26	16 x 49,8 cm	0,130	14,10
	4	Maciza	e = 14,8 cm	0,148	9,27	e = 31,4 cm	0,314	15,13
		Nervada	16 x 26,3 cm	0,092	9,73	16 x 45,3 cm	0,123	15,23
	9	Maciza	e = 16,0 cm	0,160	9,12	e = 34,0 cm	0,340	14,72
		Nervada	16 x 26,8 cm	0,093	10,03	16 x 46,1 cm	0,124	15,32
2D	1	Maciza	e = 13,4 cm	0,134	8,77	e = 28,1 cm	0,281	15,03
		Nervada	12 x 25,8 cm	0,105	10,02	16 x 42,2 cm	0,167	16,43
	4	Maciza	e = 10,8 cm	0,108	9,61	e = 22,6 cm	0,226	16,34
		Nervada	12 x 23,2 cm	0,099	11,18	16 x 36,4 cm	0,149	17,74
	9	Maciza	e = 11,0 cm	0,110	9,43	e = 22,8 cm	0,228	16,07
		Nervada	12 x 23,6 cm	0,100	11,36	16 x 36,9 cm	0,151	17,89

Para comprender mejor los resultados obtenidos de Tabla 68 se desarrollaron algunos escenarios cuyo análisis puede verse desde otra perspectiva, como se muestra en la Figura 18, quien representa mediante un gráfico de barras y líneas discontinuas, los requerimientos estructurales de acero de refuerzo y concreto por metro cuadrado de las losas de estudio para configuraciones de 1, 4 y 9 paneles, relación de panel 1:1 y longitud de panel medida de centro a centro de los apoyos igual a 3 y 6 metros.

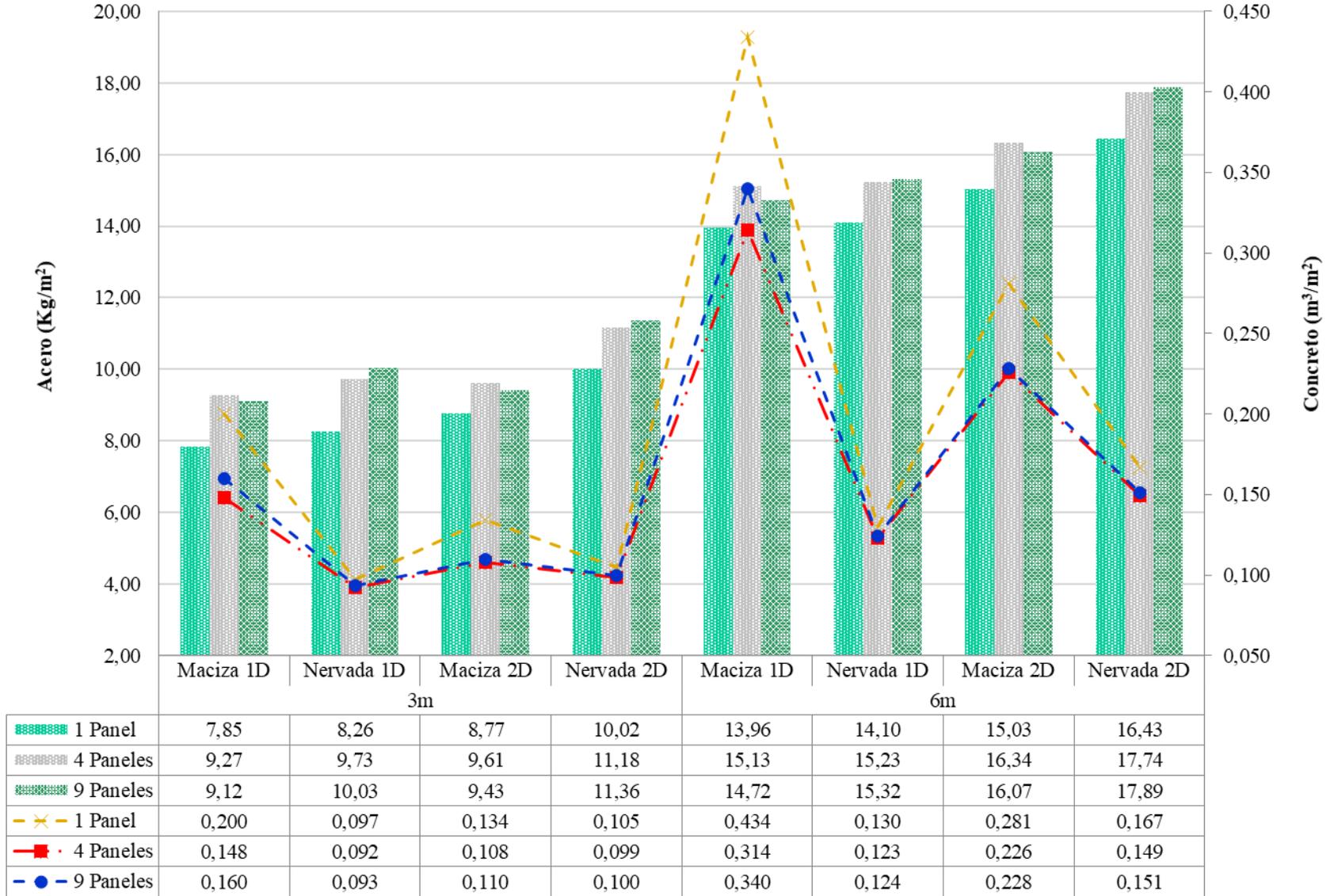


Figura 18. Requerimientos de concreto y acero de losas de estudio para relación de panel 1:1 y longitudes de 3 y 6 metros

De la figura anterior se puede observar las tendencias que existen según el tipo de losa (maciza y nervada) al aumentar la longitud de panel (3 y 6 metros). En primera instancia se observa el comportamiento al variar las configuraciones de losas de 1 a 9 paneles, donde la losa maciza en una dirección tiene un comportamiento similar a la de dos direcciones, esto se debe que el diseño de las losas macizas son más óptimos, debido a que las cuantías de acero requerido son muy cercanas o iguales al área de refuerzo dado en el diseño, en cambio para las losas nervadas este comportamiento cambia, en donde tienden a aumentar según sea su condición de apoyo (1, 4 y 9 paneles), además que los diseños de las losas nervadas en muchos casos son ligeramente sobre reforzado, debido a que el diseño de las mismas se ven limitadas a colocar áreas de refuerzo lo más cercano posible a las cuantías de acero requeridas por el análisis.

Para el caso de los volúmenes de concreto requerido por metro cuadrado de losa (líneas punteadas) existe una tendencia que se cumple en todos los modelos, en donde se puede ver con certeza que las losas con un extremo continuo (4 paneles), son las que requieren menor cantidad de concreto y las de 1 panel son las que mayores cantidades requiere. Hay que destacar que las losas nervadas requieren menor cantidad de concreto que las losas macizas, sin embargo, son las que requieren mayor cantidad de acero por metro cuadrado, es decir, la losa que requiere menor cantidad de concreto (menor sección o espesor de losa), es la que requiere mayor cantidad de acero necesario y viceversa.

De lo anterior se observa que la losa maciza de un panel en una dirección de 3 metros de longitud requiere el doble (206%) de volumen de concreto que la losa nervada para la misma configuración, sin embargo, debido a que la losa maciza requiere menor altura o espesor (20 cm) que la losa nervada (29,2 cm) para cumplir con la rigidez relativa de estudio, la primera tiene una sección transversal uniforme y del que no requieren de ningún tipo de aligerante o material

diferente al concreto para su funcionamiento, a comparación de la losa nervada, que utiliza unos casetones ya sean de icopor para este estudio, lo cual hace que requiera mucho menos concreto debido a su sección transversal. Para el caso de las losas en dos direcciones se ve una disminución, donde las losas macizas de longitudes de 3 metros requieren en promedio 1.15 veces más concreto que la losa nervada, sin embargo, estas últimas requieren en promedio 1.17 veces más cantidad de acero, para longitudes de 6 metros las losas macizas requieren 1.56 veces más concreto que las losas nervadas en dos direcciones, pero estas últimas requieren más acero de refuerzo (1.10 veces). De allí, también se observa que las losas nervadas en dos direcciones son las que requieren mayor acero de refuerzo por metro cuadrado, esto tiene sentido, ya que son las que poseen mejor resistencia a cortante pero poco óptimas, según se mencionó anteriormente, este tipo de losas requieren de estribos de confinamiento ya sea por construcción o por diseño, es decir, mayor cantidad de acero de refuerzo por metro cuadrado de losa.

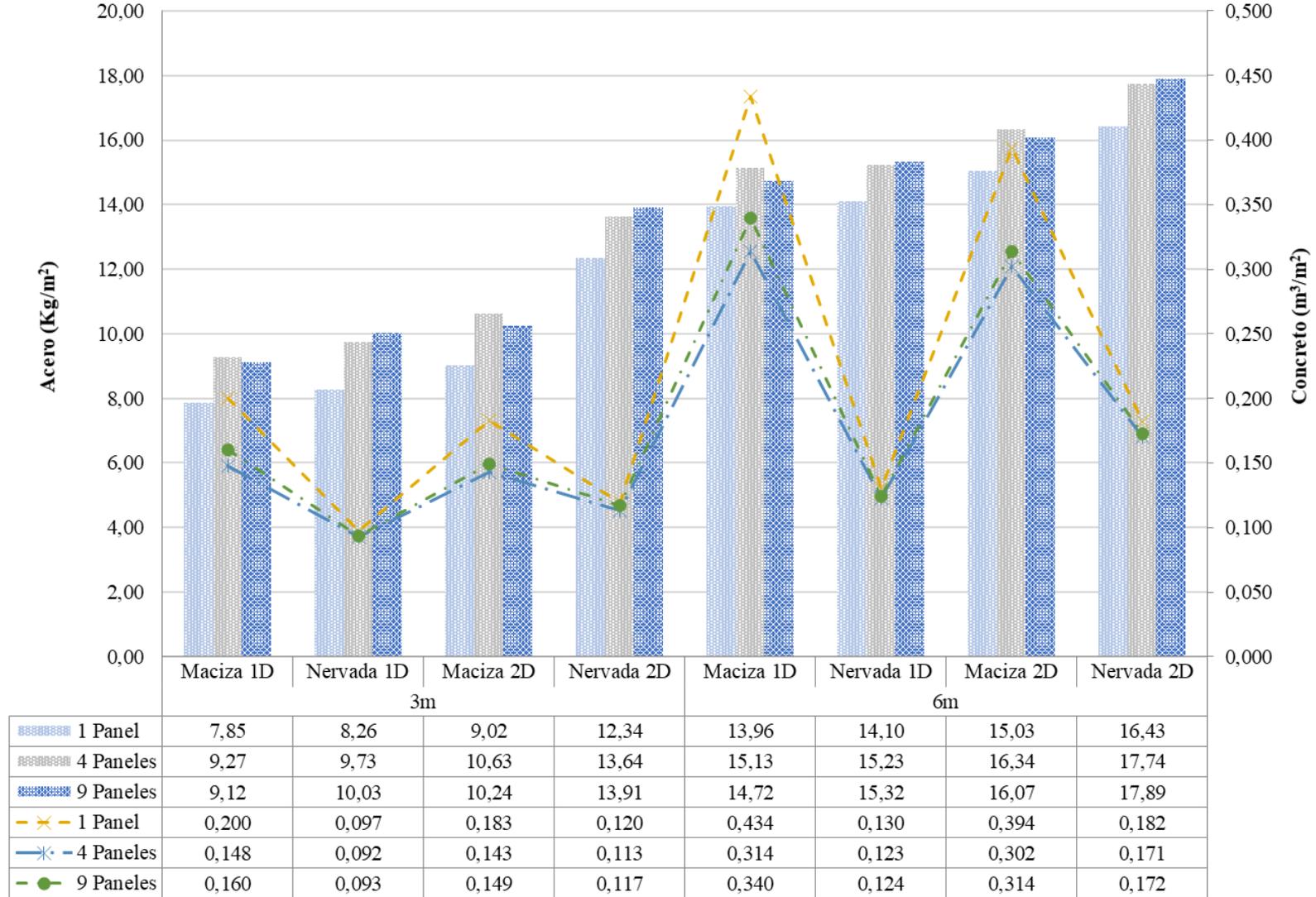
La Tabla 69 muestra los valores de los requerimientos estructurales de concreto y acero de refuerzo por metro cuadrado de las losas de estudio para relación de panel 1:2, con una luz medida de centro a centro de los apoyos de 3 y 6 metros, y configuraciones de losa de 1, 4 y 9 paneles. Asimismo, en la Figura 19 están representados todos los valores de la anterior tabla para evidenciar por medio de gráfico de barras y de líneas el comportamiento que existe en la variación de las configuraciones y del tipo de losa.

De la Tabla 69 se puede apreciar en la primera fila, que la losa maciza de 1 panel en una dirección es la losa que requiere mayor volumen de concreto y además es la más pesada para esta configuración de losa. Es de resaltar que este comportamiento se debe a que las losas macizas en una dirección deben de soportar mayores esfuerzos y consecuentemente requieran de una mayor sección transversal para cumplir con la rigidez relativa de estudio.

**Tabla 69. Requerimientos estructurales de losas de estudio para relación de panel 1:2 y longitudes de 3 y 6 metros**

Dirección	N° Paneles	Tipo de losa	Longitudes de 3m			Longitudes de 6m		
			Sección	Materiales		Sección	Materiales	
				Concreto (m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> )	Acero (Kg/ m <sup>2</sup> )		Concreto (m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> )	Acero (Kg/ m <sup>2</sup> )
1D	1	Maciza	e = 20,0 cm	0,200	7,85	e = 43,4 cm	0,434	13,96
		Nervada	16 x 29,2 cm	0,097	8,26	16 x 49,8 cm	0,130	14,10
	4	Maciza	e = 14,8 cm	0,148	9,27	e = 31,4 cm	0,314	15,13
		Nervada	16 x 26,3 cm	0,092	9,73	16 x 45,3 cm	0,123	15,23
	9	Maciza	e = 16,0 cm	0,160	9,12	e = 34,0 cm	0,340	14,72
		Nervada	16 x 26,8 cm	0,093	10,03	16 x 46,1 cm	0,124	15,32
2D	1	Maciza	e = 18,3 cm	0,183	9,02	e = 39,4 cm	0,394	15,87
		Nervada	12 x 32,5 cm	0,120	12,34	16 x 47,6 cm	0,182	16,92
	4	Maciza	e = 14,3 cm	0,143	10,63	e = 30,2 cm	0,302	16,47
		Nervada	12 x 29,6 cm	0,113	13,64	16 x 43,6 cm	0,171	17,71
	9	Maciza	e = 14,9 cm	0,149	10,24	e = 31,4 cm	0,314	15,96
		Nervada	12 x 31,2 cm	0,117	13,91	16 x 44,2 cm	0,172	17,97

La Figura 19 plantea mediante un gráfico de barras, los requerimientos estructurales de concreto y acero de refuerzo por metro cuadrado de las losas de estudio para configuraciones de 1, 4 y 9 paneles, relación de panel 1:2 y longitud de panel medida de centro a centro de los apoyos igual a 3 y 6 metros. De la figura se aprecia que las losas en una dirección requieren menor cantidad de acero de refuerzo por metro cuadrado que las losas en dos direcciones, sin embargo, estas últimas requieren menores espesores o alturas de losa, a pesar de que se evidencia que para esta relación de panel las losas tienden a distribuir los esfuerzos en la dirección más corta, y comportarse como losas en una dirección.



**Figura 19. Requerimientos de concreto y acero de losas de estudio para relación de panel 1:2 y longitudes de 3 y 6 metros**

Del gráfico anterior se observa la tendencia según el tipo de losa (maciza y nervada) al aumentar la longitud del panel (3m y 6m). En el primer caso, el comportamiento se observa al cambiar la configuración de las losas de 1 a 9 paneles, donde la losa maciza en una dirección tiene un comportamiento similar a la de las dos direcciones, debido a como se mencionó en el anterior análisis, el diseño de la losa maciza se aprovecha de todo su ancho útil para distribuir las barras de refuerzo nominales según las cuantías de acero por diseño, donde se juega con las separaciones entre las barras para suplir las solicitaciones dada. Para el caso de las losas nervadas es diferente, debido a que están conformadas por una serie de viguetas paralelas, donde su ancho útil es mucho menor que el de las losas macizas, además, que el diseño de las nervaduras está ligeramente sobre reforzado en muchos casos, ya que su diseño se limita a situar las combinaciones de barras de acero nominales en el mercado que cumplan lo más cerca posible de las cuantías requeridas por el análisis. De igual forma, para los volúmenes de concreto requerido por metro cuadrado de losa (línea discontinua), todos los modelos satisfacen una tendencia y se puede observar con certeza que las losas con extremos continuos (4 paneles) son las que requieren menor cantidad de concreto y las losas de 1 panel son las que requieren mayor cantidad.

La Tabla 70 muestra los valores de los requerimientos estructurales de concreto y acero de refuerzo por metro cuadrado de las losas de estudio para relación de panel 1:3, con una luz medida de centro a centro de los apoyos de 3 y 6 metros, y configuraciones de losa de 1, 4 y 9 paneles. Asimismo, en la Figura 20 están representados todos los valores de la anterior tabla para evidenciar por medio de gráfico de barras y de líneas el comportamiento que existe en la variación de las configuraciones y del tipo de losa.

**Tabla 70. Requerimientos estructurales de losas de estudio para relación de panel 1:3 y longitudes de 3 y 6 metros**

Dirección	N° Paneles	Tipo de losa	Longitudes de 3m			Longitudes de 6m		
			Sección	Materiales		Sección	Materiales	
				Concreto (m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> )	Acero (Kg/ m <sup>2</sup> )		Concreto (m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> )	Acero (Kg/ m <sup>2</sup> )
1D	1	Maciza	e = 20,0 cm	0,200	7,85	e = 43,4 cm	0,434	13,96
		Nervada	16 x 29,2 cm	0,097	8,26	16 x 49,8 cm	0,130	14,10
	4	Maciza	e = 14,8 cm	0,148	9,27	e = 31,4 cm	0,314	15,13
		Nervada	16 x 26,3 cm	0,092	9,73	16 x 45,3 cm	0,123	15,23
	9	Maciza	e = 16,0 cm	0,160	9,12	e = 34,0 cm	0,340	14,72
		Nervada	16 x 26,8 cm	0,093	10,03	16 x 46,1 cm	0,124	15,32
2D	1	Maciza	e = 19,7 cm	0,197	9,11	e = 42,1 cm	0,421	14,94
		Nervada	12 x 36,1 cm	0,128	12,74	16 x 49,2 cm	0,196	17,19
	4	Maciza	e = 14,6 cm	0,146	10,25	e = 31,0 cm	0,310	16,38
		Nervada	12 x 29,8 cm	0,114	13,59	16 x 43,9 cm	0,172	18,41
	9	Maciza	e = 15,6 cm	0,156	9,41	e = 33,4 cm	0,334	15,17
		Nervada	12 x 31,6 cm	0,118	13,76	16 x 44,9 cm	0,175	18,52

Para relaciones de panel 1:3, se aprecia que las losas dos direcciones tienen aproximadamente la misma altura o espesor que las losas en dos direcciones, esto se venía evidenciando para relaciones de panel 1:2, donde se explicó que las losas tanto en el análisis como en los requerimientos estructurales de concreto y acero tienden a comportarse como losas en una dirección, siendo mejor optar por diseñarlas en una dirección, donde se tendría que debatir que losa tiene una mejor relación costo-beneficio, pues las losas macizas requieren mucho más concreto que las nervadas y consecuentemente lo hace mucho más pesada, sin embargo, estas últimas requieren de mayor altura y cantidad de acero de refuerzo. La Figura 20 evidencia y corrobora estas tendencias mencionadas con anterioridad.

