	<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): OSCAR MIGUEL APELLIDOS: MARQUEZ PEREIRA

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

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): CARLOS ALEXIS APELLIDOS: BONILLA GRANADOS

CO-DIRECTOR:

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

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y ECONÓMICO DE VIVIENDAS DE UNO Y DOS PISOS, DISEÑADAS CON SISTEMA DE MAMPOSTERÍA CONFINADA Y SISTEMA DE PÓRTICOS

RESUMEN

Este proyecto realizó un análisis comparativo del comportamiento estructural y económico de viviendas de uno y dos pisos, diseñadas con sistema de mampostería confinada y sistema de pórticos. Para ello, se implementó una investigación aplicada. La información se obtuvo mediante los resultados de los análisis y diseño de las viviendas. La población y muestra corresponde a las edificaciones y construcciones de viviendas de uno y dos pisos ubicadas en la ciudad de San José de Cúcuta-Colombia. Se logró realizar el análisis y diseño de las viviendas de uno y dos pisos en sistema de mampostería confinada. Posteriormente, se cuantificaron los requerimientos estructurales de concreto, de acero de refuerzo y de mampostería. Finalmente, se identificó el comportamiento económico de las viviendas diseñadas.

PALABRAS CLAVE: comportamiento estructural y económico, mampostería, pórticos.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 246 PLANOS: \_\_\_\_\_ ILUSTRACIONES: \_\_\_\_\_ CD ROOM: 1

\*\*Copia No Controlada\*\*

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y ECONÓMICO  
DE VIVIENDAS DE UNO Y DOS PISOS, DISEÑADAS CON SISTEMA DE  
MAMPOSTERÍA CONFINADA Y SISTEMA DE PÓRTICOS

OSCAR MIGUEL MARQUEZ PEREIRA

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 ECONÓMICO  
DE VIVIENDAS DE UNO Y DOS PISOS, DISEÑADAS CON SISTEMA DE  
MAMPOSTERÍA CONFINADA Y SISTEMA DE PÓRTICOS

OSCAR MIGUEL MARQUEZ PEREIRA

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

Ingeniero Civil

Director:

CARLOS ALEXIS BONILLA GRANADOS

MSc. Tecnologías para el Manejo de Aguas y Residuos

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: 10 DE FEBRERO DE 2022 HORA: 4:00 p. m.

LUGAR: VIDEO CONFERENCIA GOOGLE

MEET PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

TITULO DE LA TESIS: "ANALISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y ECONOMICO DE VIVIENDAS DE UNO Y DOS PISOS, DISEÑADAS CON SISTEMA DE MAMPOSTERIA CONFINADA Y SISTEMA DE PORTICOS".

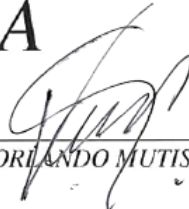
JURADOS: ING. JOSE RAFAEL CACERES RUBIO  
ING. VICTOR ORLANDO MUTIS SERRANO

DIRECTOR: INGENIERO CARLOS ALEXIS BONILLA GRANADOS.

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
OSCAR MIGUEL MARQUEZ PEREIRA	1112203	4,2	CUATRO, DOS

# APROBADA

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

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

Vo. Bo.   
\_\_\_\_\_  
JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ  
Coordinador Comité Curricular

Betty M.

## Contenido

	<b>pág.</b>
Introducción	22
1. Problema	23
1.1 Título	23
1.2 Planteamiento del Problema	23
1.3 Formulación del Problema	24
1.4 Objetivos	24
1.4.1 Objetivo general	24
1.4.2 Objetivos específicos	24
1.5 Justificación	25
1.6 Alcances y Limitaciones	26
1.6.1 Alcances	26
1.6.2 Limitaciones	26
1.7 Delimitaciones	26
1.7.1 Delimitación temporal	26
1.7.2 Delimitación espacial	26
1.7.3 Delimitación conceptual	26
2. Marco Referencial	28
2.1 Antecedentes	28
2.2 Marco Teórico	31
2.3 Marco Conceptual	32
2.4 Marco Contextual	34
2.5 Marco Legal	34

3. Diseño Metodológico	36
3.1 Tipo de Investigación	36
3.2 Población y Muestra	36
3.3 Fases y Actividades Específicas del Proyecto	37
3.3.1 Fase 1	37
3.3.1.1 Actividad 1	37
3.3.1.2 Actividad 2	37
3.3.1.3 Actividad 3	38
3.3.1.4 Actividad 4	38
3.3.2 Fase 2	38
3.3.2.1 Actividad 1	38
3.3.2.2 Actividad 2	38
3.3.2.3 Actividad 3	38
3.3.3 Fase 3	39
3.3.3.1 Actividad 1	39
3.4 Instrumentos para la Recolección de Información	39
3.5 Metodología de Desarrollo para cada una de las Actividades	40
3.5.1 Diseño de viviendas de mampostería confinada según Título E de NSR-10	40
3.5.1.1 Procedimiento de diseño de muros de mampostería confinada según capítulo E.3 de NSR-10 para viviendas de mampostería confinada	40
3.5.1.2 Procedimiento de diseño de cimentaciones según capítulo E.2 de NSR-10 para viviendas de mampostería confinada	42
3.5.1.3 Procedimiento de diseño de elementos de confinamientos (vigas y columnas) según capítulo E.4 de NSR-10 para viviendas de mampostería confinada	42

3.5.1.4 Procedimiento de diseño de los de entepiso según capítulo E.5 de NSR-10 para viviendas de mampostería confinada	43
3.5.2 Diseño de viviendas en sistema tipo pórtico según Título A y C de NSR-10	44
3.5.2.1 Procedimiento para el dimensionamiento de placas y vigas según el capítulo C.9 de NSR-10	44
3.5.2.2 Procedimiento de análisis sísmicos para edificaciones con sistema de pórticos de concreto reforzado según el Título A de NSR-10	45
3.5.2.3 Procedimiento para el análisis de cargas vivas y cargas muertas según el Título B de NSR-10	47
3.5.2.4 Procedimiento para el diseño de elementos sometidos a flexión y cortante (placas y vigas) según el Título C de NSR-10	48
3.5.2.5 Procedimiento para el diseño de elementos sometidos a flexo-compresión (columnas) según el Título C de NSR-10	49
3.5.2.6 Procedimiento para el diseño de zapatas según el Título C de NSR-10	51
3.6 Técnicas de Análisis y Procesamiento de Datos	54
4. Resultados y Discusión	55
4.1 Planos Arquitectónicos de Viviendas	55
4.1.1 Plano arquitectónico de vivienda de un piso con un área en planta aproximada de 50m <sup>2</sup>	55
4.1.2 Plano arquitectónico de vivienda de un piso con un área en planta aproximada de 100m <sup>2</sup>	56
4.1.3 Plano arquitectónico de vivienda de un piso con un área en planta aproximada de 150m <sup>2</sup>	57

4.1.4 Plano arquitectónico de vivienda de dos pisos con un área en planta aproximada de 100m <sup>2</sup>	57
4.1.5 Plano arquitectónico de vivienda de dos pisos con un área en planta aproximada de 200m <sup>2</sup>	58
4.1.6 Plano arquitectónico de vivienda de dos pisos con un área en planta de 300m <sup>2</sup>	60
4.2 Diseño Estructural de Casa de uno y dos Pisos en Mampostería Confinada	61
4.2.1 Diseño estructural de casa de un piso (50m <sup>2</sup> ) en mampostería confinada	61
4.2.2 Diseño estructural de casa de un piso (100m <sup>2</sup> ) en mampostería confinada	67
4.2.3 Diseño estructural de casa de un piso (150m <sup>2</sup> ) en mampostería confinada	74
4.2.4 Diseño estructural de casa de dos pisos (100m <sup>2</sup> ) en mampostería confinada	83
4.2.5 Diseño estructural de casa de dos pisos (200m <sup>2</sup> ) en mampostería confinada	93
4.2.6 Diseño estructural de casa de dos pisos (300m <sup>2</sup> ) en mampostería confinada	104
4.3 Diseño Estructural de casas de Uno y dos Pisos en Pórticos	117
4.3.1 Diseño estructural de casa de un piso (50m <sup>2</sup> ) en pórticos	118
4.3.2 Diseño estructural de casa de un piso (100m <sup>2</sup> ) en pórticos	129
4.3.3 Diseño estructural de casa de un piso (150m <sup>2</sup> ) en pórticos	140
4.3.4 Diseño estructural de casa de dos pisos (100m <sup>2</sup> ) en pórticos	157
4.3.5 Diseño estructural de casa de dos pisos (200m <sup>2</sup> ) en pórticos	172
4.3.6 Diseño estructural de casa de dos pisos (300m <sup>2</sup> ) en pórticos	187
4.4 Diseño de Elementos no Estructurales, Escaleras y Cubierta Liviana	208
4.4.1 Diseño de elementos no estructurales	208
4.4.2 Diseño de escalera	210
4.4.3 Diseño de cubierta liviana	211



4.5 Cálculo de Cantidades de obra para cada Una de las Viviendas Diseñadas	212
4.5.1 Cantidades de obra casas de uno y dos pisos en mampostería confinada	212
4.5.2 Cantidades de obra casa de uno y dos pisos en pórticos	220
4.6 Análisis Económico de casas en Mampostería Confinada y en Pórticos	228
5. Conclusiones	242
6. Recomendaciones	244
Referencias Bibliográficas	245

## Lista de Tablas

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Tamaño de la muestra de la investigación	37
Tabla 2. Espesores mínimos de losas Título E de NSR-10	44
Tabla 3. Espesores mínimos de losas macizas Título C de NSR-10	45
Tabla 4. Espesores mínimos de vigas Título C de NSR-10	45
Tabla 5. Fuerzas y momentos transferidos a la cimentación de la vivienda de un piso	128
Tabla 6. Fuerzas y momentos transferidos a la cimentación de la vivienda de un piso	138
Tabla 7. Fuerzas y momentos transferidos a la cimentación de la vivienda de un piso	155
Tabla 8. Fuerzas y momentos transferidos a la cimentación de la vivienda de un piso	171
Tabla 9. Fuerzas y momentos transferidos a la cimentación de la vivienda de un piso	185
Tabla 10. Fuerzas y momentos transferidos a la cimentación de la vivienda de un piso	206
Tabla 11. Cantidades de obra casa de un piso en mampostería confinada (50m <sup>2</sup> )	213
Tabla 12. Cantidades de obra casa de un piso en mampostería confinada (100m <sup>2</sup> )	214
Tabla 13. Cantidades de obra casa de un piso en mampostería confinada (150m <sup>2</sup> )	215
Tabla 14. Cantidades de obra casa de dos pisos en mampostería confinada (100m <sup>2</sup> )	216
Tabla 15. Cantidades de obra casa de dos pisos en mampostería confinada (200m <sup>2</sup> )	218
Tabla 16. Cantidades de obra casa de dos pisos en mampostería confinada (300m <sup>2</sup> )	219
Tabla 17. Cantidades de obra casa de un piso en pórticos (50m <sup>2</sup> )	221
Tabla 18. Cantidades de obra casa de un piso en pórticos (100m <sup>2</sup> )	222
Tabla 19. Cantidades de obra casa de un piso en pórticos (150m <sup>2</sup> )	223
Tabla 20. Cantidades de obra casa de dos pisos en pórticos (100m <sup>2</sup> )	224
Tabla 21. Cantidades de obra casa de dos pisos en pórticos (200m <sup>2</sup> )	225
Tabla 22. Cantidades de obra casa de dos pisos en pórticos (300m <sup>2</sup> )	227

Tabla 23. Análisis de precios unitarios (APU) detallados para cada elemento	229
Tabla 24. Costo de construcción de casa en mampostería confinada de un piso	235
Tabla 25. Costo de construcción de casa en mampostería confinada de dos pisos	236
Tabla 26. Costo de construcción de casa en pórticos de un piso	237
Tabla 27. Costo de construcción de casa en pórticos de dos pisos	238

## Lista de Figuras

	<b>pág.</b>
Figura 1. Diagrama de interacción de elementos sometidos a flexo-compresión	51
Figura 2. Diseño arquitectónico de vivienda de una piso con área de 50m <sup>2</sup>	55
Figura 3. Diseño arquitectónico de bloque de viviendas de una piso con área de 100m <sup>2</sup>	56
Figura 4. Diseño arquitectónico de vivienda de una piso con área de 150m <sup>2</sup>	57
Figura 5. Diseño arquitectónico casa de dos pisos (100m <sup>2</sup> )	58
Figura 6. Diseño arquitectónico casa de dos pisos (200m <sup>2</sup> ). Planta de primer piso	59
Figura 7. Diseño arquitectónico casa de dos pisos (200m <sup>2</sup> ). Planta de segundo piso	59
Figura 8. Diseño arquitectónico casa de dos pisos (300m <sup>2</sup> ). Planta de primer piso	60
Figura 9. Diseño arquitectónico casa de dos pisos (300m <sup>2</sup> ). Planta de segundo piso	60
Figura 10. Replanteo estructural de ubicación de muros de mampostería confinada	61
Figura 11. Detalle de cimentación continua para viviendas de mampostería confinada	62
Figura 12. Configuración en planta de vigas de cimentación	63
Figura 13. Detalle de placa de contrapiso	63
Figura 14. Configuración en planta de vigas de amarre a nivel de terreno	64
Figura 15. Detalle de placa de tanque	64
Figura 16. Detalle de configuración en planta de cubierta liviana	65
Figura 17. Detalle de cubierta liviana	66
Figura 18. Detalle de refuerzo de vigas de confinamiento a nivel de cubierta	66
Figura 19. Detalle de refuerzo de columnas de confinamiento	67
Figura 20. Replanteo estructural de ubicación de muros de mampostería confinada	68
Figura 21. Detalle de cimentación continúa para viviendas de mampostería confinada	69
Figura 22. Configuración en planta de vigas de cimentación	69

Figura 23. Configuración en planta de vigas de amarre a nivel de terreno	70
Figura 24. Detalle de placa de contrapiso	71
Figura 25. Detalle de configuración en planta de cubierta liviana	71
Figura 26. Detalle de placa de tanque	72
Figura 27. Detalle de cubierta liviana	72
Figura 28. Detalle de refuerzo de vigas de confinamiento a nivel de cubierta	73
Figura 29. Detalle de refuerzo de columnas de confinamiento	73
Figura 30. Replanteo estructural de ubicación de muros de mampostería confinada	75
Figura 31. Configuración en planta de vigas de cimentación	77
Figura 32. Detalle de cimentación continua para viviendas de mampostería confinada	78
Figura 33. Configuración en planta de vigas de amarre a nivel de terreno	79
Figura 34. Detalle de placa de contrapiso	80
Figura 35. Detalle de placa de tanque	80
Figura 36. Detalle de configuración en planta de cubierta liviana	81
Figura 37. Detalle de cubierta liviana	82
Figura 38. Detalle de refuerzo de vigas de confinamiento a nivel de cubierta	82
Figura 39. Detalle de refuerzo de columnas de confinamiento	83
Figura 40. Replanteo estructural de ubicación de muros de mampostería confinada	84
Figura 41. Configuración en planta de vigas de cimentación	85
Figura 42. Detalle de cimentación continua para viviendas de mampostería confinada	86
Figura 43. Detalle de placa de contrapiso	86
Figura 44. Configuración en planta de vigas de amarre a nivel de terreno	87
Figura 45. Configuración en planta de vigas de amarre a nivel de entrepiso	88
Figura 46. Detalle de la placa de entrepiso	88

Figura 47. Detalle de la viga de entrepiso	89
Figura 48. Detalle de configuración en planta de cubierta	89
Figura 49. Detalle de placa de tanque	90
Figura 50. Detalle de cubierta liviana	90
Figura 51. Detalle de refuerzo de vigas de confinamiento a nivel de cubierta	91
Figura 52. Detalle de refuerzo de columnas de confinamiento (un piso)	92
Figura 53. Detalle de refuerzo de columnas de confinamiento (dos pisos)	93
Figura 54. Replanteo estructural muros de mampostería confinada, primer piso	94
Figura 55. Replanteo estructural muros de mampostería confinada, segundo piso	95
Figura 56. Configuración en planta de vigas de cimentación	96
Figura 57. Detalle de cimentación continua para viviendas de mampostería confinada	97
Figura 58. Detalle de placa de contrapiso	97
Figura 59. Configuración en planta de vigas de amarre a nivel de terreno	98
Figura 60. Configuración en planta de vigas de amarre a nivel de entrepiso	99
Figura 61. Detalle de la placa de entrepiso	99
Figura 62. Detalle de la viga de entrepiso	100
Figura 63. Detalle de configuración en planta de cubierta	100
Figura 64. Detalle de placa de tanque	101
Figura 65. Detalle de cubierta liviana	101
Figura 66. Detalle de refuerzo de vigas de confinamiento a nivel de cubierta	102
Figura 67. Detalle de refuerzo de columnas de confinamiento (un piso)	103
Figura 68. Detalle de refuerzo de columnas de confinamiento (dos pisos)	104
Figura 69. Replanteo estructural muros de mampostería confinada, primer piso	105
Figura 70. Replanteo estructural muros de mampostería confinada, segundo piso	106

Figura 71. Configuración en planta de vigas de cimentación	108
Figura 72. Detalle de cimentación continua para viviendas de mampostería confinada	109
Figura 73. Configuración en planta de vigas de amarre a nivel de terreno	110
Figura 74. Detalle de placa de contrapiso	111
Figura 75. Detalle de la placa de entrepiso	111
Figura 76. Detalle de la viga de entrepiso	112
Figura 77. Configuración en planta de vigas de amarre a nivel de entrepiso	112
Figura 78. Detalle de configuración en planta de cubierta	114
Figura 79. Detalle de placa de tanque	115
Figura 80. Detalle de cubierta liviana	115
Figura 81. Detalle de refuerzo de vigas de confinamiento a nivel de cubierta	116
Figura 82. Detalle de refuerzo de columnas de confinamiento (un piso)	116
Figura 83. Detalle de refuerzo de columnas de confinamiento (dos pisos)	117
Figura 84. Replanteo en sistema tipo pórtico de viviendas de un piso	118
Figura 85. Esquema de modelo 3D realizado en software SAP2000	119
Figura 86. Desplazamiento máximo a nivel de cubierta según software SAP2000	119
Figura 87. Diagramas de cortante según software SAP2000	120
Figura 88. Diagramas de momento según software SAP2000	121
Figura 89. Detalle de columna típica en sistema tipo pórtico de un piso	122
Figura 90. Configuración en planta de vigas a nivel de terreno	123
Figura 91. Detalle de refuerzo de vigas de cimentación (a nivel de terreno)	124
Figura 92. Detalle de placa de contrapiso	124
Figura 93. Detalle de refuerzo de vigas de cubierta	124
Figura 94. Configuración en planta de vigas a nivel de cubierta	125

Figura 95. Detalle de configuración en planta de cubierta liviana	126
Figura 96. Detalle de placa de tanque	126
Figura 97. Detalle de cubierta liviana	127
Figura 98. Planta con puntos de zapata para referencia de fuerzas y momentos	127
Figura 99. Configuración en planta con la ubicación de las zapatas aisladas	128
Figura 100. Replanteo en sistema tipo pórtico de viviendas de un piso	129
Figura 101. Esquema de modelo 3D realizado en software SAP2000	130
Figura 102. Desplazamiento máximo a nivel de cubierta según software SAP2000	130
Figura 103. Diagramas de cortante según software SAP2000	131
Figura 104. Diagramas de momento según software SAP2000	132
Figura 105. Detalle de columna típica en sistema tipo pórtico de un piso	133
Figura 106. Configuración en planta de vigas a nivel de terreno	134
Figura 107. Detalle de refuerzo de vigas de cimentación (a nivel de terreno)	135
Figura 108. Detalle de placa de contrapiso	135
Figura 109. Detalle de refuerzo de vigas de cubierta	135
Figura 110. Configuración en planta de vigas a nivel de cubierta	136
Figura 111. Detalle de configuración en planta de cubierta liviana	137
Figura 112. Detalle de placa de tanque	137
Figura 113. Detalle de cubierta liviana	137
Figura 114. Planta con puntos de zapata para referencia de fuerzas y momentos	138
Figura 115. Configuración en planta con la ubicación de las zapatas aisladas	139
Figura 116. Replanteo en sistema tipo pórtico de viviendas de un piso	141
Figura 117. Esquema de modelo 3D realizado en software SAP2000	143
Figura 118. Desplazamiento máximo a nivel de cubierta según software SAP2000	144



Figura 119. Diagramas de cortante según software SAP2000	146
Figura 120. Diagramas de momento según software SAP2000	147
Figura 121. Detalle de columna típica en sistema tipo pórtico de un piso	148
Figura 122. Configuración en planta de vigas a nivel de terreno	149
Figura 123. Detalle de refuerzo de vigas de cimentación (a nivel de terreno)	150
Figura 124. Detalle de placa de contrapiso	150
Figura 125. Configuración en planta de vigas a nivel de cubierta	151
Figura 126. Detalle de refuerzo de vigas de cubierta	151
Figura 127. Detalle de configuración en planta de cubierta liviana	153
Figura 128. Detalles: placa de tanque (izquierda) y cubierta liviana (derecha)	153
Figura 129. Planta con puntos de zapata para referencia de fuerzas y momentos	154
Figura 130. Configuración en planta con la ubicación de las zapatas aisladas	156
Figura 131. Replanteo de pórticos de viviendas de dos pisos (planta nivel 1)	157
Figura 132. Replanteo de pórticos de viviendas de dos pisos (planta nivel 2)	158
Figura 133. Esquema de modelo 3D realizado en software SAP2000	159
Figura 134. Desplazamiento máximo entrepiso y cubierta según SAP2000	159
Figura 135. Diagramas de cortante según software SAP2000	160
Figura 136. Diagramas de momento según software SAP2000	161
Figura 137. Detalle de columna típica en sistema tipo pórtico de dos pisos	162
Figura 138. Detalle de columna típica en sistema tipo pórtico de un piso	163
Figura 139. Detalle de refuerzo de vigas de cimentación (a nivel de terreno)	164
Figura 140. Configuración en planta de vigas a nivel de terreno	164
Figura 141. Detalle de placa de contrapiso	165
Figura 142. Configuración en planta de vigas a nivel de entrepiso	165

Figura 143. Detalle de refuerzo de vigas de entrepiso	166
Figura 144. Detalle de refuerzo de placa de entrepiso	166
Figura 145. Detalle de refuerzo de vigas de cubierta	167
Figura 146. Configuración en planta de vigas a nivel de cubierta	167
Figura 147. Detalle de configuración en planta de cubierta liviana	168
Figura 148. Detalle de placa de tanque	169
Figura 149. Detalle de cubierta liviana	169
Figura 150. Planta con puntos de zapata para referencia de fuerzas y momentos	170
Figura 151. Configuración en planta con la ubicación de las zapatas aisladas	171
Figura 152. Replanteo de pórticos de viviendas de dos pisos (planta nivel 1)	172
Figura 153. Replanteo de pórticos de viviendas de dos pisos (planta nivel 2)	173
Figura 154. Esquema de modelo 3D realizado en software SAP2000	173
Figura 155. Desplazamiento máximo entrepiso y cubierta según SAP2000	174
Figura 156. Diagramas de cortante según software SAP2000	175
Figura 157. Diagramas de momento según software SAP2000	176
Figura 158. Detalle de columna típica en sistema tipo pórtico de dos pisos	177
Figura 159. Detalle de columna típica en sistema tipo pórtico de un piso	178
Figura 160. Configuración en planta de vigas a nivel de terreno	179
Figura 161. Detalle de refuerzo de vigas de cimentación (a nivel de terreno)	179
Figura 162. Detalle de placa de contrapiso	180
Figura 163. Configuración en planta de vigas a nivel de entrepiso	180
Figura 164. Detalle de refuerzo de vigas de entrepiso	181
Figura 165. Detalle de refuerzo de placa de entrepiso	181
Figura 166. Detalle de refuerzo de vigas de cubierta	182

Figura 167. Configuración en planta de vigas a nivel de cubierta	182
Figura 168. Detalle de configuración en planta de cubierta liviana	183
Figura 169. Detalle de placa de tanque	184
Figura 170. Detalle de cubierta liviana	184
Figura 171. Planta con puntos de zapata para referencia de fuerzas y momentos	185
Figura 172. Configuración en planta con la ubicación de las zapatas aisladas	187
Figura 173. Replanteo de pórticos de viviendas de dos pisos (planta nivel 1)	188
Figura 174. Replanteo de pórticos de viviendas de dos pisos (planta nivel 2)	189
Figura 175. Esquema de modelo 3D realizado en software SAP2000	191
Figura 176. Desplazamiento máximo entrepiso y cubierta según SAP2000	192
Figura 177. Diagramas de cortante según software SAP2000	194
Figura 178. Diagramas de momento según software SAP2000	194
Figura 179. Detalle de columna típica en sistema tipo pórtico de dos pisos	196
Figura 180. Detalle de columna típica en sistema tipo pórtico de un piso	197
Figura 181. Refuerzo de vigas de cimentación (izq.) y placa de contrapiso (der.)	198
Figura 182. Configuración en planta de vigas a nivel de terreno	198
Figura 183. Configuración en planta de vigas a nivel de entrepiso	199
Figura 184. Detalle de refuerzo de vigas de entrepiso	200
Figura 185. Detalle de refuerzo de placa de entrepiso	200
Figura 186. Detalle de refuerzo de vigas de cubierta	201
Figura 187. Configuración en planta de vigas a nivel de cubierta	202
Figura 188. Detalle de configuración en planta de cubierta liviana	204
Figura 189. Detalles: placa de tanque (izquierda) y cubierta liviana (derecha)	205
Figura 190. Planta con puntos de zapata para referencia de fuerzas y momentos	205

Figura 191. Configuración en planta con la ubicación de las zapatas aisladas	207
Figura 192. Vista en planta de los elementos de confinamiento no estructurales	209
Figura 193. Detaller de los elementos no estructurales	209
Figura 194. Detalle de escalera tipo	211
Figura 195. Detalle de cubierta liviana	212
Figura 196. Costo total de la estructura de viviendas en mampostería confinada	237
Figura 197. Costo total de la estructura de viviendas en sistema de pórticos	239
Figura 198. Costo de materiales, casas de mampostería confinada y de pórticos	239
Figura 199. Costo estructural, casas de mampostería confinada y de pórticos	240

## **Resumen**

Este proyecto realizó un análisis comparativo del comportamiento estructural y económico de viviendas de uno y dos pisos, diseñadas con sistema de mampostería confinada y sistema de pórticos. Para ello, se implementó una investigación aplicada, ya que el objetivo de este estudio, fue encontrar las estrategias que se emplearon para la identificación del comportamiento estructural y económico de viviendas de uno y dos pisos. La información se obtuvo mediante los resultados de los análisis y diseño de las viviendas de uno y dos pisos en sistema de mampostería confinada y sistema de pórticos; por otro lado, se tuvieron en cuenta artículos de investigación y tesis o proyectos de grado. La población y muestra corresponde a las edificaciones y construcciones de viviendas de uno y dos pisos ubicadas en la ciudad de San José de Cúcuta-Colombia. Se logró analizar la influencia que tiene la variación del sistema estructural, al comparar entre estructuras tipo mampostería confinada y estructuras tipo pórtico, en la eficiencia de los costos, para viviendas de uno y dos pisos diseñadas según los parámetros del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10. Seguidamente, se realizó el análisis y diseño de las viviendas de uno y dos pisos en sistema de mampostería confinada. Posteriormente, se cuantificaron los requerimientos estructurales de concreto, de acero de refuerzo y de mampostería. Finalmente, se identificó el comportamiento económico de las viviendas diseñadas analizando la eficiencia de las estructuras en cuanto a las cantidades de obra y funcionalidad por medio del estudio de la relación costo-beneficio.

## Introducción

Las edificaciones tienen diferentes propósitos y finalidades, sin embargo, uno de los usos que mayor incidencia tiene, se refiere al uso residencial. A nivel mundial, las grandes ciudades se han ido formando verticalmente, es decir, que en la actualidad (segunda década del siglo XXI) la mayor cantidad de construcciones son edificios de gran altura. Por otro lado, muchas ciudades menores siguen estando conformadas por edificaciones de baja altura. Tal es el caso de San José de Cúcuta, capital de Norte de Santander – Colombia, en donde la mayor parte de las construcciones residenciales son edificaciones de uno o dos pisos de altura. El presente proyecto tiene como finalidad investigar el comportamiento económico de viviendas de uno y dos pisos diseñados en mampostería confinada y en sistema tipo pórtico. Las estructuras de mampostería confinada son aquellas en las que los muros de mampostería se encargan de soportar y transmitir las cargas al suelo, mientras que las estructuras en tipo pórtico esta labor la hacen las vigas y columnas, y la mampostería solo se utiliza con fines arquitectónicos.

El análisis y diseño de las viviendas se realizará siguiendo los procesos, las metodologías, requerimientos y exigencias presentadas por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10. El Título A de NSR-10, presenta los parámetros sísmicos según la zona en la que se emplace el proyecto, el Título C de NSR-10, presenta los parámetros de análisis y diseño de estructuras de concreto (placas, vigas y pórticos) y el Título E de NSR-10, presenta los requerimientos y procesos para el diseño de viviendas de mampostería confinada de uno y dos pisos. Para el desarrollo del proyecto se hará uso del software SAP2000®, en donde se realizará la modelación matemática para el análisis y diseño de las viviendas en sistema tipo pórtico.