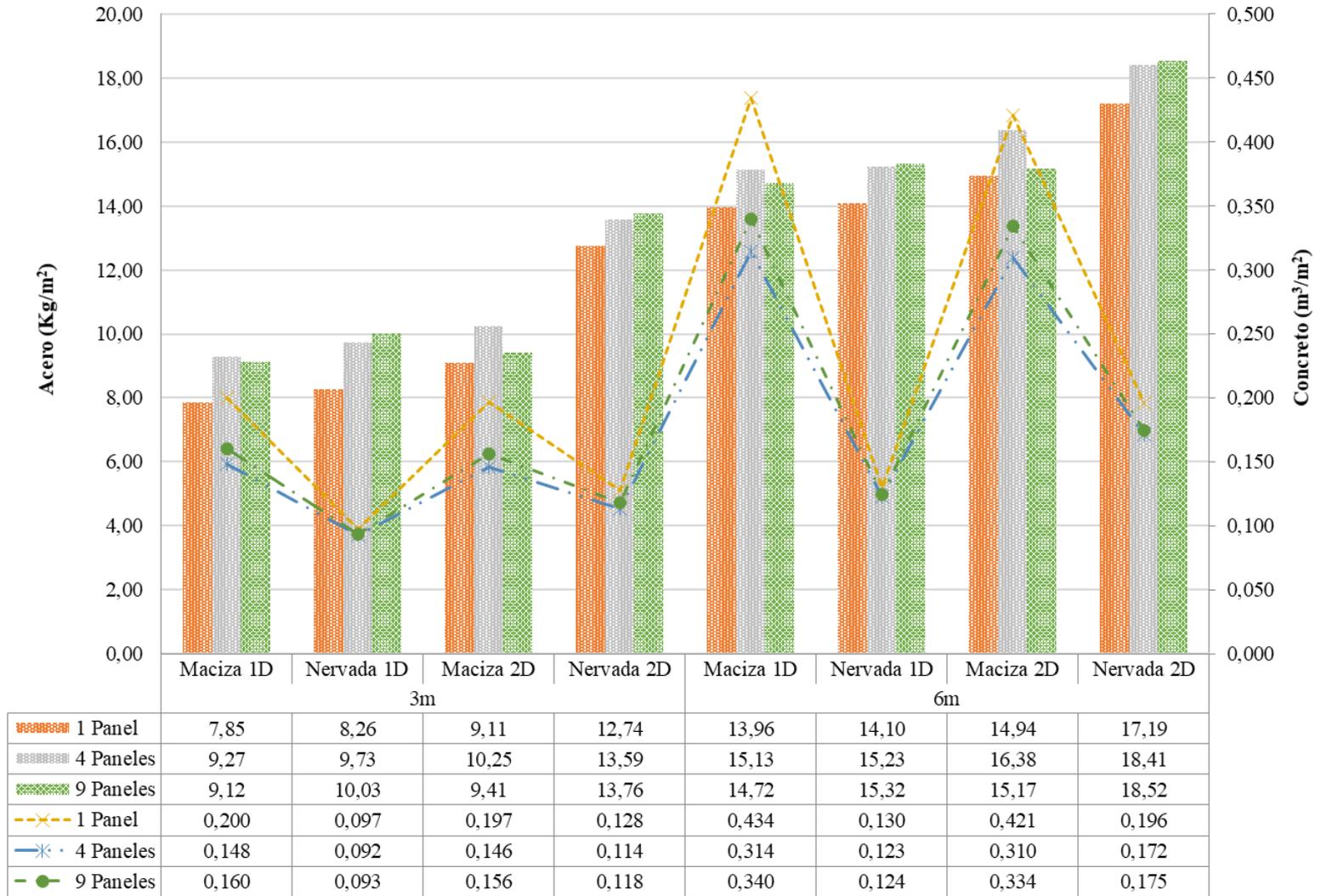


Figura 20. Requerimientos de concreto y acero de losas de estudio para relación de panel 1:3 y longitudes de 3 y 6 metros

Cabe destacar de la Figura 20 que las losas macizas en una dirección requieren de mayor sección transversal que las losas en dos direcciones, sin embargo para las losas nervadas esto no ocurre para ninguna de las relaciones de panel  $\beta$  ( 1, 2 y 3), donde las losas nervadas en una dirección a pesar de que requieren mayor altura de losa, estas requieren menores cantidades de concreto que las losas en dos direcciones, debido a que estas últimas tienen nervaduras en ambos sentidos pero permiten tener un beneficio en menores alturas o espesores de losa.

#### **4.2 Análisis de Costo de las Losas de Estudio**

En este ítem se detallan las memorias de cálculo para los respectivos análisis de precios unitarios por metro cuadrado de las distintas losas de estudio. El análisis realizado incluye materiales, mano de obra, rendimiento, herramientas y equipos. Es importante señalar que el aligerante utilizado como referencia en este proyecto fue el casetón de icopor para los sistemas que lo requieran, en este caso para las losas nervadas unidireccional y bidireccional. Para calcular el volumen de concreto, simplemente se aisló un metro cuadrado de losa y se calculó el volumen para sus dimensiones e igualmente para las cantidades de acero necesarias se calculó el requerido para todo el sistema y se dividió por el área total de la losa, con el fin de establecer valores por metro cuadrado. Cabe resaltar que se aplicaron precios con base en el análisis de mercado regional realizado por el municipio de Villa del Rosario, el cual es utilizado en la realización de presupuestos de obra pública con vigencia 2021-2022, los cuales se extrajeron y se encuentran especificados dentro de la metodología de este proyecto.

La Tabla 71 presenta los análisis de precios unitarios de mano de obra para los dos sistemas de entrepiso estudiados, en ella se establece una cuadrilla de 1 oficial y 2 ayudantes, con un rendimiento de  $3\text{m}^2$  de losa por día para las losas macizas y  $2.8\text{m}^2$  para las losas nervadas, dentro de

este valor incluye el corte, figurado y armado de acero de refuerzo, así como también la preparación de la formaleta y vaciado del concreto para m<sup>2</sup> de losa.

**Tabla 71. APU mano de obra de losas de estudio**

<b>Losa Maciza</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Valor Dia</b>	<b>Rend.Uni/Dia</b>	<b>V/Total</b>
Cuadrilla # 2 (1 Oficial + 2 Ayudantes)	\$307.353,00	3,00	\$102.451,00
<b>Total \$</b>			\$102.451,00
<b>Losa Nervada</b>			
Cuadrilla # 2 (1 Oficial + 2 Ayudantes)	\$307.353,00	2,80	\$109.768,93
<b>Total \$</b>			\$109.768,93

De igual forma, la Tabla 72 muestra los respectivos análisis de precios unitarios de las herramientas y equipos para ambos sistemas de entrepisos, se destaca que para losas macizas el porcentaje de herramienta menor es del 5% de la mano de obra y para losas nervadas del 10%, esto se debe principalmente a que la construcción de estas últimas conlleva a utilizar mayor herramienta de trabajo.

**Tabla 72. APU herramientas y equipos de losas de estudio**

<b>Losa Maciza</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Valor Dia</b>	<b>Rend.Uni/Dia</b>	<b>V/Total</b>
Herramienta Menor 5 % M.O.	\$102.451,00	5,00%	\$5.123,00
Vibrador (Gas/Eléctrico)	\$59.500,00	40,00	\$1.487,50
Formaleta Metálica/Madera	\$450,00	0,10	\$4.500,00
Paral Metálico	\$170,00	0,04	\$3.953,49
Pluma Grúa Eléctrica	\$60.000,00	50,00	\$1.200,00
Cercha Metálica	\$120,00	0,10	\$1.200,00
Sección de Andamios con Tablones	\$2.150,00	1,20	\$1.791,67
<b>Total \$</b>			\$19.255,66
<b>Losa Nervada</b>			
Herramienta Menor 10 % M.O.	\$109.768,93	10,00%	\$10.977,00
Vibrador (Gas/Eléctrico)	\$59.500,00	40,00	\$1.487,50
Formaleta Metálica/Madera	\$450,00	0,10	\$4.500,00
Paral Metálico	\$170,00	0,04	\$3.953,49
Pluma Grúa Eléctrica	\$60.000,00	50,00	\$1.200,00
Cercha Metálica	\$120,00	0,10	\$1.200,00
Sección de Andamios con Tablones	\$2.150,00	1,20	\$1.791,67
<b>Total \$</b>			\$25.109,66

La Tabla 73 muestra los análisis de precios unitarios de materiales para la losa maciza en una dirección de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:1 y longitud de panel de 3m. Dentro del análisis se contempla las distintas cantidades de los requerimientos estructurales de concreto y acero de refuerzo para m<sup>2</sup> de losa de estudio.

**Tabla 73. APU materiales losa maciza 1D - 3m x 3m**

<b>1 Panel</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V/Unitario</b>	<b>V/Total</b>
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,200	\$381.910,00	\$76.382,00
Acero de Refuerzo	kg	7,85	\$8.226,00	\$64.574,10
			<b>Total \$</b>	<b>\$140.956,10</b>
<b>4 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,148	\$381.910,00	\$56.522,68
Acero de Refuerzo	kg	9,27	\$8.226,00	\$76.255,02
			<b>Total \$</b>	<b>\$132.777,70</b>
<b>9 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,160	\$381.910,00	\$61.105,60
Acero de Refuerzo	kg	9,12	\$8.226,00	\$75.021,12
			<b>Total \$</b>	<b>\$136.126,72</b>

La Tabla 74 muestra los análisis de precios unitarios de materiales para la losa nervada en una dirección de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:1 y longitud de panel de 3m. Dentro del análisis se contempla las distintas cantidades de los requerimientos estructurales de concreto, acero de refuerzo y aligerante utilizado para m<sup>2</sup> de losa de estudio.

**Tabla 74. APU materiales losa nervada 1D - 3m x 3m**

<b>APU materiales losa nervada 1D - 3m x 3m</b>				
<b>1 Panel</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V/Unitario</b>	<b>V/Total</b>
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,097	\$381.910,00	\$37.091,10
Acero de Refuerzo	kg	8,26	\$8.226,00	\$67.946,76
Casetón Icopor	Und	1,00	\$60.000,00	\$60.000,00
			<b>Total \$</b>	<b>\$165.037,86</b>
<b>4 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,092	\$381.910,00	\$35.319,04
Acero de Refuerzo	kg	9,73	\$8.226,00	\$80.038,98
Casetón Icopor	Und	1,00	\$60.000,00	\$60.000,00
			<b>Total \$</b>	<b>\$175.358,02</b>

<b>APU materiales losa nervada 1D - 3m x 3m</b>				
<b>9 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,093	\$381.910,00	\$35.624,56
Acero de Refuerzo	kg	10,03	\$8.226,00	\$82.506,78
Casetón Icopor	Und	1,00	\$60.000,00	\$60.000,00
			<b>Total \$</b>	<b>\$178.131,34</b>

La Tabla 75 muestra los análisis de precios unitarios de materiales para la losa maciza en una dirección de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:1 y longitud de panel de 6m. Dentro del análisis se contempla las distintas cantidades de los requerimientos estructurales de concreto y acero de refuerzo para m<sup>2</sup> de losa de estudio.

**Tabla 75. APU materiales losa maciza 1D 6m x 6m**

<b>1 Panel</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V/Unitario</b>	<b>V/Total</b>
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,434	\$381.910,00	\$165.748,94
Acero de Refuerzo	kg	13,96	\$8.226,00	\$114.834,96
			<b>Total \$</b>	<b>\$280.583,90</b>
<b>4 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,314	\$381.910,00	\$119.919,74
Acero de Refuerzo	kg	15,13	\$8.226,00	\$124.459,38
			<b>Total \$</b>	<b>\$244.379,12</b>
<b>9 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,340	\$381.910,00	\$129.849,40
Acero de Refuerzo	kg	14,72	\$8.226,00	\$121.086,72
			<b>Total \$</b>	<b>\$250.936,12</b>

La Tabla 75 muestra los análisis de precios unitarios de materiales para la losa nervada en una dirección de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:1 y longitud de panel de 6m. Dentro del análisis se contempla las distintas cantidades de los requerimientos estructurales de concreto, acero de refuerzo y aligerante utilizado para m<sup>2</sup> de losa de estudio.

**Tabla 76. APU materiales losa nervada 1D - 6m x 6m**

<b>1 Panel</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V/Unitario</b>	<b>V/Total</b>
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,130	\$381.910,00	\$49.678,85
Acero de Refuerzo	kg	14,10	\$8.226,00	\$115.986,60
Casetón Icopor	Und	1,00	\$60.000,00	\$60.000,00
			<b>Total \$</b>	<b>\$225.665,45</b>
<b>4 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,123	\$381.910,00	\$45.829,20
Acero de Refuerzo	kg	15,23	\$8.226,00	\$125.281,98
Casetón Icopor	Und	1,00	\$60.000,00	\$60.000,00
			<b>Total \$</b>	<b>\$231.111,18</b>
<b>9 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,124	\$381.910,00	\$47.417,95
Acero de Refuerzo	kg	15,32	\$8.226,00	\$126.022,32
Casetón Icopor	Und	1,00	\$60.000,00	\$60.000,00
			<b>Total \$</b>	<b>\$233.440,27</b>

La Tabla 77 muestra los análisis de precios unitarios de materiales para la losa maciza en dos direcciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:1 y longitud de panel de 3m. Dentro del análisis se contempla las distintas cantidades de los requerimientos estructurales de concreto y acero de refuerzo para m<sup>2</sup> de losa de estudio.

**Tabla 77. APU materiales losa maciza 2D - 3m x 3m**

<b>1 Panel</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V/Unitario</b>	<b>V/Total</b>
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,134	\$381.910,00	\$51.175,94
Acero de Refuerzo	kg	8,77	\$8.226,00	\$72.142,02
			<b>Total \$</b>	<b>\$123.317,96</b>
<b>4 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,108	\$381.910,00	\$41.246,28
Acero de Refuerzo	kg	9,61	\$8.226,00	\$79.051,86
			<b>Total \$</b>	<b>\$120.298,14</b>
<b>Materiales</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,110	\$381.910,00	\$42.010,10
Acero de Refuerzo	kg	9,43	\$8.226,00	\$77.571,18
			<b>Total \$</b>	<b>\$119.581,28</b>

La Tabla 78 muestra los análisis de precios unitarios de materiales para la losa nervada en dos direcciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:1 y longitud de panel de 3m. Dentro del análisis se contempla las distintas cantidades de los requerimientos estructurales de concreto, acero de refuerzo y aligerante utilizado para m<sup>2</sup> de losa de estudio.

**Tabla 78. APU materiales losa nervada 2D - 3m x 3m**

<b>1 Panel</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V/Unitario</b>	<b>V/Total</b>
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,105	\$381.910,00	\$39.974,06
Acero de Refuerzo	kg	10,02	\$8.226,00	\$82.424,52
Casetón Icopor	Und	1,00	\$60.000,00	\$60.000,00
			<b>Total \$</b>	<b>\$182.398,58</b>
<b>4 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,099	\$381.910,00	\$37.733,93
Acero de Refuerzo	kg	11,18	\$8.226,00	\$91.966,68
Casetón Icopor	Und	1,00	\$60.000,00	\$60.000,00
			<b>Total \$</b>	<b>\$189.700,61</b>
<b>9 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,100	\$381.910,00	\$38.078,57
Acero de Refuerzo	kg	11,36	\$8.226,00	\$93.447,36
Casetón Icopor	Und	1,00	\$60.000,00	\$60.000,00
			<b>Total \$</b>	<b>\$191.525,93</b>

La Tabla 79 muestra los análisis de precios unitarios de materiales para la losa maciza en dos direcciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:2 y longitud de panel de 3m. Dentro del análisis se contempla las distintas cantidades de los requerimientos estructurales de concreto y acero de refuerzo para m<sup>2</sup> de losa de estudio.

**Tabla 79. APU materiales losa maciza 2D - 3m x 6m**

<b>1 Panel</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V/Unitario</b>	<b>V/Total</b>
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,183	\$381.910,00	69.889,530
Acero de Refuerzo	kg	9,02	\$8.226,00	74.198,52
			<b>Total \$</b>	<b>\$144.088,05</b>
<b>4 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,143	\$381.910,00	\$54.613,13
Acero de Refuerzo	kg	10,63	\$8.226,00	\$87.442,38
			<b>Total \$</b>	<b>\$142.055,51</b>
<b>9 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,149	\$381.910,00	\$56.904,59
Acero de Refuerzo	kg	10,24	\$8.226,00	\$84.234,24
			<b>Total \$</b>	<b>\$141.138,83</b>

La Tabla 80 muestra los análisis de precios unitarios de materiales para la losa nervada en dos direcciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:2 y longitud de panel de 3m. Dentro del análisis se contempla las distintas cantidades de los requerimientos estructurales de concreto, acero de refuerzo y aligerante utilizado para m<sup>2</sup> de losa de estudio.

**Tabla 80. APU materiales losa nervada 2D - 3m x 6m**

<b>1 Panel</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V/Unitario</b>	<b>V/Total</b>
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,120	\$381.910,00	\$45.746,71
Acero de Refuerzo	kg	12,34	\$8.226,00	\$101.508,84
Casetón Icopor	Und	1,00	\$60.000,00	\$60.000,00
			<b>Total \$</b>	<b>\$207.255,55</b>
<b>4 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,113	\$381.910,00	\$43.248,10
Acero de Refuerzo	kg	13,64	\$8.226,00	\$112.202,64
Casetón Icopor	Und	1,00	\$60.000,00	\$60.000,00
			<b>Total \$</b>	<b>\$215.450,74</b>
<b>9 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,117	\$381.910,00	\$44.626,64
Acero de Refuerzo	kg	13,91	\$8.226,00	\$114.423,66
Casetón Icopor	Und	1,00	\$60.000,00	\$60.000,00
			<b>Total \$</b>	<b>\$219.050,30</b>

La Tabla 81 muestra los análisis de precios unitarios de materiales para la losa maciza en dos direcciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:3 y longitud de panel de 3m. Dentro del análisis se contempla las distintas cantidades de los requerimientos estructurales de concreto y acero de refuerzo para m<sup>2</sup> de losa de estudio.

**Tabla 81. APU materiales losa maciza 2D - 3m x 9m**

<b>1 Panel</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V/Unitario</b>	<b>V/Total</b>
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,197	\$381.910,00	\$75.236,27
Acero de Refuerzo	kg	9,11	\$8.226,00	\$74.938,86
			<b>Total \$</b>	<b>\$150.175,13</b>
<b>4 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,146	\$381.910,00	\$55.758,86
Acero de Refuerzo	kg	10,25	\$8.226,00	\$84.316,50
			<b>Total \$</b>	<b>\$140.075,36</b>
<b>9 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,156	\$381.910,00	\$59.577,96
Acero de Refuerzo	kg	9,41	\$8.226,00	\$77.406,66
			<b>Total \$</b>	<b>\$136.984,62</b>

La Tabla 82 muestra los análisis de precios unitarios de materiales para la losa nervada en dos direcciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:3 y longitud de panel de 3m. Dentro del análisis se contempla las distintas cantidades de los requerimientos estructurales de concreto, acero de refuerzo y aligerante utilizado para m<sup>2</sup> de losa de estudio.

**Tabla 82. APU materiales losa nervada 2D - 3m x 9m**

<b>APU materiales losa nervada 2D - 3m x 9m</b>				
<b>1 Panel</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V/Unitario</b>	<b>V/Total</b>
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,128	\$381.910,00	\$48.848,43
Acero de Refuerzo	kg	12,74	\$8.226,00	\$104.799,24
Casetón Icopor	Und	1,00	\$60.000,00	\$60.000,00
			<b>Total \$</b>	<b>\$213.647,67</b>
<b>4 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,114	\$381.910,00	\$43.420,42
Acero de Refuerzo	kg	13,59	\$8.226,00	\$111.791,34
Casetón Icopor	Und	1,00	\$60.000,00	\$60.000,00

<b>APU materiales losa nervada 2D - 3m x 9m</b>					
				<b>Total \$</b>	\$215.211,76
<b>9 Paneles</b>					
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,118	\$381.910,00	\$44.971,28	
Acero de Refuerzo	kg	13,76	\$8.226,00	\$113.189,76	
Casetón Icopor	Und	1,00	\$60.000,00	\$60.000,00	
<b>Total \$</b>				\$218.161,04	

La Tabla 83 muestra los análisis de precios unitarios de materiales para la losa maciza en dos direcciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:1 y longitud de panel de 6m. Dentro del análisis se contempla las distintas cantidades de los requerimientos estructurales de concreto y acero de refuerzo para m<sup>2</sup> de losa de estudio.

**Tabla 83. APU materiales losa maciza 2D - 6m x 6m**

<b>1 Panel</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V/Unitario</b>	<b>V/Total</b>
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,281	\$381.910,00	\$ 107.316,71
Acero de Refuerzo	kg	15,03	\$8.226,00	\$ 123.636,78
<b>Total \$</b>				\$230.953,49
<b>4 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,226	\$381.910,00	86.311,660
Acero de Refuerzo	kg	16,34	\$8.226,00	134.412,84
<b>Total \$</b>				\$220.724,50
<b>9 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,228	\$381.910,00	\$ 87.075,48
Acero de Refuerzo	kg	16,07	\$8.226,00	\$ 132.191,82
<b>Total \$</b>				\$219.267,30

La Tabla 84 muestra los análisis de precios unitarios de materiales para la losa nervada en dos direcciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:1 y longitud de panel de 6m. Dentro del análisis se contempla las distintas cantidades de los requerimientos estructurales de concreto, acero de refuerzo y aligerante utilizado para m<sup>2</sup> de losa de estudio.

**Tabla 84. APU materiales losa nervada 2D - 6m x 6m**

<b>1 Panel</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V/Unitario</b>	<b>V/Total</b>
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,167	\$381.910,00	\$ 63.615,82
Acero de Refuerzo	kg	16,43	\$8.226,00	\$ 135.153,18
Casetón Icopor	Und	1,00	\$60.000,00	\$ 60.000,00
			<b>Total \$</b>	<b>\$258.769,00</b>
<b>4 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,149	\$381.910,00	\$ 57.094,63
Acero de Refuerzo	kg	17,74	\$8.226,00	\$ 145.929,24
Casetón Icopor	Und	1,00	\$60.000,00	\$ 60.000,00
			<b>Total \$</b>	<b>\$263.023,87</b>
<b>9 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,151	\$381.910,00	\$ 57.656,80
Acero de Refuerzo	kg	17,89	\$8.226,00	\$ 147.163,14
Casetón Icopor	Und	1,00	\$60.000,00	\$ 60.000,00
			<b>Total \$</b>	<b>\$264.819,94</b>

La Tabla 85 muestra los análisis de precios unitarios de materiales para la losa maciza en dos direcciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:2 y longitud de panel de 6m. Dentro del análisis se contempla las distintas cantidades de los requerimientos estructurales de concreto y acero de refuerzo para m<sup>2</sup> de losa de estudio.

**Tabla 85. APU materiales losa maciza 2D - 6m x 12m**

<b>1 Panel</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V/Unitario</b>	<b>V/Total</b>
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,394	\$381.910,00	\$ 150.472,54
Acero de Refuerzo	kg	15,87	\$8.226,00	\$ 130.546,62
			<b>Total \$</b>	<b>\$290.396,80</b>
<b>4 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,302	\$381.910,00	\$115.336,82
Acero de Refuerzo	kg	16,47	\$8.226,00	\$135.482,22
			<b>Total \$</b>	<b>\$250.819,04</b>
<b>9 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,314	\$381.910,00	\$ 118.392,10
Acero de Refuerzo	kg	15,96	\$8.226,00	\$ 131.286,96
			<b>Total \$</b>	<b>\$249.679,06</b>

La Tabla 86 muestra los análisis de precios unitarios de materiales para la losa nervada en dos direcciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:2 y longitud de panel de 6m. Dentro

del análisis se contempla las distintas cantidades de los requerimientos estructurales de concreto, acero de refuerzo y aligerante utilizado para  $m^2$  de losa de estudio.

**Tabla 86. APU materiales losa nervada 2D - 6m x 12m**

<b>1 Panel</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V/Unitario</b>	<b>V/Total</b>
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,182	\$381.910,00	\$ 69.687,27
Acero de Refuerzo	kg	16,92	\$8.226,00	\$ 139.183,92
Casetón Icopor	Und	1,00	\$60.000,00	\$ 60.000,00
			<b>Total \$</b>	<b>\$268.871,19</b>
<b>4 Panel</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,171	\$381.910,00	\$ 65.189,90
Acero de Refuerzo	kg	17,71	\$8.226,00	\$ 145.682,46
Casetón Icopor	Und	1,00	\$60.000,00	\$ 60.000,00
			<b>Total \$</b>	<b>\$270.872,36</b>
<b>9 Panel</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,172	\$381.910,00	\$ 65.864,50
Acero de Refuerzo	kg	17,97	\$8.226,00	\$ 147.821,22
Casetón Icopor	Und	1,00	\$60.000,00	\$ 60.000,00
			<b>Total \$</b>	<b>\$273.685,72</b>

La Tabla 87 muestra los análisis de precios unitarios de materiales para la losa maciza en dos direcciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:3 y longitud de panel de 6m. Dentro del análisis se contempla las distintas cantidades de los requerimientos estructurales de concreto y acero de refuerzo para  $m^2$  de losa de estudio.

**Tabla 87. APU materiales losa maciza 2D - 6m x 18m**

<b>APU materiales losa maciza 2D - 6m x 18m</b>				
<b>1 Panel</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V/Unitario</b>	<b>V/Total</b>
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,421	\$381.910,00	\$ 160.784,11
Acero de Refuerzo	kg	14,94	\$8.226,00	\$ 122.896,44
			<b>Total \$</b>	<b>\$283.680,55</b>
<b>4 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,310	\$381.910,00	\$118.392,10
Acero de Refuerzo	kg	16,38	\$8.226,00	\$134.741,88
			<b>Total \$</b>	<b>\$253.133,98</b>
<b>9 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,334	\$381.910,00	\$ 126.030,30
Acero de Refuerzo	kg	15,17	\$8.226,00	\$ 124.788,42
			<b>Total \$</b>	<b>\$250.818,72</b>

La Tabla 88 muestra los análisis de precios unitarios de materiales para la losa nervada en dos direcciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:3 y longitud de panel de 6m. Dentro del análisis se contempla las distintas cantidades de los requerimientos estructurales de concreto, acero de refuerzo y aligerante utilizado para m<sup>2</sup> de losa de estudio.

**Tabla 88. APU materiales losa nervada 2D - 6m x 18m**

<b>APU materiales losa nervada 2D - 6m x 18m</b>				
<b>1 Panel</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V/Unitario</b>	<b>V/Total</b>
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,196	\$381.910,00	\$ 74.746,81
Acero de Refuerzo	kg	17,19	\$8.226,00	\$ 141.404,94
Casetón Icopor	Und	1,00	\$60.000,00	\$ 60.000,00
			<b>Total \$</b>	<b>\$276.151,75</b>
<b>4 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,172	\$381.910,00	\$ 65.527,20
Acero de Refuerzo	kg	18,41	\$8.226,00	\$ 151.440,66
Casetón Icopor	Und	1,00	\$60.000,00	\$ 60.000,00
			<b>Total \$</b>	<b>\$276.967,86</b>
<b>9 Paneles</b>				
Concreto 21 MPa (3000 PSI)	m <sup>3</sup>	0,175	\$381.910,00	\$ 66.651,54
Acero de Refuerzo	kg	18,52	\$8.226,00	\$ 152.345,52
Casetón Icopor	Und	1,00	\$60.000,00	\$ 60.000,00
			<b>Total \$</b>	<b>\$278.997,06</b>

**4.2.1 Costo directo por metro cuadrado de losa.** La Tabla 89 muestra los valores de costo directo y peso propio por m<sup>2</sup> de losa para relación de panel 1:1 con una longitud de panel medida de centro a centro de los apoyos de 3 y 6 metros y configuraciones de 1, 4 y 9 paneles. Dentro del costo directo incluye materiales, mano de obra, herramientas y equipos.

**Tabla 89. Costo directo y peso propio de losas de estudio para relación de panel 1:1 y longitudes de 3 y 6 metros**

Dirección	N° Paneles	Tipo de losa	Longitudes de 3m			Longitudes de 6m		
			Sección	Relación Costo-Beneficio		Sección	Relación Costo-Beneficio	
				Costo Directo (m <sup>2</sup> )	Peso Propio (Kg/m <sup>2</sup> )		Costo Directo (m <sup>2</sup> )	Peso Propio (Kg/m <sup>2</sup> )
1D	1	Maciza	e = 20,0 cm	\$262.663	487,85	e = 43,4 cm	\$402.291	1055,56
		Nervada	16 x 29,2 cm	\$299.916	241,35	16 x 49,8 cm	\$360.544	326,29
	4	Maciza	e = 14,8 cm	\$254.484	364,47	e = 31,4 cm	\$366.086	768,73
		Nervada	16 x 26,3 cm	\$310.237	231,68	16 x 45,3 cm	\$365.990	310,14
	9	Maciza	e = 16,0 cm	\$257.833	393,12	e = 34,0 cm	\$372.643	830,72
		Nervada	16 x 26,8 cm	\$313.010	233,90	16 x 46,1 cm	\$368.319	313,30
2D	1	Maciza	e = 13,4 cm	\$245.025	330,37	e = 28,1 cm	\$352.660	689,43
		Nervada	12 x 25,8 cm	\$317.277	261,23	16 x 42,2 cm	\$393.648	416,20
	4	Maciza	e = 10,8 cm	\$242.005	268,81	e = 22,6 cm	\$342.431	558,74
		Nervada	12 x 23,2 cm	\$324.579	248,31	16 x 36,4 cm	\$397.902	376,53
	9	Maciza	e = 11,0 cm	\$241.288	273,43	e = 22,8 cm	\$340.974	563,27
		Nervada	12 x 23,6 cm	\$326.405	250,65	16 x 36,9 cm	\$399.699	380,22

Con el propósito de comprender mejor los resultados de la tabla anterior, se realizaron unos esquemas donde se puede observar desde otra perspectiva, es por esto, que la Figura 21 muestra los valores de costo directo y peso propio por metro cuadrado de losa para relación de panel 1:1 con una longitud de panel de 3 y 6 metros y configuraciones de 1, 4 y 9 paneles.

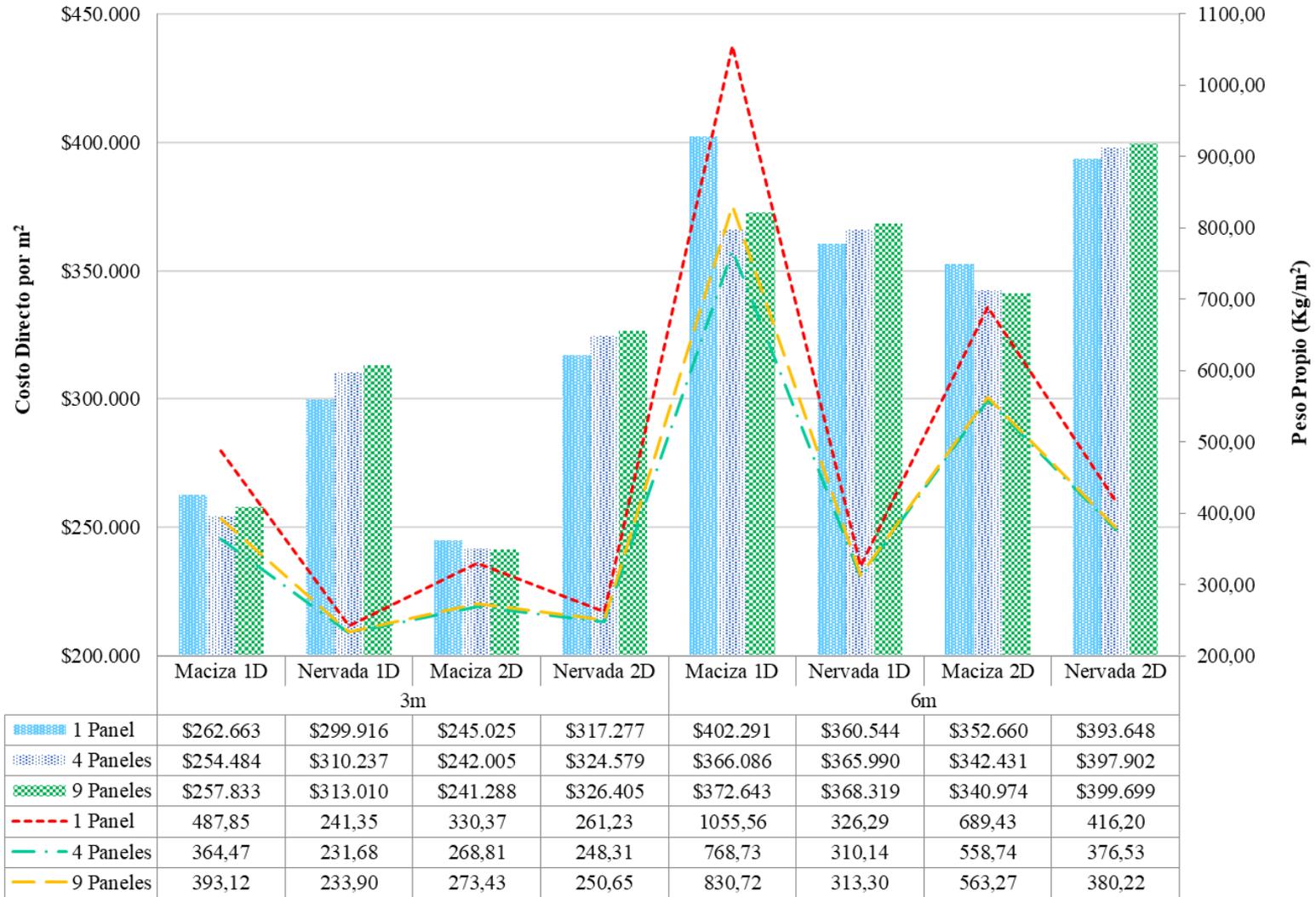


Figura 21. Relación costo-beneficio de losas de estudio para relación de panel 1:1 y longitudes de 3 y 6 metros

De la Figura 21, el primer análisis que se puede observar, es la relación que existe entre el número de paneles a implementar (1 panel - simplemente apoyado, 4 paneles - un extremo continuo y 9 paneles - ambos extremos continuos) y el costo asociado de la losa maciza y nervada en una y dos direcciones, donde si observamos con detenimiento podemos apreciar que las losas macizas para esta configuración geométrica y longitud de panel de 3 metros son menos costosas que las losas nervadas, sin embargo, el beneficio de estas últimas es que son mucho menos pesadas, debido a que las losas nervadas usan unos casetones o aligerantes que reemplazan gran parte del material de concreto, por el contrario, las losas macizas no requieren de ningún tipo de material diferente al concreto y acero para su funcionamiento. De igual forma, para longitudes de panel de 6 metros, se puede observar que esta tendencia no se cumple, porque las losas macizas en una dirección son relativamente más costosas que las losas nervadas en una dirección, sin embargo, para losas en dos direcciones, las losas macizas para esta longitud son menos costosa que la nervada en dos direcciones. Resaltar que a pesar que en términos de costos las losas macizas en dos direcciones son las de menor costo para longitudes de 3 a 6 metros para relación de panel 1:1, se puede apreciar que las losas nervadas en dos direcciones son mucho menos pesadas, donde para longitudes de 3 metros son 12.89% menos pesadas y para longitudes de 6 metros son 35.25% menos pesadas, es decir, que para las longitudes mayores o iguales a 6 metros, el beneficio en cuanto al peso es un poco más de  $\frac{1}{3}$  de todo el sistema. Ahora bien, para losas nervadas en una dirección el beneficio es aún mayor, pues para longitudes de 3 y 6 metros son 18.99% y 47.68% menos pesadas, lo que supondría un beneficio en términos de respuesta estructural, donde permitiría menores requerimientos a los sistemas estructurales que soportan estas losas, es decir, menores dimensiones de los elementos estructurales principales como lo son las vigas, muros y columnas, y consecuentemente reducción en el costo de la cimentación, después de un análisis más preciso.

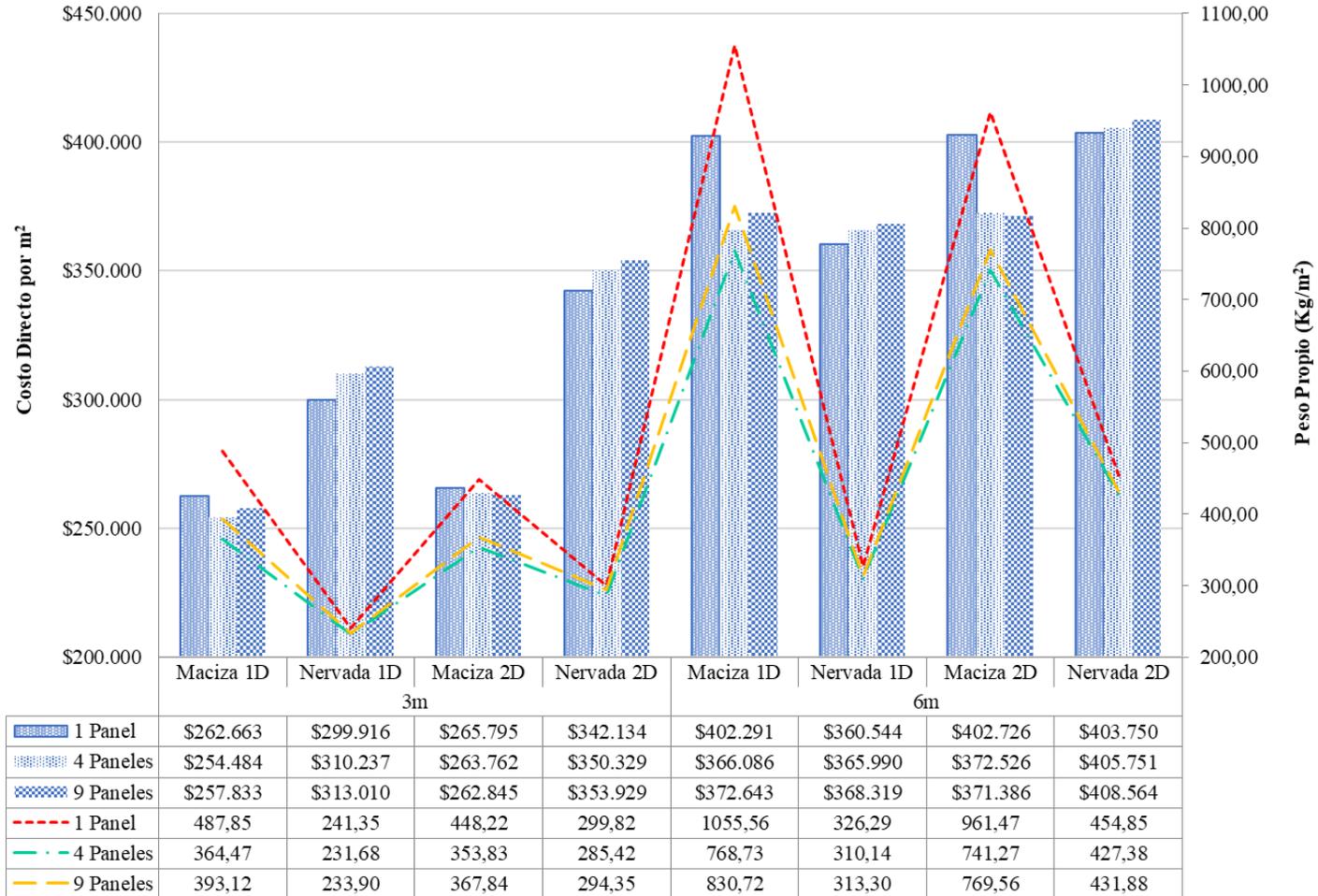
De igual forma, la Tabla 90 muestra los valores de costo directo y peso propio por m<sup>2</sup> de losa para relación de panel 1:2 con una longitud de panel medida de centro a centro de los apoyos de 3 y 6 metros y configuraciones de 1, 4 y 9 paneles. Dentro del costo directo incluye materiales, mano de obra, herramientas y equipos.