## **1. Problema**

### **1.1 Título**

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y ECONÓMICO DE VIVIENDAS DE UNO Y DOS PISOS, DISEÑADAS CON SISTEMA DE MAMPOSTERÍA CONFINADA Y SISTEMA DE PÓRTICOS.

### **1.2 Planteamiento del Problema**

El mejoramiento continuo de los procedimientos de diseño estructural de viviendas, para garantizar el correcto funcionamiento de las mismas, ha hecho que se evalúen los dos tipos de sistemas estructurales más comunes en las construcciones. La mampostería confinada y el sistema de pórticos resistentes a momentos, son los sistemas estructurales de mayor uso en las edificaciones bajas, es decir, en construcciones de uno y dos pisos de altura. San José de Cúcuta, capital del departamento de Norte de Santander – Colombia, es una de las ciudades en la cual la zona urbana está predominantemente formada por edificaciones que no superan los dos pisos de altura, y en donde la mayoría de las construcciones son realizadas en mampostería confinada.

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10, presenta metodologías para el análisis y diseño de los dos sistemas estructurales: mampostería confinada (Título E de NSR-10) y sistema tipo pórtico (Título A, Título B y Título C de NSR-10). Sin embargo, cuando se trata de viviendas de uno y dos pisos, se torna complejo decidir por uno de los dos sistemas estructurales para la construcción de las viviendas que además de aportar una funcionalidad adecuada sea económicamente viable. Es por ello, que este trabajo de investigación pretenderá estudiar el comportamiento estructural y económico de viviendas de uno y dos pisos,

comparando las edificaciones al ser diseñadas con sistema de mampostería confinada y con sistema tipo pórtico, con el fin de identificar cuál de los dos tipos de estructuras tiene mejor eficiencia estructural (misma funcionalidad y menor cantidad de material) y cuál es económicamente viable, al ser evaluada la relación costo-beneficio.

### **1.3 Formulación del Problema**

¿Cómo es el comportamiento económico de viviendas de uno y dos pisos al variar el sistema estructural entre sistema tipo mampostería confinada y tipo pórtico, al ser diseñadas según los parámetros del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10?

### **1.4 Objetivos**

**1.4.1 Objetivo general.** Analizar la influencia que tiene la variación del sistema estructural, al comparar entre estructuras tipo mampostería confinada y estructuras tipo pórtico, en la eficiencia de los costos, para viviendas de uno y dos pisos diseñadas según los parámetros del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10.

**1.4.2 Objetivos específicos.** Los objetivos específicos se plantean de la siguiente manera:

Realizar el análisis y diseño de las viviendas de uno y dos pisos en sistema de mampostería confinada siguiendo los parámetros del Título E de NSR-10, y en sistema tipo pórtico siguiendo los parámetros del Título A y del Título C de NSR-10.

Cuantificar los requerimientos estructurales de concreto, de acero de refuerzo y de mampostería de las viviendas diseñadas en sistema tipo mampostería confinada y en sistema tipo pórtico, incluyendo los rendimientos de mano de obra y utilización de equipos y herramientas.



Identificar el comportamiento económico de las viviendas diseñadas analizando la eficiencia de las estructuras en cuanto a las cantidades de obra y funcionalidad por medio del estudio de la relación costo-beneficio.

### **1.5 Justificación**

La ciudad de San José de Cúcuta – Colombia, está ubicada en una zona de amenaza sísmica alta, en donde el riesgo de ocurrencia de un sismo es del 100%, por lo tanto, la aplicación de procedimientos, cálculos, modelación y diseño de estructuras basado en reglamentación es de vital importancia. También, se debe considerar la existencia de los múltiples tipos de sistemas estructurales, por lo que, identificar y seleccionar la mejor opción de construcción no siempre es un proceso sencillo y requiere de experiencia y buen criterio ingenieril. Es por ello, que esta investigación tiene como propósito final presentar los procesos metodológicos de análisis y diseño de viviendas de uno y dos pisos en mampostería confinada y en sistema tipo pórtico, según requerimientos de NSR-10, así como las ventajas y desventajas en cuanto a funcionalidad, eficiencia y relación costo-beneficio de las edificaciones estudiadas.

La presente investigación mostrará a la comunidad en general un documento base, para que se estudie el comportamiento estructural y económico de viviendas de uno y dos pisos, relacionando el tamaño en área y altura de las construcciones con el comportamiento en cuanto a la eficiencia en el requerimiento de materiales y el costo total de la parte estructural de la edificación. Lo cual pretenderá contribuir al conocimiento en la información necesaria para la toma de decisiones cuando se pretenda realizar un proyecto de construcción de viviendas relacionando el costo, el beneficio y la funcionalidad del mismo.

## 1.6 Alcances y Limitaciones

**1.6.1 Alcances.** Con el desarrollo de esta investigación se definirá el tipo de sistema estructural más eficiente para la construcción de viviendas de uno y dos pisos, entre sistema de mampostería confinada y tipo pórtico, según la funcionalidad y la relación costo-beneficio.

**1.6.2 Limitaciones.** Solo se podrá hacer uso del software estudiantil SAP2000® para el análisis de las estructuras tipo pórtico.

Las falencias conceptuales que surjan serán asistidas por el director del proyecto o serán asesoradas por un experto en el tema de estudio.

## 1.7 Delimitaciones

**1.7.1 Delimitación temporal.** El proyecto se desarrollará durante un tipo de cuatro (4) meses calendario, contando a partir de la aprobación del tema o anteproyecto por parte del Comité Curricular del Programa de Ingeniería Civil – UFPS.

**1.7.2 Delimitación espacial.** El proyecto se aplicará a San José de Cúcuta – Colombia. Por lo tanto, las metodologías de diseño presentadas en NSR-10 serán las aplicables a una zona de amenaza sísmica alta con una capacidad de disipación de energía tipo DES. Además, en el caso de los costos para el análisis económico se utilizarán los pesos colombianos (COP) como la moneda con la cual se aplicarán los precios en la investigación.

**1.7.3 Delimitación conceptual.** Debido a que se realizará un diseño arquitectónico de vivienda tipo, los resultados de la presente investigación serán específicos para las viviendas diseñadas o viviendas similares. Lo cual se debe a que una variación significativa de los diseños puede conllevar a un cambio de los resultados.

Las especificaciones de los materiales a utilizar, serán los más comunes en San José de Cúcuta – Colombia: concreto simplemente reforzado  $f'c = 21$  MPa; y acero de refuerzo grado 60 con  $Fy = 420$  MPa.

Las viviendas de uno y dos pisos serán emplazadas en suelo con perfil tipo C (Según NSR-10), ubicación zona de amenaza sísmica alta (San José de Cúcuta – Colombia).

El proyecto será investigativo y por lo tanto, estará sujeto al análisis y diseño y no a la construcción de estos sistemas estructurales. Las viviendas tendrán un área inferior a 150 m<sup>2</sup> en planta para las edificaciones de un piso y un área inferior a 300 m<sup>2</sup> en planta para las edificaciones de dos pisos.

Con el fin de garantizar una correcta comparación entre las diferentes viviendas de estudio, se fijarán diseños arquitectónicos similares, en el cual solo se varíe el sistema estructural con el que se diseñará la vivienda. Además, todos los análisis y diseños se regirán por lo exigido en NSR-10.

## 2. Marco Referencial

### 2.1 Antecedentes

Londoño (2019), estudió construcciones de uno y dos pisos con el método aporticado y de mampostería estructural. Concluyó que el método aporticado aunque representa una mayor facilidad constructiva, principalmente por ser el método más usado, tiene que los tiempos de ejecución son más prolongados. Para el caso de estudio la mampostería estructural representa una disminución en tiempos de ejecución considerable frente al método aporticado con una ventaja de aproximadamente 2 meses. Además de ser el sistema más costoso. Debido a que los factores que determinan el aumento o no en el costo de las viviendas, es la cantidad de concreto y acero de refuerzo que requiere para cada método.

Martínez (2003), realizó una comparación entre una estructura basada en mampostería reforzada y una estructura en pórticos de concreto reforzado, para un edificio de cinco pisos destinado a uso residencial de interés social, desde los puntos de vista técnico y económico. Las conclusiones del proyecto presentan que el sistema basado en pórticos de concreto reforzado es mucho más laborioso que el sistema de mampostería reforzada. Además, en el sistema tipo pórtico también se requiere el diseño tanto de los elementos de concreto, como de los muros de mampostería (elementos no estructurales), por lo que se puede inferir que el proceso de diseño tiene mayor complejidad que el diseño de estructuras de mampostería reforzada. También, Martínez (2003), concluyó que el sistema estructural de mampostería reforzada es más económico, dentro de los ahorros más significativos se tiene el menor uso de formaleta (comparado con la construcción en sistema tipo pórtico de columnas y vigas).

Carrillo & González (2007), estudiaron el efecto que tienen los muros de mampostería en el análisis y diseño de sistemas tipo pórtico. La práctica común del análisis y diseño de los pórticos de concreto con muros divisorios de mampostería ha sido siempre considerar estos muros como un elemento no estructural que aporta solo cargas verticales uniformes a la edificación. Contrario a esta concepción, Carrillo & González (2007), en su trabajo establecen que la mampostería puede alterar significativamente la resistencia, rigidez, ductilidad y amortiguamiento de estas edificaciones debido a la marcada interacción pórtico-mampostería.

Ruiz & Negrete (2007), presentan alternativas para la evaluación sísmica de edificaciones existentes de mampostería confinada basada en una estimación explícita de su demanda de desplazamiento inelástico y su capacidad de deformación ante cargas laterales asociada a estados de daño. Para tal fin, se presentan los resultados de un estudio estadístico encaminado a estimar las demandas de desplazamiento máximo inelástico, así como el desarrollo de curvas de fragilidad basadas en distorsión lateral, las cuales expresan la probabilidad de que muros de mampostería excedan estados de daño seleccionados para un nivel de distorsión lateral.

Alcocer, Hernández & Sandoval (2013), estudiaron el análisis de muros de mampostería confinada por medio del cálculo de curvas envolventes de resistencia lateral. El procedimiento incluye el cálculo de las ductilidades local y global y del factor de comportamiento sísmico. Los resultados obtenidos presentan que para evaluar el comportamiento sísmico de una estructura de mampostería es necesario realizar pruebas experimentales y desarrollar procedimientos analíticos que reproduzcan los resultados experimentales para su aplicación en la práctica ingenieril. Sin embargo, Alcocer et al. (2013), proponen un método de predicción de la rigidez elástica, de la carga de resistencia asociada al primer agrietamiento y al estado de resistencia máxima; en algunos casos también fue posible predecir el desplazamiento asociado a cada punto anterior.

Teniendo en cuenta que las predicciones se basan en estudios realizados en México según la Norma Técnica Complementaria al Reglamento de Diseño del Distrito Federal de dicho país.

Cornejo & Hernández (2013), al igual que la referencia anteriormente citada presentan un estudio para la aplicación de un modelo para la predicción de la resistencia lateral de estructuras de mampostería confinada de mediana o baja altura, que cumplen con los requisitos de análisis y diseño sísmico de la reglamentación mexicana. Obteniendo que el procedimiento mostrado permite calcular la resistencia lateral resistente de entrepiso, la curva envolvente de comportamiento de un muro en particular que pertenezca a la estructura y la secuencia de falla de los muros. Además, permite calcular la ductilidad local y global, así como el coeficiente sísmico. La densidad de muros de una estructura de mampostería tiene influencia en la resistencia ante carga vertical y muy poca ante carga lateral, de tal manera que la densidad de muros puede no ser un valor indicativo de la eficiencia sísmica de una estructura de mampostería.

Campozano (2011), realizó una investigación acerca de la comparación analítica sismoresistente entre estructuras aporticadas de hormigón armado y estructuras con muros de mampostería confinada, de cuatro plantas, para su aplicación en la ciudad de Jipijapa. El proyecto propone a la mampostería confinada como una alternativa estructural económica para la construcción de viviendas en Jipijapa-Ecuador.

La modelación de estructuras de mampostería, se realiza por medio del concepto de columna ancha. Zúñiga & Terán (2008), propusieron un método modificado de la columna ancha. El método propuesto es capaz de representar adecuadamente la envolvente del comportamiento histerético de las edificaciones de mampostería. Un análisis estático inelástico bajo deformación lateral monótonamente creciente de una edificación de mampostería modelada de esta manera

ofrece una estimación razonablemente conservadora de su curva de capacidad. La evaluación del desempeño sísmico de una edificación de mampostería requiere de la estimación de su demanda máxima de desplazamiento lateral. Dado que en la mayoría de los casos, el modo fundamental de vibración domina la respuesta dinámica de las edificaciones de mampostería, la estimación de dicha demanda puede hacerse de manera razonable a través de un sistema de un grado de libertad. Una vez obtenido el desplazamiento lateral máximo en la edificación de mampostería, es posible evaluar el nivel de daño estructural en los diferentes muros de mampostería, y así evaluar el desempeño sísmico de la edificación.

## 2.2 Marco Teórico

**Sistema de mampostería confinada.** Es un sistema en el cual los muros son cargueros, es decir, se encargan de soportar y transmitir las cargas desde la cubierta hacia la cimentación. Los muros de mampostería confinada se bordean de vigas y columnetas que se encargan de reforzar el muro vertical y horizontalmente. Según Londoño (2019), cuando se habla de mampostería confinada se hace referencia a la construcción de muros confinados por elementos estructurales de concreto reforzado, lo cual hace que dicho método puede confundirse en muchas ocasiones con el método aporticado, pero su principal diferencia radica en el proceso constructivo, donde se construyen los muros de mampostería y posteriormente se funden los elementos de concreto reforzado. En este caso el refuerzo de los muros es el presente en los elementos de confinamiento ya que el muro no lleva refuerzo interno.

**Sistema tipo pórtico.** Es un sistema conformado por vigas y columnas, interconectados por medio de nudos los cuales son los encargados de recibir y disipar las fuerzas que actúan sobre la edificación, en este tipo de estructuras los muros de fachada y divisorios son elementos no

estructurales, por lo cual no aportan resistencia al proyecto a menos que se trate de una construcción con un método combinado. Los métodos de pórticos pueden estar contruidos en estructura metálica o más comúnmente en concreto reforzado, estos conforman el esqueleto de la estructura, siendo capaces de soportar distintas cargas de compresión, flexión y cortante mediante a unión de todos los elementos estructurales (Londoño, 2019).

**Método de los elementos finitos en software de análisis y diseño estructural.** El software SAP2000® es un software 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, NSR-10, entre otras.) (Camacho & Romero, 2012). Es un programa para cálculos estructurales tridimensionales utilizando elementos finitos.

### 2.3 Marco Conceptual

**Amenaza sísmica.** La amenaza sísmica dicta en gran medida la intensidad de movimiento esperada a nivel de roca para un sitio, sin embargo el movimiento que se puede llegar a sentir en diferentes puntos de la ciudad también está influenciado por el tipo de suelo en cada uno de ellos debido a los efectos locales (Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático, 2021).

**Análisis de precio unitario (APU).** Es el costo de una actividad por unidad de medida escogida. Usualmente se compone de una valoración de los materiales, la mano de obra, equipos y herramientas (Martínez 2018, citado por Londoño, 2019).

**Edificación.** Todas aquellas construcciones realizadas artificialmente por el ser humano con diversos pero específicos propósitos. Las edificaciones son obras que diseña, planifica y ejecuta el ser humano en diferentes espacios, tamaños y formas, en la mayoría de los casos para



habitarlas o usarlas como espacios de resguardo. Las edificaciones más comunes y difundidas son los edificios habitacionales, aunque también entran en este grupo otras edificaciones tales como los templos, los monumentos, los comercios, las construcciones de ingeniería, etc (Londoño, 2019).

**Estructura.** Una estructura suele ser definida como el conjunto de los elementos importantes de un cuerpo, un edificio u otra cosa. Suele relacionarse con la armadura que sirve de soporte para ese determinado cuerpo, edificio, entre otros (Concepto, 2021).

**Mampostería confinada.** Este tipo de mampostería está conformado por muros rodeados de vigas y columnas que atienden la totalidad de los esfuerzos de tracción y parte del cortante no resistido por el muro confinado, este sistema de vinculación de los muros a nivel de entrepisos y cubierta es denominado diafragma, que posibilita la deformación horizontal simultánea de todos los muros que hacen parte del sistema resistente al sismo (Garcés, 2017).

**Muro estructural.** “Es un muro, de carga o no, que se diseña para resistir fuerzas horizontales, de sismo o de viento, paralelas al plano del muro” (Londoño, 2019, p.26). Puede ser un muro de una estructura de varios pisos, un cerramiento o contención

**Muro.** Elemento laminar vertical que soporta los diafragmas horizontales y transfiere cargas a las cimentaciones (AIS, 2010, citado por Londoño, 2019).

**Sistema de pórticos.** Es un sistema estructural formado por vigas y pilares. Las vigas apoyan sobre los pilares transmitiéndoles la carga. Si la unión entre viga y pilar es articulada, la viga sólo transmite a los pilares carga vertical. En este caso los pilares funcionan a compresión simple (sólo axil).

## **2.4 Marco Contextual**

El proyecto se desarrollará en la ciudad de San José de Cúcuta, capital del departamento de Norte de Santander – Colombia. Por lo tanto, la investigación se realizará conceptual y metodológicamente bajo los parámetros exigidos por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10. Para fines técnicos y de proceso se considerarán las características de ubicación en la ciudad de San José de Cúcuta, teniendo en cuenta condiciones típicas de la ciudad como la zona de amenaza sísmica, que para la ciudad es ALTA, disipación de energía especial tipo DES, perfil de suelo típico, que el más recurrente en la ciudad es Tipo C, en donde estarán implantadas las estructuras modeladas para el desarrollo de la investigación, entre otras condiciones de zona. Sin embargo, se debe considerar que aunque el proyecto está ubicado en Colombia y en una zona de amenaza sísmica alta, la metodología de análisis, diseño y estudio puede ser replicada en cualquier lugar a nivel mundial, aplicándose a las normativas y reglamentos de cada uno de los países en donde se quiera replicar la investigación.

## **2.5 Marco Legal**

El desarrollo del presente proyecto de investigación estará enmarcado en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10: Es el reglamento colombiano que establece los requisitos de carácter técnico para el análisis, diseño y construcción de estructuras sísmico resistentes. Igualmente pretende garantizar estabilidad, bienestar y calidad de las construcciones, además de salvaguardar la vida y patrimonio de sus habitantes. A continuación, se presentan los diferentes decretos modificatorios que ha tenido NSR-10:

Decreto 926 del 19 de marzo de 2010: “Por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico para construcciones sismo resistentes del Reglamento Colombiano de Construcción

Sismo Resistente, 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 Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10".

Decreto 945 del 05 de junio de 2017: "Por el cual se modifica parcialmente el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, 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**

#### **3.1 Tipo de Investigación**

El presente proyecto se clasifica como una investigación aplicada, esto debido a que el objetivo de estudio es encontrar estrategias que puedan ser empleadas en el abordaje de un problema específico, dicho problema es la identificación del comportamiento estructural y económico de viviendas de uno y dos pisos al variar el sistema estructural de las mismas. Ya que la investigación aplicada se nutre de la teoría para generar conocimiento práctico, en este caso se utilizarán principios de análisis y diseño de la ingeniería estructural y civil para la cuantificación de los resultados. Además, esta investigación es de tipo tecnológica, ya que además, sirve para generar conocimientos que se puedan poner en práctica en el sector productivo, con el fin de impulsar un impacto positivo en la vida cotidiana.

#### **3.2 Población y Muestra**

La población son todas aquellas edificaciones y construcción de uso residencial. Por otro lado, la muestra se delimita a viviendas de uno y dos pisos, con áreas inferiores a  $150\text{m}^2$  y  $300\text{m}^2$  respectivamente, diseñadas con sistema tipo mampostería confinada y sistema tipo pórtico. La investigación se emplazará el San José de Cúcuta – Colombia, en donde se cuenta con una zona de amenaza sísmica alta, y capacidad de disipación de energía especial tipo DES. La tabla 1 presenta la muestra poblacional utilizada para el desarrollo de la investigación.

**Tabla 1. Tamaño de la muestra de la investigación**

<b>Área de la construcción</b>	<b>Mampostería Confinada</b>	<b>Pórticos</b>
50 m <sup>2</sup>	1 vivienda de un piso	1 vivienda de un piso
100 m <sup>2</sup>	2 vivienda de un piso	2 vivienda de un piso
150 m <sup>2</sup>	3 vivienda de un piso	3 vivienda de un piso
100 m <sup>2</sup>	1 vivienda de dos pisos	1 vivienda de dos pisos
200 m <sup>2</sup>	2 vivienda de dos pisos	2 vivienda de dos pisos
300 m <sup>2</sup>	3 vivienda de dos pisos	3 vivienda de dos pisos

### 3.3 Fases y Actividades Específicas del Proyecto

Se definieron tres fases de estudio, cada una de las fases de estudio es coherente con los objetivos específicos propuestos. Se realizaron las siguientes actividades con el fin de dar cumplimiento a cada uno de los objetivos específicos del proyecto.

**3.3.1 Fase 1.** Se realizó el análisis y diseño de las viviendas de uno y dos pisos en sistema de mampostería confinada siguiendo los parámetros del Título E de NSR-10, y en sistema tipo pórtico siguiendo los parámetros del Título A y del Título C de NSR-10.

**3.3.1.1 Actividad 1.** Se definieron tres diseños arquitectónicos para viviendas de un piso con tres áreas en planta diferentes: 50 m<sup>2</sup>, 100 m<sup>2</sup> y 150 m<sup>2</sup>. Y definir tres diseños arquitectónicos para viviendas de dos pisos con tres áreas en planta diferentes: 100 m<sup>2</sup>, 200 m<sup>2</sup> y 300 m<sup>2</sup>. Las áreas de 50 m<sup>2</sup> y 100 m<sup>2</sup> equivale a un bloque de una sola vivienda; las áreas de 100 m<sup>2</sup> y 200 m<sup>2</sup> equivale a un bloque de dos viviendas; y las áreas de 150 m<sup>2</sup> y 300 m<sup>2</sup> equivale a un bloque de tres viviendas.

**3.3.1.2 Actividad 2.** Se realizó un replanteo con la ubicación de muros de carga (en el caso de los diseños en mampostería confinada) y con la ubicación de columnas (en el caso de los diseños en pórticos) de los diseños arquitectónicos definidos.

**3.3.1.3 Actividad 3.** Se realizó el análisis, dimensionamiento y distribución de cargas vivas, muertas y de sismo, para cada una de las viviendas estudiadas según sean los requerimientos exigidos por NSR-10.

**3.3.1.4 Actividad 4.** Se realizaron los diseños estructurales en mampostería confinada y en sistema tipo pórtico de cada una de las viviendas estudiadas según sean los requerimientos exigidos por NSR-10.

**3.3.2 Fase 2.** Se cuantificaron los requerimientos estructurales de concreto, de acero de refuerzo y de mampostería de las viviendas diseñadas en sistema tipo mampostería confinada y en sistema tipo pórtico, incluyendo los rendimientos de mano de obra y utilización de equipos y herramientas.

**3.3.2.1 Actividad 1.** Se realizaron los bosquejos de dibujo en planta y en alzado de las viviendas diseñadas, con el fin de presentar gráficamente los requerimientos de concreto, de acero de refuerzo y de mampostería.

**3.3.2.2 Actividad 2.** Se realizó el análisis del precio unitario, teniendo en cuenta costo de materiales, mano de obra y equipos y herramientas, según precios comerciales para el año 2021 en Colombia.

**3.3.2.3 Actividad 3.** Se realizó el presupuesto total para cada una de las viviendas estudiadas según los resultados del análisis de precios unitarios. Y se definió el costo de cada una de las viviendas analizadas y diseñadas.

**3.3.3 Fase 3.** Se identificó el comportamiento estructural y económico de las viviendas diseñadas analizando la eficiencia de las estructuras en cuanto a las cantidades de obra y funcionalidad por medio del estudio de la relación costo-beneficio.

**3.3.3.1 Actividad 1.** Por medio de gráficas de tendencia y por medio de un análisis estadístico se determinó el comportamiento estructural y económico de las viviendas diseñadas, según su relación de costo-beneficio.

### **3.4 Instrumentos para la Recolección de Información**

La recolección de la información se realizó por medio de dos tipos de fuentes de información: primaria, para los datos obtenidos de primera mano, como lo son los resultados de los análisis y diseño de las viviendas de uno y dos pisos en sistema de mampostería confinada y sistema de pórticos; por otro lado, se encuentran las fuentes de información secundaria, que se refiere a aquellos aportes metodológicos que serán recolectados de bases de datos especializadas, artículos de investigación y tesis o proyectos de grado. A continuación, se describen los instrumentos para la recolección de la información para el desarrollo de cada uno de los objetivos específicos.

Para el desarrollo de la fase 1, los instrumentos utilizados fueron: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10 y demás decretos complementarios; software SAP2000®; Microsoft Word y Microsoft Excel.

Para el desarrollo de la fase 2, los instrumentos utilizados fueron: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10 y demás decretos complementarios; software SAP2000®; Microsoft Word y Microsoft Excel; tablas de rendimientos de mano de obra, equipos y herramientas; catálogos de precios de materiales actualizados.

Para el desarrollo de la fase 3, los instrumentos utilizados fueron: Microsoft Word y Microsoft Excel; software para análisis estadístico y presentación de datos en gráficas y ecuaciones de tendencia.

### **3.5 Metodología de Desarrollo para cada una de las Actividades**

En esta sección se describen los procedimientos que fueron utilizados en el análisis y diseño de las viviendas de estudio.

**3.5.1 Diseño de viviendas de mampostería confinada según Título E de NSR-10.** Las viviendas de uno y dos pisos diseñadas en mampostería confinada deben cumplir con requerimientos mínimos exigidos por el Título E de NSR-10. El diseño de las viviendas debe contemplar un sistema de resistencia sísmica que garantice un comportamiento adecuado de la estructura ante cargas verticales y horizontales. Para lo cual, es esencial que el sistema contenga un conjunto de muros estructurales dispuestos de tal manera que provean suficiente resistencia ante eventos sísmicos, teniendo en cuenta solo la rigidez de cada muro. También debe contar con una cimentación adecuada que logre transmitir de forma eficiente las cargas de la estructura hacia el suelo. A continuación, se presenta la metodología de diseño de viviendas de uno y dos pisos según el Título E de NSR-10, para cada uno de los elementos de la estructura.

**3.5.1.1 Procedimiento de diseño de muros de mampostería confinada según capítulo E.3 de NSR-10 para viviendas de mampostería confinada.** En el diseño de los muros de mampostería confinada, se deben considerar tres aspectos importantes: los materiales de construcción (mampostería y mortero de pega); dimensiones mínimas (espesor y longitud de muros); y configuración geométrica.



Según el capítulo E.3.2 de NSR-10, las unidades de mampostería que serán utilizadas para el presente proyecto serán: bloques de arcilla macizos que cumpla con la norma NTC 4205, y el mortero de pega deberá tener una resistencia a la compresión a los 28 días superior a 7.5MPa. El espesor de muros mínimo para una zona de amenaza sísmica alta, como es el caso de la zona de estudio (San José de Cúcuta, Colombia), para viviendas de uno y dos pisos es de 11cm, y debido a que el bloque utilizado es un bloque Tolete recocido de 6x12x24cm, siendo 12cm el ancho del bloque, entonces se define para el estudio espesores de muro de 12cm.

La longitud mínima de muros se define según el ítem E.3.6.4 de NSR-10, como:

$$L_{\min} = \frac{M_o A_p}{t}$$

En donde  $L_{\min}$  es la longitud mínima de muros,  $M_o$  es un coeficiente que depende de la zona de amenaza sísmica,  $A_p$  es el área en planta medida en metros y  $t$  es el espesor del muro medido en milímetros.

Por último, la configuración geométrica en planta de la estructura debe garantizar una simetría, de tal forma que toda la estructura sea capaz de soportar las cargas horizontales producidas por los sismos. Para tal fin se debe hacer uso de la siguiente ecuación definida por el ítem E.3.6.6 de NSR-10:

$$\left| \frac{\frac{\sum(L_{mi} b)}{\sum L_{mi}} - \frac{B}{2}}{B} \right| \leq 0.15$$

En donde  $L_{mi}$  es la longitud de cada muro en la dirección de análisis  $i$ ,  $b$  es la distancia perpendicular desde un lado de la vivienda hasta el muro de análisis, y  $B$  es la distancia del lado perpendicular a la dirección de análisis  $i$ .

**3.5.1.2 Procedimiento de diseño de cimentaciones según capítulo E.2 de NSR-10 para viviendas de mampostería confinada.** Según el capítulo E.2 de NSR-10, la cimentación debe estar compuesta por un sistema reticular de vigas que conformes anillos cerrados en planta. Si la relación lado ancho largo de dichos anillos es mayor que 2 o si la longitud entre vigas es superior a 4m se debe disponer de una viga adicional que corte la longitud.

Para viviendas de mampostería confinada de un piso la dimensión mínima de la viga es 25cm de ancho y 20cm de altura, por otro lado, para viviendas de mampostería confinada de dos pisos la dimensión mínima de la viga es 30cm de ancho y 30cm de altura. En viviendas de un piso se puede disponer de acero de refuerzo 4#3 con  $F_y$  de 420MPa y estribos #2 separados cada 20cm con  $F_y$  de 240MPa. En viviendas de dos pisos se puede disponer de acero de refuerzo 4#4 con  $F_y$  de 420MPa y estribos #2 separados cada 20cm con  $F_y$  de 240MPa.