**Tabla 90. Costo directo y peso propio de losas de estudio para relación de panel 1:2 y longitudes de 3 y 6 metros**

Dirección	N° Paneles	Tipo de losa	Longitudes de 3m			Longitudes de 6m		
			Sección	Relación Costo-Beneficio		Sección	Relación Costo-Beneficio	
				Costo Directo (m <sup>2</sup> )	Peso Propio (Kg/m <sup>2</sup> )		Costo Directo (m <sup>2</sup> )	Peso Propio (Kg/m <sup>2</sup> )
1D	1	Maciza	e = 20,0 cm	\$262.663	487,85	e = 43,4 cm	\$402.291	1055,56
		Nervada	16 x 29,2 cm	\$299.916	241,35	16 x 49,8 cm	\$360.544	326,29
	4	Maciza	e = 14,8 cm	\$254.484	364,47	e = 31,4 cm	\$366.086	768,73
		Nervada	16 x 26,3 cm	\$310.237	231,68	16 x 45,3 cm	\$365.990	310,14
	9	Maciza	e = 16,0 cm	\$257.833	393,12	e = 34,0 cm	\$372.643	830,72
		Nervada	16 x 26,8 cm	\$313.010	233,90	16 x 46,1 cm	\$368.319	313,30
2D	1	Maciza	e = 18,3 cm	\$265.795	448,22	e = 39,4 cm	\$402.726	961,47
		Nervada	12 x 32,5 cm	\$342.134	299,82	16 x 47,6 cm	\$403.750	454,85
	4	Maciza	e = 14,3 cm	\$263.762	353,83	e = 30,2 cm	\$372.526	741,27
		Nervada	12 x 29,6 cm	\$350.329	285,42	16 x 43,6 cm	\$405.751	427,38
	9	Maciza	e = 14,9 cm	\$262.845	367,84	e = 31,4 cm	\$371.386	769,56
		Nervada	12 x 31,2 cm	\$353.929	294,35	16 x 44,2 cm	\$408.564	431,88

Igual que para el análisis anterior, se realizaron unos esquemas para comprender el comportamiento en términos del costo-beneficio de estos sistemas de entresijos al variar la configuración geometría de panel, donde para relación de panel 1:2, se observa que las losas macizas en dos direcciones no son las mejores en cuanto a su costo y mucho menos en términos de su peso propio, como

se aprecia en la Figura 22.



**Figura 22. Relación costo-beneficio de losas de estudio para relación de panel 1:2 y longitudes de 3 y 6 metros**

Se puede apreciar en la figura anterior que las losas macizas en dos direcciones en términos de costos son aproximadamente igual o mayor a la losa maciza en una dirección, sin embargo, a pesar de que las losas en dos direcciones requieren menores espesores de losa, se evidencia y se rectifica que para esta relación de panel las losas tienden a distribuir los esfuerzos en la dirección más corta, y comportarse como losas en una dirección. Igualmente sucede para las losas nervadas, donde los costos varían con respecto a las otras, debido a su configuración de armado en dos direcciones, ya que requieren de mayores cantidades de acero de refuerzo y de concreto por metro cuadrado de losa.

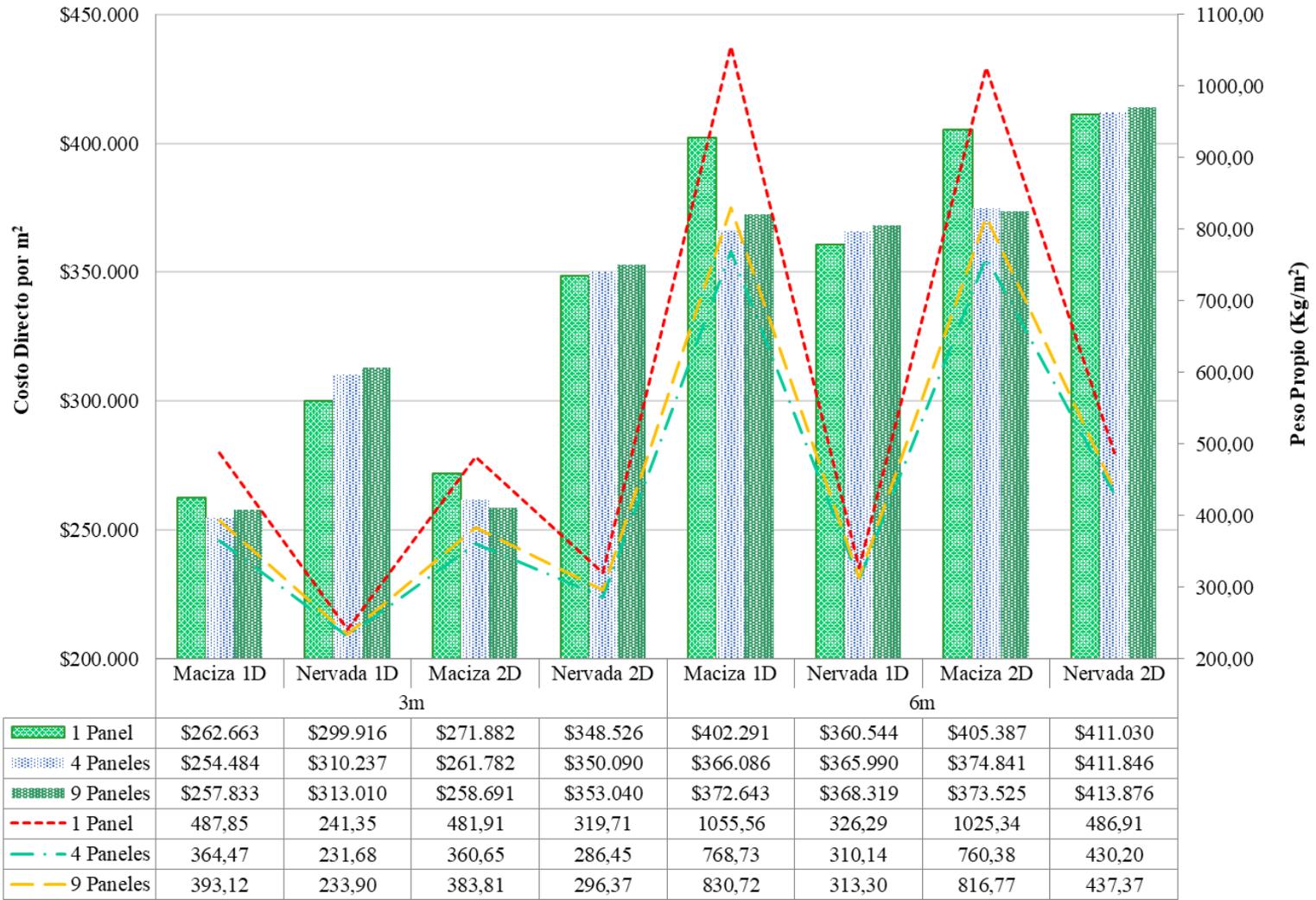
Es importante resaltar que en términos de costos directos por  $m^2$  de los sistemas de entresijos en una dirección son mejores que las de dos direcciones, donde las losas macizas en una dirección para longitudes de panel de 3 metros son en promedio 32.08% menos costosas que las nervadas en una dirección pero son mucho más pesadas (en promedio 176.17%), para longitudes de 6 metros las losas nervadas son las mejores, pues son en promedio 15.68% menos costosas y que además son mucho menos pesadas (en promedio 279.55%), teniendo un beneficio a tener en cuenta donde considerablemente el peso propio para edificaciones de gran altura podría ser un punto determinante al momento de escoger un sistema de entresijo, pues su peso se multiplicaría no sólo por el área que se llegase a construir, sino que también por la cantidad de pisos que se requieran realizar.

Con el propósito de establecer el comportamiento de los costos al variar la configuración geométrica para relaciones de panel largo/corto mayores a 2, se realizaron varios modelos de losas donde la Tabla 91 y la Figura 23 muestra los valores de costo directo y peso propio por metro cuadrado de losa para relación de panel 1:3 con una longitud de panel medida de centro a centro de los apoyos de 3 y 6 metros y configuraciones de 1, 4 y 9 paneles.

**Tabla 91. Costo directo y peso propio de losas de estudio para relación de panel 1:3 y longitudes de 3 y 6 metros**

Dirección	N° Paneles	Tipo de losa	Longitudes de 3m				Longitudes de 6m		
			Sección	Relación Costo-Beneficio		Sección	Relación Costo-Beneficio		
				Costo Directo (m <sup>2</sup> )	Peso Propio (Kg/m <sup>2</sup> )		Costo Directo (m <sup>2</sup> )	Peso Propio (Kg/m <sup>2</sup> )	
1D	1	Maciza	e = 20,0 cm	\$262.663	487,85	e = 43,4 cm	\$402.291	1055,56	
		Nervada	16 x 29,2 cm	\$299.916	241,35	16 x 49,8 cm	\$360.544	326,29	
	4	Maciza	e = 14,8 cm	\$254.484	364,47	e = 31,4 cm	\$366.086	768,73	
		Nervada	16 x 26,3 cm	\$310.237	231,68	16 x 45,3 cm	\$365.990	310,14	
	9	Maciza	e = 16,0 cm	\$257.833	393,12	e = 34,0 cm	\$372.643	830,72	
		Nervada	16 x 26,8 cm	\$313.010	233,90	16 x 46,1 cm	\$368.319	313,30	
2D	1	Maciza	e = 19,7 cm	\$271.882	481,91	e = 42,1 cm	\$405.387	1025,34	
		Nervada	12 x 36,1 cm	\$348.526	319,71	16 x 49,2 cm	\$411.030	486,91	
	4	Maciza	e = 14,6 cm	\$261.782	360,65	e = 31,0 cm	\$374.841	760,38	
		Nervada	12 x 29,8 cm	\$350.090	286,45	16 x 43,9 cm	\$411.846	430,20	
	9	Maciza	e = 15,6 cm	\$258.691	383,81	e = 33,4 cm	\$373.525	816,77	
		Nervada	12 x 31,6 cm	\$353.040	296,37	16 x 44,9 cm	\$413.876	437,37	

Para relaciones de panel 1:3, se aprecia que las losas dos direcciones tienen aproximadamente la misma altura o espesor que las losas en dos direcciones, esto se venía evidenciando para relaciones de panel 1:2, donde se explicó que las losas tanto en el análisis como en los requerimientos estructurales de concreto y acero tienden a comportarse como losas en una dirección, siendo mejor optar por diseñarlas en la dirección más corta, donde las losas nevadas en una dirección tienen una mejor relación costo-beneficio, y además se aprecia que para configuraciones de losas en dos direcciones son inviables en cuanto a su costo, pues son más costosas y requieren de mayores cantidades de acero por metro cuadrado.



**Figura 23. Relación costo-beneficio de losas de estudio para relación de panel 1:3 y longitudes de 3 y 6 metros**

## 5. Conclusiones

De acuerdo con los resultados se evidencia una tendencia en las losas macizas en una y dos direcciones, ya que estas presentan mayor resistencia a cortante que las losas nervadas siendo el parámetro de análisis el cumplimiento de una misma rigidez relativa en todas las losas, sin embargo, esto no es del todo cierto, debido a que las losas nervadas requieren de estribos de confinamiento por construcción o por diseño, y sólo el acero por construcción aumenta significativamente la resistencia pero poco eficientes, debido a la cantidad de refuerzo que requiere por cumplimiento de NSR-10, siendo la losa nervada con este acero de refuerzo mucho más resistente que las macizas. Cabe destacar que las losas macizas no requieran de acero de refuerzo por cortante ya que este es soportado únicamente por el concreto y por lo general sólo requiere una verificación del esfuerzo por cortante, ya que es inusual ver losas macizas que requieran este tipo de refuerzo, el cual esto generaría de manera inmediata que se aumente la altura de la losa o se cambie la propuesta en cuanto al tipo de losa diseñada. Además, en las losas nervadas, la relación de los esfuerzos de cortante es relativamente bajo cuando la separación entre nervios es pequeña y alto cuando están muy separadas, en la primera, el cortante producto de las cargas suele repartirse de una manera muy uniforme entre varias viguetas, esto se debe a que los esfuerzos se redistribuyen mejor en situaciones donde varias viguetas trabajan en conjunto, este comportamiento es muy similar para los esfuerzos de flexión.

Para longitudes de panel de 3 y 6 metros las losas nervadas en una dirección tienen menor resistencia a flexión que las losas macizas en una dirección, debido a que estas últimas tienen una mayor sección transversal y consecuentemente mayor capacidad a flexión. Al igual que las losas en una dirección, las losas macizas en dos direcciones tiene mayor resistencia a flexión que las losas nervadas en dos direcciones, debido a que estas redistribuyen mejor los esfuerzos, ya que,

como se mencionó anteriormente, estas utilizan todo su ancho útil de losa para transmitir en toda su sección los requerimientos exigidos por las cargas de diseño, en cambio las losas nervadas, por su geometría de losa (sección y separación entre nervaduras o viguetas) se ven limitadas a estos esfuerzos de diseño que en algunos casos pueden llegar a sobrepasar los esfuerzos máximos permisibles. Sin embargo, se concluye que a pesar de que las losas macizas pueden llegar a tener una mayor resistencia a flexión que las losas nervadas, estas últimas son más óptimas y que además requieren mucho menos concreto lo cual genera un beneficio en cuanto a su peso.

A partir de la comparación de resultados se logró identificar que a medida que la relación entre el lado largo y el lado corto de panel,  $\beta$  (1, 2 y 3), se aproxima a 2, los requerimientos por flexión y cortante en su lado más largo se disminuyen a cuantía mínima. Se considera que esto está asociado a que el elemento pasa de distribuir cargas en dos direcciones, a comportarse como una losa en una dirección. Además, que para relaciones de panel mayores a 2, el costo de las losas macizas y nervadas se elevan considerablemente, siendo mejor optar por diseñarla en una dirección.

En cuanto a los costos de construcción analizados por m<sup>2</sup> se puede apreciar que existe una fluctuación que comprende un comportamiento lineal o directamente proporcional al tamaño de la sección del elemento, al igual que a la configuración en el número de paneles, la relación largo ancho y la distribución de esfuerzos que la misma genere en cuanto a su demanda en acero y concreto teniendo en cuenta las cargas de trabajo solicitadas. Sin embargo, se evidencia que, de acuerdo con el número de paneles (condiciones de apoyo) se obtiene una tendencia lineal inversa en relación al número de paneles con respecto a su costo, es decir, al disminuir el número de paneles aumenta el costo del elemento, ya que los esfuerzos son mayores y se concentran en una sola área del panel generando considerablemente un mayor requerimiento de acero y concreto

haciéndola más costosa, esta relación sólo aplica para las losas macizas, ya que en términos de requerimientos estructurales de concreto y acero de refuerzo, en losas macizas el que manda es el concreto, en cambio para las losas nervadas aunque disminuya considerablemente los requerimientos de concreto aumenta las cantidades de acero necesaria.

La losa que requiere mayor cantidad de concreto, es decir, la de mayor sección, es la que requiere menor cantidad de acero de refuerzo y viceversa, esto se debe a que al aumentar la sección de la losa aumenta su capacidad de resistencia nominal y posteriormente requeriría menor cantidad de acero necesario. Además, que en cuanto a la relación con los costos se pudo apreciar que en las losas macizas predomina el concreto, en cambio para la losa nervada predomina el acero, pues disminuye su sección (cantidad de concreto) para aumentar las cuantías de acero.

Tomando en consideración los resultados, es fácil ver que un sistema de losa de entrepiso que hace una estructura más liviana no es la más económica inicialmente imaginada, e incluso un sistema que requiere menores costos de consumo de acero no es el más económico. En definitiva, lo que significa que a la hora de elegir un sistema de entrepiso se deben tener en cuenta distintos factores, que en última instancia cambiarán el coste del edificio, como lo son las longitudes y las relaciones de panel de la losa.

Como conclusión final se estableció que las losas macizas en dos direcciones para relación de panel  $\beta$  igual a 1, son mejores para longitudes cortas de 3 a 6 metros en cuanto a su costo, sin embargo, este sistema de entrepiso es mucho más pesada que las losas nervadas, siendo mejor optar por la losa nervada en una dirección para longitudes de 6 metros o mayores, debido a que estas tienen una mejor relación costo beneficio.

## 6. Recomendaciones

Pese a que dentro de los alcances de esta investigación no se contempla el sistema estructural, quedaría abierto el argumento para posteriores investigaciones que determinarían como se vería afectado el costo de cada sistema de entrepiso si incluiríamos los costos de los elementos estructurales (vigas, columnas y cimentación), ya que al implementar un tipo específico de sistemas estructural, a esta le aporta un peso específico diferente al peso que le añadiría si se usa un tipo de losa diferente, demandando así dimensiones de los elementos estructurales de mayor o menor tamaño según el tipo de losa que sea implementada.

Con base a que los modelos se realizaron teniendo en cuenta la variación de la rigidez de los apoyos y del cumplimiento de una rigidez relativa de losa, queda abierto el espacio para futuras investigaciones en la cuales se considere otros sistemas de entrepisos con distintas configuraciones geométricas y losas en voladizos en las que pueda ser necesario obtener resultados de comparación importante.

## Referencias Bibliográficas

- Alcaldía Municipal de Villa del Rosario. (2022). *Análisis de mercados presupuesto de obra pública*. Villa del Rosario: Alcaldía Municipal.
- Avila, J. (2017). *Análisis de costos de los sistemas de entrepisos más utilizados en Colombia*. Tesis de grado. Universidad de Cartagena. Cartagena, Colombia.
- Ávila, M. & Pineda, A. (2014). *Propuesta metodológica para el pre-dimensionamiento de entrepisos en concreto reforzado en una dirección*. Tesis de grado. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Blanco, A. (1994). *Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado*. Recuperao de: <https://es.slideshare.net/esmaton/estructuracion-y-diseo-de-edificaciones-de-concreto-armado-antonio-blanco-blasco>
- Camacho, J. & Romero, M. (2012). *Análisis estructural con el método de elementos finitos asistido por computadora*. Tesis de grado. Universidad Tecnológica de Bolívar. Cartagena, Colombia.
- Colciencias. (2021). *¿Qué es un proyecto de investigación científica y tecnológica?* Recuperao de: <https://legadoweb.minciencias.gov.co/faq/qu-es-un-proyecto-de-investigaci-n-cientifica-y-tecn-logica>
- Firth Industries Perú S.A. (2010). *Manual de diseño, proceso constructivo y de detalles*. Recuperao de: <https://bit.ly/3rnpZ8t>

- Giraldo, O. (2003). *Estructura de hormigón: primera parte flexión y cortante, losas en una dirección, un enfoque teórico-experimental con énfasis en algoritmos fácilmente programables*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Márquez, J. (2020). *Deflexiones de vigas y losas armadas en una dirección*. Cúcuta: Universidad Francisco de Paula Santander.
- Medina, J. & Rodriguez, F. (2014). *Análisis y comparación económica de estructuras diseñadas por análisis dinámico elástico y por cargas gravitacionales con variación en los sistemas de entresijos*. Tesis de grado. Universidad de Santo Tomas de Aquino. Roma, Italia.
- Mendoza, A. (2019). *Comparación del comportamiento estructural y económico de losas armadas en una dirección y losas armadas en dos direcciones*. Tesis de grado. Universidad Privada del Norte. Trujillo, Perú.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR - 10*. Recuperado de: <https://bit.ly/3Lej3CK>
- Nilson, A. (2001). *Diseño de estructuras de concreto*. Bogotá: McGraw-Hill.
- Olivares, O. & Calihua, A. (2013). *Diseño de losas de hormigón armado*. México: Instituto Tecnológico Nacional de México.
- Paye, A., Peña, J. & Franco, J. (2014). Propuesta para la utilización de losas de entresijos prefabricados y su evaluación costo-tiempo. *Sinergia e innovación*, 2(2), 1-29.

doi:<https://doi.org/10.19083/sinergia.2014.376>

Rendon, L. (2019). *Comportamiento estructural del aligeramiento de entrepiso y su incidencia en los costos de construcción en el municipio de Ocaña Norte de Santander*. Tesis de grado. Universidad Francisco de Paula Santander. Ocaña, Colombia.

Ríos, M. & Botello, S. (2017). Diseño óptimo de losas de concreto reforzado mediante análisis con elementos finitos. *Jovenes en La Ciencia*, 3(2), 2542–2546. Recuperado de: <https://bit.ly/3HsO4jH>

Rochel, R. (2012). *Análisis y diseño sísmico de edificios*. Medellín: EAFIT.

Rodriguez, A. (2015). *Comparación del comportamiento estructural y económico de losas colaborantes unidireccionales con losas aligeradas*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú.

Rojas, M. (2015). Tipos de Investigación científica: una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 16(1), 1-14. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/636/63638739004.pdf>

Rosales, J. (2005). *Análisis comparativo de costos entre el sistema de losas prefabricadas vigueta y bovedilla, losa densa y losa-acero*. Tesis de grado. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala

Taveras, Y. & García, R. (2016). *Análisis Comparativo de Losas Estructurales Convencionales de Hormigón Armado (No Pre-forzado) Para Entrepisos*. Tesis de grado. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña. República Dominicana.

Ticó, J. (2015). *Manual de aligeramiento de estructuras*. Recuperaoo de: <https://bit.ly/3gm6cju>

Trujillo, J. (2016). *Analisis comparativo del costo y tiempo de construcción de una losa para entrepisos de una vivienda, entre los sistemas de losa aligerada con bloques de arcilla y losacero*. Tesis de grado. Institucional de la Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, 33(1), 155-165. Recuperaoo de <https://bit.ly/331r7p2>

**Anexos**

### Anexo 1. Análisis estructural de las losas de estudio

En las siguientes tablas están tabuladas los valores de los esfuerzos de cortante y momento de las diferentes losas de estudio, en ella se tomaron como parámetros de diseño una resistencia del concreto a la compresión de 21MPa, resistencia del acero a fluencia de 420MPa; factor de resistencia a tracción y compresión  $\phi = 0.9$  y  $0.75$ , y del cumplimiento de una rigidez relativa de losa de  $I/2000$ .

En las tablas 92, 93 y 94, se muestran los esfuerzos máximos de flexión y cortante de losas macizas en una dirección para configuraciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:1 y longitud entre ejes de los apoyos de 3m x 3m.

Tabla 92. Esfuerzos de flexión y cortante de losa maciza 1D - 3m x 3m - 1 Panel.

<b>Panel:</b>	<b>3m x 3m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>1</b>	<b>Sección:</b>	<b>e = 20,0 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Apoyo	46,44 KN	99,33 KN	0,47	-23,12 KN-m	123,98 KN-m	0,19
Centro de Luz	0,00 KN	99,33 KN	0	34,83 KN-m	123,98 KN-m	0,28
Apoyo	-46,44 KN	99,33 KN	0,47	-23,12 KN-m	123,98 KN-m	0,19

Tabla 93. Esfuerzos de flexión y cortante de losa maciza 1D - 3m x 3m - 4 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>3m x 3m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>4</b>	<b>Sección:</b>	<b>e = 14,8 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Apoyo	44,19 KN	68,94 KN	0,64	-22,00 KN-m	59,74 KN-m	0,37
Centro de Luz	-3,60 KN	68,94 KN	0,05	18,56 KN-m	59,74 KN-m	0,31
Apoyo	-55,24 KN	68,94 KN	0,80	-33,14 KN-m	59,74 KN-m	0,56
Apoyo	55,24 KN	68,94 KN	0,80	-33,14 KN-m	59,74 KN-m	0,56
Centro de Luz	3,60 KN	68,94 KN	0,05	18,56 KN-m	59,74 KN-m	0,31
Apoyo	-44,19 KN	68,94 KN	0,64	-22,00 KN-m	59,74 KN-m	0,37

Tabla 94. Esfuerzos de flexión y cortante de losa maciza 1D - 3m x 3m - 9 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>3m x 3m</b>	<b>Número de paneles:</b>		<b>9</b>	<b>Sección:</b>	<b>e = 16,0 cm</b>
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Apoyo	44,71 KN	75,96 KN	0,59	-22,26 KN-m	72,50 KN-m	0,31
Centro de Luz	-1,43 KN	75,96 KN	0,02	21,46 KN-m	72,50 KN-m	0,30
Apoyo	-53,65 KN	75,96 KN	0,71	-26,82 KN-m	72,50 KN-m	0,37
Apoyo	44,71 KN	75,96 KN	0,59	-26,82 KN-m	72,50 KN-m	0,37
Centro de Luz	0,00 KN	75,96 KN	0,00	6,71 KN-m	72,50 KN-m	0,09
Apoyo	-44,71 KN	75,96 KN	0,59	-26,82 KN-m	72,50 KN-m	0,37
Apoyo	53,65 KN	75,96 KN	0,71	-26,82 KN-m	72,50 KN-m	0,37
Centro de Luz	1,43 KN	75,96 KN	0,02	21,46 KN-m	72,50 KN-m	0,30
Apoyo	-44,71 KN	75,96 KN	0,59	-22,26 KN-m	72,50 KN-m	0,31

En las tablas 95, 96 y 97, se muestran los esfuerzos máximos de flexión y cortante de losas macizas en una dirección para configuraciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:1 y longitud entre ejes de los apoyos de 6m x 6m.

Tabla 95. Esfuerzos de flexión y cortante de losa maciza 1D - 6m x 6m - 1 Panel.

<b>Panel:</b>	<b>6m x 6m</b>	<b>Número de paneles:</b>		<b>1</b>	<b>Sección:</b>	<b>e = 43,4 cm</b>
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Apoyo	113,09 KN	236,05 KN	0,48	-112,64 KN-m	700,21 KN-m	0,16
Centro de Luz	0,00 KN	236,05 KN	0,00	169,64 KN-m	700,21 KN-m	0,24
Apoyo	-113,09 KN	236,05 KN	0,48	-112,64 KN-m	700,21 KN-m	0,16

Tabla 96. Esfuerzos de flexión y cortante de losa maciza 1D - 6m x 6m - 4 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>6m x 6m</b>	<b>Número de paneles:</b>		<b>4</b>	<b>Sección:</b>	<b>e = 31,4 cm</b>
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Apoyo	102,72 KN	165,94 KN	0,62	-102,31 KN-m	346,02 KN-m	0,30
Centro de Luz	-5,50 KN	165,94 KN	0,03	86,29 KN-m	346,02 KN-m	0,25
Apoyo	-128,41 KN	165,94 KN	0,77	-150,09 KN-m	346,02 KN-m	0,43
Apoyo	128,41 KN	165,94 KN	0,77	-150,09 KN-m	346,02 KN-m	0,43
Centro de Luz	5,50 KN	165,94 KN	0,03	86,29 KN-m	346,02 KN-m	0,25
Apoyo	-102,72 KN	165,94 KN	0,62	-102,31 KN-m	346,02 KN-m	0,30

Tabla 97. Esfuerzos de flexión y cortante de losa maciza 1D - 6m x 6m - 9 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>6m x 6m</b>	<b>Número de paneles:</b>		<b>9</b>	<b>Sección:</b>	<b>e = 34,0 cm</b>
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Apoyo	104,97 KN	181,13 KN	0,58	-104,55 KN-m	412,28 KN-m	0,25
Centro de Luz	-12,27 KN	181,13 KN	0,07	100,77 KN-m	412,28 KN-m	0,24
Apoyo	-125,97 KN	181,13 KN	0,70	-125,97 KN-m	412,28 KN-m	0,31
Apoyo	104,97 KN	181,13 KN	0,58	-125,97 KN-m	412,28 KN-m	0,31
Centro de Luz	0,00 KN	181,13 KN	0,00	31,49 KN-m	412,28 KN-m	0,08
Apoyo	-104,97 KN	181,13 KN	0,58	-125,97 KN-m	412,28 KN-m	0,31
Apoyo	125,97 KN	181,13 KN	0,70	-125,97 KN-m	412,28 KN-m	0,31
Centro de Luz	-12,27 KN	181,13 KN	0,07	100,77 KN-m	412,28 KN-m	0,24
Apoyo	104,97 KN	181,13 KN	0,58	-104,55 KN-m	412,28 KN-m	0,25

En las tablas 98, 99 y 100, se muestran los esfuerzos máximos de flexión y cortante de losas macizas en dos direcciones para configuraciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:1 y longitud entre ejes de los apoyos de 3m x 3m.

Tabla 98. Esfuerzos de flexión y cortante de losa maciza 2D - 3m x 3m - 1 Panel.

<b>Panel:</b>	<b>3m x 3m</b>	<b>Número de paneles:</b>		<b>1</b>	<b>Sección:</b>	<b>e = 13,4 cm</b>
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	21,79 KN	60,76 KN	0,36	-10,85 KN-m	46,40 KN-m	0,23
Centro de Luz	0,00 KN	60,76 KN	0,00	16,35 KN-m	46,40 KN-m	0,35
Apoyo	-21,79 KN	60,76 KN	0,36	-10,85 KN-m	46,40 KN-m	0,23
Sentido en "y"						
Apoyo	21,79 KN	60,76 KN	0,36	-10,85 KN-m	46,40 KN-m	0,23
Centro de Luz	0,00 KN	60,76 KN	0,00	16,35 KN-m	46,40 KN-m	0,35
Apoyo	-21,79 KN	60,76 KN	0,36	-10,85 KN-m	46,40 KN-m	0,23

Tabla 99. Esfuerzos de flexión y cortante de losa maciza 2D - 3m x 3m - 4 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>3m x 3m</b>	<b>Número de paneles:</b>		<b>4</b>	<b>Sección:</b>	<b>e = 10,8 cm</b>
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	21,23 KN	45,57 KN	0,47	-10,57 KN-m	26,10 KN-m	0,41
Centro de Luz	-3,05 KN	45,57 KN	0,07	8,91 KN-m	26,10 KN-m	0,34
Apoyo	-26,54 KN	45,57 KN	0,58	-15,92 KN-m	26,10 KN-m	0,61
Apoyo	26,54 KN	45,57 KN	0,58	-15,92 KN-m	26,10 KN-m	0,61
Centro de Luz	3,05 KN	45,57 KN	0,07	8,91 KN-m	26,10 KN-m	0,34
Apoyo	-21,23 KN	45,57 KN	0,47	-10,57 KN-m	26,10 KN-m	0,41

<b>Panel:</b>	<b>3m x 3m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>4</b>	<b>Sección:</b>	<b>e = 10,8 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "y"						
Apoyo	21,23 KN	45,57 KN	0,47	-10,57 KN-m	26,10 KN-m	0,41
Centro de Luz	-3,05 KN	45,57 KN	0,07	8,91 KN-m	26,10 KN-m	0,34
Apoyo	-26,54 KN	45,57 KN	0,58	-15,92 KN-m	26,10 KN-m	0,61
Apoyo	26,54 KN	45,57 KN	0,58	-15,92 KN-m	26,10 KN-m	0,61
Centro de Luz	3,05 KN	45,57 KN	0,07	8,91 KN-m	26,10 KN-m	0,34
Apoyo	-21,23 KN	45,57 KN	0,47	-10,57 KN-m	26,10 KN-m	0,41

Tabla 100. Esfuerzos de flexión y cortante de losa maciza 2D - 3m x 3m - 9 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>3m x 3m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>9</b>	<b>Sección:</b>	<b>e = 11,0 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	21,27 KN	46,74 KN	0,46	-10,59 KN-m	27,46 KN-m	0,39
Centro de Luz	-1,11 KN	46,74 KN	0,02	10,21 KN-m	27,46 KN-m	0,37
Apoyo	-25,53 KN	46,74 KN	0,55	-12,76 KN-m	27,46 KN-m	0,47
Apoyo	21,27 KN	46,74 KN	0,46	-12,76 KN-m	27,46 KN-m	0,47
Centro de Luz	0,00 KN	46,74 KN	0,00	3,19 KN-m	27,46 KN-m	0,12
Apoyo	-21,27 KN	46,74 KN	0,46	-12,76 KN-m	27,46 KN-m	0,47
Apoyo	25,53 KN	46,74 KN	0,55	-12,76 KN-m	27,46 KN-m	0,47
Centro de Luz	1,11 KN	46,74 KN	0,02	10,21 KN-m	27,46 KN-m	0,37
Apoyo	-21,27 KN	46,74 KN	0,46	-10,59 KN-m	27,46 KN-m	0,39
Sentido en "y"						
Apoyo	21,27 KN	46,74 KN	0,46	-10,59 KN-m	27,46 KN-m	0,39
Centro de Luz	-1,11 KN	46,74 KN	0,02	10,21 KN-m	27,46 KN-m	0,37
Apoyo	-25,53 KN	46,74 KN	0,55	-12,76 KN-m	27,46 KN-m	0,47
Apoyo	21,27 KN	46,74 KN	0,46	-12,76 KN-m	27,46 KN-m	0,47
Centro de Luz	0,00 KN	46,74 KN	0,00	3,19 KN-m	27,46 KN-m	0,12
Apoyo	-21,27 KN	46,74 KN	0,46	-12,76 KN-m	27,46 KN-m	0,47
Apoyo	25,53 KN	46,74 KN	0,55	-12,76 KN-m	27,46 KN-m	0,47
Centro de Luz	1,11 KN	46,74 KN	0,02	10,21 KN-m	27,46 KN-m	0,37
Apoyo	-21,27 KN	46,74 KN	0,46	-10,59 KN-m	27,46 KN-m	0,39

En las tablas 101, 102 y 103, se muestran los esfuerzos máximos de flexión y cortante de losas macizas en dos direcciones para configuraciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:1 y longitud entre ejes de los apoyos de 6m x 6m.

**Tabla 101.** Esfuerzos de flexión y cortante de losa maciza 2D - 6m x 6m - 1 Panel.

<b>Panel:</b>	<b>6m x 6m</b>	<b>Número de paneles:</b>		<b>1</b>	<b>Sección:</b>	<b>e = 28,1 cm</b>
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	49,93 KN	146,65 KN	0,34	-49,95 KN-m	270,28 KN-m	0,19
Centro de Luz	0,00 KN	146,65 KN	0,00	76,96 KN-m	270,28 KN-m	0,29
Apoyo	-49,93 KN	146,65 KN	0,34	-49,95 KN-m	270,28 KN-m	0,19
Sentido en "y"						
Apoyo	49,93 KN	146,65 KN	0,34	-49,95 KN-m	270,28 KN-m	0,19
Centro de Luz	0,00 KN	146,65 KN	0,00	76,96 KN-m	270,28 KN-m	0,29
Apoyo	-49,93 KN	146,65 KN	0,34	-49,95 KN-m	270,28 KN-m	0,19

**Tabla 102.** Esfuerzos de flexión y cortante de losa maciza 2D - 6m x 6m - 4 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>6m x 6m</b>	<b>Número de paneles:</b>		<b>4</b>	<b>Sección:</b>	<b>e = 22,6 cm</b>
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	47,56 KN	114,52 KN	0,42	-47,37 KN-m	164,81 KN-m	0,29
Centro de Luz	-2,95 KN	114,52 KN	0,03	39,95 KN-m	164,81 KN-m	0,24
Apoyo	-59,45 KN	114,52 KN	0,52	-71,18 KN-m	164,81 KN-m	0,45
Apoyo	59,45 KN	114,52 KN	0,52	-71,18 KN-m	164,81 KN-m	0,45
Centro de Luz	2,95 KN	114,52 KN	0,03	39,95 KN-m	164,81 KN-m	0,24
Apoyo	-47,56 KN	114,52 KN	0,42	-47,37 KN-m	164,81 KN-m	0,29
Sentido en "y"						
Apoyo	47,56 KN	114,52 KN	0,42	-47,37 KN-m	164,81 KN-m	0,29
Centro de Luz	-2,95 KN	114,52 KN	0,03	39,95 KN-m	164,81 KN-m	0,24
Apoyo	-59,45 KN	114,52 KN	0,52	-71,18 KN-m	164,81 KN-m	0,45
Apoyo	59,45 KN	114,52 KN	0,52	-71,18 KN-m	164,81 KN-m	0,45
Centro de Luz	2,95 KN	114,52 KN	0,03	39,95 KN-m	164,81 KN-m	0,24
Apoyo	-47,56 KN	114,52 KN	0,42	-47,37 KN-m	164,81 KN-m	0,29

Tabla 103. Esfuerzos de flexión y cortante de losa maciza 2D - 6m x 6m - 9 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>6m x 6m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>9</b>	<b>Sección:</b>	<b>e = 22,8 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	47,69 KN	115,69 KN	0,41	-47,45 KN-m	168,19 KN-m	0,28
Centro de Luz	-2,03 KN	115,69 KN	0,02	45,74 KN-m	168,19 KN-m	0,27
Apoyo	-57,17 KN	115,69 KN	0,49	-57,17 KN-m	168,19 KN-m	0,34
Apoyo	47,69 KN	115,69 KN	0,41	-57,17 KN-m	168,19 KN-m	0,34
Centro de Luz	0,00 KN	115,69 KN	0,00	14,29 KN-m	168,19 KN-m	0,09
Apoyo	-47,69 KN	115,69 KN	0,41	-57,17 KN-m	168,19 KN-m	0,34
Apoyo	57,17 KN	115,69 KN	0,49	-57,17 KN-m	168,19 KN-m	0,34
Centro de Luz	2,03 KN	115,69 KN	0,02	45,74 KN-m	168,19 KN-m	0,27
Apoyo	-47,69 KN	115,69 KN	0,41	-47,45 KN-m	168,19 KN-m	0,28
Sentido en "y"						
Apoyo	47,69 KN	115,69 KN	0,41	-47,45 KN-m	168,19 KN-m	0,28
Centro de Luz	-2,03 KN	115,69 KN	0,02	45,74 KN-m	168,19 KN-m	0,27
Apoyo	-57,17 KN	115,69 KN	0,49	-57,17 KN-m	168,19 KN-m	0,34
Apoyo	47,69 KN	115,69 KN	0,41	-57,17 KN-m	168,19 KN-m	0,34
Centro de Luz	0,00 KN	115,69 KN	0,00	14,29 KN-m	168,19 KN-m	0,09
Apoyo	-47,69 KN	115,69 KN	0,41	-57,17 KN-m	168,19 KN-m	0,34
Apoyo	57,17 KN	115,69 KN	0,49	-57,17 KN-m	168,19 KN-m	0,34
Centro de Luz	2,03 KN	115,69 KN	0,02	45,74 KN-m	168,19 KN-m	0,27
Apoyo	-47,69 KN	115,69 KN	0,41	-47,45 KN-m	168,19 KN-m	0,28

En las tablas 104, 105 y 106, se muestran los esfuerzos máximos de flexión y cortante de losas macizas en dos direcciones para configuraciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:2 y longitud entre ejes de los apoyos de 3m x 6m.