La cimentación debe estar mínimo a una profundidad de 50cm, y para profundidades superiores a 70cm, se puede disponer de concreto ciclópeo mínimo de 30cm de ancho y 20cm de altura.

**3.5.1.3 Procedimiento de diseño de elementos de confinamientos (vigas y columnas) según capítulo E.4 de NSR-10 para viviendas de mampostería confinada.** Los elementos de confinamiento (vigas y columnas) deben cumplir, según capítulo E.4 de NSR-10, con tres especificaciones: resistencia mínima de los materiales de construcción, ubicación de los

elementos de confinamiento y dimensión y refuerzo mínimo.

Según ítem E.4.2.1 la resistencia a la compresión mínima del concreto debe ser de 17.5MPa y la resistencia mínima del acero debe ser de 240MPa. Las columnas de confinamiento, según el ítem E.4.3.3 deben colocarse en los extremos de los muros estructurales, en las intersecciones con otros muros estructurales y en lugares intermedios a distancias no mayores de 35 veces el espesor de los muros, 1.5 veces la altura libre o 4m.

Por otro lado, las vigas de confinamiento deben disponerse formando anillos cerrados en un plano horizontal, de tal forma que entrelacen los muros estructurales en las dos direcciones principales, la ubicación de dichas vigas debe situarse a nivel de terreno sobre los sobrecimientos, a nivel de entrepiso en el caso de viviendas de dos pisos y a nivel de cubierta.

Tanto para vigas como para columnas, se debe disponer de refuerzo longitudinal mínimo de 4#3 con un límite de resistencia no menor que 420MPa. Los estribos deben ser #2 y se deben ubicar cada 10cm los primeros 6 estribos cerca de los nudos y cada 20cm en el centro de la luz.

Para el caso de viviendas que tengan cubiertas livianas, es decir, cubiertas de materiales diferentes al concreto y que tengan inclinación para caída de agua, se deben disponer de cintas de amarre con diseño similar al de las vigas de confinamiento.

**3.5.1.4 Procedimiento de diseño de los de entrepiso según capítulo E.5 de NSR-10 para viviendas de mampostería confinada.** Las losas de entrepiso para viviendas de mampostería confinada pueden ser diseñadas macizas o aligeradas. Dichas losas no soportan elementos susceptibles a dañarse, ya que para soportar los muros se deben disponer se vigas. Por lo que, el Título E de NSR-10 presenta la Tabla E.5.1-1 (ver tabla 2) en donde se indican ecuaciones para el

dimensionamiento de las losas según la configuración de los apoyos, es decir, si la losa es simplemente apoyada, continua o con voladizos. A continuación, se muestra la tabla con la que se dimensionarán las losas de entrepiso de las viviendas de mampostería confinada en el presente estudio.

**Tabla 2. Espesores mínimos de losas Título E de NSR-10**

Tipo de losa	Condiciones de apoyo		
	Simplemente apoyada	Un apoyo continuo	Continuo con voladizo
Maciza	L/20	L/24	L/10
Aligerada	L/16	L/18.5	L/8

Las losas macizas están conformadas por una sola sección de concreto reforzada en las dos direcciones principales. El refuerzo principal mínimo de las losas macizas es 1#4 espaciada cada 25cm y el refuerzo secundario mínimo es de 1#3 separada cada 25cm.

**3.5.2 Diseño de viviendas en sistema tipo pórtico según Título A y C de NSR-10.** Los sistemas tipo pórtico contempla el diseño de placas de entrepiso, vigas, columnas y zapatas de cimentación. Para lo cual se debe considerar cargas verticales (cargas vivas y cargas muertas) y horizontales (fuerzas de sismo). A continuación, se muestra la metodología de análisis y diseño de viviendas en sistema tipo pórtico según los requerimientos establecidos por el Título A, Título B y Título C de NSR-10.

**3.5.2.1 Procedimiento para el dimensionamiento de placas y vigas según el capítulo C.9 de NSR-10.** Las placas y vigas se dimensionan según requerimientos descritos en el capítulo C.9 de NSR-10. Dicho capítulo muestra dos tablas las cuales contienen ecuaciones que son utilizadas según las condiciones de resistencia y configuración geométrica de la estructura. Las placas a dimensionar que no soportan muros o no están ligados a elementos susceptibles a dañarse se hace

uso de la tabla CR.9.5 (ver tabla 3) mientras que las vigas que soportan muros o están ligados a elementos susceptibles a dañarse se hace uso de la tabla C.9.5 (a) (ver tabla 4).

**Tabla 3. Espesores mínimos de losas macizas Título C de NSR-10**

Elementos	Espesor mínimo. h			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	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	$\frac{\ell}{14}$	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{19}$	$\frac{\ell}{7}$

**Tabla 4. Espesores mínimos de vigas Título C de NSR-10**

Elementos	Espesor mínimo. h			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que <b>NO</b> soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{18.5}$	$\frac{\ell}{21}$	$\frac{\ell}{8}$

Debido a que las viviendas a diseñarse se ubican en una zona de amenaza sísmica alta, se debe considerar también los requerimientos exigidos por el ítem C.21.5 para elementos sometidos a flexión, ya que las vigas no pueden tener una base inferior a 25cm.

**3.5.2.2 Procedimiento de análisis sísmicos para edificaciones con sistema de pórticos de concreto reforzado según el Título A de NSR-10.** Con el fin de hacer un dimensionamiento de los elementos verticales (columnas), se debe considerar el cumplimiento de las derivas, es decir, que el desplazamiento horizontal sea máximo el 1% de la altura del piso. Las derivas se analizan cuando a los pórticos se le aplican las cargas de sismo. Las fuerzas de sismo se determinar por

diversos métodos según el Título A de NSR-10, sin embargo, para el desarrollo del presente proyecto se utilizará el método de la fuerza horizontal equivalente.

El capítulo A.4 de NSR-10 presenta el siguiente procedimiento para determinación de cargas sísmicas:

1. Determinación del periodo fundamental de la estructura. De forma aproximada se calcula el periodo fundamental haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$T_a = C_t h^\alpha$$

En donde  $T_a$  es el periodo fundamental aproximado,  $C_t$  y  $\alpha$  son coeficientes que según la tabla A.4.2-1 de NSR-10 para sistemas tipo pórtico de concreto reforzado es de 0.047 y 0.9 respectivamente, y  $h$  es la total del edificio.

2. Se realiza el espectro elástico de aceleraciones de diseño como fracción de  $g$ , con el fin de conocer el valor del coeficiente  $S_a$ .

Si se tiene en cuenta que para edificaciones bajas tienen periodos cortos de vibración, la ecuación con la que se calcula el coeficiente  $S_a$  es  $S_a = 2.5A_g F_a I$ , en donde  $A_g$  es la aceleración pico efectiva,  $F_a$  es el coeficiente de amplificación del espectro en la roca e  $I$  es el coeficiente de importancia (para viviendas  $I = 1.0$ ).

3. Calculo del cortante sísmico en la base  $V_s$ .

Teniendo en cuenta el coeficiente  $S_a$  y la masa de la estructura se hace uso de la ecuación  $V_s = S_a g M$ , en donde  $V_s$  es el cortante sísmico en la base,  $S_a$  es el coeficiente calculado en el punto anterior,  $g$  es la aceleración de la gravedad y  $M$  es la masa del edificio.

4. Distribución del cortante sísmico en la base en fuerzas sísmicas de piso.

Se hace uso de las siguientes ecuaciones:

$$F_x = C_{vx} V_s \quad C_{vx} = \frac{m_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n (m_i h_i^k)}$$

5. Se hace distribución de las fuerzas sísmicas de piso, en fuerzas sísmicas en cada uno de los pórticos, para lo cual se debe calcular el centro de gravedad de la estructura y el centro de rigidez. Y aplicando un efecto torsional en la estructura adicionando un efecto torsional accidental se calculan las fuerzas sísmicas finales.

6. Se utiliza el software SAP2000 para calcular los desplazamientos de cada uno de los pórticos y así verificar el cumplimiento de las derivas.

Inicialmente, se dimensionan columnas de 30x30cm, ya que dicha dimensión es la mínima para estructuras construidas en zonas de amenaza sísmica alta. Por otro lado, si no se cumple con la deriva, es decir, que la deriva es mayor al 1%, se debe considerar aumentar el tamaño de la columna y volver a repetir en proceso anteriormente descrito hasta que se cumple con el requerimiento máximo de deriva estipulado.

**3.5.2.3 Procedimiento para el análisis de cargas vivas y cargas muertas según el Título B de NSR-10.** En análisis de cargas se realiza con ayuda del Título B de NSR-10. Se analizan tres

tipos de cargas: vivas, muertas y de sismo. Las cargas vivas dependen del uso que se les esté dando a la estructura, las cargas muertas equivalen al peso propio de la estructura y aquellas cargas fijas de uso, dichas cargas dependen del material y la densidad del mismo. Por último, las cargas de sismo son fuerzas que se calcularon con el método de fuerza horizontal equivalente y a las cuales se les debe aplicar un factor de reducción  $R$  que depende del tipo de estructura y de la irregularidad de la misma. El factor de reducción  $R$  se calcula con la ecuación  $R = R_0 \phi_a \phi_p \phi_r$  en donde  $R_0$  depende del tipo de estructura, que para sistema tipo pórtico resistente a momento es 7,  $\phi_a$  es la irregularidad en altura,  $\phi_p$  es la irregularidad en planta y  $\phi_r$  es la irregularidad por ausencia de redundancia.

**3.5.2.4 Procedimiento para el diseño de elementos sometidos a flexión y cortante (placas y vigas) según el Título C de NSR-10.** Según C.10.5.1 de NSR-10, en toda sección de un elemento sometido a flexión cuando por análisis se requiera refuerzo de tracción, el  $A_s$  proporcionado no debe ser menor que el obtenido por medio de la siguiente ecuación:

$$A_{s,\min} = \frac{0.25\sqrt{f'_c}}{F_y} b_w d$$

Y tampoco debe ser menor que  $1.4b_w d/F_y$ . Además, el  $A_s$  proporcionado en la sección de la viga no puede ser mayor que  $\rho_{\max} = 0.0159$ . En cualquier caso, la cuantía de acero de refuerzo para un elemento sometido a flexión se puede cuantificar con alguna de las dos ecuaciones que se muestran a continuación:



$$M_u = \phi M_n = \phi F_y * \rho * \left[ 1 - 0.59 \rho \frac{F_y}{f'_c} \right] b d^2 \quad \rho = \frac{0.85 f'_c}{F_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 M_u}{0.85 \phi f'_c b * d^2}} \right)$$

El cortante de la viga debe ser soportado por el concreto y por el acero de refuerzo, por lo que se cumple la expresión  $V_u = \phi V_n = \phi V_c + \phi V_s$ , teniendo en cuenta que:

$$\phi V_c = \phi * 0.17 \sqrt{f'_c} b d \quad \phi V_s = \frac{\phi A_v * F_y * d}{s}$$

### 3.5.2.5 Procedimiento para el diseño de elementos sometidos a flexo-compresión

(columnas) según el Título C de NSR-10. El diseño de elementos sometidos a esfuerzos de flexo-compresión requiere revisar que las acciones últimas máximas de carga axial y momento flector sean menores que la resistencia nominal del elemento. Se debe conocer el diagrama de interacción de la columna que representa la superficie de falla, es decir, las parejas de carga contra momento en las cuales el elemento alcanza su resistencia nominal. Para construir el diagrama de interacción es necesario evaluar diferentes condiciones de falla para el elemento, entre ellas el caso cuando el elemento está solicitado a carga axial tanto de compresión como de tracción.

La tracción pura se revisa con la siguiente ecuación:  $P_n = f_y A_s$ . La compresión pura de una columna se revisa con la siguiente ecuación:  $P_n = 0.85 f'_c (A_g - A_s) + f_y A_s$ . En donde:  $A_g$ , es el área neta de la sección de la columna;  $A_s$ , es el área total de acero de la sección estudiada.

Para determinar los esfuerzos en el concreto a compresión se usa el método del bloque de esfuerzos equivalentes de Whitney  $C_c = 0.85 * f'_c * \beta_1 * C * B_1$ . La resistencia de la sección a fuerza axial se puede calcular como la sumatoria de las fuerzas en la sección:

$$P_n = C_c + F_{s1} - F_{s2} - F_{si} - F_{sn}$$

$$P_n = C_c + \sum_{i=1}^n A_{Si} * f_{Si}$$

Por lo que se tiene:

$$P_n = 0.85 * f'_c * \beta_1 * C * B_1 + \sum_{i=1}^n A_{Si} * f_{Si}$$

La resistencia de la sección a flexión se puede calcular como la sumatoria de los momentos en la sección, sobre el centroide de la misma.

$$M_n = C_c \left( \bar{y} - \frac{a}{2} \right) + F_{s1} (\bar{y} - d_1) - F_{s2} (\bar{y} - d_2) + F_{si} (\bar{y} - d_i) + F_{sn} (\bar{y} - d_n)$$

$$M_n = C_c \left( \bar{y} - \frac{a}{2} \right) + \sum_{i=1}^n F_{Si} (\bar{y} - d_i)$$

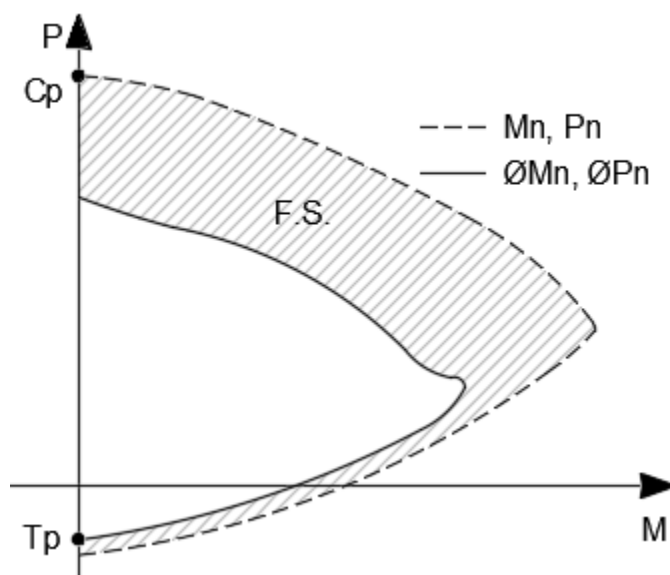
El signo del momento que las fuerzas producen respecto al centro de carga de la sección ya está contemplado en el planteamiento de las ecuaciones.

$$M_n = .85 * f'_c * \beta_1 * C * B_1 \left( \bar{y} - \frac{a}{2} \right) + \sum_{i=1}^n A_{Si} * f_{Si} * (\bar{y} - d_i)$$

Límite máximo de resistencia a la compresión. Según C.10.3.6.1 de NSR-10 para elementos no preesforzados con refuerzo en espiral que cumplan con C.7.10.4 o para elementos compuestos que cumplan con C.10.13, se tiene la siguiente expresión:

$$\phi P_{n(\text{máx})} = 0.80\phi[0.85f'_c(A_g - A_{St}) + f_y A_{St}]$$

El diagrama de interacción cuando se aplica el coeficiente de reducción de resistencia, es el siguiente:



**Figura 1. Diagrama de interacción de elementos sometidos a flexo-compresión**

**3.5.2.6 Procedimiento para el diseño de zapatas según el Título C de NSR-10.** Las viviendas diseñadas en el presente proyecto se delimitaron como aisladas, es decir, que no están rodeadas de otras viviendas, por lo que la cimentación en su totalidad se diseñó como concéntrica. Es por lo que, a continuación, se describe el procedimiento de diseño de zapatas aisladas concéntricas biaxiales, con una carga y dos momentos.

Las zapatas sometidas a flexión biaxial, son aquellas que, además de soportar una carga vertical ejercida sobre el centro de la zapata, soportan momentos generados por la excentricidad en la distribución de fuerzas en la superestructura. Este tipo de zapatas debe cumplir el siguiente criterio:

$$0 \leq \frac{P}{A_g} \pm \frac{M_y C_x}{I_{yy}} \pm \frac{M_x C_y}{I_{xx}} \leq q_a$$

En donde,  $q_a$  es la capacidad admisible del suelo,  $P$  es la carga vertical,  $A_g$  es el área neta en planta de la zapata,  $M_x$  es momento de debido a excentricidad en las cargas en sentido x,  $M_y$  es momento de debido a excentricidad en las cargas en sentido y,  $C_x$  es la mitad del ancho de la zapata, paralelo a la dirección del momento en sentido y,  $C_y$  es la mitad del ancho de la zapata, paralelo a la dirección del momento en sentido x,  $I_{xx}$  es el momento de inercia en la zapata en el eje x, y  $I_{yy}$  es el momento de inercia en la zapata en el eje y.

Los momentos que soporta la zapata se consideran como un esfuerzo debido a la excentricidad ( $e$ ) de las cargas de la superestructura, es por ello, que se presentan las siguientes expresiones:  $M_x = P(e_y)$  y  $M_y = P(e_x)$ . Teniendo zapatas cuadradas con área  $A = BL$ . Entonces, se puede deducir lo siguiente:

$$0 \leq \frac{P}{BL} \left( 1 \pm \frac{6e_x}{L} \pm \frac{6e_y}{B} \right) \leq q_a$$

Luego de dimensionar la zapata, se procede a calcular las presiones mayoradas haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$Q_U = \frac{P_U}{BL} \left( 1 \pm \frac{6e_x}{L} \pm \frac{6e_y}{B} \right)$$

De acuerdo con C.11.11.2.1 de NSR-10, el concreto de la zapata debe ser capaz de soportar el esfuerzo bidireccional producido por la carga última, para lo cual se expresa que  $V_{udb}$  debe ser menor que  $V_c$  dado por (a), (b) y (c), mostradas a continuación:

$$(a) \quad V_c = 0.17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (C.11-31)$$

donde  $\beta$  es la relación del lado largo al lado corto de la columna, la carga concentrada, o el área de reacción,

$$(b) \quad V_c = 0.083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (C.11-32)$$

donde  $\alpha_s$  es 40 para columnas interiores, 30 para columnas de borde, y 20 para columnas en esquina, y

$$(c) \quad V_c = 0.33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (C.11-33)$$

Además, la zapata debe tener la capacidad de soportar el aplastamiento, por lo que se debe garantizar el siguiente cálculo:

$$\phi P_{nb} = \phi_a 0.85 f'_c A_1 \sqrt{A_2 / A_1}$$

El diseño a flexión de la zapata se debe realizar como si esta estuviera sometida a una carga

de flexión pura, tal cual se hace con el diseño de vigas y placas (mostrado en ítems anteriores).

### **3.6 Técnicas de Análisis y Procesamiento de Datos**

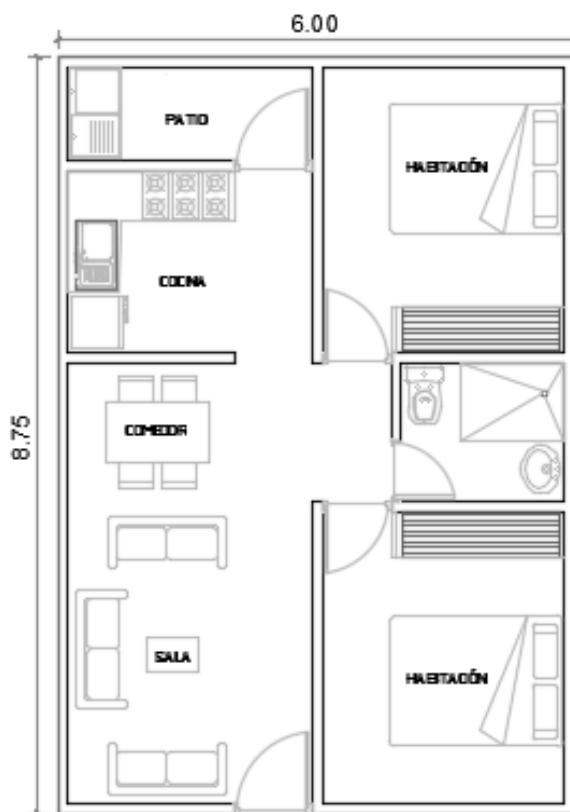
El análisis de los resultados tendrá dos etapas. La primera etapa hace referencia al análisis del comportamiento estructural de las viviendas de uno y dos pisos diseñadas, tomando en cuenta la eficiencia de la estructura según la cantidad de material que se requiera. Tanto para el sistema de mampostería confinada, como para el sistema de pórticos, se requiere concreto, acero de refuerzo, y mampostería. Por lo que la comparación de la eficiencia estructural se relacionará con cuál de los dos tipos de estructuras funciona con la menor cantidad de materiales. La segunda etapa es el análisis del comportamiento económico, es decir, se determinará cuál de las dos tipos de sistemas estructurales es más económica y tienen una mejor relación entre el costo y el beneficio que representa la construcción de la vivienda.

## 4. Resultados y Discusión

### 4.1 Planos Arquitectónicos de Viviendas

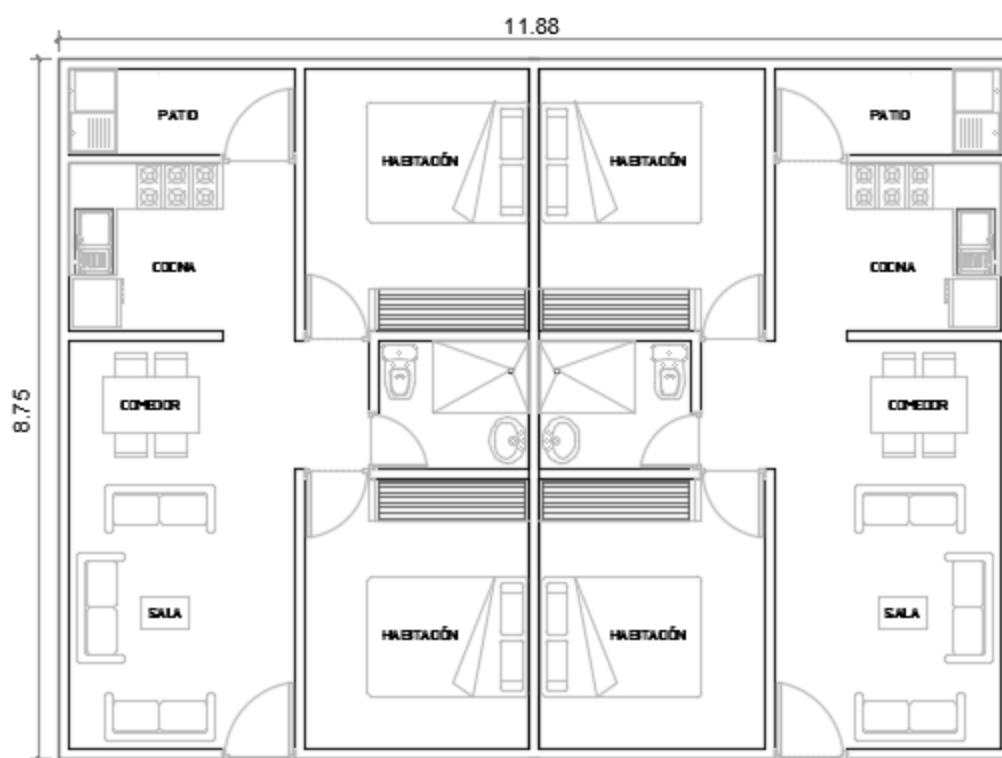
Se definieron seis diseños arquitectónicos de viviendas con diferentes áreas en planta (tres de un piso y tres de dos pisos). A continuación, se muestran los planos arquitectónicos de los diferentes diseños arquitectónicos:

**4.1.1 Plano arquitectónico de vivienda de un piso con un área en planta aproximada de 50m<sup>2</sup>.** La Figura 2 presenta el diseño arquitectónico de una vivienda unifamiliar de un piso de altura, para ser diseñada en sistema de mampostería confinada y en sistema tipo pórtico de concreto reforzado.



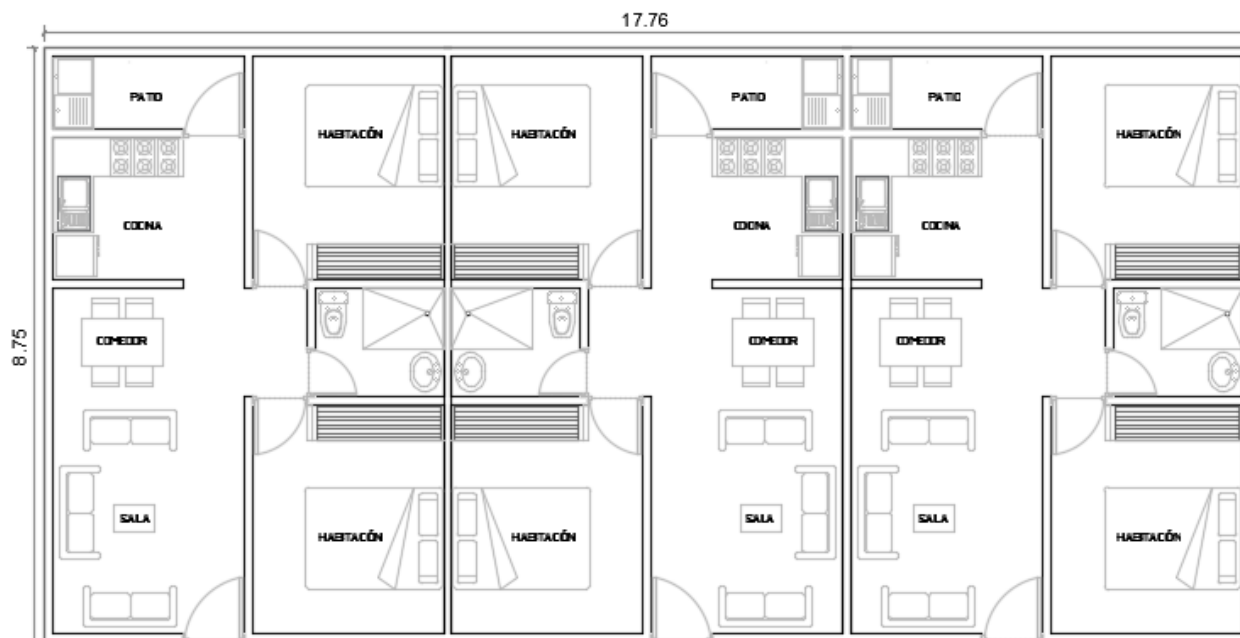
**Figura 2. Diseño arquitectónico de vivienda de una piso con área de 50m<sup>2</sup>**

**4.1.2 Plano arquitectónico de vivienda de un piso con un área en planta aproximada de  $100\text{m}^2$ :** La Figura 3 presenta el diseño arquitectónico de un bloque de dos viviendas unifamiliares de un piso de altura, para ser diseñada en sistema de mampostería confinada y en sistema tipo pórtico de concreto reforzado.



**Figura 3. Diseño arquitectónico de bloque de viviendas de una piso con área de  $100\text{m}^2$**

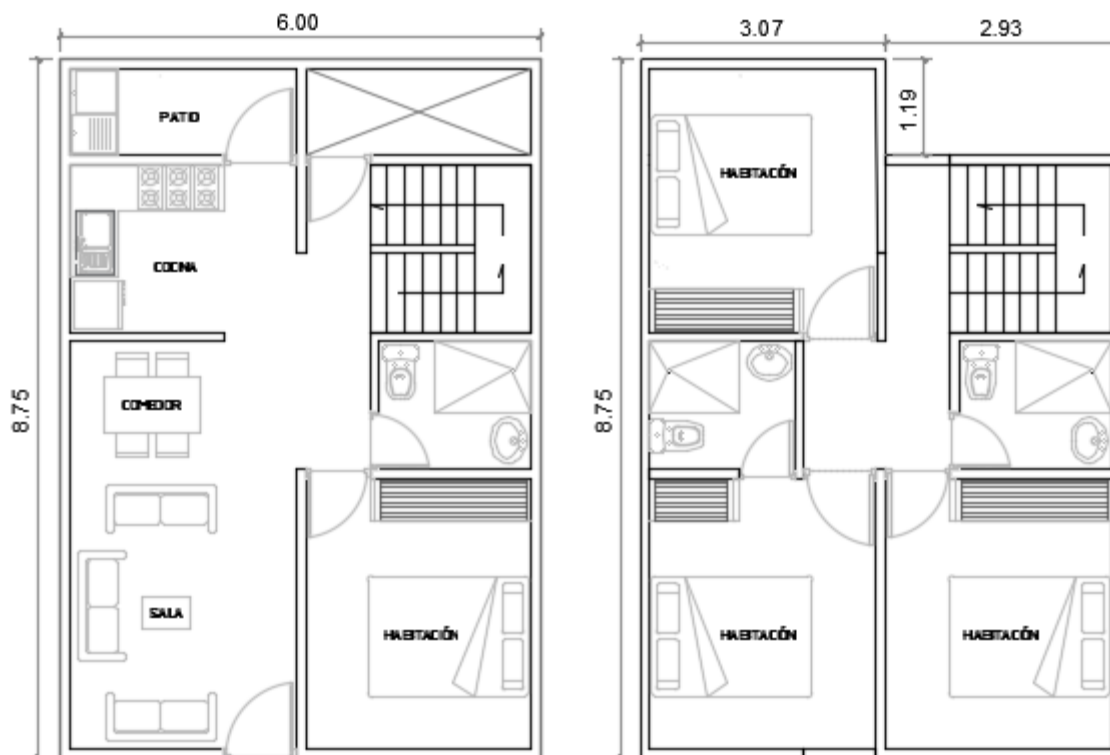




**Figura 4. Diseño arquitectónico de vivienda de una piso con área de 150m<sup>2</sup>**

**4.1.3 Plano arquitectónico de vivienda de un piso con un área en planta aproximada de 150m<sup>2</sup>:** La Figura 4 presenta el diseño arquitectónico de un bloque de tres viviendas unifamiliares de un piso de altura, para ser diseñada en sistema de mampostería confinada y en sistema tipo pórtico de concreto reforzado.