Tabla 104. Esfuerzos de flexión y cortante de losa maciza 2D - 3m x 6m - 1 Panel.

<b>Panel:</b>	<b>3m x 6m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>1</b>	<b>Sección:</b>	<b>e = 18,3 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	-38,85 KN	89,39 KN	0,44	-19,35 KN-m	100,43 KN-m	0,19
Centro de Luz	0,00 KN	89,39 KN	0,00	27,54 KN-m	100,43 KN-m	0,27
Apoyo	38,85 KN	89,39 KN	0,44	-19,35 KN-m	100,43 KN-m	0,19
Sentido en "y"						
Apoyo	19,34 KN	89,39 KN	0,22	-9,63 KN-m	100,43 KN-m	0,10
Centro de Luz	0,00 KN	89,39 KN	0,00	14,50 KN-m	100,43 KN-m	0,14
Apoyo	-19,34 KN	89,39 KN	0,22	-9,63 KN-m	100,43 KN-m	0,10

Tabla 105. Esfuerzos de flexión y cortante de losa maciza 2D - 3m x 6m - 4 Paneles.

Panel:	3m x 6m	Número de paneles:	4	Sección:	e = 14,3 cm	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	37,38 KN	66,02 KN	0,57	-18,62 KN-m	54,78 KN-m	0,34
Centro de Luz	-2,85 KN	66,02 KN	0,04	15,70 KN-m	54,78 KN-m	0,29
Apoyo	-46,72 KN	66,02 KN	0,71	-28,03 KN-m	54,78 KN-m	0,51
Apoyo	46,72 KN	66,02 KN	0,71	-28,03 KN-m	54,78 KN-m	0,51
Centro de Luz	2,85 KN	66,02 KN	0,04	15,70 KN-m	54,78 KN-m	0,29
Apoyo	-37,38 KN	66,02 KN	0,57	-18,62 KN-m	54,78 KN-m	0,34
Sentido en "y"						
Apoyo	13,19 KN	66,02 KN	0,20	-6,57 KN-m	54,78 KN-m	0,12
Centro de Luz	-0,20 KN	66,02 KN	0,03	5,54 KN-m	54,78 KN-m	0,10
Apoyo	-16,46 KN	66,02 KN	0,25	-9,89 KN-m	54,78 KN-m	0,18
Apoyo	16,46 KN	66,02 KN	0,25	-9,89 KN-m	54,78 KN-m	0,18
Centro de Luz	0,20 KN	66,02 KN	0,03	5,54 KN-m	54,78 KN-m	0,10
Apoyo	-13,19 KN	66,02 KN	0,20	-6,57 KN-m	54,78 KN-m	0,12

Tabla 106. Esfuerzos de flexión y cortante de losa maciza 2D - 3m x 6m - 9 Paneles.

Panel:	3m x 6m	Número de paneles:	9	Sección:	e = 14,9 cm	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	35,38 KN	69,53 KN	0,51	-17,62 KN-m	60,75 KN-m	0,29
Centro de Luz	-2,42 KN	69,53 KN	0,04	16,99 KN-m	60,75 KN-m	0,28
Apoyo	-42,47 KN	69,53 KN	0,61	-21,23 KN-m	60,75 KN-m	0,35
Apoyo	35,38 KN	69,53 KN	0,51	-21,23 KN-m	60,75 KN-m	0,35
Centro de Luz	0,00 KN	69,53 KN	0,00	5,97 KN-m	60,75 KN-m	0,10
Apoyo	-35,38 KN	69,53 KN	0,51	-21,23 KN-m	60,75 KN-m	0,35
Apoyo	42,47 KN	69,53 KN	0,61	-21,23 KN-m	60,75 KN-m	0,35
Centro de Luz	2,42 KN	69,53 KN	0,04	16,99 KN-m	60,75 KN-m	0,28
Apoyo	-35,38 KN	69,53 KN	0,51	-17,62 KN-m	60,75 KN-m	0,29
Sentido en "y"						
Apoyo	15,48 KN	69,53 KN	0,22	-7,71 KN-m	60,75 KN-m	0,13
Centro de Luz	-0,37 KN	69,53 KN	0,05	7,43 KN-m	60,75 KN-m	0,12
Apoyo	-18,58 KN	69,53 KN	0,27	-9,23 KN-m	60,75 KN-m	0,15
Apoyo	15,48 KN	69,53 KN	0,22	-9,23 KN-m	60,75 KN-m	0,15
Centro de Luz	0,00 KN	69,53 KN	0,00	2,32 KN-m	60,75 KN-m	0,04
Apoyo	-15,48 KN	69,53 KN	0,22	-9,23 KN-m	60,75 KN-m	0,15
Apoyo	18,58 KN	69,53 KN	0,27	-9,23 KN-m	60,75 KN-m	0,15
Centro de Luz	0,37 KN	69,53 KN	0,05	7,43 KN-m	60,75 KN-m	0,12
Apoyo	-15,48 KN	69,53 KN	0,22	-7,71 KN-m	60,75 KN-m	0,13

En las tablas 107, 108 y 109, se muestran los esfuerzos máximos de flexión y cortante de losas macizas en dos direcciones para configuraciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:2 y longitud entre ejes de los apoyos de 6m x 12m.

Tabla 107. Esfuerzos de flexión y cortante de losa maciza 2D - 6m x 12m - 1 Panel.

<b>Panel:</b>	<b>6m x 12m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>1</b>	<b>Sección:</b>	<b>e = 39,4 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	93,19 KN	212,68 KN	0,44	-92,82 KN-m	568,42 KN-m	0,16
Centro de Luz	0,00 KN	212,68 KN	0,00	133,79 KN-m	568,42 KN-m	0,23
Apoyo	-93,19 KN	212,68 KN	0,44	-92,82 KN-m	568,42 KN-m	0,16
Sentido en "y"						
Apoyo	49,34 KN	212,68 KN	0,23	-49,14 KN-m	568,42 KN-m	0,09
Centro de Luz	0,00 KN	212,68 KN	0,00	74,01 KN-m	568,42 KN-m	0,13
Apoyo	-49,34 KN	212,68 KN	0,23	-49,14 KN-m	568,42 KN-m	0,09

Tabla 108. Esfuerzos de flexión y cortante de losa maciza 2D - 6m x 12m - 4 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>6m x 12m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>4</b>	<b>Sección:</b>	<b>e = 30,2 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	86,43 KN	158,92 KN	0,54	-86,09 KN-m	317,40 KN-m	0,27
Centro de Luz	-1,21 KN	158,92 KN	0,01	72,61 KN-m	317,40 KN-m	0,23
Apoyo	-103,72 KN	158,92 KN	0,65	-129,65 KN-m	317,40 KN-m	0,41
Apoyo	103,72 KN	158,92 KN	0,65	-129,65 KN-m	317,40 KN-m	0,41
Centro de Luz	1,21 KN	158,92 KN	0,01	72,61 KN-m	317,40 KN-m	0,23
Apoyo	-86,43 KN	158,92 KN	0,54	-86,09 KN-m	317,40 KN-m	0,27
Sentido en "y"						
Apoyo	35,59 KN	158,92 KN	0,22	-35,45 KN-m	317,40 KN-m	0,11
Centro de Luz	-0,39 KN	158,92 KN	0,02	29,89 KN-m	317,40 KN-m	0,09
Apoyo	-42,71 KN	158,92 KN	0,27	-53,39 KN-m	317,40 KN-m	0,17
Apoyo	42,71 KN	158,92 KN	0,27	-53,39 KN-m	317,40 KN-m	0,17
Centro de Luz	0,39 KN	158,92 KN	0,02	29,89 KN-m	317,40 KN-m	0,09
Apoyo	-35,59 KN	158,92 KN	0,22	-35,45 KN-m	317,40 KN-m	0,11

Tabla 109. Esfuerzos de flexión y cortante de losa maciza 2D - 6m x 12m - 9 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>6m x 12m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>9</b>	<b>Sección:</b>	<b>e = 31,4 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	87,32 KN	165,94 KN	0,53	-86,97 KN-m	346,02 KN-m	0,25
Centro de Luz	-2,04 KN	165,94 KN	0,01	83,82 KN-m	346,02 KN-m	0,24
Apoyo	-104,78 KN	165,94 KN	0,63	-104,78 KN-m	346,02 KN-m	0,30
Apoyo	87,32 KN	165,94 KN	0,53	-104,78 KN-m	346,02 KN-m	0,30
Centro de Luz	0,00 KN	165,94 KN	0,00	25,87 KN-m	346,02 KN-m	0,08
Apoyo	-87,32 KN	165,94 KN	0,53	-104,78 KN-m	346,02 KN-m	0,30
Apoyo	104,78 KN	165,94 KN	0,63	-104,78 KN-m	346,02 KN-m	0,30
Centro de Luz	2,04 KN	165,94 KN	0,01	83,82 KN-m	346,02 KN-m	0,24
Apoyo	-87,32 KN	165,94 KN	0,53	-86,97 KN-m	346,02 KN-m	0,25
Sentido en "y"						
Apoyo	35,95 KN	165,94 KN	0,22	-35,81 KN-m	346,02 KN-m	0,10
Centro de Luz	-0,67 KN	165,94 KN	0,01	34,52 KN-m	346,02 KN-m	0,10
Apoyo	-43,14 KN	165,94 KN	0,26	-43,14 KN-m	346,02 KN-m	0,13
Apoyo	35,95 KN	165,94 KN	0,22	-43,14 KN-m	346,02 KN-m	0,13
Centro de Luz	0,00 KN	165,94 KN	0,00	11,48 KN-m	346,02 KN-m	0,03
Apoyo	-35,95 KN	165,94 KN	0,22	-43,14 KN-m	346,02 KN-m	0,13
Apoyo	43,14 KN	165,94 KN	0,26	-43,14 KN-m	346,02 KN-m	0,13
Centro de Luz	0,67 KN	165,94 KN	0,01	34,52 KN-m	346,02 KN-m	0,10
Apoyo	-35,95 KN	165,94 KN	0,22	-35,81 KN-m	346,02 KN-m	0,10

En las tablas 110, 111 y 112, se muestran los esfuerzos máximos de flexión y cortante de losas macizas en dos direcciones para configuraciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:3 y longitud entre ejes de los apoyos de 3m x 9m.

Tabla 110. Esfuerzos de flexión y cortante de losa maciza 2D - 3m x 9m - 1 Panel.

<b>Panel:</b>	<b>3m x 9m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>1</b>	<b>Sección:</b>	<b>e = 19,7 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	43,53 KN	97,57 KN	0,45	-21,68 KN-m	119,65 KN-m	0,18
Centro de Luz	0,00 KN	97,57 KN	0,00	32,65 KN-m	119,65 KN-m	0,27
Apoyo	-43,53 KN	97,57 KN	0,45	-21,68 KN-m	119,65 KN-m	0,18
Sentido en "y"						
Apoyo	13,89 KN	97,57 KN	0,14	-6,92 KN-m	119,65 KN-m	0,06
Centro de Luz	0,00 KN	97,57 KN	0,00	10,42 KN-m	119,65 KN-m	0,09
Apoyo	-13,89 KN	97,57 KN	0,14	-6,92 KN-m	119,65 KN-m	0,06

Tabla 111. Esfuerzos de flexión y cortante de losa maciza 2D - 3m x 9m - 4 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>3m x 9m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>4</b>	<b>Sección:</b>	<b>e = 14,6 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	43,53 KN	67,78 KN	0,64	-21,68 KN-m	57,73 KN-m	0,38
Centro de Luz	-1,73 KN	67,78 KN	0,03	18,28 KN-m	57,73 KN-m	0,32
Apoyo	-54,41 KN	67,78 KN	0,76	-31,09 KN-m	57,73 KN-m	0,54
Apoyo	54,41 KN	67,78 KN	0,76	-31,09 KN-m	57,73 KN-m	0,54
Centro de Luz	1,73 KN	67,78 KN	0,03	18,28 KN-m	57,73 KN-m	0,32
Apoyo	-43,53 KN	67,78 KN	0,64	-21,68 KN-m	57,73 KN-m	0,38
Sentido en "y"						
Apoyo	13,89 KN	67,78 KN	0,21	-6,92 KN-m	57,73 KN-m	0,12
Centro de Luz	-0,07 KN	67,78 KN	0,01	5,84 KN-m	57,73 KN-m	0,10
Apoyo	-17,36 KN	67,78 KN	0,26	-10,42 KN-m	57,73 KN-m	0,18
Apoyo	17,36 KN	67,78 KN	0,26	-10,42 KN-m	57,73 KN-m	0,18
Centro de Luz	0,07 KN	67,78 KN	0,01	5,84 KN-m	57,73 KN-m	0,10
Apoyo	-13,89 KN	67,78 KN	0,21	-6,92 KN-m	57,73 KN-m	0,12

Tabla 112. Esfuerzos de flexión y cortante de losa maciza 2D - 3m x 9m - 9 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>3m x 9m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>9</b>	<b>Sección:</b>	<b>e = 15,6 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	40,97 KN	73,62 KN	0,56	-20,41 KN-m	68,11 KN-m	0,30
Centro de Luz	-1,14 KN	73,62 KN	0,02	19,67 KN-m	68,11 KN-m	0,29
Apoyo	-49,17 KN	73,62 KN	0,67	-24,58 KN-m	68,11 KN-m	0,36
Apoyo	40,97 KN	73,62 KN	0,56	-24,58 KN-m	68,11 KN-m	0,36
Centro de Luz	0,00 KN	73,62 KN	0,00	6,15 KN-m	68,11 KN-m	0,09
Apoyo	-40,97 KN	73,62 KN	0,56	-24,58 KN-m	68,11 KN-m	0,36
Apoyo	49,17 KN	73,62 KN	0,67	-24,58 KN-m	68,11 KN-m	0,36
Centro de Luz	1,14 KN	73,62 KN	0,02	19,67 KN-m	68,11 KN-m	0,29
Apoyo	-40,97 KN	73,62 KN	0,56	-20,41 KN-m	68,11 KN-m	0,30
Sentido en "y"						
Apoyo	13,36 KN	73,62 KN	0,18	-7,09 KN-m	68,11 KN-m	0,10
Centro de Luz	-0,06 KN	73,62 KN	0,01	6,84 KN-m	68,11 KN-m	0,10
Apoyo	-17,10 KN	73,62 KN	0,23	-8,55 KN-m	68,11 KN-m	0,13
Apoyo	13,36 KN	73,62 KN	0,18	-8,55 KN-m	68,11 KN-m	0,13
Centro de Luz	0,00 KN	73,62 KN	0,00	2,14 KN-m	68,11 KN-m	0,03
Apoyo	-13,36 KN	73,62 KN	0,18	-8,55 KN-m	68,11 KN-m	0,13
Apoyo	17,10 KN	73,62 KN	0,23	-8,55 KN-m	68,11 KN-m	0,13
Centro de Luz	0,06 KN	73,62 KN	0,01	6,84 KN-m	68,11 KN-m	0,10
Apoyo	-13,36 KN	73,62 KN	0,18	-7,09 KN-m	68,11 KN-m	0,10

En las tablas 113, 114 y 115, se muestran los esfuerzos máximos de flexión y cortante de losas macizas en dos direcciones para configuraciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:3 y longitud entre ejes de los apoyos de 6m x 18m.

Tabla 113. Esfuerzos de flexión y cortante de losa maciza 2D - 6m x 18m - 1 Panel.

<b>Panel:</b>	<b>6m x 18m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>1</b>	<b>Sección:</b>	<b>e = 42,1 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	103,01 KN	228,45 KN	0,45	-102,60 KN-m	655,87 KN-m	0,16
Centro de Luz	0,00 KN	228,45 KN	0,00	152,74 KN-m	655,87 KN-m	0,23
Apoyo	-103,01 KN	228,45 KN	0,45	-102,60 KN-m	655,87 KN-m	0,16
Sentido en "y"						
Apoyo	33,59 KN	228,45 KN	0,15	-33,46 KN-m	655,87 KN-m	0,05
Centro de Luz	0,00 KN	228,45 KN	0,00	50,39 KN-m	655,87 KN-m	0,08
Apoyo	-33,59 KN	228,45 KN	0,15	-33,46 KN-m	655,87 KN-m	0,05

Tabla 114. Esfuerzos de flexión y cortante de losa maciza 2D - 6m x 18m - 4 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>6m x 18m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>4</b>	<b>Sección:</b>	<b>e = 31,0 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	94,19 KN	163,60 KN	0,58	-93,81 KN-m	336,34 KN-m	0,28
Centro de Luz	-1,03 KN	163,60 KN	0,01	79,12 KN-m	336,34 KN-m	0,24
Apoyo	-113,03 KN	163,60 KN	0,69	-141,29 KN-m	336,34 KN-m	0,42
Apoyo	113,03 KN	163,60 KN	0,69	-141,29 KN-m	336,34 KN-m	0,42
Centro de Luz	1,03 KN	163,60 KN	0,01	79,12 KN-m	336,34 KN-m	0,24
Apoyo	-94,19 KN	163,60 KN	0,58	-93,81 KN-m	336,34 KN-m	0,28
Sentido en "y"						
Apoyo	32,76 KN	163,60 KN	0,20	-32,63 KN-m	336,34 KN-m	0,10
Centro de Luz	-0,05 KN	163,60 KN	0,00	27,52 KN-m	336,34 KN-m	0,08
Apoyo	-39,31 KN	163,60 KN	0,24	-49,14 KN-m	336,34 KN-m	0,15
Apoyo	39,31 KN	163,60 KN	0,24	-49,14 KN-m	336,34 KN-m	0,15
Centro de Luz	0,05 KN	163,60 KN	0,00	27,52 KN-m	336,34 KN-m	0,08
Apoyo	-32,76 KN	163,60 KN	0,20	-32,63 KN-m	336,34 KN-m	0,10

Tabla 115. Esfuerzos de flexión y cortante de losa maciza 2D - 6m x 18m - 9 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>6m x 18m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>9</b>	<b>Sección:</b>	<b>e = 33,4 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	92,96 KN	177,62 KN	0,52	-92,59 KN-m	396,47 KN-m	0,23
Centro de Luz	-2,20 KN	177,62 KN	0,01	89,25 KN-m	396,47 KN-m	0,23
Apoyo	-111,56 KN	177,62 KN	0,63	-111,56 KN-m	396,47 KN-m	0,28
Apoyo	92,96 KN	177,62 KN	0,52	-111,56 KN-m	396,47 KN-m	0,28
Centro de Luz	0,00 KN	177,62 KN	0,00	28,21 KN-m	396,47 KN-m	0,07
Apoyo	-92,96 KN	177,62 KN	0,52	-111,56 KN-m	396,47 KN-m	0,28
Apoyo	111,56 KN	177,62 KN	0,63	-111,56 KN-m	396,47 KN-m	0,28
Centro de Luz	2,20 KN	177,62 KN	0,01	89,25 KN-m	396,47 KN-m	0,23
Apoyo	-92,96 KN	177,62 KN	0,52	-92,59 KN-m	396,47 KN-m	0,23
Sentido en "y"						
Apoyo	33,43 KN	177,62 KN	0,19	-31,21 KN-m	396,47 KN-m	0,08
Centro de Luz	-0,09 KN	177,62 KN	0,01	30,08 KN-m	396,47 KN-m	0,08
Apoyo	-40,11 KN	177,62 KN	0,23	-37,61 KN-m	396,47 KN-m	0,10
Apoyo	33,43 KN	177,62 KN	0,19	-37,61 KN-m	396,47 KN-m	0,10
Centro de Luz	0,00 KN	177,62 KN	0,00	10,96 KN-m	396,47 KN-m	0,03
Apoyo	-33,43 KN	177,62 KN	0,19	-37,61 KN-m	396,47 KN-m	0,10
Apoyo	40,11 KN	177,62 KN	0,23	-37,61 KN-m	396,47 KN-m	0,10
Centro de Luz	0,09 KN	177,62 KN	0,01	30,08 KN-m	396,47 KN-m	0,08
Apoyo	-33,43 KN	177,62 KN	0,19	-31,21 KN-m	396,47 KN-m	0,08

En las tablas 116, 117 y 118, se muestran los esfuerzos máximos de flexión y cortante de losas nervadas en una dirección para configuraciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:1 y longitud entre ejes de los apoyos de 3m x 3m.

Tabla 116. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada 1D - 3m x 3m - 1 Panel.

<b>Panel:</b>	<b>3m x 3m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>1</b>	<b>Sección:</b>	<b>16 x 29,2 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Apoyo	41,92 KN	117,49 KN	0,36	-20,87 KN-m	43,59 KN-m	0,48
Centro de Luz	0,00 KN	117,49 KN	0,00	31,44 KN-m	43,59 KN-m	0,72
Apoyo	-41,92 KN	117,49 KN	0,36	-20,87 KN-m	43,59 KN-m	0,48

Tabla 117. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada 1D - 3m x 3m - 4 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>3m x 3m</b>	<b>Número de paneles:</b>		<b>4</b>	<b>Sección:</b>	<b>16 x 26,3 cm</b>
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Apoyo	41,65 KN	111,53 KN	0,37	-20,74 KN-m	34,13 KN-m	0,61
Centro de Luz	-1,16 KN	111,53 KN	0,01	17,49 KN-m	34,13 KN-m	0,51
Apoyo	-52,07 KN	111,53 KN	0,47	-31,24 KN-m	34,13 KN-m	0,92
Apoyo	52,07 KN	111,53 KN	0,47	-31,24 KN-m	34,13 KN-m	0,92
Centro de Luz	1,16 KN	111,53 KN	0,01	17,49 KN-m	34,13 KN-m	0,51
Apoyo	-41,65 KN	111,53 KN	0,37	-20,74 KN-m	34,13 KN-m	0,61

Tabla 118. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada 1D - 3m x 3m - 9 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>3m x 3m</b>	<b>Número de paneles:</b>		<b>9</b>	<b>Sección:</b>	<b>16 x 26,8 cm</b>
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Apoyo	41,82 KN	114,03 KN	0,37	-20,83 KN-m	35,68 KN-m	0,58
Centro de Luz	-1,13 KN	114,03 KN	0,01	20,07 KN-m	35,68 KN-m	0,56
Apoyo	-50,19 KN	114,03 KN	0,44	-27,79 KN-m	35,68 KN-m	0,78
Apoyo	41,82 KN	114,03 KN	0,37	-27,79 KN-m	35,68 KN-m	0,78
Centro de Luz	0,00 KN	114,03 KN	0,00	6,27 KN-m	35,68 KN-m	0,18
Apoyo	-41,82 KN	114,03 KN	0,37	-27,79 KN-m	35,68 KN-m	0,78
Apoyo	50,19 KN	114,03 KN	0,44	-27,79 KN-m	35,68 KN-m	0,78
Centro de Luz	1,13 KN	114,03 KN	0,01	20,07 KN-m	35,68 KN-m	0,56
Apoyo	-41,82 KN	114,03 KN	0,37	-20,83 KN-m	35,68 KN-m	0,58

En las tablas 119, 120 y 121, se muestran los esfuerzos máximos de flexión y cortante de losas nervadas en una dirección para configuraciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:1 y longitud entre ejes de los apoyos de 6m x 6m.

Tabla 119. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada 1D - 6m x 6m - 1 Panel.

<b>Panel:</b>	<b>6m x 6m</b>	<b>Número de paneles:</b>		<b>1</b>	<b>Sección:</b>	<b>16 x 49,8 cm</b>
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Apoyo	62,83 KN	135,94 KN	0,56	-76,49 KN-m	143,99 KN-m	0,53
Centro de Luz	0,00 KN	135,94 KN	0,00	102,66 KN-m	143,99 KN-m	0,71
Apoyo	-62,83 KN	135,94 KN	0,56	-76,49 KN-m	143,99 KN-m	0,53

Tabla 120. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada 1D - 6m x 6m - 4 Paneles.

Panel:	6m x 6m	Número de paneles:	4	Sección:	16 x 45,3 cm	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Apoyo	75,80 KN	130,98 KN	0,58	-85,45 KN-m	117,08 KN-m	0,73
Centro de Luz	-2,31 KN	130,98 KN	0,01	72,07 KN-m	117,08 KN-m	0,62
Apoyo	-97,25 KN	130,98 KN	0,82	-103,45 KN-m	117,08 KN-m	0,88
Apoyo	97,25 KN	130,98 KN	0,82	-103,45 KN-m	117,08 KN-m	0,88
Centro de Luz	2,31 KN	130,98 KN	0,01	72,07 KN-m	117,08 KN-m	0,62
Apoyo	-75,80 KN	130,98 KN	0,58	-85,45 KN-m	117,08 KN-m	0,73

Tabla 121. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada 1D - 6m x 6m - 9 Paneles.

Panel:	6m x 6m	Número de paneles:	9	Sección:	16 x 46,1 cm	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Apoyo	68,96 KN	129,03 KN	0,53	-72,94 KN-m	121,66 KN-m	0,60
Centro de Luz	-2,02 KN	129,03 KN	0,01	70,01 KN-m	121,66 KN-m	0,58
Apoyo	-96,16 KN	129,03 KN	0,75	-92,03 KN-m	121,66 KN-m	0,76
Apoyo	68,96 KN	129,03 KN	0,53	-92,03 KN-m	121,66 KN-m	0,76
Centro de Luz	0,00 KN	129,03 KN	0,00	25,35 KN-m	121,66 KN-m	0,21
Apoyo	-68,96 KN	129,03 KN	0,53	-92,03 KN-m	121,66 KN-m	0,76
Apoyo	96,16 KN	129,03 KN	0,75	-92,03 KN-m	121,66 KN-m	0,76
Centro de Luz	2,02 KN	129,03 KN	0,01	70,01 KN-m	121,66 KN-m	0,58
Apoyo	-68,96 KN	129,03 KN	0,53	-72,94 KN-m	121,66 KN-m	0,60

En las tablas 122, 123 y 124, se muestran los esfuerzos máximos de flexión y cortante de losas nervadas en dos direcciones para configuraciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:1 y longitud entre ejes de los apoyos de 3m x 3m.

Tabla 122. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada 2D - 3m x 3m - 1 Panel.

Panel:	3m x 3m	Número de paneles:	1	Sección:	12 x 25,8 cm	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	21,23 KN	112,80 KN	0,19	-10,57 KN-m	24,47 KN-m	0,43
Centro de Luz	0,00 KN	112,80 KN	0,00	16,03 KN-m	24,47 KN-m	0,66
Apoyo	-21,23 KN	112,80 KN	0,19	-10,57 KN-m	24,47 KN-m	0,43
Sentido en "y"						
Apoyo	21,23 KN	112,80 KN	0,19	-10,57 KN-m	24,47 KN-m	0,43
Centro de Luz	0,00 KN	112,80 KN	0,00	15,93 KN-m	24,47 KN-m	0,66
Apoyo	-21,23 KN	112,80 KN	0,19	-10,57 KN-m	24,47 KN-m	0,43

Tabla 123. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada 2D - 3m x 3m - 4 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>3m x 3m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>4</b>	<b>Sección:</b>	<b>12 x 23,2 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	20,98 KN	108,89 KN	0,19	-10,45 KN-m	18,98 KN-m	0,55
Centro de Luz	-1,13 KN	108,89 KN	0,01	8,81 KN-m	18,98 KN-m	0,46
Apoyo	-26,23 KN	108,89 KN	0,24	-15,87 KN-m	18,98 KN-m	0,84
Apoyo	26,23 KN	108,89 KN	0,24	-15,87 KN-m	18,98 KN-m	0,84
Centro de Luz	1,13 KN	108,89 KN	0,01	8,81 KN-m	18,98 KN-m	0,46
Apoyo	-20,98 KN	108,89 KN	0,19	-10,45 KN-m	18,98 KN-m	0,55
Sentido en "y"						
Apoyo	20,98 KN	108,89 KN	0,19	-10,45 KN-m	18,98 KN-m	0,55
Centro de Luz	-1,13 KN	108,89 KN	0,01	8,81 KN-m	18,98 KN-m	0,46
Apoyo	-26,23 KN	108,89 KN	0,24	-15,87 KN-m	18,98 KN-m	0,84
Apoyo	26,23 KN	108,89 KN	0,24	-15,87 KN-m	18,98 KN-m	0,84
Centro de Luz	1,13 KN	108,89 KN	0,01	8,81 KN-m	18,98 KN-m	0,46
Apoyo	-20,98 KN	108,89 KN	0,19	-10,45 KN-m	18,98 KN-m	0,55

Tabla 124. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada 2D - 3m x 3m - 9 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>3m x 3m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>9</b>	<b>Sección:</b>	<b>12 x 23,6 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	21,01 KN	111,15 KN	0,19	-10,46 KN-m	19,78 KN-m	0,53
Centro de Luz	-0,67 KN	111,15 KN	0,01	10,08 KN-m	19,78 KN-m	0,51
Apoyo	-25,21 KN	111,15 KN	0,23	-14,89 KN-m	19,78 KN-m	0,75
Apoyo	21,01 KN	111,15 KN	0,19	-14,89 KN-m	19,78 KN-m	0,75
Centro de Luz	0,00 KN	111,15 KN	0,00	3,15 KN-m	19,78 KN-m	0,16
Apoyo	-21,01 KN	111,15 KN	0,19	-14,89 KN-m	19,78 KN-m	0,75
Apoyo	25,21 KN	111,15 KN	0,23	-14,89 KN-m	19,78 KN-m	0,75
Centro de Luz	0,67 KN	111,15 KN	0,01	10,08 KN-m	19,78 KN-m	0,51
Apoyo	-21,01 KN	111,15 KN	0,19	-10,46 KN-m	19,78 KN-m	0,53
Sentido en "y"						
Apoyo	21,01 KN	111,15 KN	0,19	-10,46 KN-m	19,78 KN-m	0,53
Centro de Luz	-0,67 KN	111,15 KN	0,01	10,08 KN-m	19,78 KN-m	0,51
Apoyo	-25,21 KN	111,15 KN	0,23	-14,89 KN-m	19,78 KN-m	0,75
Apoyo	21,01 KN	111,15 KN	0,19	-14,89 KN-m	19,78 KN-m	0,75
Centro de Luz	0,00 KN	111,15 KN	0,00	3,15 KN-m	19,78 KN-m	0,16
Apoyo	-21,01 KN	111,15 KN	0,19	-14,89 KN-m	19,78 KN-m	0,75
Apoyo	25,21 KN	111,15 KN	0,23	-14,89 KN-m	19,78 KN-m	0,75
Centro de Luz	0,67 KN	111,15 KN	0,01	10,08 KN-m	19,78 KN-m	0,51
Apoyo	-21,01 KN	111,15 KN	0,19	-10,46 KN-m	19,78 KN-m	0,53

En las tablas 125, 126 y 127, se muestran los esfuerzos máximos de flexión y cortante de losas nervadas en dos direcciones para configuraciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:1 y longitud entre ejes de los apoyos de 6m x 6m.

Tabla 125. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada 2D - 6m x 6m - 1 Panel.

<b>Panel:</b>	<b>6m x 6m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>1</b>	<b>Sección:</b>	<b>16 x 42,2 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante $V_u$	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia $[V_u/\phi V_n \text{ máx}]$	Momento $M_u$	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia $[M_u/\phi M_n \text{ máx}]$
Sentido en "x"						
Apoyo	44,96 KN	125,64 KN	0,32	-44,81 KN-m	100,16 KN-m	0,45
Centro de Luz	0,00 KN	125,64 KN	0,00	67,46 KN-m	100,16 KN-m	0,67
Apoyo	-44,96 KN	125,64 KN	0,32	-44,81 KN-m	100,16 KN-m	0,45
Sentido en "y"						
Apoyo	44,96 KN	125,64 KN	0,32	-44,81 KN-m	100,16 KN-m	0,45
Centro de Luz	0,00 KN	125,64 KN	0,00	67,46 KN-m	100,16 KN-m	0,67
Apoyo	-44,96 KN	125,64 KN	0,32	-44,81 KN-m	100,16 KN-m	0,45

Tabla 126. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada 2D - 6m x 6m - 4 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>6m x 6m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>4</b>	<b>Sección:</b>	<b>16 x 36,4 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante $V_u$	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia $[V_u/\phi V_n \text{ máx}]$	Momento $M_u$	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia $[M_u/\phi M_n \text{ máx}]$
Sentido en "x"						
Apoyo	43,49 KN	120,87 KN	0,36	-43,32 KN-m	72,06 KN-m	0,60
Centro de Luz	-0,52 KN	120,87 KN	0,01	36,53 KN-m	72,06 KN-m	0,51
Apoyo	-54,36 KN	120,87 KN	0,45	-62,24 KN-m	72,06 KN-m	0,86
Apoyo	54,36 KN	120,87 KN	0,45	-62,24 KN-m	72,06 KN-m	0,86
Centro de Luz	0,52 KN	120,87 KN	0,01	36,53 KN-m	72,06 KN-m	0,51
Apoyo	-43,49 KN	120,87 KN	0,36	-43,32 KN-m	72,06 KN-m	0,60
Sentido en "y"						
Apoyo	43,49 KN	120,87 KN	0,36	-43,32 KN-m	72,06 KN-m	0,60
Centro de Luz	-0,52 KN	120,87 KN	0,01	36,53 KN-m	72,06 KN-m	0,51
Apoyo	-54,36 KN	120,87 KN	0,45	-62,24 KN-m	72,06 KN-m	0,86
Apoyo	54,36 KN	120,87 KN	0,45	-62,24 KN-m	72,06 KN-m	0,86
Centro de Luz	0,52 KN	120,87 KN	0,01	36,53 KN-m	72,06 KN-m	0,51
Apoyo	-43,49 KN	120,87 KN	0,36	-43,32 KN-m	72,06 KN-m	0,60

Tabla 127. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada 2D - 6m x 6m - 9 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>6m x 6m</b>	<b>Número de paneles:</b>		<b>9</b>	<b>Sección:</b>		<b>16 x 36,9 cm</b>
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]	
Sentido en "x"							
Apoyo	43,64 KN	122,73 KN	0,36	-43,47 KN-m	74,30 KN-m	0,59	
Centro de Luz	-0,93 KN	122,73 KN	0,01	41,90 KN-m	74,30 KN-m	0,56	
Apoyo	-52,37 KN	122,73 KN	0,43	-52,37 KN-m	74,30 KN-m	0,71	
Apoyo	43,64 KN	122,73 KN	0,37	-52,37 KN-m	74,30 KN-m	0,71	
Centro de Luz	0,00 KN	122,73 KN	0,00	13,94 KN-m	74,30 KN-m	0,19	
Apoyo	-43,64 KN	122,73 KN	0,37	-52,37 KN-m	74,30 KN-m	0,71	
Apoyo	52,37 KN	122,73 KN	0,43	-52,37 KN-m	74,30 KN-m	0,71	
Centro de Luz	0,93 KN	122,73 KN	0,01	41,90 KN-m	74,30 KN-m	0,56	
Apoyo	-43,64 KN	122,73 KN	0,36	-43,47 KN-m	74,30 KN-m	0,59	
Sentido en "y"							
Apoyo	43,64 KN	122,73 KN	0,36	-43,47 KN-m	74,30 KN-m	0,59	
Centro de Luz	-0,93 KN	122,73 KN	0,01	41,90 KN-m	74,30 KN-m	0,56	
Apoyo	-52,37 KN	122,73 KN	0,43	-52,37 KN-m	74,30 KN-m	0,71	
Apoyo	43,64 KN	122,73 KN	0,37	-52,37 KN-m	74,30 KN-m	0,71	
Centro de Luz	0,00 KN	122,73 KN	0,00	13,94 KN-m	74,30 KN-m	0,19	
Apoyo	-43,64 KN	122,73 KN	0,37	-52,37 KN-m	74,30 KN-m	0,71	
Apoyo	52,37 KN	122,73 KN	0,43	-52,37 KN-m	74,30 KN-m	0,71	
Centro de Luz	0,93 KN	122,73 KN	0,01	41,90 KN-m	74,30 KN-m	0,56	
Apoyo	-43,64 KN	122,73 KN	0,36	-43,47 KN-m	74,30 KN-m	0,59	

En las tablas 128, 129 y 130, se muestran los esfuerzos máximos de flexión y cortante de losas nervadas en dos direcciones para configuraciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:2 y longitud entre ejes de los apoyos de 3m x 6m.

Tabla 128. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada 2D - 3m x 6m - 1 Panel.