**4.1.4 Plano arquitectónico de vivienda de dos pisos con un área en planta aproximada de 100m<sup>2</sup>:** La Figura 5 presenta el diseño arquitectónico de un bloque de una vivienda unifamiliar de dos pisos de altura, para ser diseñada en sistema de mampostería confinada y en sistema tipo pórtico de concreto reforzado.



**Figura 5. Diseño arquitectónico casa de dos pisos (100m<sup>2</sup>)**

Planta de primer piso (izquierda) planta de segundo piso (derecha).

**4.1.5 Plano arquitectónico de vivienda de dos pisos con un área en planta aproximada de 200m<sup>2</sup>:** Las Figura 6 y Figura 7 presentan los diseños arquitectónicos de un bloque de dos viviendas unifamiliares de dos pisos de altura, para ser diseñada en sistema de mampostería confinada y en sistema tipo pórtico de concreto reforzado.

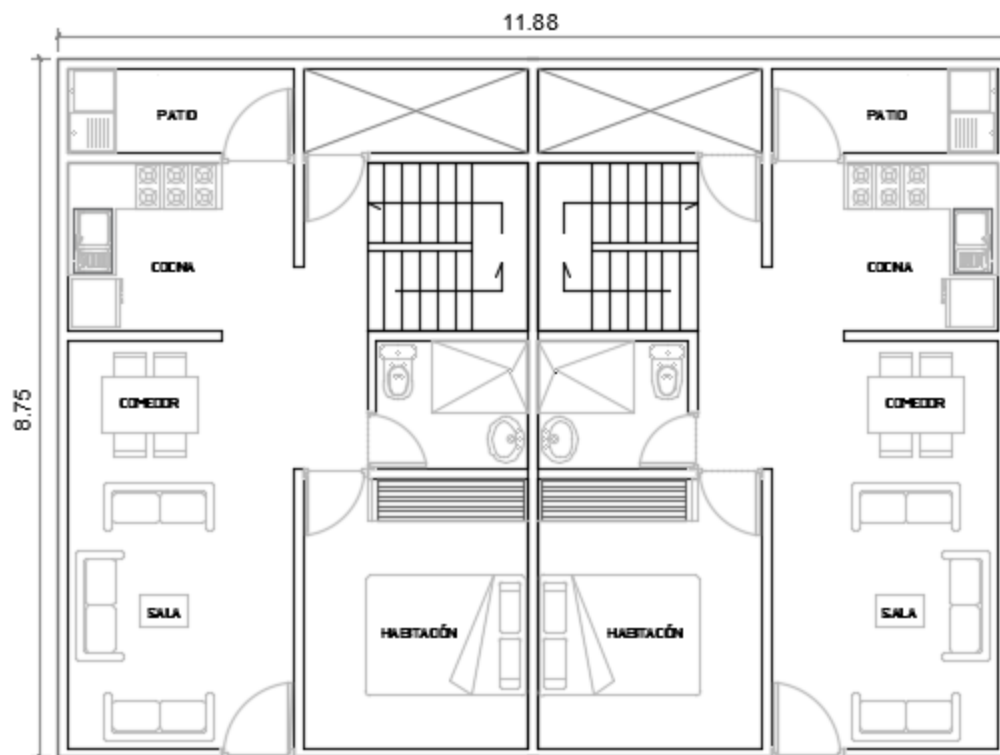


Figura 6. Diseño arquitectónico casa de dos pisos (200m<sup>2</sup>). Planta de primer piso

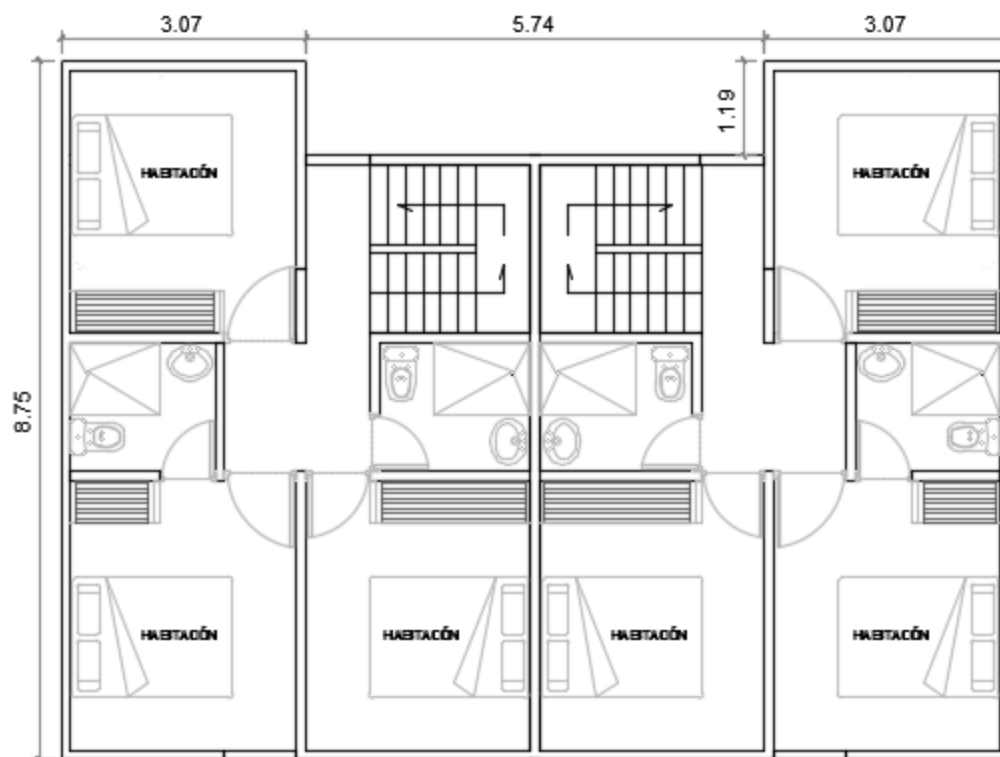
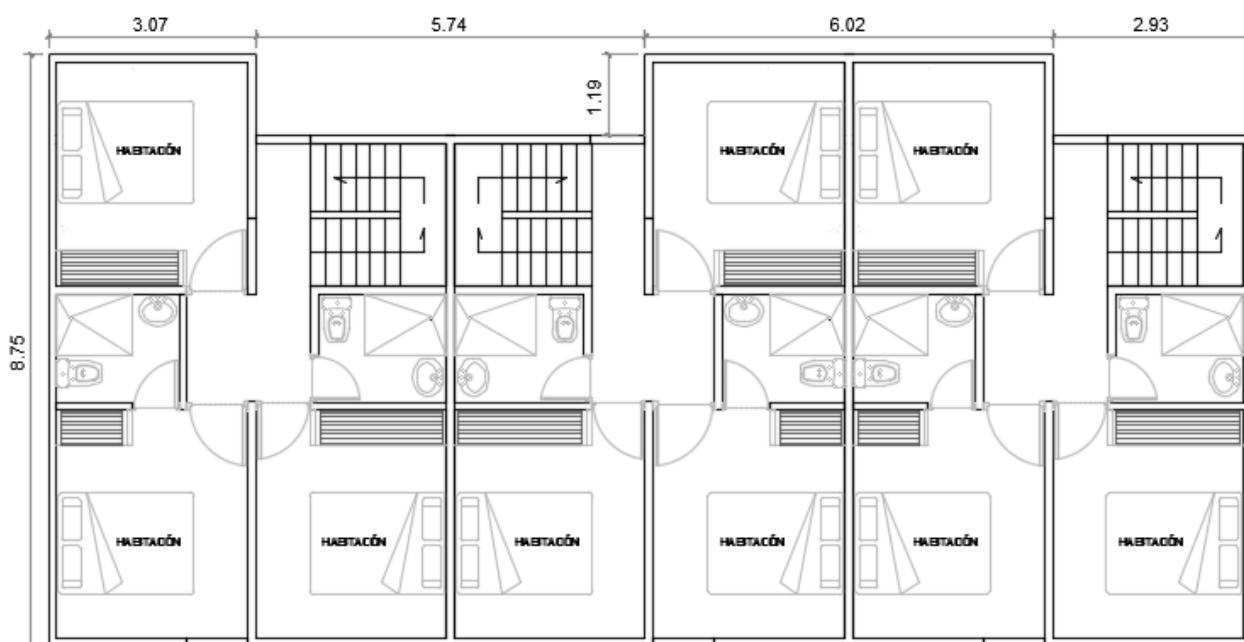


Figura 7. Diseño arquitectónico casa de dos pisos (200m<sup>2</sup>). Planta de segundo piso

**4.1.6 Plano arquitectónico de vivienda de dos pisos con un área en planta de 300m<sup>2</sup>:** Las Figura 8 y Figura 9 presentan los diseños arquitectónicos de un bloque de tres viviendas unifamiliares de dos pisos de altura.



**Figura 8. Diseño arquitectónico casa de dos pisos (300m<sup>2</sup>). Planta de primer piso**



**Figura 9. Diseño arquitectónico casa de dos pisos (300m<sup>2</sup>). Planta de segundo piso**

## 4.2 Diseño Estructural de Casa de uno y dos Pisos en Mampostería Confinada

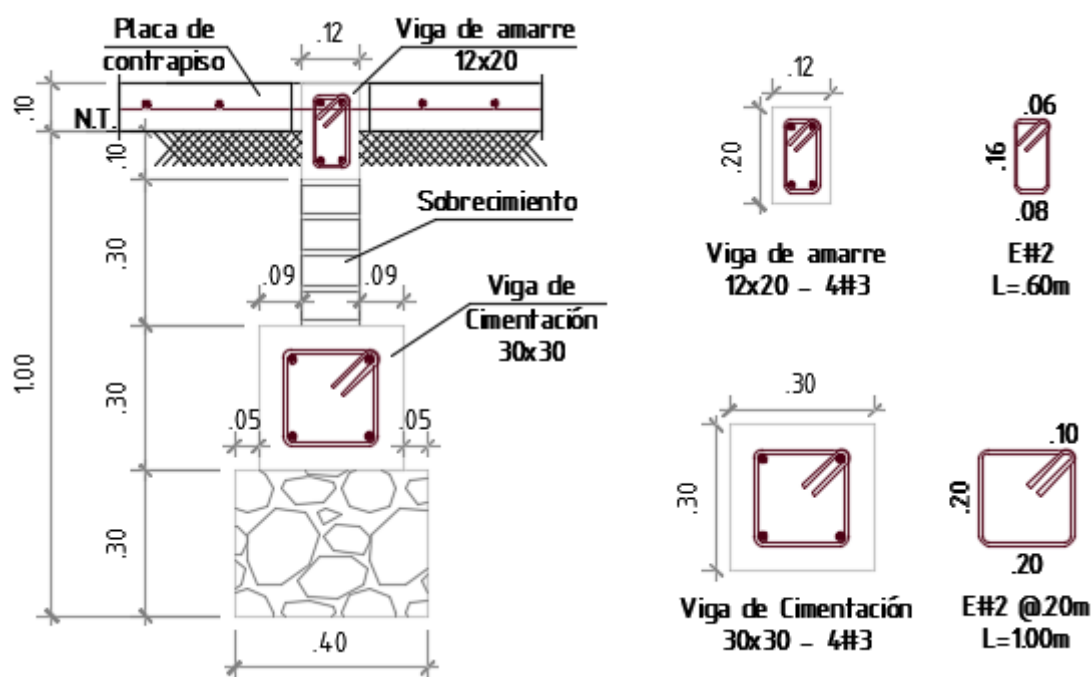
En el presente apartado se describe un resumen de los diseños estructurales, de las viviendas de uno y dos pisos definidas anteriormente, en sistema de mampostería confinada, siguiendo parámetros exigidos por NSR-10 en el Título E.

**4.2.1 Diseño estructural de casa de un piso (50m<sup>2</sup>) en mampostería confinada.** Se dimensionó la configuración geométrica de los muros de mampostería confinada que funcionarán como muros de carga. El replanteo de los muros se realiza de forma tal que se cumpla con la longitud mínima de muros, así como con la simetría en planta (ver Figura 10).



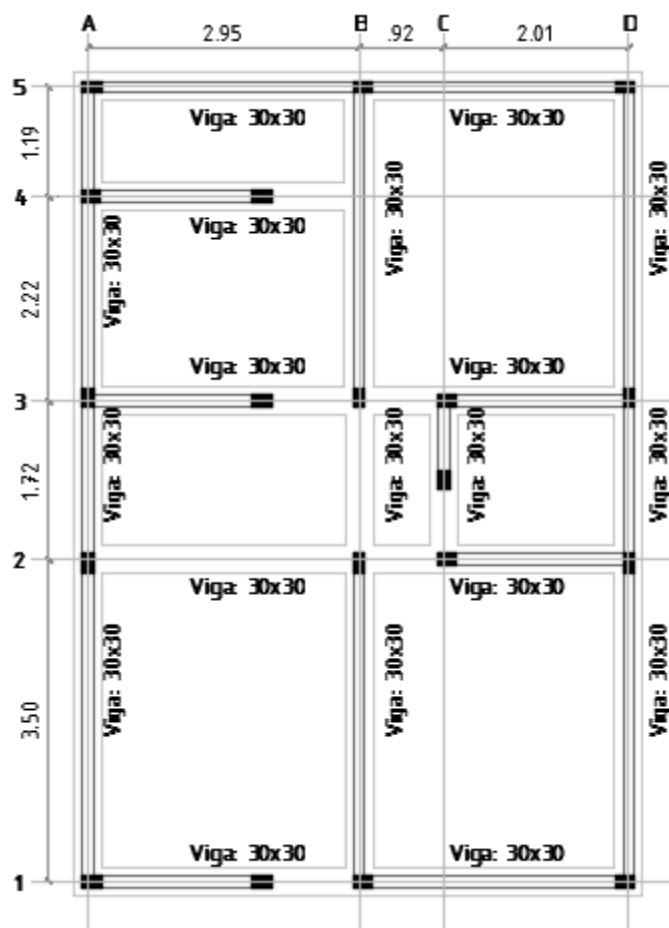
Figura 10. Replanteo estructural de ubicación de muros de mampostería confinada

Siguiendo los parámetros mencionados en el capítulo E.2 de NSR-10, se realizó el dimensionamiento de las vigas de cimentación con 30cm de ancho y 30cm de altura, con un sobre-cimiento en mampostería, confinada en la parte superior a nivel de terreno con una viga de amarre de 12cm de ancho por 20cm de altura. (Ver Figura 11). La cimentación debe estar mínimo a una profundidad de 50cm, y para profundidades superiores a 70cm, se puede disponer de concreto ciclópeo mínimo de 30cm de ancho y 20cm de altura. En la vivienda de un piso se dispone de acero de refuerzo 4#3 con  $F_y$  de 420MPa y estribos #2 separados cada 20cm con  $F_y$  de 240MPa.



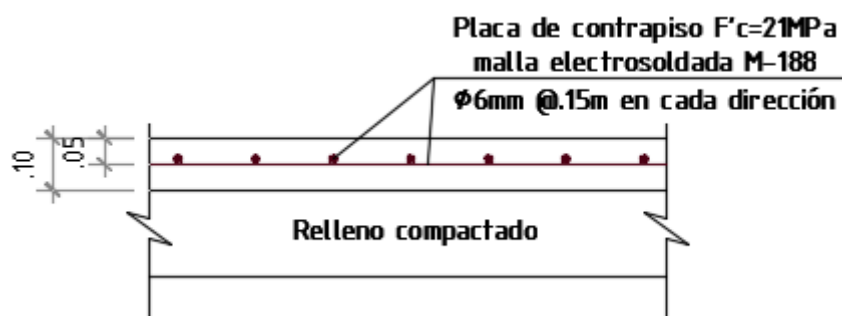
**Figura 11. Detalle de cimentación continua para viviendas de mampostería confinada**

La Figura 12 muestra la configuración en planta de las vigas de cimentación, que según el Título E de NSR-10 se deben ubicar debajo de todos los muros estructurales y divisorios, además, deben formar anillos cerrados de tal forma que se garantice una transferencia adecuada de las cargas de la estructura hacia el suelo.



**Figura 12. Configuración en planta de vigas de cimentación**

A nivel de terreno se ubica una placa de Contrapiso embebida en las vigas de amarre que se ubican a dicho nivel. La placa de contrapiso se diseña con cuantía mínima a fin de soportar los esfuerzos por temperatura, por lo que se dispondrá de un refuerzo como muestra la Figura 13.



**Figura 13. Detalle de placa de contrapiso**

La Figura 14 muestra la configuración en planta de las vigas de amarre que se ubican a nivel de terreno con el fin de confinar el sobre-cimiento, el refuerzo de las vigas se define siguiente parámetros del capítulo E.4 de NSR-10 (mostrado anteriormente en la Figura 11).

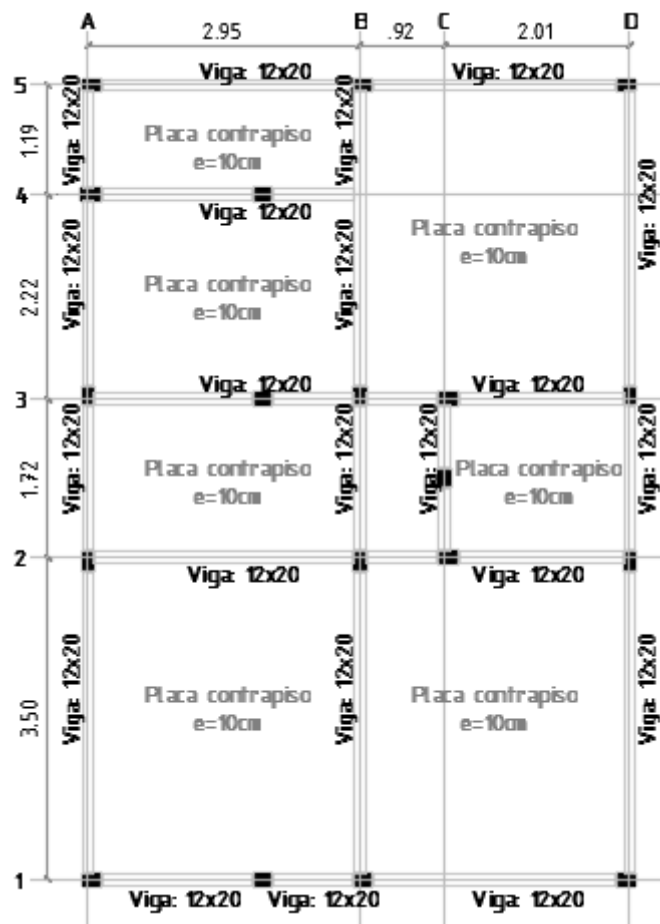


Figura 14. Configuración en planta de vigas de amarre a nivel de terreno

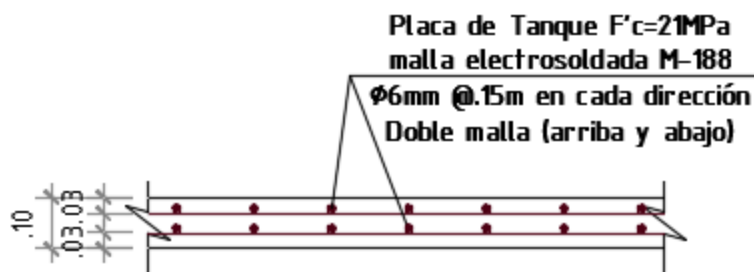


Figura 15. Detalle de placa de tanque



La Figura 15 muestra un detalle de la dimensión y refuerzo necesario en la placa que soportará los tanques aéreos. Para el diseño se estimó que la altura del tanque es un metro de altura, y que la lámina de agua se encuentra máximo a 75cm de altura.

La Figura 16 muestra un detalle de la configuración en planta de cubierta liviana, vigas de confinamiento y placa para tanque aéreo. Las vigas de cubierta se dimensionaron según capítulo E.4 de NSR-10, con una dimensión de 12cm de base y 20cm de altura. La placa de tanque se dimensionó con un espesor de 10cm.

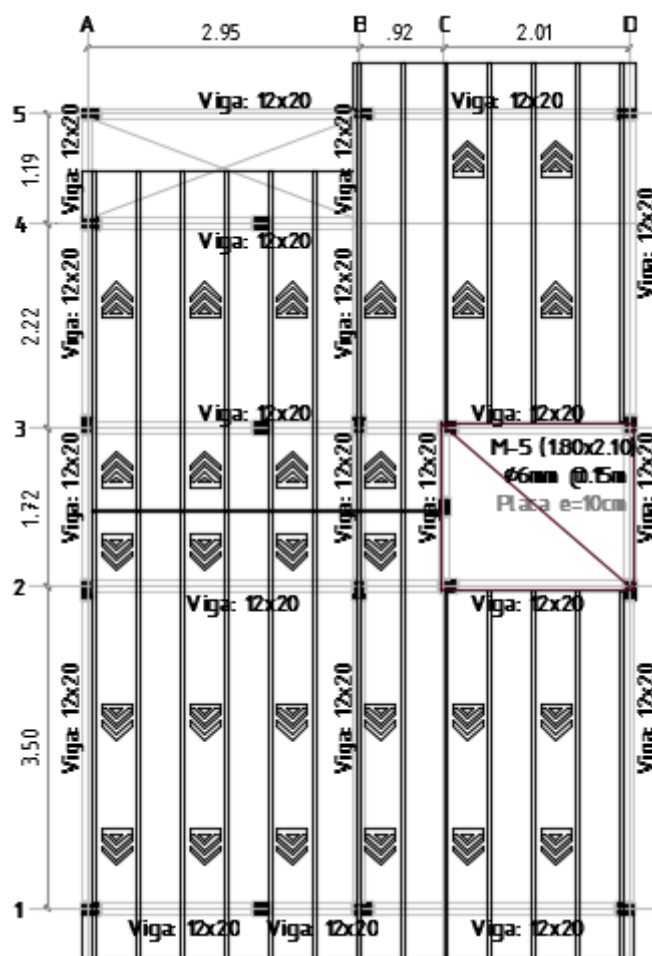
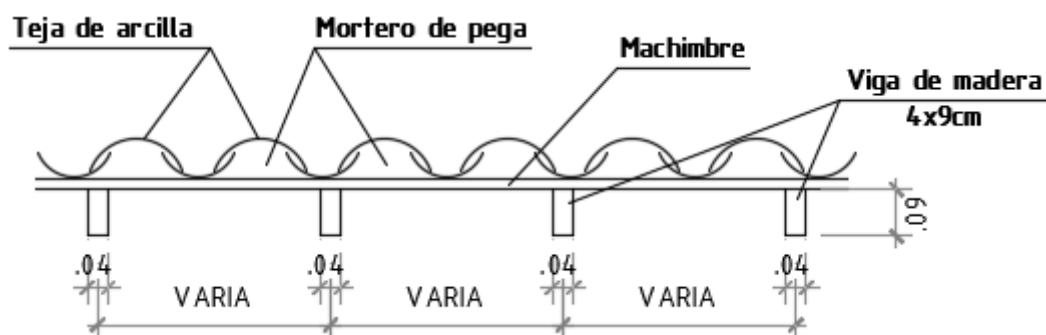


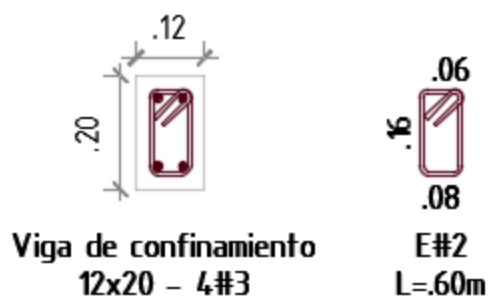
Figura 16. Detalle de configuración en planta de cubierta liviana

La cubierta liviana que se dispuso es de tejas de arcilla sobre mortero de pega y que se dispone sobre un entramado de madera (listones de madera que soporta una cama de machimbre), tal y como se muestra en la Figura 17.



**Figura 17. Detalle de cubierta liviana**

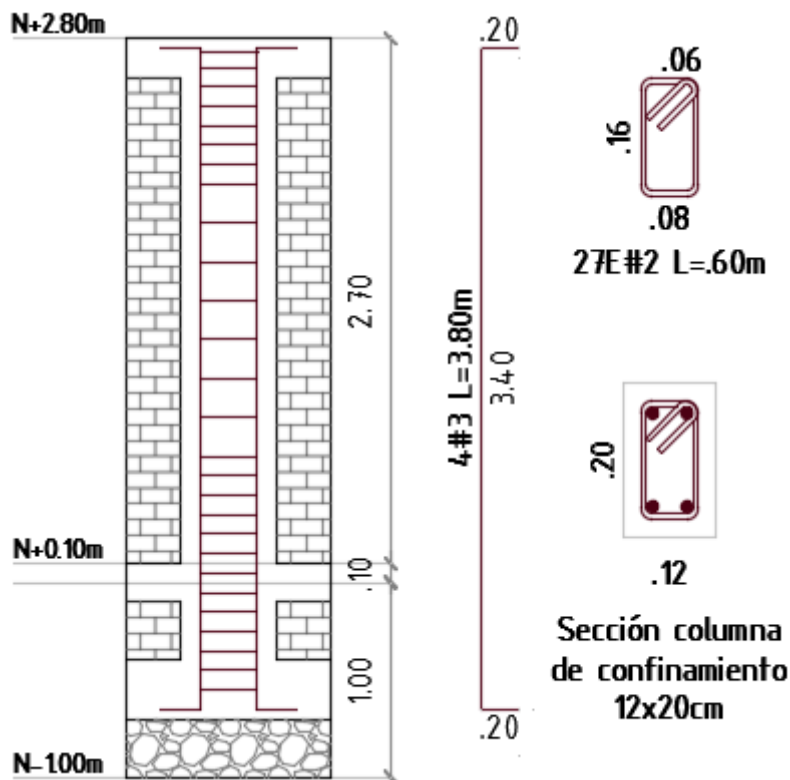
La Figura 18 muestra el refuerzo necesario para las vigas de cubierta, las cuales fueron determinadas siguiendo los parámetros del capítulo E.4 de NSR-10. El refuerzo principal son 4 barras #3, es decir, dos barras continuas arriba y abajo. Los estribos son #2 y se disponen cada 10cm los primeros 50cm cerca de los nudos, es decir, en la intersección con columnas de confinamiento, y cada 20cm en el resto de la luz libre.



**Figura 18. Detalle de refuerzo de vigas de confinamiento a nivel de cubierta**

La Figura 19 muestra un detalle de las columnas de confinamiento. El dimensionamiento de las columnas de confinamiento se realizó utilizando los parámetros del capítulo E.4 de NSR-10,

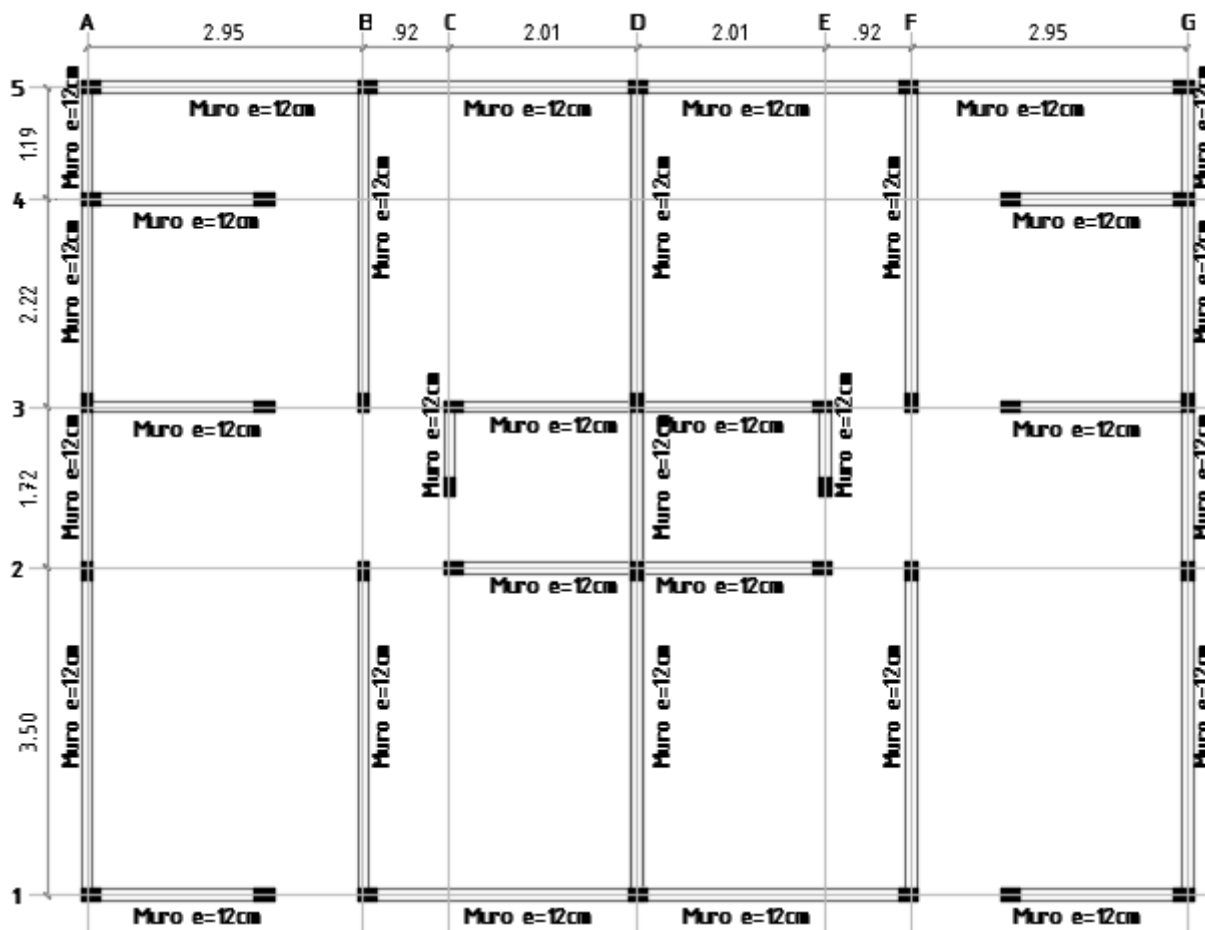
se definió una dimensión de 12cm x 20cm, con un área de 240cm<sup>2</sup>, los cual es superior a 200cm<sup>2</sup> exigido por NSR-10.