<b>Panel:</b>	<b>3m x 6m</b>	<b>Número de paneles:</b>		<b>1</b>	<b>Sección:</b>		<b>12 x 32,5 cm</b>
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]	
Sentido en "x"							
Apoyo	35,52 KN	111,04 KN	0,32	-18,19 KN-m	41,82 KN-m	0,44	
Centro de Luz	0,00 KN	111,04 KN	0,00	26,51 KN-m	41,82 KN-m	0,63	
Apoyo	-35,52 KN	111,04 KN	0,32	-18,19 KN-m	41,82 KN-m	0,44	
Sentido en "y"							
Apoyo	19,34 KN	65,51 KN	0,30	-9,63 KN-m	41,82 KN-m	0,23	
Centro de Luz	0,00 KN	65,51 KN	0,00	14,50 KN-m	41,82 KN-m	0,35	
Apoyo	-19,34 KN	65,51 KN	0,30	-9,63 KN-m	41,82 KN-m	0,23	

Tabla 129. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada 2D - 3m x 6m - 4 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>3m x 6m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>4</b>	<b>Sección:</b>	<b>12 x 29,6 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	36,28 KN	113,37 KN	0,32	-18,07 KN-m	33,74 KN-m	0,54
Centro de Luz	-1,60 KN	113,37 KN	0,01	15,24 KN-m	33,74 KN-m	0,45
Apoyo	-42,36 KN	113,37 KN	0,37	-27,22 KN-m	33,74 KN-m	0,81
Apoyo	42,36 KN	113,37 KN	0,37	-27,22 KN-m	33,74 KN-m	0,81
Centro de Luz	1,60 KN	113,37 KN	0,01	15,24 KN-m	33,74 KN-m	0,45
Apoyo	-36,28 KN	113,37 KN	0,32	-18,07 KN-m	33,74 KN-m	0,54
Sentido en "y"						
Apoyo	12,81 KN	65,66 KN	0,20	-6,38 KN-m	33,74 KN-m	0,19
Centro de Luz	-0,11 KN	65,66 KN	0,01	5,38 KN-m	33,74 KN-m	0,16
Apoyo	-16,01 KN	65,66 KN	0,24	-9,61 KN-m	33,74 KN-m	0,29
Apoyo	16,01 KN	65,66 KN	0,24	-9,61 KN-m	33,74 KN-m	0,29
Centro de Luz	0,11 KN	65,66 KN	0,01	5,38 KN-m	33,74 KN-m	0,16
Apoyo	-12,81 KN	65,66 KN	0,20	-6,38 KN-m	33,74 KN-m	0,19

Tabla 130. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada 2D - 3m x 6m - 9 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>3m x 6m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>9</b>	<b>Sección:</b>	<b>12 x 31,2 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	32,71 KN	112,66 KN	0,29	-20,27 KN-m	38,09 KN-m	0,53
Centro de Luz	-0,74 KN	112,66 KN	0,01	19,54 KN-m	38,09 KN-m	0,51
Apoyo	-37,85 KN	112,66 KN	0,34	-26,13 KN-m	38,09 KN-m	0,69
Apoyo	32,71 KN	112,66 KN	0,29	-26,13 KN-m	38,09 KN-m	0,69
Centro de Luz	0,00 KN	112,66 KN	0,00	5,99 KN-m	38,09 KN-m	0,16
Apoyo	-32,71 KN	112,66 KN	0,29	-26,13 KN-m	38,09 KN-m	0,69
Apoyo	37,85 KN	112,66 KN	0,34	-26,13 KN-m	38,09 KN-m	0,69
Centro de Luz	0,74 KN	112,66 KN	0,01	19,54 KN-m	38,09 KN-m	0,51
Apoyo	-32,71 KN	112,66 KN	0,29	-20,27 KN-m	38,09 KN-m	0,53
Sentido en "y"						
Apoyo	19,28 KN	65,87 KN	0,29	-8,33 KN-m	38,09 KN-m	0,22
Centro de Luz	-0,70 KN	65,87 KN	0,01	8,23 KN-m	38,09 KN-m	0,22
Apoyo	-22,15 KN	65,87 KN	0,34	-11,51 KN-m	38,09 KN-m	0,30
Apoyo	19,28 KN	65,87 KN	0,29	-11,51 KN-m	38,09 KN-m	0,30
Centro de Luz	0,00 KN	65,87 KN	0,00	2,35 KN-m	38,09 KN-m	0,06
Apoyo	-19,28 KN	65,87 KN	0,29	-11,51 KN-m	38,09 KN-m	0,30
Apoyo	22,15 KN	65,87 KN	0,34	-11,51 KN-m	38,09 KN-m	0,30
Centro de Luz	0,70 KN	65,87 KN	0,01	8,23 KN-m	38,09 KN-m	0,22
Apoyo	-19,28 KN	65,87 KN	0,17	-8,33 KN-m	38,09 KN-m	0,22

En las tablas 131, 132 y 133, se muestran los esfuerzos máximos de flexión y cortante de losas nervadas en dos direcciones para configuraciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:2 y longitud entre ejes de los apoyos de 6m x 12m.

Tabla 131. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada 2D - 6m x 12m - 1 Panel.

<b>Panel:</b>	<b>6m x 12m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>1</b>	<b>Sección:</b>	<b>16 x 47,6 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	54,82 KN	133,63 KN	0,41	-63,69 KN-m	130,48 KN-m	0,49
Centro de Luz	0,00 KN	133,63 KN	0,00	82,23 KN-m	130,48 KN-m	0,63
Apoyo	-54,82 KN	133,63 KN	0,41	-63,69 KN-m	130,48 KN-m	0,49
Sentido en "y"						
Apoyo	27,40 KN	133,63 KN	0,21	-27,29 KN-m	130,48 KN-m	0,21
Centro de Luz	0,00 KN	133,63 KN	0,00	41,11 KN-m	130,48 KN-m	0,32
Apoyo	-27,40 KN	133,63 KN	0,21	-27,29 KN-m	130,48 KN-m	0,21

Tabla 132. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada 2D - 6m x 12m - 4 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>6m x 12m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>4</b>	<b>Sección:</b>	<b>16 x 43,6 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	56,91 KN	130,25 KN	0,44	-56,69 KN-m	107,64 KN-m	0,53
Centro de Luz	-1,90 KN	130,25 KN	0,02	47,81 KN-m	107,64 KN-m	0,44
Apoyo	-68,30 KN	130,25 KN	0,52	-85,38 KN-m	107,64 KN-m	0,79
Apoyo	68,30 KN	130,25 KN	0,52	-85,38 KN-m	107,64 KN-m	0,79
Centro de Luz	1,90 KN	130,25 KN	0,02	47,81 KN-m	107,64 KN-m	0,44
Apoyo	-56,91 KN	130,25 KN	0,44	-56,69 KN-m	107,64 KN-m	0,53
Sentido en "y"						
Apoyo	27,10 KN	130,25 KN	0,21	-26,99 KN-m	107,64 KN-m	0,25
Centro de Luz	-0,78 KN	130,25 KN	0,01	22,77 KN-m	107,64 KN-m	0,21
Apoyo	-32,52 KN	130,25 KN	0,25	-40,65 KN-m	107,64 KN-m	0,38
Apoyo	32,52 KN	130,25 KN	0,25	-40,65 KN-m	107,64 KN-m	0,38
Centro de Luz	0,78 KN	130,25 KN	0,01	22,77 KN-m	107,64 KN-m	0,21
Apoyo	-27,10 KN	130,25 KN	0,21	-26,99 KN-m	107,64 KN-m	0,25

Tabla 133. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada 2D - 6m x 12m - 9 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>6m x 12m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>9</b>	<b>Sección:</b>	<b>16 x 44,2 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	61,54 KN	127,49 KN	0,48	-61,29 KN-m	110,93 KN-m	0,55
Centro de Luz	-1,41 KN	127,49 KN	0,01	59,08 KN-m	110,93 KN-m	0,53
Apoyo	-64,13 KN	127,49 KN	0,50	-73,85 KN-m	110,93 KN-m	0,67
Apoyo	61,54 KN	127,49 KN	0,48	-73,85 KN-m	110,93 KN-m	0,67
Centro de Luz	0,00 KN	127,49 KN	0,00	18,46 KN-m	110,93 KN-m	0,17
Apoyo	-61,54 KN	127,49 KN	0,48	-73,85 KN-m	110,93 KN-m	0,67
Apoyo	64,13 KN	127,49 KN	0,50	-73,85 KN-m	110,93 KN-m	0,67
Centro de Luz	1,41 KN	127,49 KN	0,01	59,08 KN-m	110,93 KN-m	0,53
Apoyo	-61,54 KN	127,49 KN	0,48	-61,29 KN-m	110,93 KN-m	0,55
Sentido en "y"						
Apoyo	34,39 KN	127,49 KN	0,27	-34,25 KN-m	110,93 KN-m	0,31
Centro de Luz	-1,32 KN	127,49 KN	0,01	33,01 KN-m	110,93 KN-m	0,30
Apoyo	-41,27 KN	127,49 KN	0,32	-41,27 KN-m	110,93 KN-m	0,37
Apoyo	34,39 KN	127,49 KN	0,27	-41,27 KN-m	110,93 KN-m	0,37
Centro de Luz	0,00 KN	127,49 KN	0,00	10,32 KN-m	110,93 KN-m	0,09
Apoyo	-34,39 KN	127,49 KN	0,27	-41,27 KN-m	110,93 KN-m	0,37
Apoyo	41,27 KN	127,49 KN	0,32	-41,27 KN-m	110,93 KN-m	0,37
Centro de Luz	1,32 KN	127,49 KN	0,01	33,01 KN-m	110,93 KN-m	0,30
Apoyo	-34,39 KN	127,49 KN	0,27	-34,25 KN-m	110,93 KN-m	0,31

En las tablas 134, 135 y 136, se muestran los esfuerzos máximos de flexión y cortante de losas nervadas en dos direcciones para configuraciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:3 y longitud entre ejes de los apoyos de 3m x 9m.

Tabla 134. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada 2D - 3m x 9m - 1 Panel.

<b>Panel:</b>	<b>3m x 9m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>1</b>	<b>Sección:</b>	<b>12 x 36,1 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	40,72 KN	112,25 KN	0,36	-20,28 KN-m	53,05 KN-m	0,38
Centro de Luz	0,00 KN	112,25 KN	0,00	30,54 KN-m	53,05 KN-m	0,58
Apoyo	-40,72 KN	112,25 KN	0,36	-20,28 KN-m	53,05 KN-m	0,38
Sentido en "y"						
Apoyo	13,66 KN	67,38 KN	0,20	-6,47 KN-m	53,05 KN-m	0,12
Centro de Luz	0,00 KN	67,38 KN	0,00	9,75 KN-m	53,05 KN-m	0,18
Apoyo	-13,66 KN	67,38 KN	0,20	-6,47 KN-m	53,05 KN-m	0,12

Tabla 135. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada 2D - 3m x 9m - 4 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>3m x 9m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>4</b>	<b>Sección:</b>	<b>12 x 29,6 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	35,43 KN	114,26 KN	0,31	-18,28 KN-m	34,27 KN-m	0,53
Centro de Luz	-1,24 KN	114,26 KN	0,01	15,42 KN-m	34,27 KN-m	0,45
Apoyo	-42,52 KN	114,26 KN	0,37	-27,54 KN-m	34,27 KN-m	0,80
Apoyo	42,52 KN	114,26 KN	0,37	-27,54 KN-m	34,27 KN-m	0,80
Centro de Luz	1,24 KN	114,26 KN	0,01	15,42 KN-m	34,27 KN-m	0,45
Apoyo	-35,43 KN	114,26 KN	0,33	-18,28 KN-m	34,27 KN-m	0,53
Sentido en "y"						
Apoyo	12,81 KN	66,17 KN	0,19	-6,38 KN-m	34,27 KN-m	0,19
Centro de Luz	-0,43 KN	66,17 KN	0,01	5,38 KN-m	34,27 KN-m	0,16
Apoyo	-15,37 KN	66,17 KN	0,23	-9,60 KN-m	34,27 KN-m	0,28
Apoyo	15,37 KN	66,17 KN	0,23	-9,60 KN-m	34,27 KN-m	0,28
Centro de Luz	0,43 KN	66,17 KN	0,01	5,38 KN-m	34,27 KN-m	0,16
Apoyo	-12,81 KN	66,17 KN	0,19	-6,38 KN-m	34,27 KN-m	0,19

Tabla 136. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada 2D - 3m x 9m - 9 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>3m x 9m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>9</b>	<b>Sección:</b>	<b>12 x 31,6 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	40,16 KN	114,32 KN	0,35	-20,00 KN-m	39,22 KN-m	0,51
Centro de Luz	-1,36 KN	114,32 KN	0,01	19,28 KN-m	39,22 KN-m	0,49
Apoyo	-48,20 KN	114,32 KN	0,42	-24,10 KN-m	39,22 KN-m	0,62
Apoyo	40,16 KN	114,32 KN	0,35	-24,10 KN-m	39,22 KN-m	0,62
Centro de Luz	0,00 KN	114,32 KN	0,00	7,73 KN-m	39,22 KN-m	0,20
Apoyo	-40,16 KN	114,32 KN	0,35	-24,10 KN-m	39,22 KN-m	0,62
Apoyo	48,20 KN	114,32 KN	0,42	-24,10 KN-m	39,22 KN-m	0,62
Centro de Luz	1,36 KN	114,32 KN	0,01	19,28 KN-m	39,22 KN-m	0,49
Apoyo	-40,16 KN	114,32 KN	0,35	-20,00 KN-m	39,22 KN-m	0,51
Sentido en "y"						
Apoyo	12,81 KN	66,83 KN	0,19	-6,38 KN-m	39,22 KN-m	0,16
Centro de Luz	-0,53 KN	66,83 KN	0,01	6,15 KN-m	39,22 KN-m	0,16
Apoyo	-15,38 KN	66,83 KN	0,23	-7,69 KN-m	39,22 KN-m	0,20
Apoyo	12,81 KN	66,83 KN	0,19	-7,69 KN-m	39,22 KN-m	0,20
Centro de Luz	0,00 KN	66,83 KN	0,00	2,73 KN-m	39,22 KN-m	0,07
Apoyo	-12,81 KN	66,83 KN	0,19	-7,69 KN-m	39,22 KN-m	0,20
Apoyo	15,38 KN	66,83 KN	0,23	-7,69 KN-m	39,22 KN-m	0,20
Centro de Luz	0,53	66,83 KN	0,01	6,15 KN-m	39,22 KN-m	0,16
Apoyo	-12,81 KN	66,83 KN	0,19	-6,38 KN-m	39,22 KN-m	0,16

En las tablas 137, 138 y 139, se muestran los esfuerzos máximos de flexión y cortante de losas nervadas en dos direcciones para configuraciones de 1, 4 y 9 paneles, con una relación de panel 1:3 y longitud entre ejes de los apoyos de 6m x 18m.

Tabla 137. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada 2D - 6m x 18m - 1 Panel.

<b>Panel:</b>	<b>6m x 18m</b>	<b>Número de paneles:</b>		<b>1</b>	<b>Sección:</b>	<b>16 x 49,2 cm</b>
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	59,20 KN	134,61 KN	0,44	-58,97 KN-m	158,81 KN-m	0,37
Centro de Luz	0,00 KN	134,61 KN	0,00	88,81 KN-m	158,81 KN-m	0,56
Apoyo	-59,20 KN	134,61 KN	0,44	-58,97 KN-m	158,81 KN-m	0,37
Sentido en "y"						
Apoyo	31,45 KN	134,61 KN	0,23	-31,32 KN-m	158,81 KN-m	0,20
Centro de Luz	0,00 KN	134,61 KN	0,00	47,18 KN-m	158,81 KN-m	0,30
Apoyo	-31,45 KN	134,61 KN	0,23	-31,32 KN-m	158,81 KN-m	0,20

Tabla 138. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada 2D - 6m x 18m - 4 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>6m x 18m</b>	<b>Número de paneles:</b>		<b>4</b>	<b>Sección:</b>	<b>16 x 43,9 cm</b>
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	57,20 KN	131,23 KN	0,44	-56,98 KN-m	109,28 KN-m	0,52
Centro de Luz	-1,56 KN	131,23 KN	0,01	48,05 KN-m	109,28 KN-m	0,44
Apoyo	-68,65 KN	131,23 KN	0,52	-85,81 KN-m	109,28 KN-m	0,79
Apoyo	68,65 KN	131,23 KN	0,52	-85,81 KN-m	109,28 KN-m	0,79
Centro de Luz	1,56 KN	131,23 KN	0,01	48,05 KN-m	109,28 KN-m	0,44
Apoyo	-57,20 KN	131,23 KN	0,44	-56,98 KN-m	109,28 KN-m	0,52
Sentido en "y"						
Apoyo	26,81 KN	131,23 KN	0,20	-26,71 KN-m	109,28 KN-m	0,25
Centro de Luz	-0,55 KN	131,23 KN	0,01	22,52 KN-m	109,28 KN-m	0,21
Apoyo	-32,17 KN	131,23 KN	0,25	-40,22 KN-m	109,28 KN-m	0,37
Apoyo	32,17 KN	131,23 KN	0,25	-40,22 KN-m	109,28 KN-m	0,37
Centro de Luz	0,55 KN	131,23 KN	0,01	22,52 KN-m	109,28 KN-m	0,21
Apoyo	-26,81 KN	131,23 KN	0,20	-26,71 KN-m	109,28 KN-m	0,25

Tabla 139. Esfuerzos de flexión y cortante de losa nervada 2D - 6m x 18m - 9 Paneles.

<b>Panel:</b>	<b>6m x 18m</b>	<b>Número de paneles:</b>	<b>9</b>	<b>Sección:</b>	<b>16 x 44,9 cm</b>	
Estación de estudio	Cortante Vu	Cortante $\phi V_n$ Máx	Relación de resistencia [Vu/ $\phi V_n$ máx]	Momento Mu	Momento $\phi M_n$ Máx	Relación de resistencia [Mu/ $\phi M_n$ máx]
Sentido en "x"						
Apoyo	58,03 KN	129,71 KN	0,45	-57,80 KN-m	114,82 KN-m	0,50
Centro de Luz	-1,74 KN	129,71 KN	0,01	55,71 KN-m	114,82 KN-m	0,49
Apoyo	-69,64 KN	129,71 KN	0,54	-69,64 KN-m	114,82 KN-m	0,61
Apoyo	58,03 KN	129,71 KN	0,45	-69,64 KN-m	114,82 KN-m	0,61
Centro de Luz	0,00 KN	129,71 KN	0,00	17,42 KN-m	114,82 KN-m	0,15
Apoyo	-58,03 KN	129,71 KN	0,45	-69,64 KN-m	114,82 KN-m	0,61
Apoyo	69,64 KN	129,71 KN	0,54	-69,64 KN-m	114,82 KN-m	0,61
Centro de Luz	1,74 KN	129,71 KN	0,01	55,71 KN-m	114,82 KN-m	0,49
Apoyo	-58,03 KN	129,71 KN	0,45	-57,80 KN-m	114,82 KN-m	0,50
Sentido en "y"						
Apoyo	27,20 KN	129,71 KN	0,21	-27,09 KN-m	114,82 KN-m	0,24
Centro de Luz	-0,75 KN	129,71 KN	0,01	26,12 KN-m	114,82 KN-m	0,23
Apoyo	-32,65 KN	129,71 KN	0,25	-32,64 KN-m	114,82 KN-m	0,28
Apoyo	27,20 KN	129,71 KN	0,21	-32,64 KN-m	114,82 KN-m	0,28
Centro de Luz	0,00 KN	129,71 KN	0,00	8,16 KN-m	114,82 KN-m	0,07
Apoyo	-27,20 KN	129,71 KN	0,21	-32,64 KN-m	114,82 KN-m	0,28
Apoyo	32,65 KN	129,71 KN	0,25	-32,64 KN-m	114,82 KN-m	0,28
Centro de Luz	0,75 KN	129,71 KN	0,01	26,12 KN-m	114,82 KN-m	0,23
Apoyo	-27,20 KN	129,71 KN	0,21	-27,09 KN-m	114,82 KN-m	0,24