**Figura 19. Detalle de refuerzo de columnas de confinamiento**

El refuerzo definido para dichas columnas de confinamiento es de 4 barras #3, y estribos #2 que se disponen cada 10cm los primeros 50cm cerca de los nudos, es decir, en la intersección con vigas de confinamiento, y cada 20cm en el resto de la luz libre (ver Figura 19).

**4.2.2 Diseño estructural de casa de un piso (100m<sup>2</sup>) en mampostería confinada.** Se dimensionó la configuración geométrica de los muros de mampostería confinada que funcionarán como muros de carga. El replanteo de los muros se realiza de forma tal que se cumpla con la longitud mínima de muros, así como con la simetría en planta (ver Figura 20).



**Figura 20. Replanteo estructural de ubicación de muros de mampostería confinada**

Siguiendo los parámetros mencionados en el capítulo E.2 de NSR-10, se realizó el dimensionamiento de las vigas de cimentación con 30cm de ancho y 30cm de altura, con un sobre-cimiento en mampostería, confinada en la parte superior a nivel de terreno con una viga de amarre de 12cm de ancho por 20cm de altura. (Ver Figura 21). La cimentación debe estar mínimo a una profundidad de 50cm, y para profundidades superiores a 70cm, se puede disponer de concreto ciclópeo mínimo de 30cm de ancho y 20cm de altura. En la vivienda de un piso se dispone de acero de refuerzo 4#3 con  $F_y$  de 420MPa y estribos #2 separados cada 20cm con  $F_y$  de 240MPa.

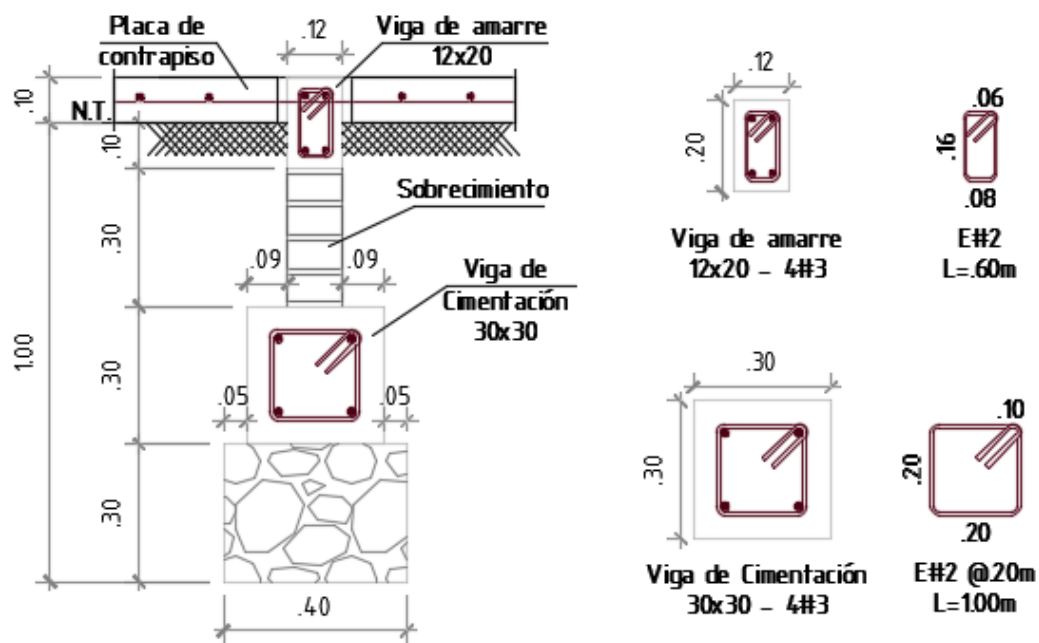


Figura 21. Detalle de cimentación continua para viviendas de mampostería confinada

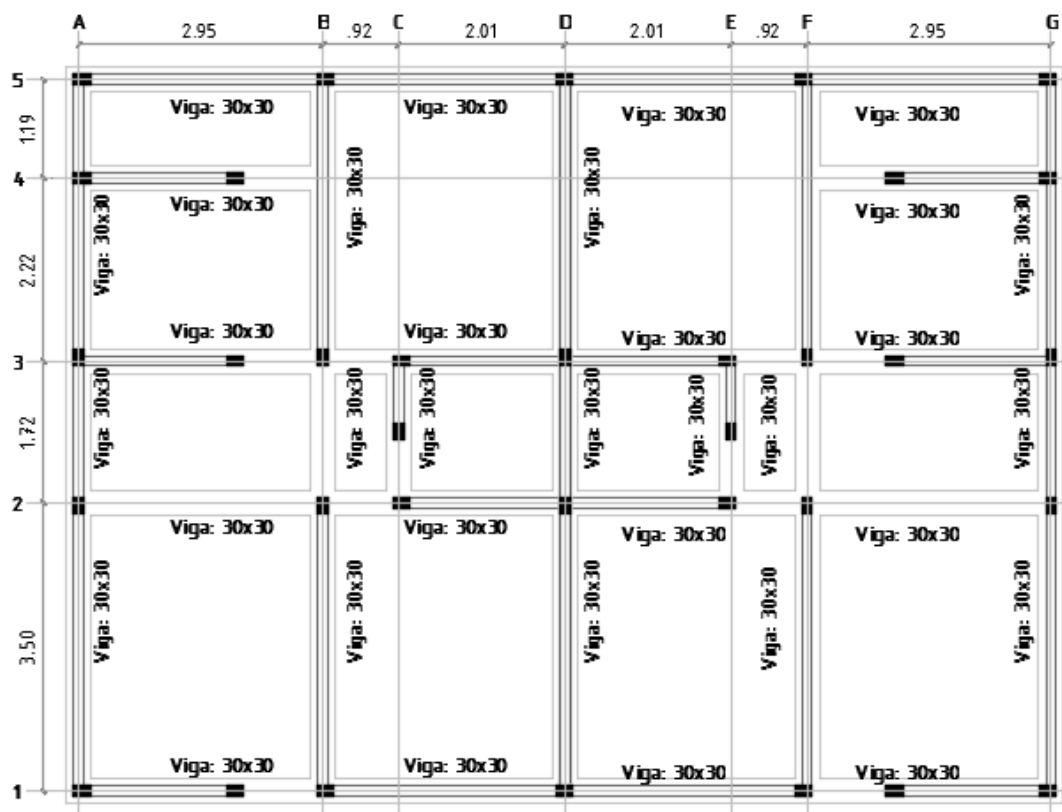


Figura 22. Configuración en planta de vigas de cimentación

La Figura 22 muestra la configuración en planta de las vigas de cimentación, que según el Título E de NSR-10 se deben ubicar debajo de todos los muros estructurales y divisorios, además, deben formar anillos cerrados de tal forma que se garantice una transferencia adecuada de las cargas de la estructura hacia el suelo.

La Figura 23 muestra la configuración en planta de las vigas de amarre que se ubican a nivel de terreno con el fin de confinar el sobre-cimiento, el refuerzo de las vigas se define siguiente parámetros del capítulo E.4 de NSR-10 (mostrado anteriormente en la Figura 21). A nivel de terreno se ubica una placa de Contrapiso embebida en las vigas de amarre que se ubican a dicho nivel.

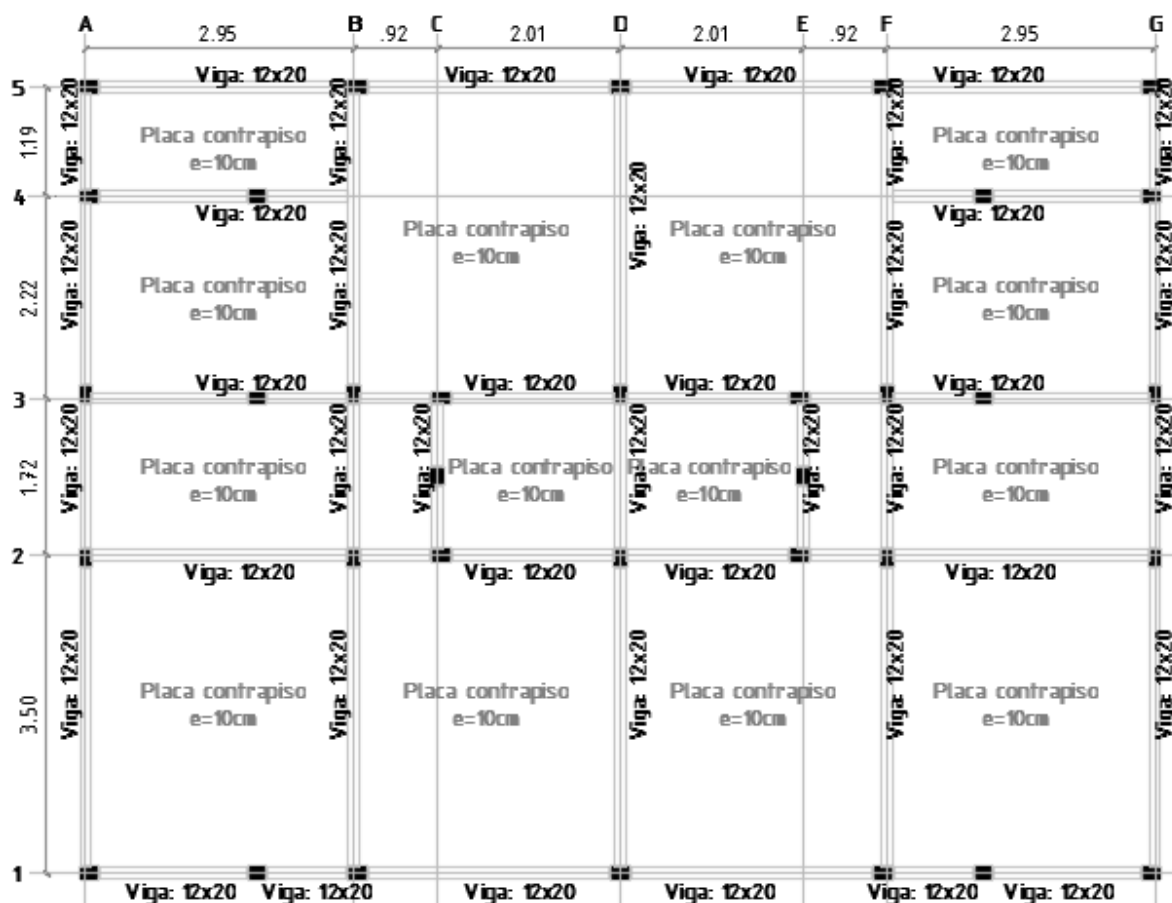
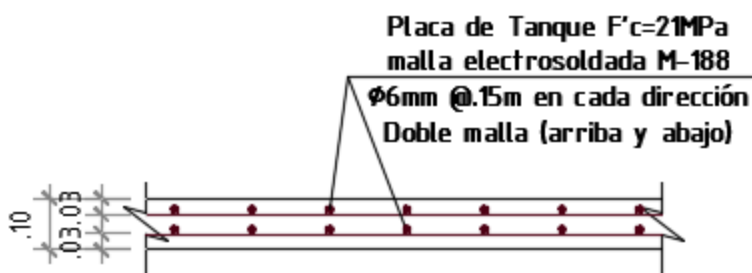


Figura 23. Configuración en planta de vigas de amarre a nivel de terreno



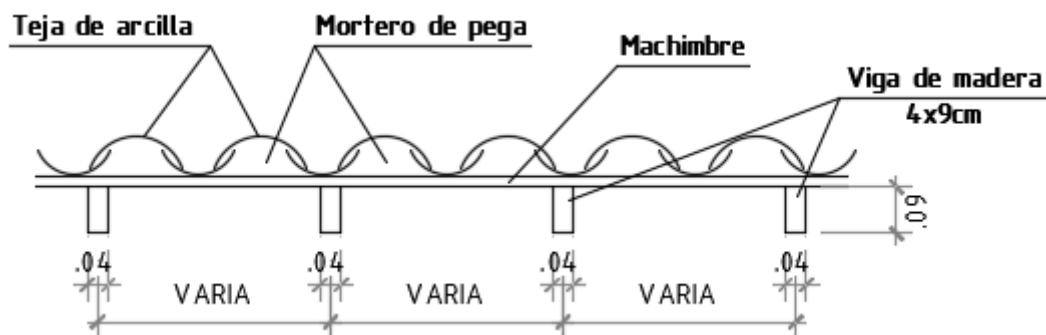
La Figura 25 muestra un detalle de la configuración en planta de cubierta liviana, vigas de confinamiento y placa para tanque aéreo. Las vigas de cubierta se dimensionaron según capítulo E.4 de NSR-10, con una dimensión de 12cm de base y 20cm de altura. La placa de tanque se dimensionó con un espesor de 10cm.

La Figura 26 muestra un detalle de la dimensión y refuerzo necesario en la placa que soportará los tanques aéreos. Para el diseño se estimó que la altura del tanque es un metro de altura, y que la lámina de agua se encuentra máximo a 75cm de altura.



**Figura 26. Detalle de placa de tanque**

La cubierta liviana que se dispuso es de tejas de arcilla sobre mortero de pega y que se dispone sobre un entramado de madera (listones de madera que soporta una cama de machimbre), tal y como se muestra en la Figura 27.



**Figura 27. Detalle de cubierta liviana**



La Figura 28 muestra el refuerzo necesario para las vigas de cubierta, las cuales fueron determinadas siguiendo los parámetros del capítulo E.4 de NSR-10. El refuerzo principal son 4 barras #3, es decir, dos barras continuas arriba y abajo. Los estribos son #2 y se disponen cada 10cm los primeros 50cm cerca de los nudos, es decir, en la intersección con columnas de confinamiento, y cada 20cm en el resto de la luz libre.

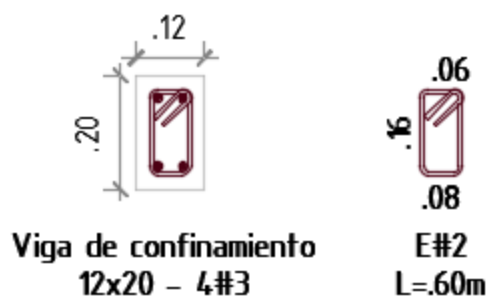


Figura 28. Detalle de refuerzo de vigas de confinamiento a nivel de cubierta

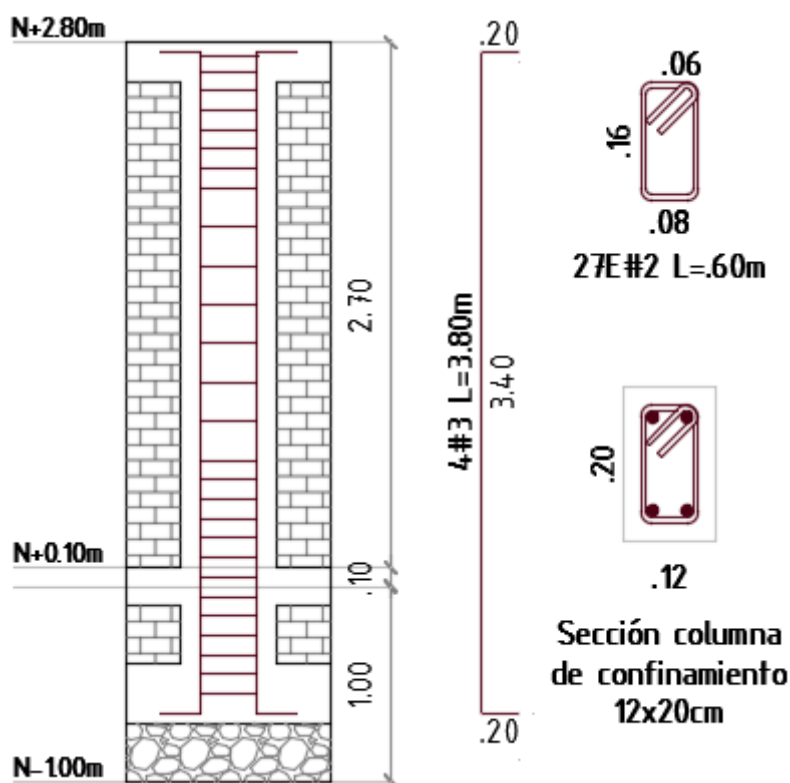


Figura 29. Detalle de refuerzo de columnas de confinamiento

La Figura 29 muestra un detalle de las columnas de confinamiento. Columnas de 12cm x 20cm. Refuerzo 4 barras #3, y estribos #2 según se muestra en la Figura 29.

**4.2.3 Diseño estructural de casa de un piso (150m<sup>2</sup>) en mampostería confinada.** Se dimensionó la configuración geométrica de los muros de mampostería confinada El replanteo de los muros se realiza de forma tal que se cumpla con la longitud mínima de muros, así como con la simetría en planta (ver Figura 30).



Figura 30. Replanteo estructural de ubicación de muros de mampostería confinada

La Figura 31 muestra la configuración en planta de las vigas de cimentación, que según el Título E de NSR-10 se deben ubicar debajo de todos los muros estructurales y divisorios, además, deben formar anillos cerrados de tal forma que se garantice una transferencia adecuada de las cargas de la estructura hacia el suelo.

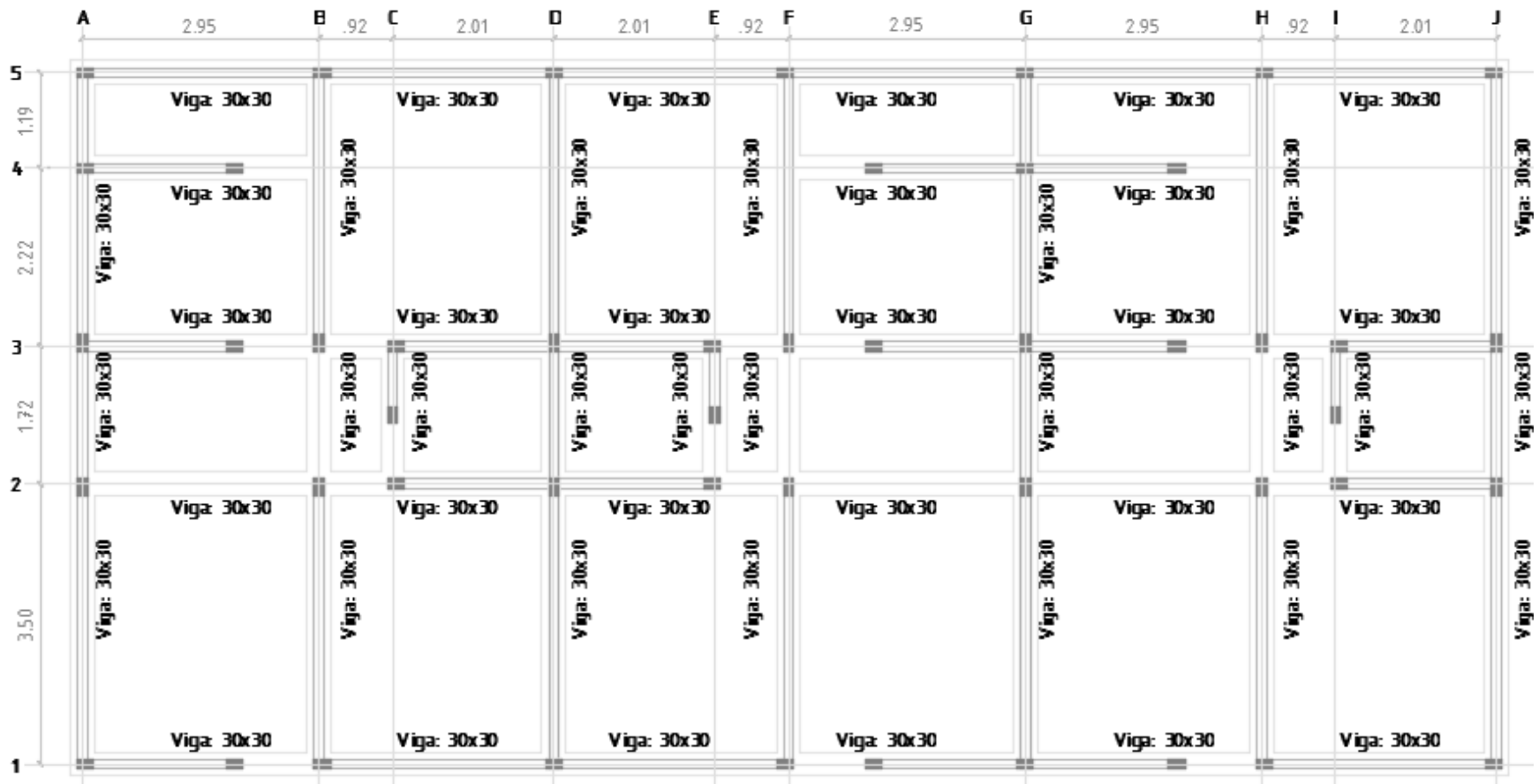
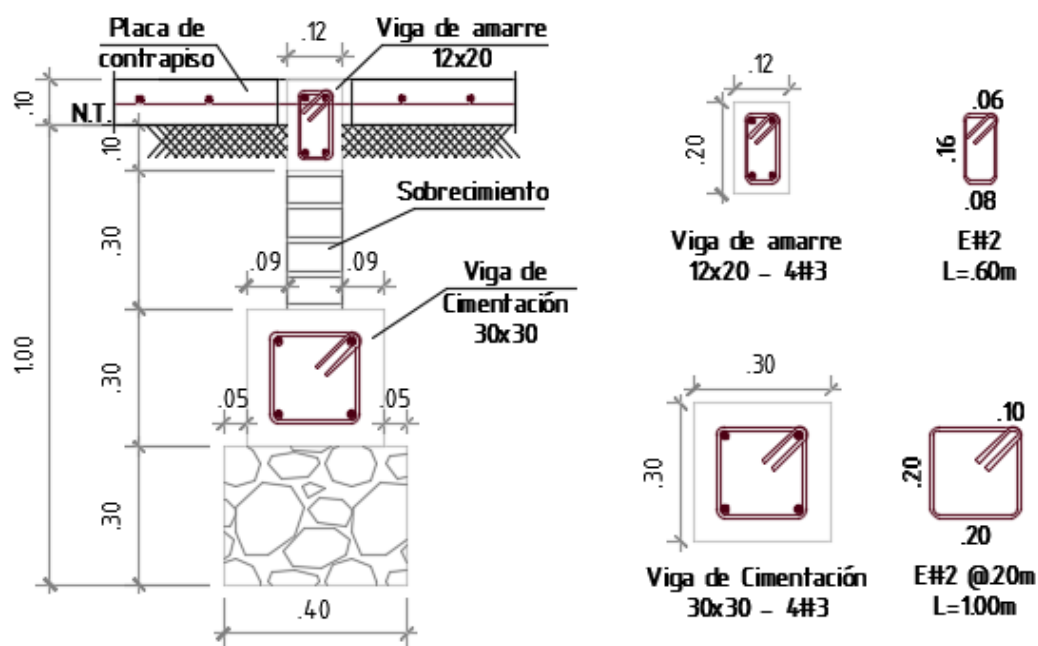


Figura 31. Configuración en planta de vigas de cimentación

Siguiendo los parámetros mencionados en el capítulo E.2 de NSR-10, se realizó el dimensionamiento de las vigas de cimentación con 30cm de ancho y 30cm de altura, con un sobre-cimiento en mampostería, confinada en la parte superior a nivel de terreno con una viga de amarre de 12cm de ancho por 20cm de altura. (Ver Figura 32). La cimentación debe estar mínimo a una profundidad de 50cm, y para profundidades superiores a 70cm, se puede disponer de concreto ciclópeo mínimo de 30cm de ancho y 20cm de altura. En la vivienda de un piso se dispone de acero de refuerzo 4#3 con  $F_y$  de 420MPa y estribos #2 separados cada 20cm con  $F_y$  de 240MPa.



**Figura 32. Detalle de cimentación continua para viviendas de mampostería confinada**

La Figura 33 muestra la configuración en planta de las vigas de amarre que se ubican a nivel de terreno con el fin de confinar el sobre-cimiento, el refuerzo de las vigas se define siguiente parámetros del capítulo E.4 de NSR-10 (mostrado anteriormente en la Figura 32).

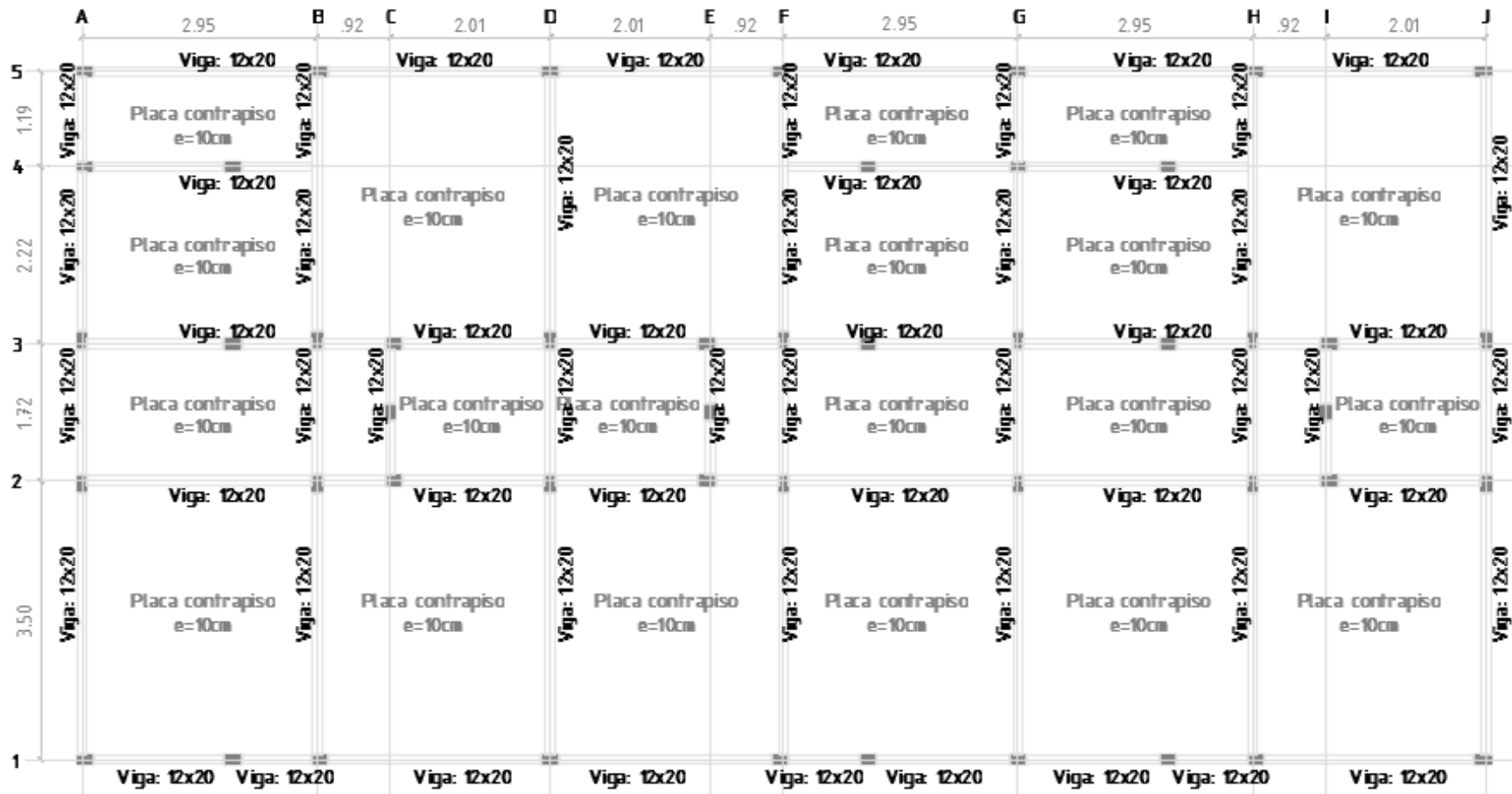
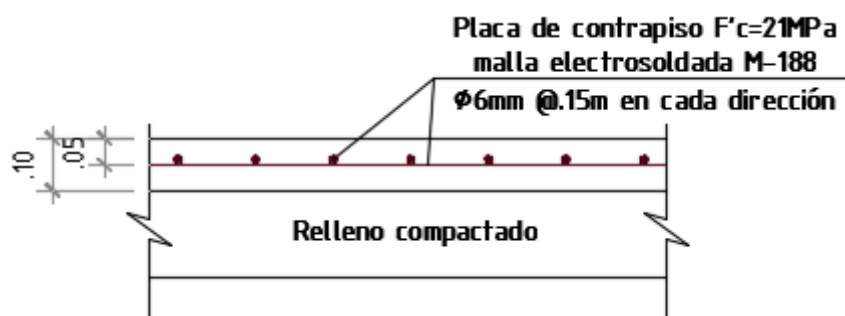


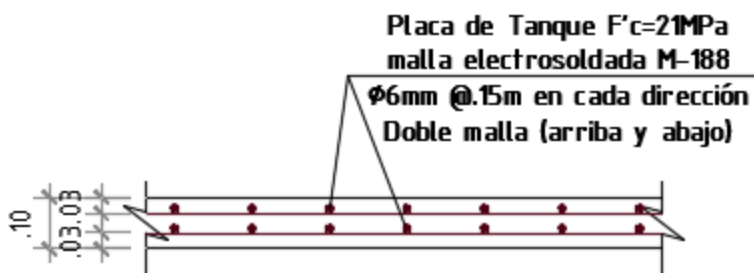
Figura 33. Configuración en planta de vigas de amarre a nivel de terreno

A nivel de terreno se ubica una placa de Contrapiso embebida en las vigas de amarre que se ubican a dicho nivel. La placa de contrapiso se diseña con cuantía mínima a fin de soportar los esfuerzos por temperatura, por lo que se dispondrá de un refuerzo como muestra la Figura 34.



**Figura 34. Detalle de placa de contrapiso**

La Figura 35 muestra un detalle de la dimensión y refuerzo necesario en la placa que soportará los tanques aéreos. Para el diseño se estimó que la altura del tanque es un metro de altura, y que la lámina de agua se encuentra máximo a 75cm de altura.



**Figura 35. Detalle de placa de tanque**

La Figura 36 muestra un detalle de la configuración en planta de cubierta liviana, vigas de confinamiento y placa para tanque aéreo. Las vigas de cubierta se dimensionaron según capítulo E.4 de NSR-10, con una dimensión de 12cm de base y 20cm de altura. La placa de tanque se dimensionó con un espesor de 10cm.



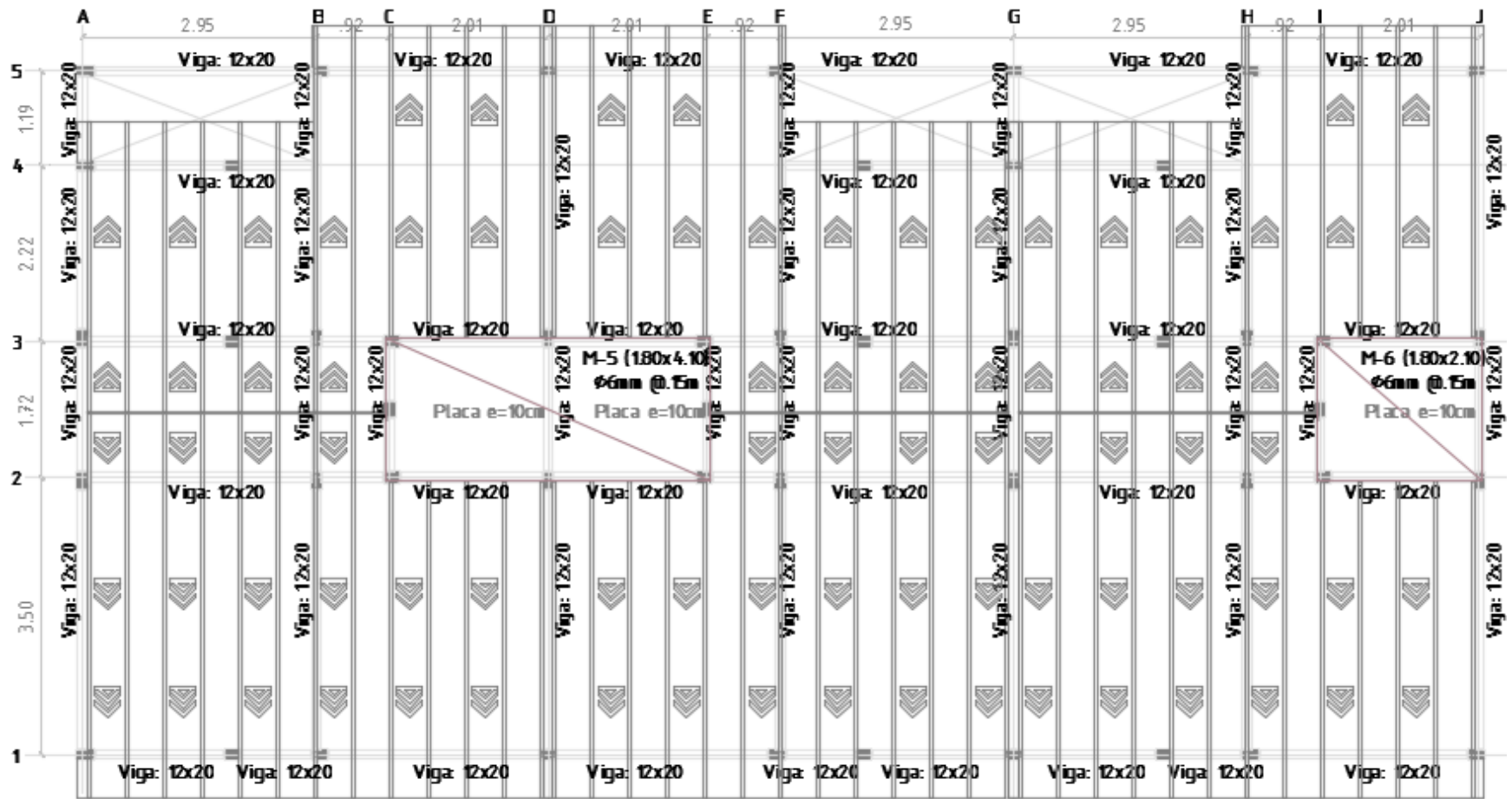
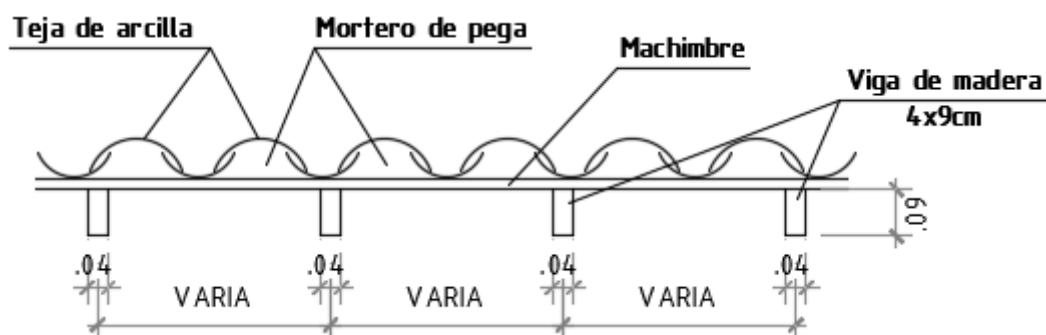


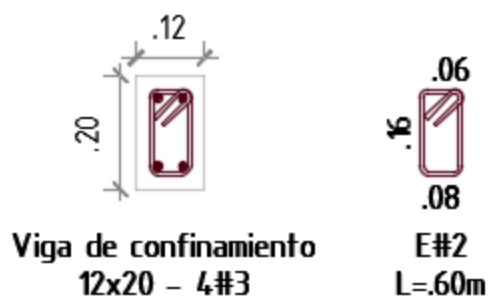
Figura 36. Detalle de configuración en planta de cubierta liviana

La cubierta liviana que se dispuso es de tejas de arcilla sobre mortero de pega y que se dispone sobre un entramado de madera (listones de madera que soporta una cama de machimbre), tal y como se muestra en la Figura 37.



**Figura 37. Detalle de cubierta liviana**

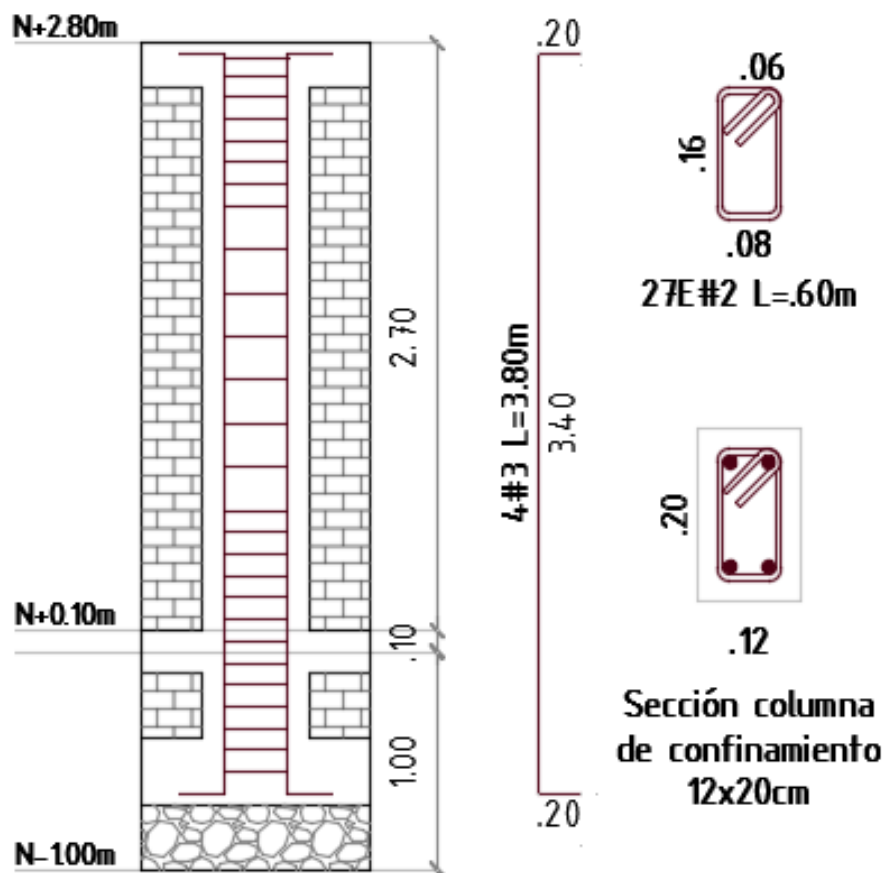
La Figura 38 muestra el refuerzo necesario para las vigas de cubierta, según los parámetros del capítulo E.4 de NSR-10. El refuerzo principal son 4 barras #3, es decir, dos barras continuas arriba y abajo. Los estribos son #2 y se disponen cada 10cm los primeros 50cm cerca de los nudos, es decir, en la intersección con columnas de confinamiento, y cada 20cm en el resto de la luz libre.



**Figura 38. Detalle de refuerzo de vigas de confinamiento a nivel de cubierta**

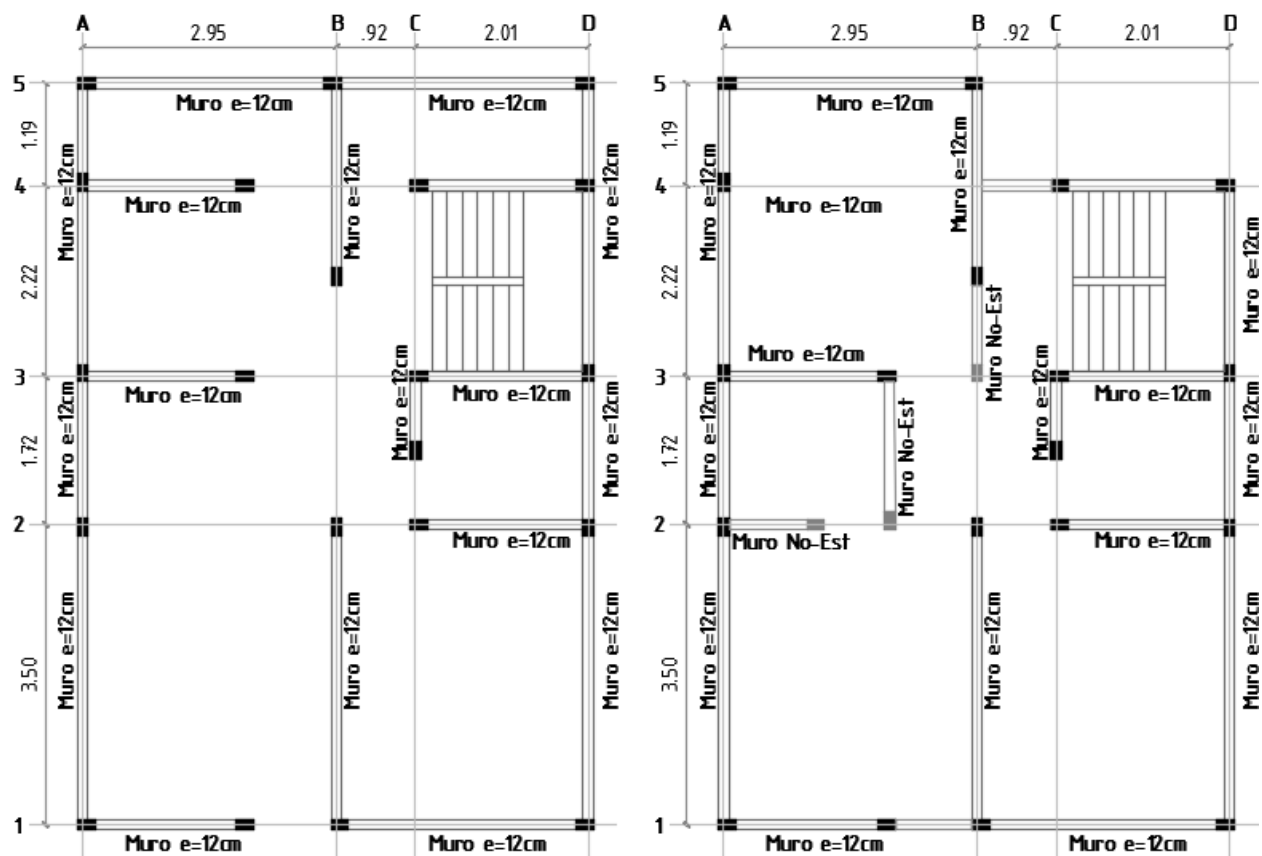
La Figura 39 muestra un detalle de las columnas de confinamiento. El dimensionamiento de las columnas de confinamiento se realizó utilizando los parámetros del capítulo E.4 de NSR-10,

se definió una dimensión de 12cm x 20cm, con un área de 240cm<sup>2</sup>, los cual es superior a 200cm<sup>2</sup> exigido por NSR-10. Refuerzo 4 barras #3, y estribos #2 según se muestra en la Figura 39.



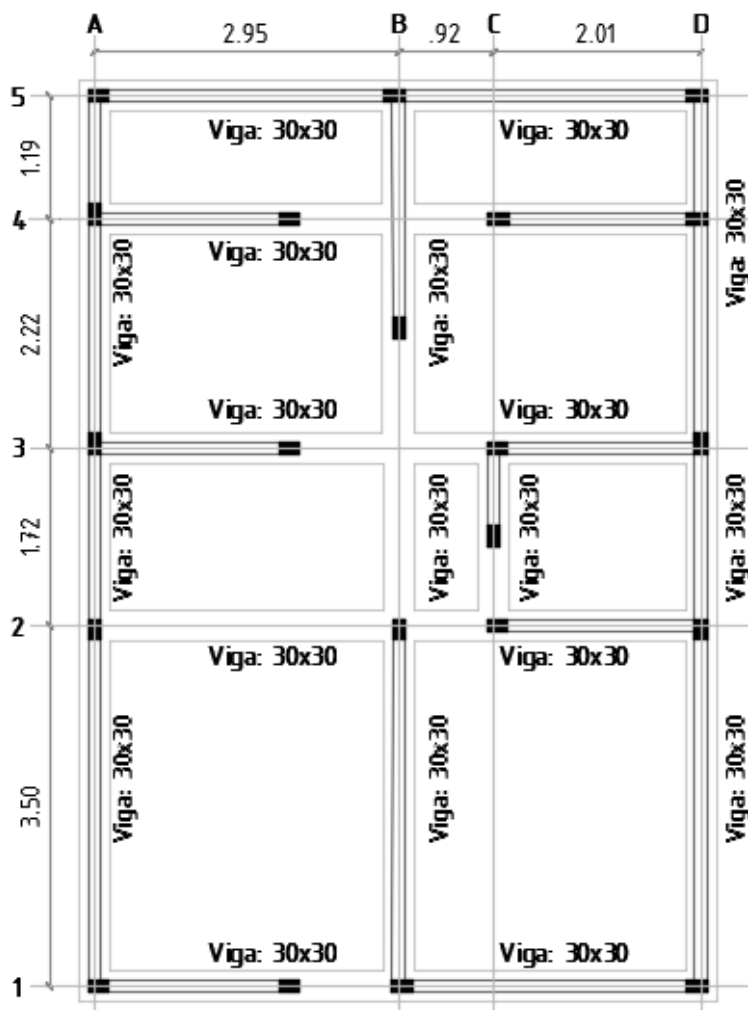
**Figura 39. Detalle de refuerzo de columnas de confinamiento**

**4.2.4 Diseño estructural de casa de dos pisos (100m<sup>2</sup>) en mampostería confinada.** Se dimensionó la configuración geométrica de los muros de mampostería confinada que funcionarán como muros de carga. El replanteo de los muros se realiza de forma tal que se cumpla con la longitud mínima de muros, así como con la simetría en planta, tanto del primer como del segundo piso (ver Figura 40).



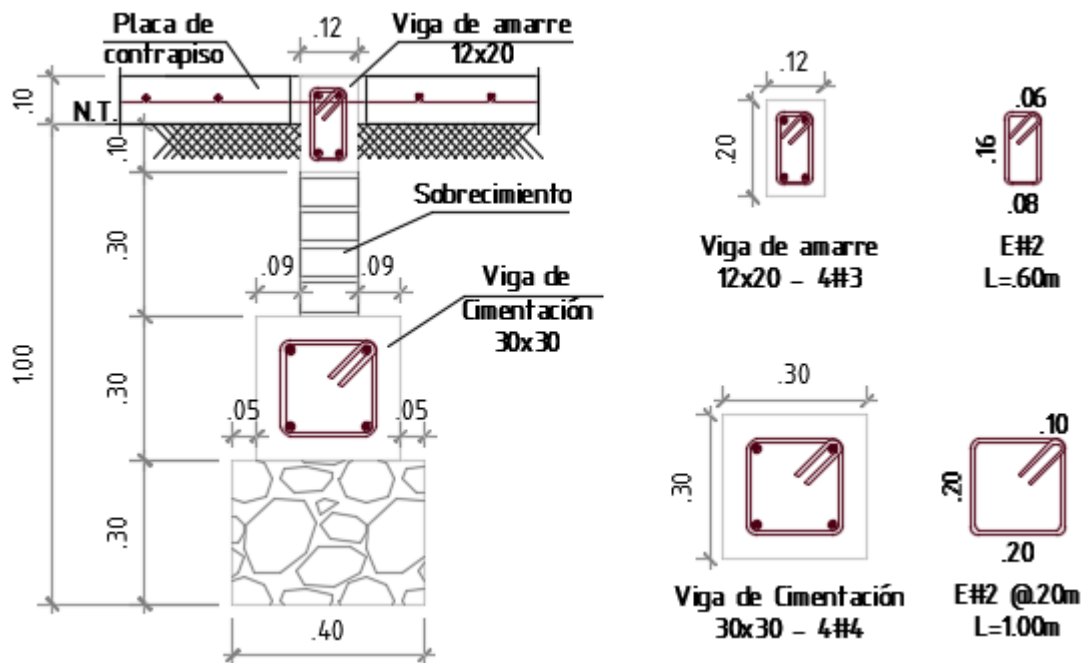
**Figura 40. Replanteo estructural de ubicación de muros de mampostería confinada**

**Primer piso (izquierda) segundo piso (derecha).** La Figura 41 muestra la configuración en planta de las vigas de cimentación, que según el Título E de NSR-10 se deben ubicar debajo de todos los muros estructurales y divisorios, además, deben formar anillos cerrados de tal forma que se garantice una transferencia adecuada de las cargas de la estructura hacia el suelo.



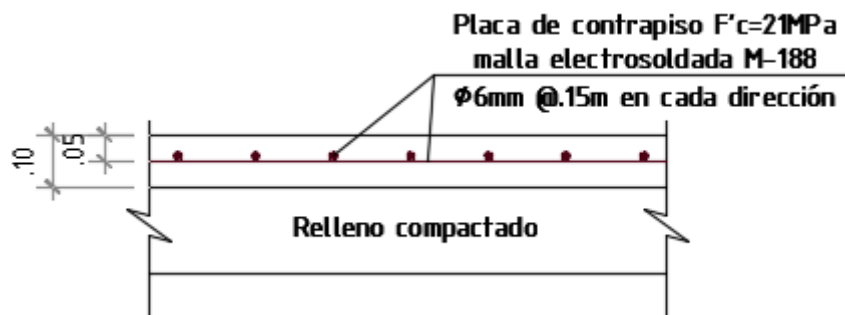
**Figura 41. Configuración en planta de vigas de cimentación**

Siguiendo los parámetros mencionados en el capítulo E.2 de NSR-10, se realizó el dimensionamiento de las vigas de cimentación con 30cm de ancho y 30cm de altura, con un sobre-cimiento en mampostería, confinada en la parte superior a nivel de terreno con una viga de amarre de 12cm de ancho por 20cm de altura. (Ver Figura 42). La cimentación debe estar mínimo a una profundidad de 50cm, y para profundidades superiores a 70cm, se puede disponer de concreto ciclópeo mínimo de 30cm de ancho y 20cm de altura. En la vivienda de dos pisos se dispone de acero de refuerzo 4#4 con  $F_y$  de 420MPa y estribos #2 separados cada 20cm con  $F_y$  de 240MPa.



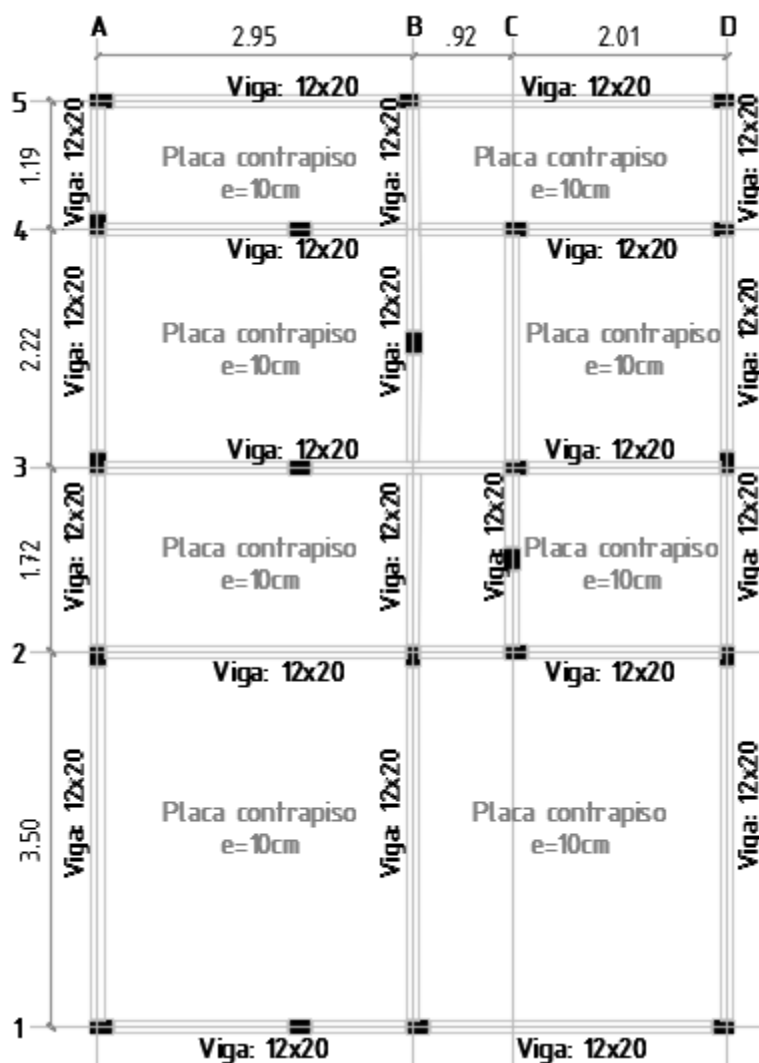
**Figura 42. Detalle de cimentación continua para viviendas de mampostería confinada**

A nivel de terreno se ubica una placa de Contrapiso embebida en las vigas de amarre que se ubican a dicho nivel. La placa de contrapiso se diseña con cuantía mínima a fin de soportar los esfuerzos por temperatura, por lo que se dispondrá de un refuerzo como muestra la Figura 43.



**Figura 43. Detalle de placa de contrapiso**

La Figura 44 muestra la configuración en planta de las vigas de amarre que se ubican a nivel de terreno con el fin de confinar el sobre-cimiento, el refuerzo de las vigas se define siguiente parámetros del capítulo E.4 de NSR-10 (mostrado anteriormente en la Figura 42).



**Figura 44. Configuración en planta de vigas de amarre a nivel de terreno**

La Figura 45 muestra la configuración de la planta de entrepiso, en donde se detalla las dimensiones de las vigas y placa de entrepiso. Las vigas tienen una dimensión de 12cm de base y 25cm de altura. Aunque el límite inferior de las vigas es  $200\text{cm}^2$  es necesario utilizar una viga de mayor tamaño, debido a que hay vigas que no están sobre muros, por lo que la altura debe ser mayor para que puedan funcionar de forma adecuada (detalle de viga Figura 47). Haciendo uso del capítulo E.5 de NSR-10 se dimensionó y diseñó la placa de entrepiso con un espesor de 12cm y un refuerzo principal mínimo de las losas macizas es 1#4 espaciada cada 25cm y el refuerzo

secundario mínimo es de 1#3 separada cada 25cm (ver Figura 46).

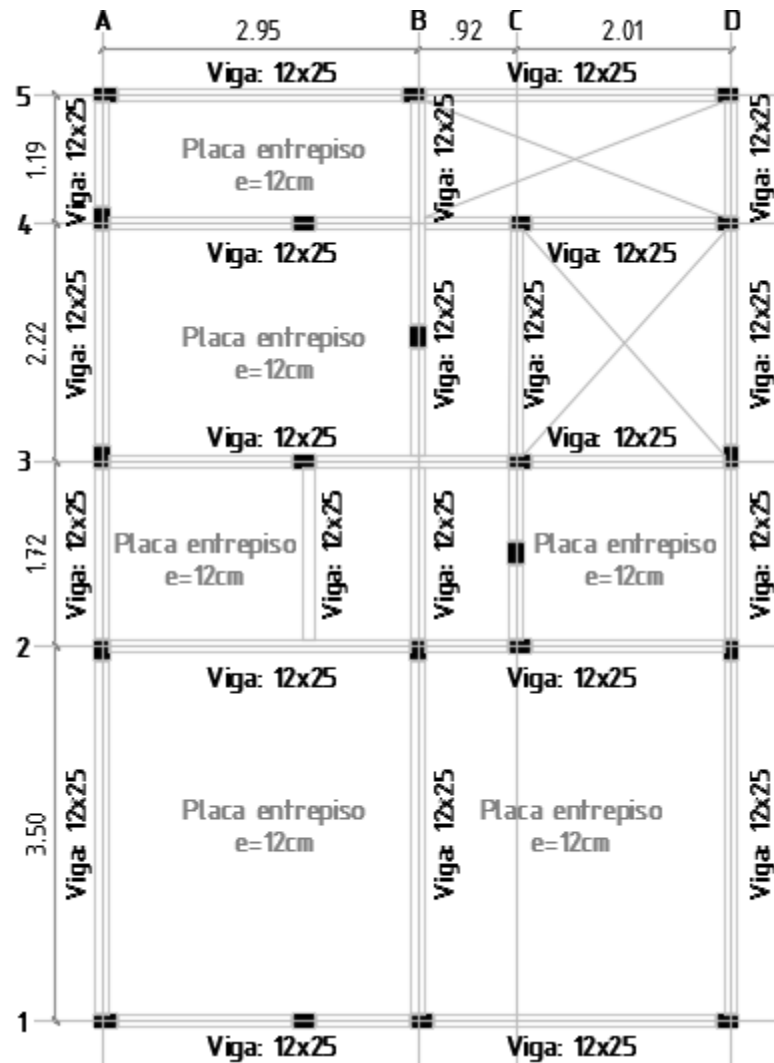


Figura 45. Configuración en planta de vigas de amarre a nivel de entrepiso

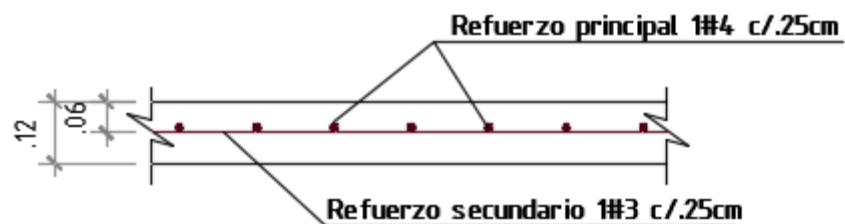


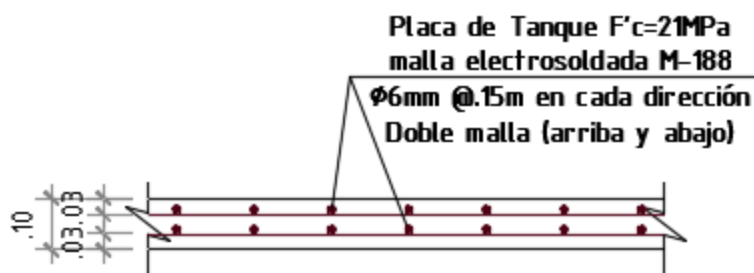
Figura 46. Detalle de la placa de entrepiso





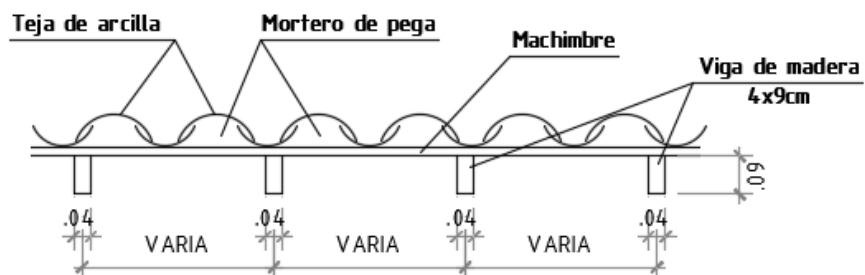
La Figura 48 muestra un detalle de la configuración en planta de cubierta liviana, vigas de confinamiento y placa para tanque aéreo. Las vigas de cubierta se dimensionaron según capítulo E.4 de NSR-10, con una dimensión de 12cm de base y 20cm de altura. La placa de tanque se dimensionó con un espesor de 10cm.

La Figura 49 muestra un detalle de la dimensión y refuerzo necesario en la placa que soportará los tanques aéreos. Para el diseño se estimó que la altura del tanque es un metro de altura, y que la lámina de agua se encuentra máximo a 75cm de altura.



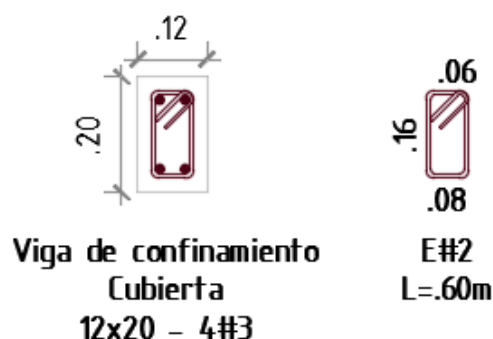
**Figura 49. Detalle de placa de tanque**

La cubierta liviana que se dispuso es de tejas de arcilla sobre mortero de pega y que se dispone sobre un entramado de madera (listones de madera que soporta una cama de machimbre), tal y como se muestra en la Figura 50.



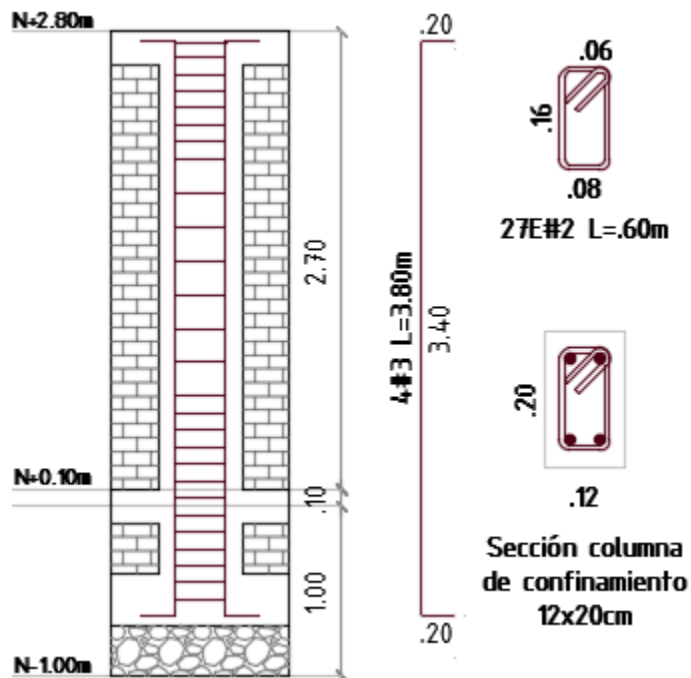
**Figura 50. Detalle de cubierta liviana**

La Figura 51 muestra el refuerzo necesario para las vigas de cubierta, las cuales fueron determinadas siguiendo los parámetros del capítulo E.4 de NSR-10. El refuerzo principal son 4 barras #3, es decir, dos barras continuas arriba y abajo. Los estribos son #2 y se disponen cada 10cm los primeros 50cm cerca de los nudos, es decir, en la intersección con columnas de confinamiento, y cada 20cm en el resto de la luz libre.



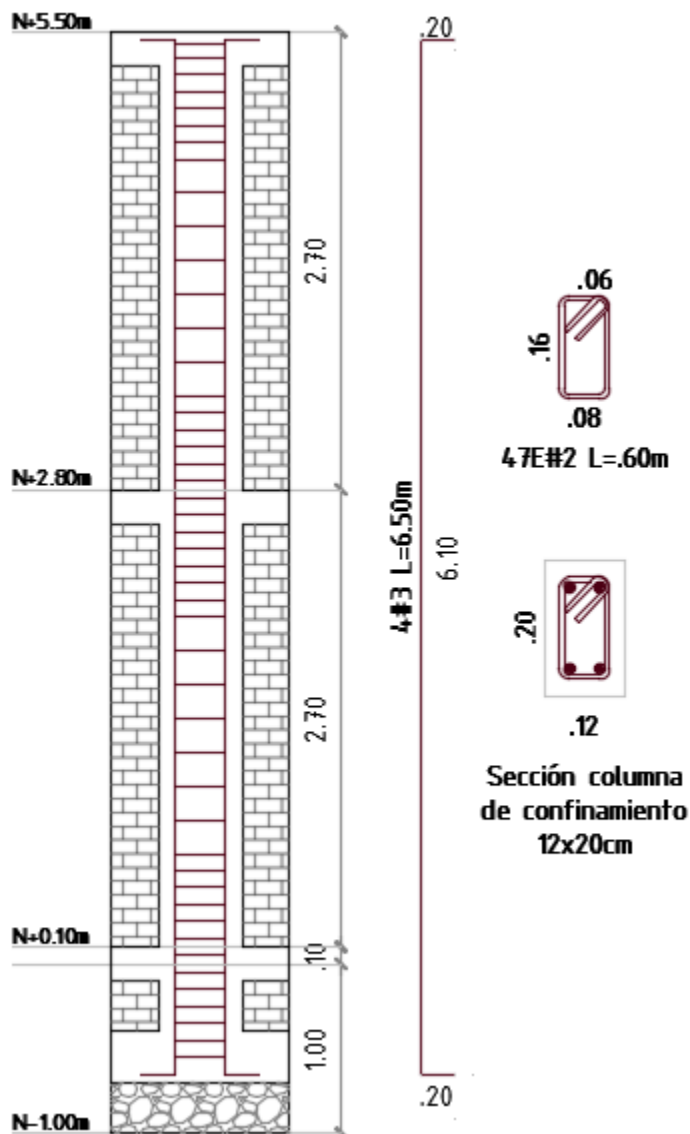
**Figura 51. Detalle de refuerzo de vigas de confinamiento a nivel de cubierta**

Las Figura 52 y Figura 53 muestran detalles de las columnas de confinamiento. El dimensionamiento de las columnas de confinamiento se realizó utilizando los parámetros del capítulo E.4 de NSR-10, se definió una dimensión de 12cm x 20cm, con un área de  $240\text{cm}^2$ , los cual es superior a  $200\text{cm}^2$  exigido por NSR-10.



**Figura 52. Detalle de refuerzo de columnas de confinamiento (un piso)**

El refuerzo definido para dichas columnas de confinamiento es de 4 barras #3, y estribos #2 que se disponen cada 10cm los primeros 50cm cerca de los nudos, es decir, en la intersección con vigas de confinamiento, y cada 20cm en el resto de la luz libre (ver Figura 52 y Figura 53).



**Figura 53. Detalle de refuerzo de columnas de confinamiento (dos pisos)**

**4.2.5 Diseño estructural de casa de dos pisos (200m<sup>2</sup>) en mampostería confinada.** Se dimensionó la configuración geométrica de los muros de mampostería confinada que funcionarán como muros de carga. El replanteo de los muros se realiza de forma tal que se cumpla con la longitud mínima de muros, así como con la simetría en planta, tanto del primer piso (ver Figura 54) como del segundo piso (ver Figura 55).

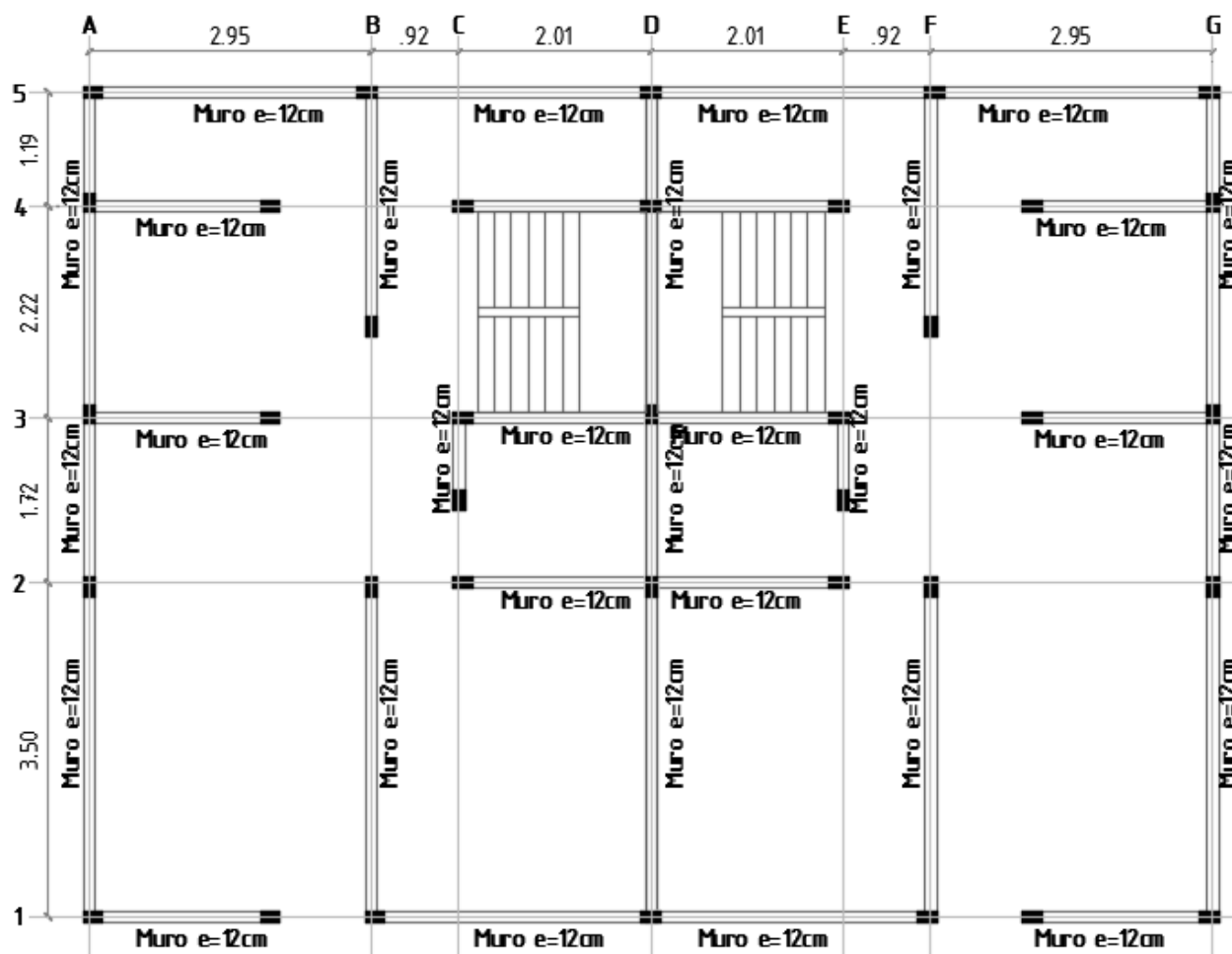


Figura 54. Replanteo estructural muros de mampostería confinada, primer piso

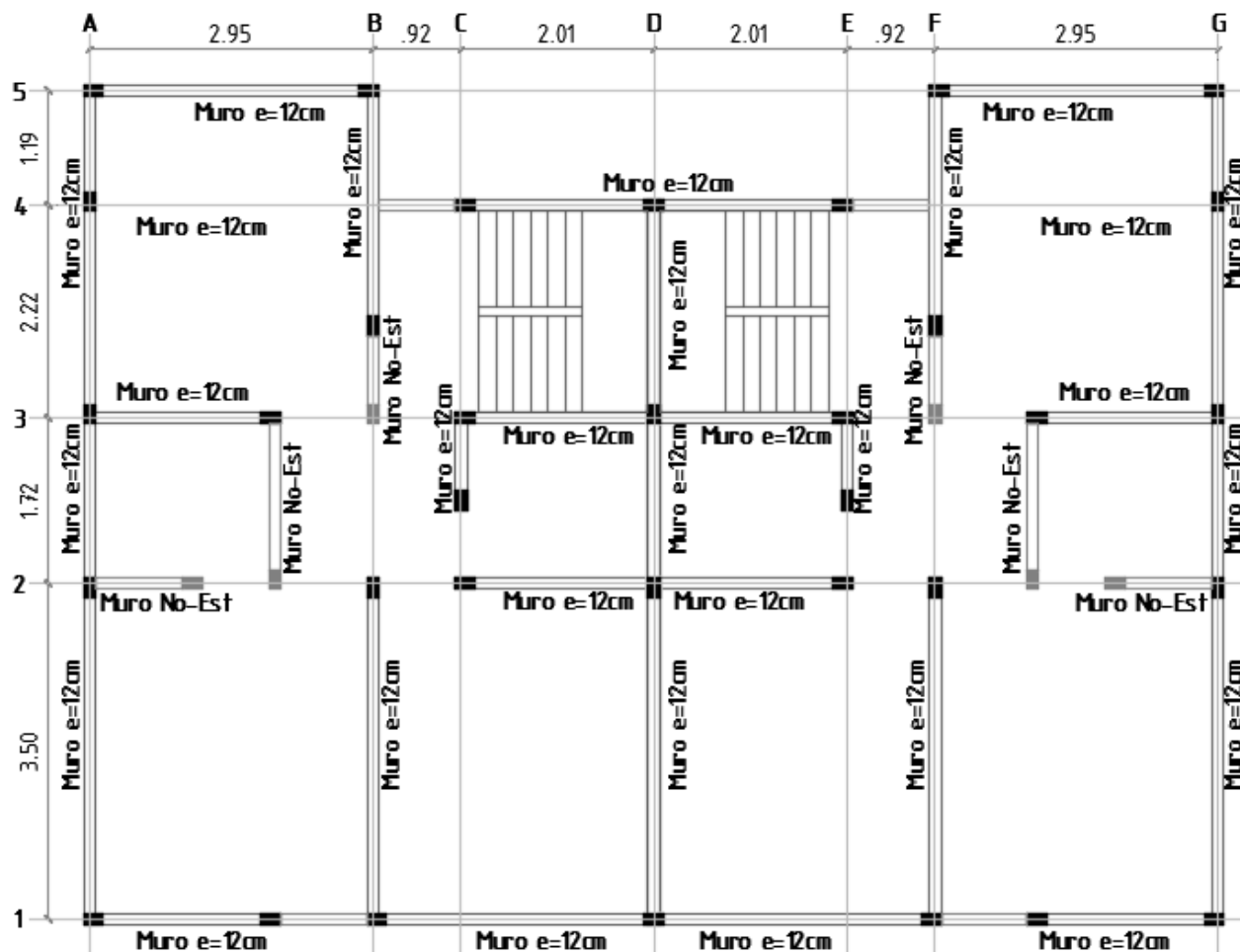
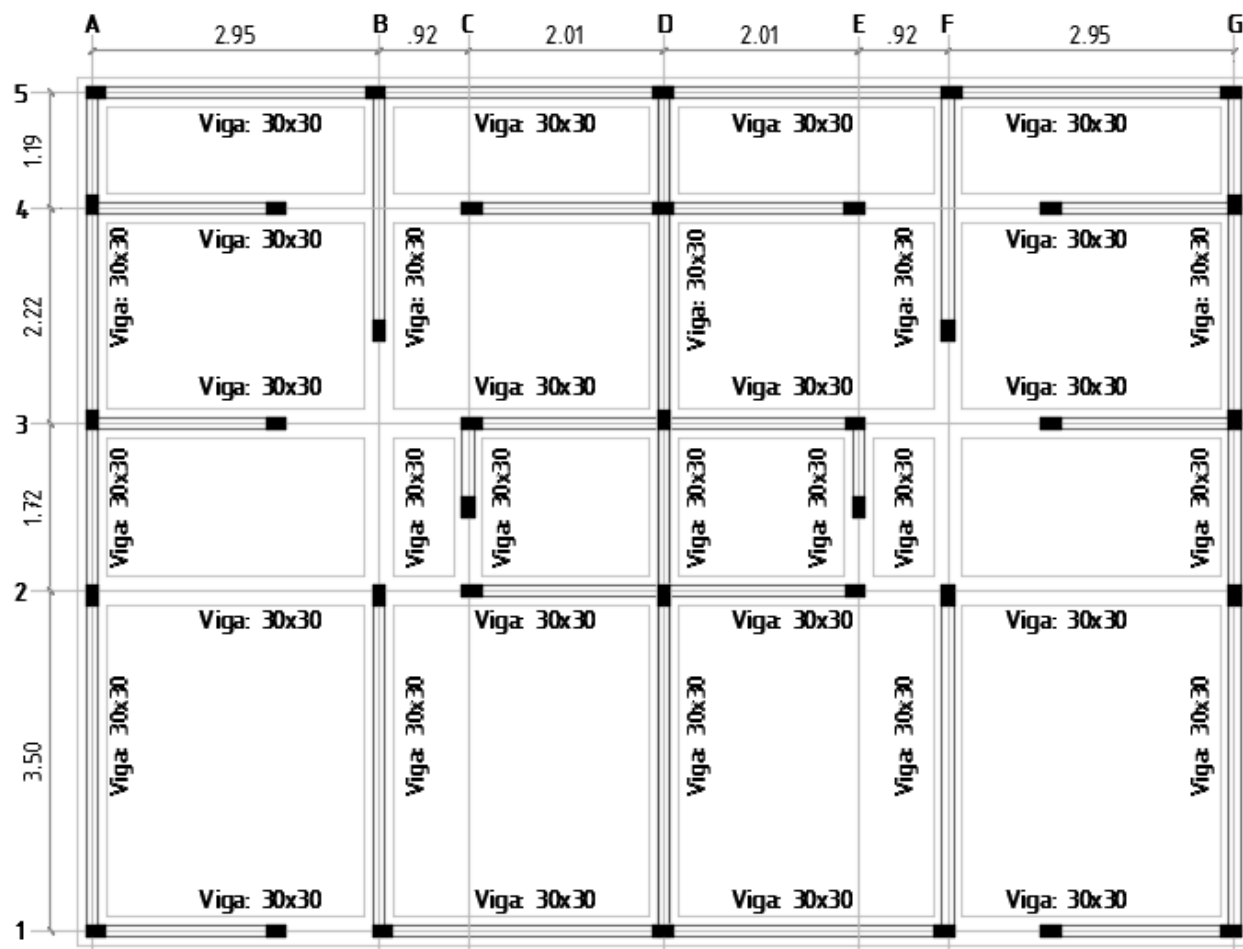


Figura 55. Replanteo estructural muros de mampostería confinada, segundo piso

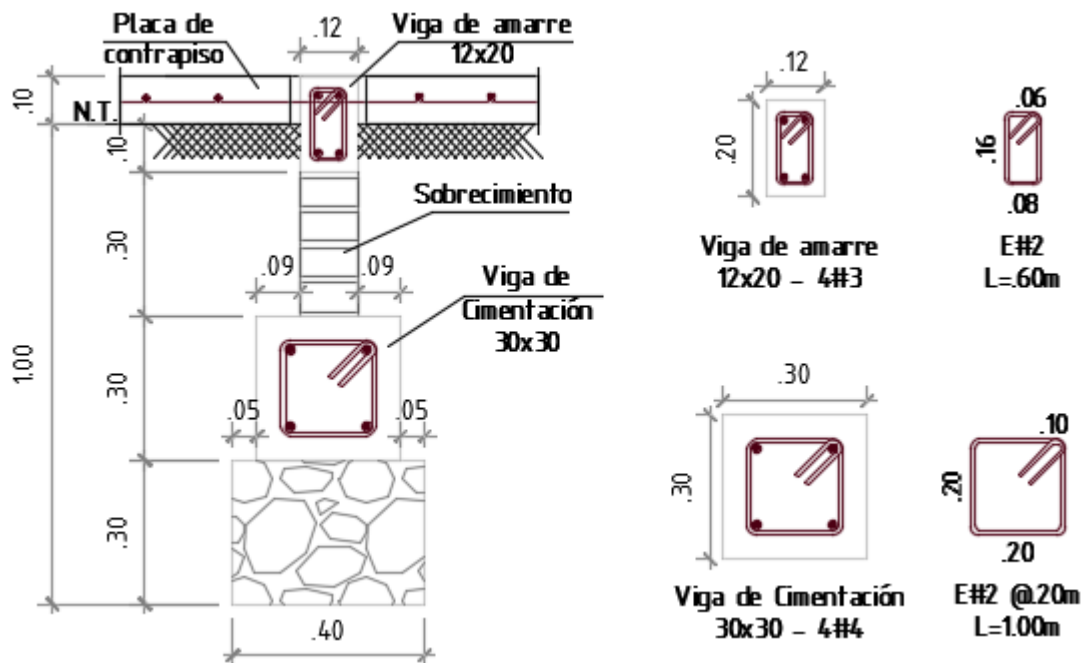
La Figura 56 muestra la configuración en planta de las vigas de cimentación, que según el Título E de NSR-10 se deben ubicar debajo de todos los muros estructurales y divisorios, además, deben formar anillos cerrados de tal forma que se garantice una transferencia adecuada de las cargas de la estructura hacia el suelo.



**Figura 56. Configuración en planta de vigas de cimentación**

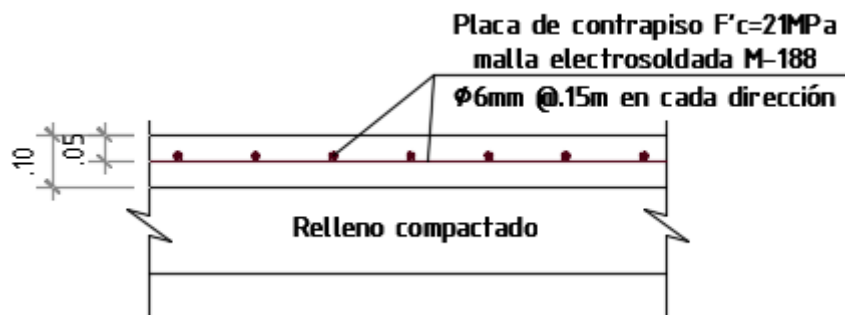
Siguiendo los parámetros mencionados en el capítulo E.2 de NSR-10, se realizó el dimensionamiento de las vigas de cimentación con 30cm de ancho y 30cm de altura, con un sobre-cimiento en mampostería, confinada en la parte superior a nivel de terreno con una viga de amarre de 12cm de ancho por 20cm de altura. (Ver Figura 57). La cimentación debe estar mínimo a una profundidad de 50cm, y para profundidades superiores a 70cm, se puede disponer de concreto ciclópeo mínimo de 30cm de ancho y 20cm de altura. En la vivienda de dos pisos se dispone de acero de refuerzo 4#4 con  $F_y$  de 420MPa y estribos #2 separados cada 20cm con  $F_y$  de 240MPa.





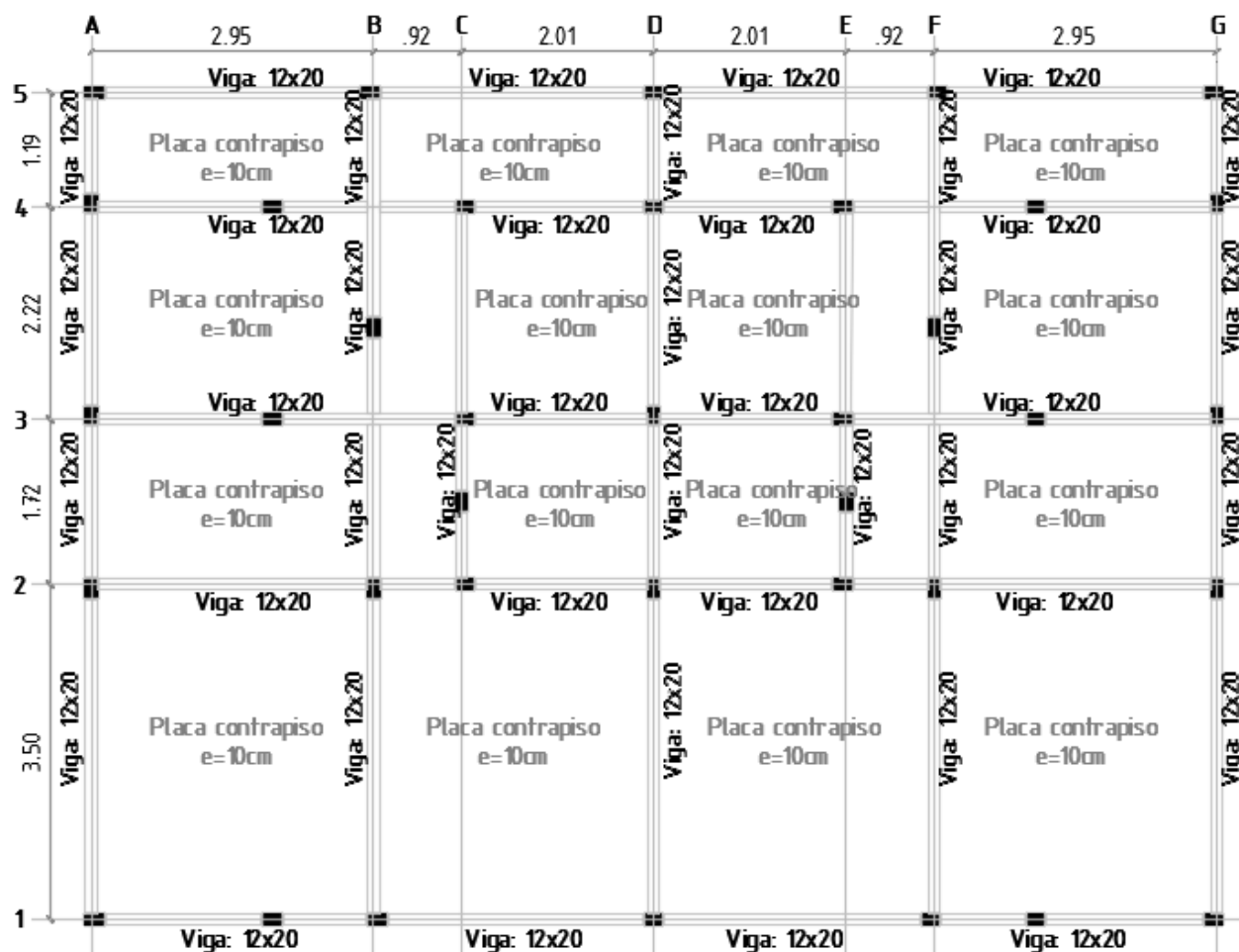
**Figura 57. Detalle de cimentación continua para viviendas de mampostería confinada**

A nivel de terreno se ubica una placa de Contrapiso embebida en las vigas de amarre que se ubican a dicho nivel. La placa de contrapiso se diseña con cuantía mínima a fin de soportar los esfuerzos por temperatura, por lo que se dispondrá de un refuerzo como muestra la Figura 58.



**Figura 58. Detalle de placa de contrapiso**

La Figura 59 muestra la configuración en planta de las vigas de amarre que se ubican a nivel de terreno con el fin de confinar el sobre-cimiento, el refuerzo de las vigas se define siguiente parámetros del capítulo E.4 de NSR-10 (mostrado anteriormente en la Figura 57).



**Figura 59. Configuración en planta de vigas de amarre a nivel de terreno**

La Figura 60 muestra la configuración de la planta de entrapiso, en donde se detalla las dimensiones de las vigas y placa de entrapiso. Las vigas tienen una dimensión de 12cm de base y 25cm de altura. Aunque el límite inferior de las vigas es  $200\text{cm}^2$  es necesario utilizar una viga de mayor tamaño, debido a que hay vigas que no están sobre muros, por lo que la altura debe ser mayor para que puedan funcionar de forma adecuada (detalle de viga Figura 62). Haciendo uso del capítulo E.5 de NSR-10 se dimensionó y diseñó la placa de entrapiso con un espesor de 12cm y un refuerzo principal mínimo de las losas macizas es 1#4 espaciada cada 25cm y el refuerzo secundario mínimo es de 1#3 separada cada 25cm (ver Figura 61).

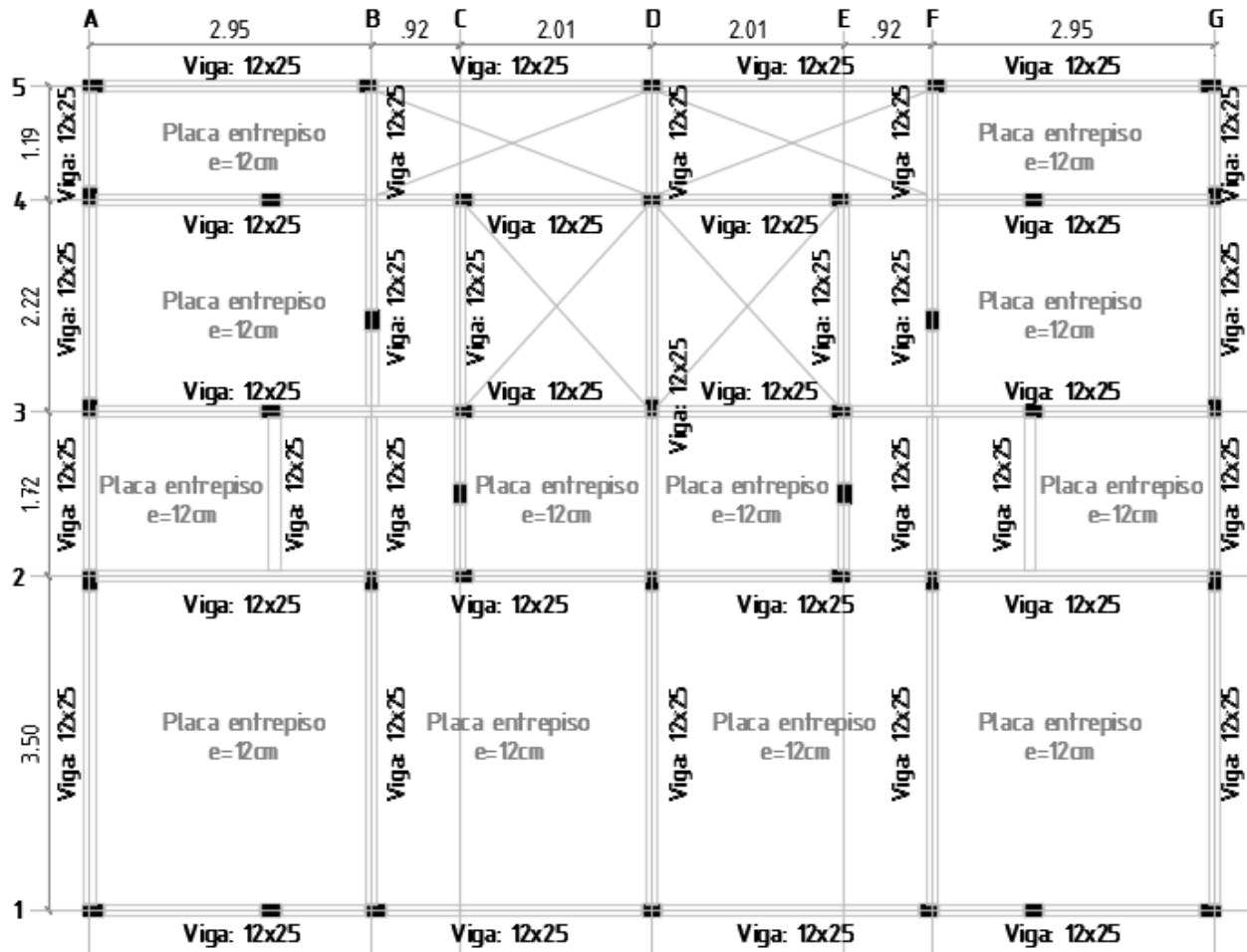


Figura 60. Configuración en planta de vigas de amarre a nivel de entrepiso

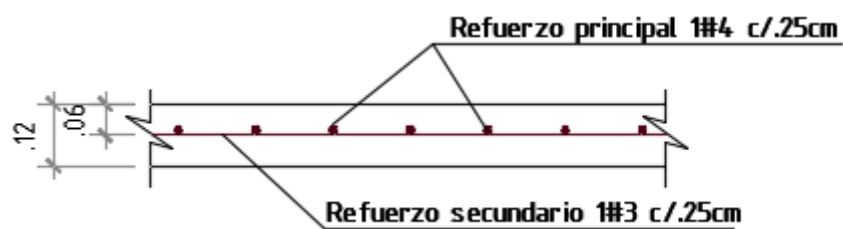


Figura 61. Detalle de la placa de entrepiso

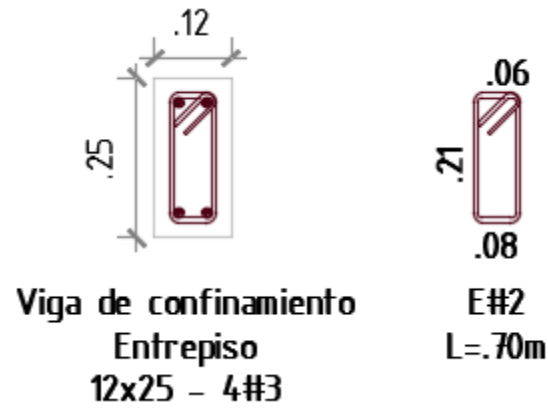


Figura 62. Detalle de la viga de entrepiso

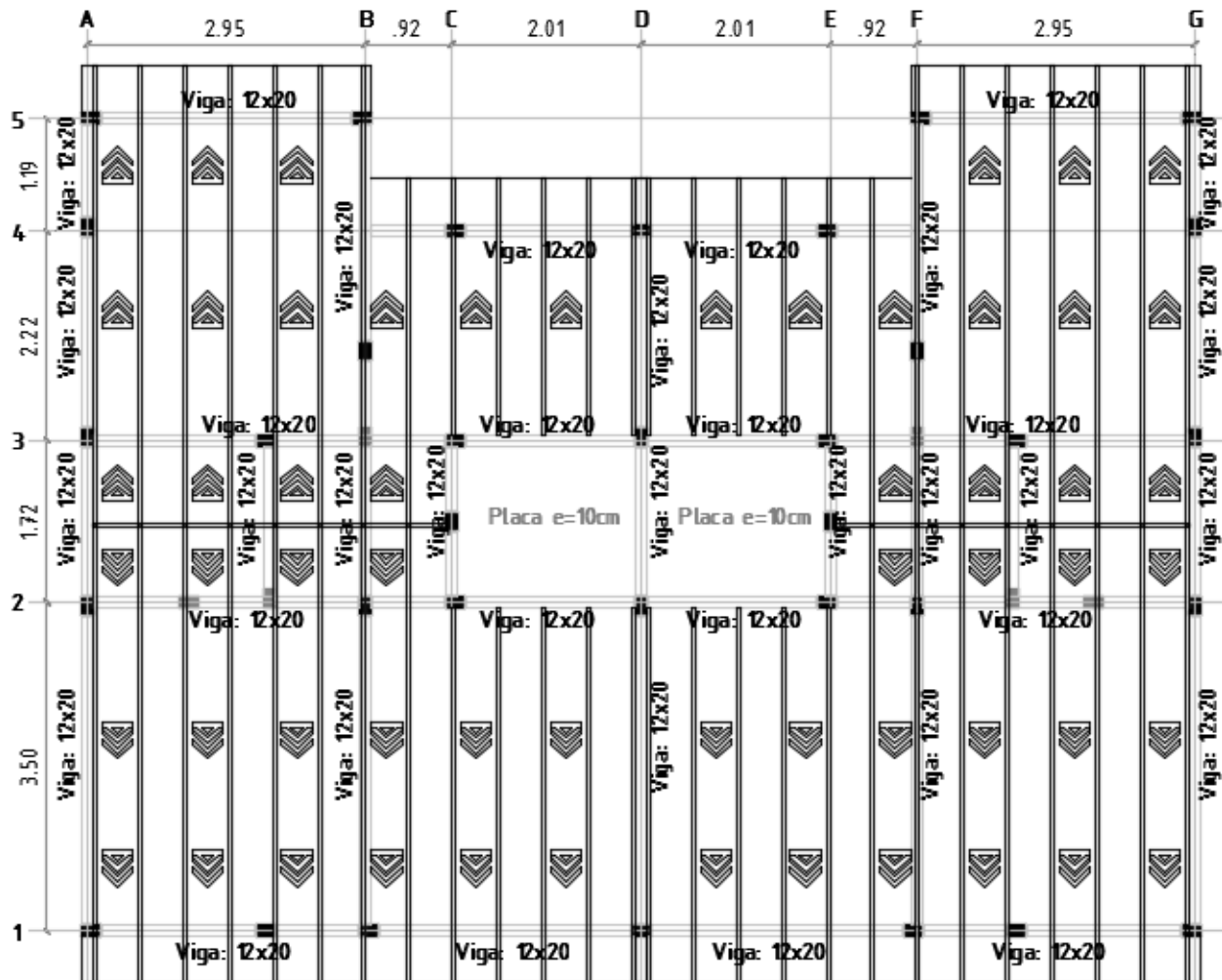
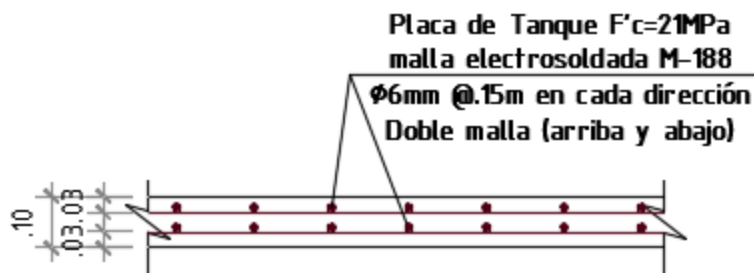


Figura 63. Detalle de configuración en planta de cubierta

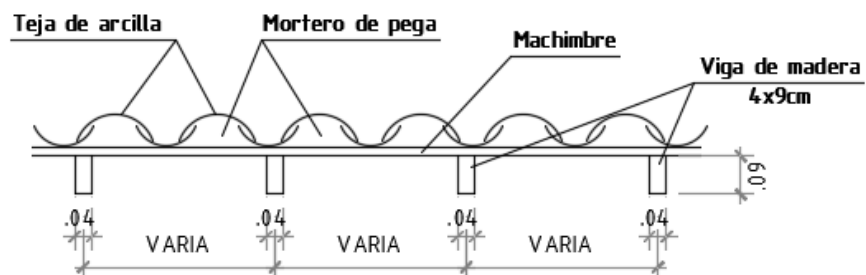
La Figura 63 muestra un detalle de la configuración en planta de cubierta liviana, vigas de confinamiento y placa para tanque aéreo. Las vigas de cubierta se dimensionaron según capítulo E.4 de NSR-10, con una dimensión de 12cm de base y 20cm de altura. La placa de tanque se dimensionó con un espesor de 10cm.

La Figura 64 muestra un detalle de la dimensión y refuerzo necesario en la placa que soportará los tanques aéreos. Para el diseño se estimó que la altura del tanque es un metro de altura, y que la lámina de agua se encuentra máximo a 75cm de altura.



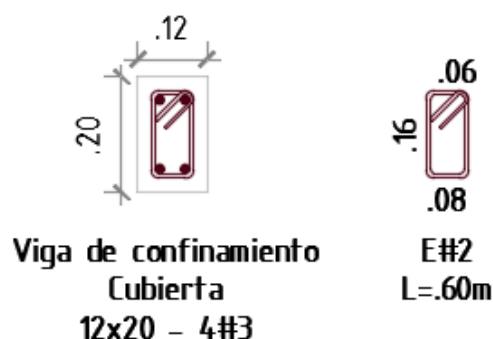
**Figura 64. Detalle de placa de tanque**

La cubierta liviana que se dispuso es de tejas de arcilla sobre mortero de pega y que se dispone sobre un entramado de madera (listones de madera que soporta una cama de machimbre), tal y como se muestra en la Figura 65.



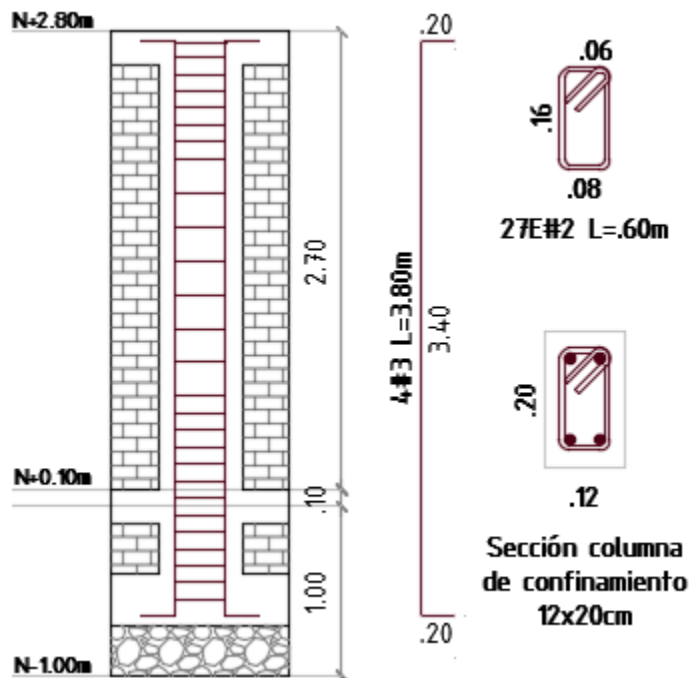
**Figura 65. Detalle de cubierta liviana**

La Figura 66 muestra el refuerzo necesario para las vigas de cubierta, las cuales fueron determinadas siguiendo los parámetros del capítulo E.4 de NSR-10. El refuerzo principal son 4 barras #3, es decir, dos barras continuas arriba y abajo. Los estribos son #2 y se disponen cada 10cm los primeros 50cm cerca de los nudos, es decir, en la intersección con columnas de confinamiento, y cada 20cm en el resto de la luz libre.



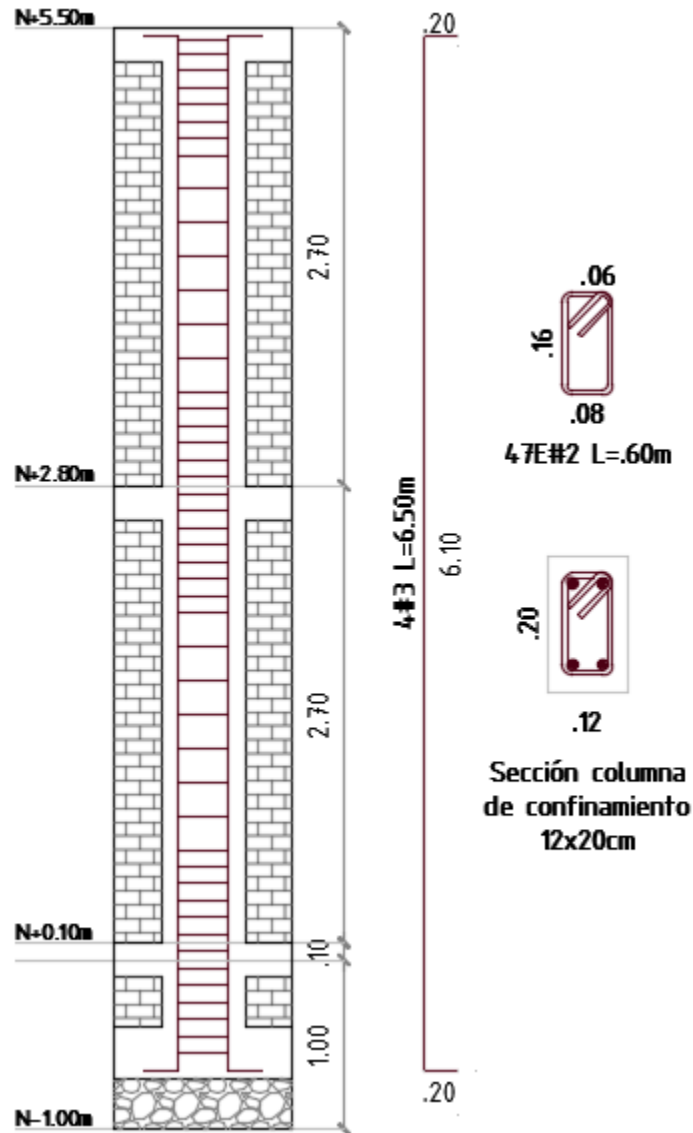
**Figura 66. Detalle de refuerzo de vigas de confinamiento a nivel de cubierta**

Las Figura 67 y Figura 68 muestran detalles de las columnas de confinamiento. El dimensionamiento de las columnas de confinamiento se realizó utilizando los parámetros del capítulo E.4 de NSR-10, se definió una dimensión de 12cm x 20cm, con un área de  $240\text{cm}^2$ , los cual es superior a  $200\text{cm}^2$  exigido por NSR-10.



**Figura 67. Detalle de refuerzo de columnas de confinamiento (un piso)**

El refuerzo definido para dichas columnas de confinamiento es de 4 barras #3, y estribos #2 que se disponen cada 10cm los primeros 50cm cerca de los nudos, es decir, en la intersección con vigas de confinamiento, y cada 20cm en el resto de la luz libre (ver Figura 67 y Figura 68).



**Figura 68. Detalle de refuerzo de columnas de confinamiento (dos pisos)**

**4.2.6 Diseño estructural de casa de dos pisos (300m<sup>2</sup>) en mampostería confinada.** Se dimensionó la configuración geométrica de los muros de mampostería confinada que funcionarán como muros de carga. El replanteo de los muros se realiza de forma tal que se cumpla con la longitud mínima de muros, así como con la simetría en planta, tanto del primer piso (ver Figura 69) como del segundo piso (ver Figura 70).



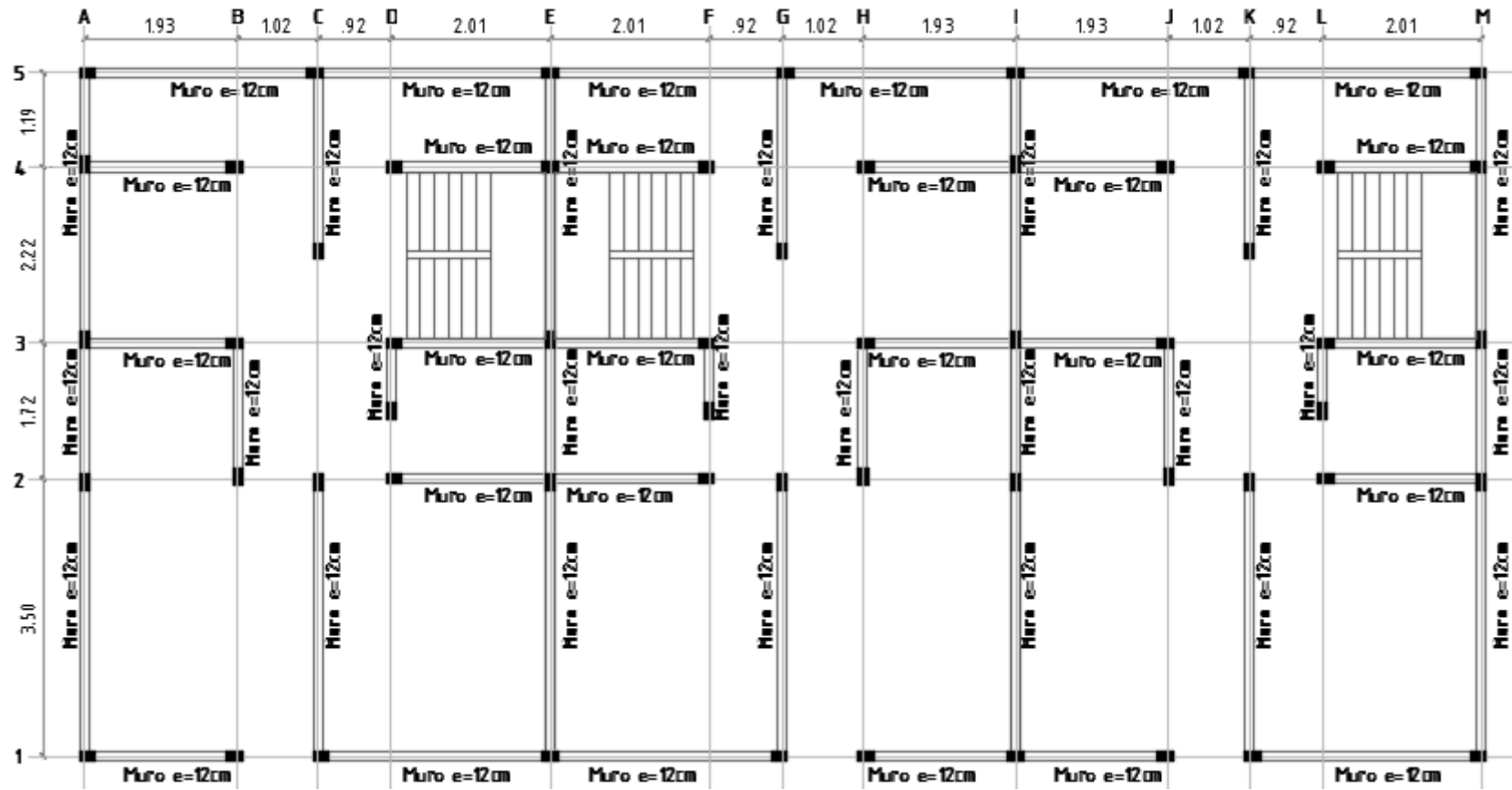


Figura 69. Replanteo estructural muros de mampostería confinada, primer piso

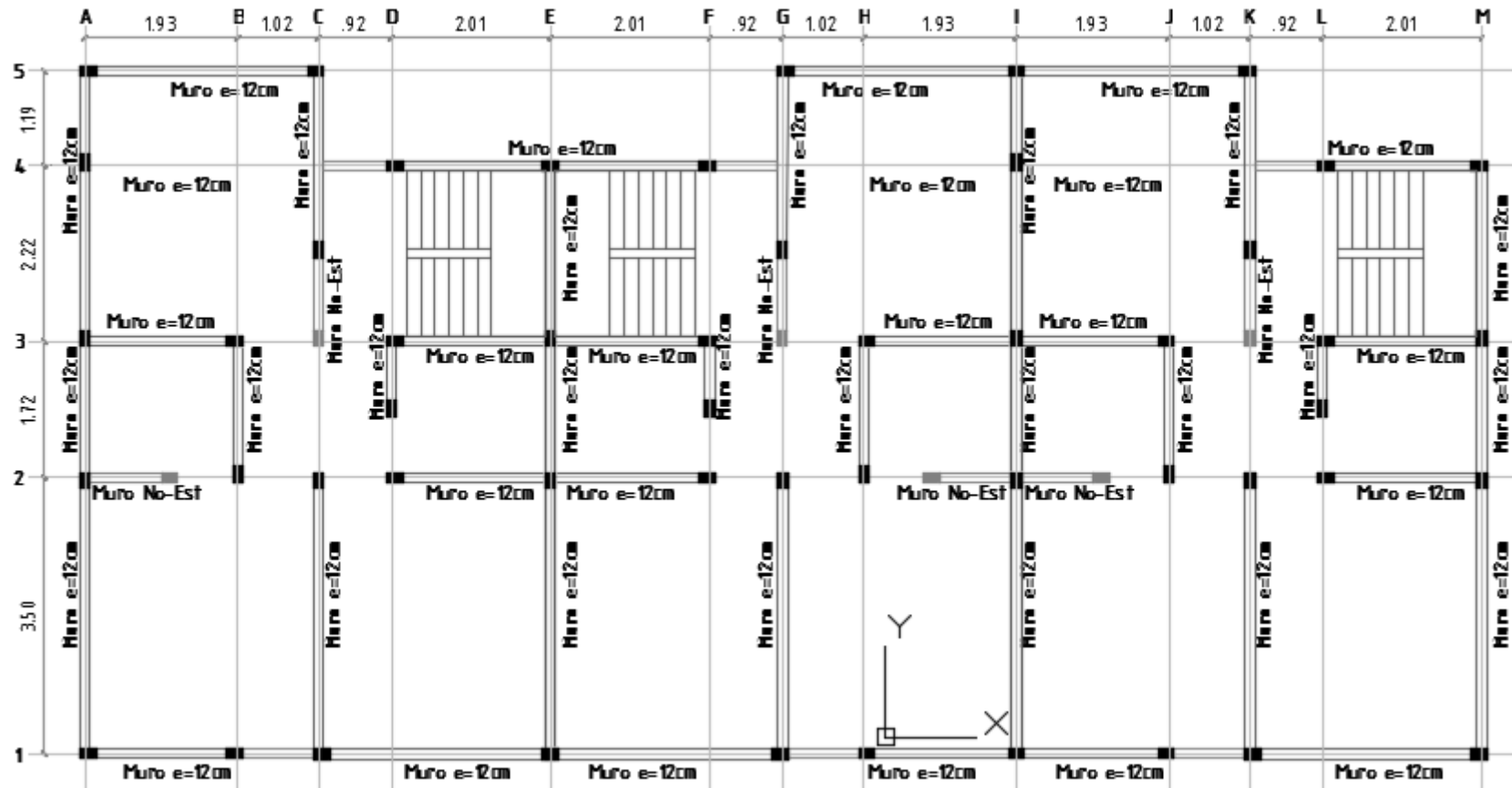


Figura 70. Replanteo estructural muros de mampostería confinada, segundo piso

La Figura 71 muestra la configuración en planta de las vigas de cimentación, que según el Título E de NSR-10 se deben ubicar debajo de todos los muros estructurales y divisorios, además, deben formar anillos cerrados de tal forma que se garantice una transferencia adecuada de las cargas de la estructura hacia el suelo.

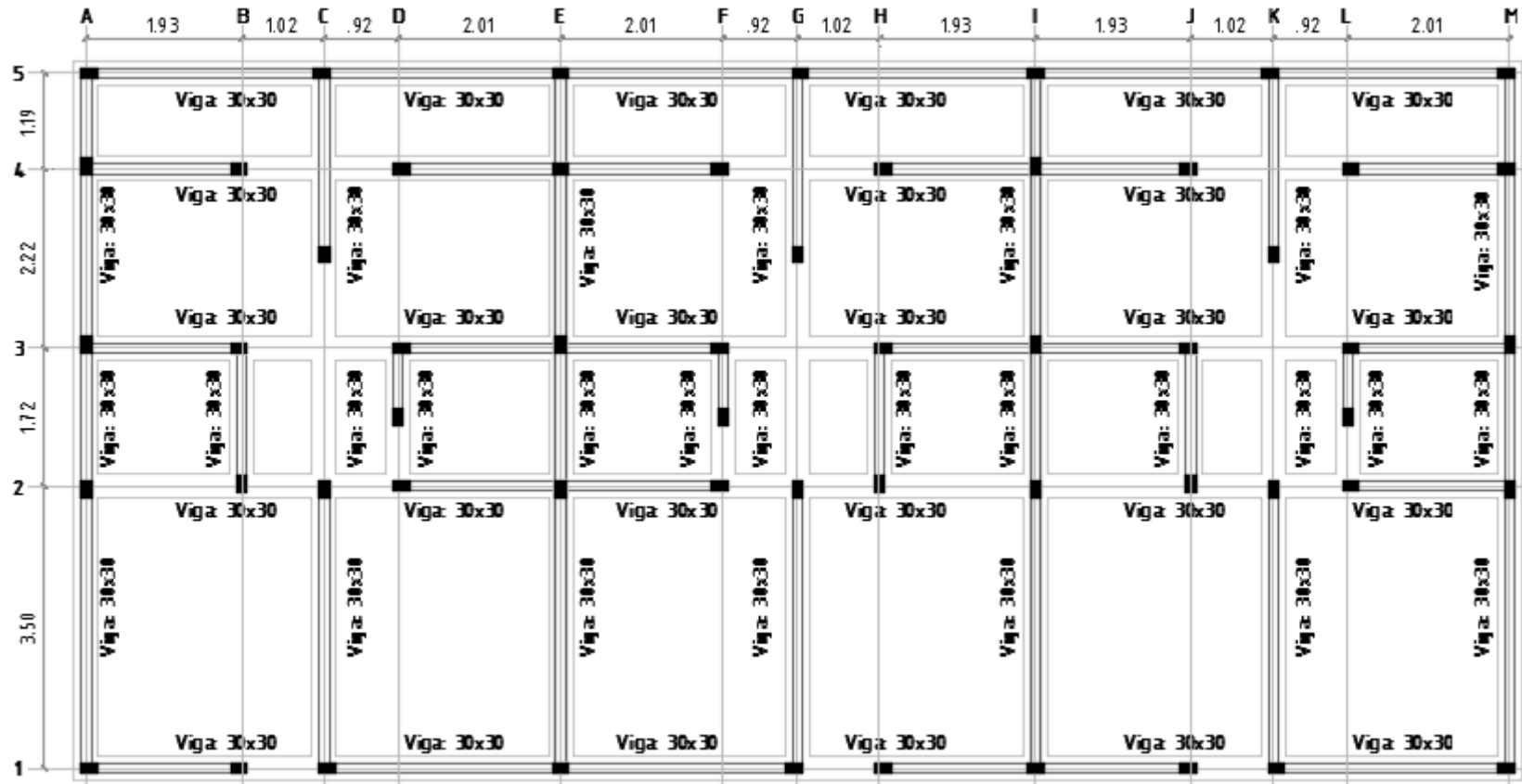
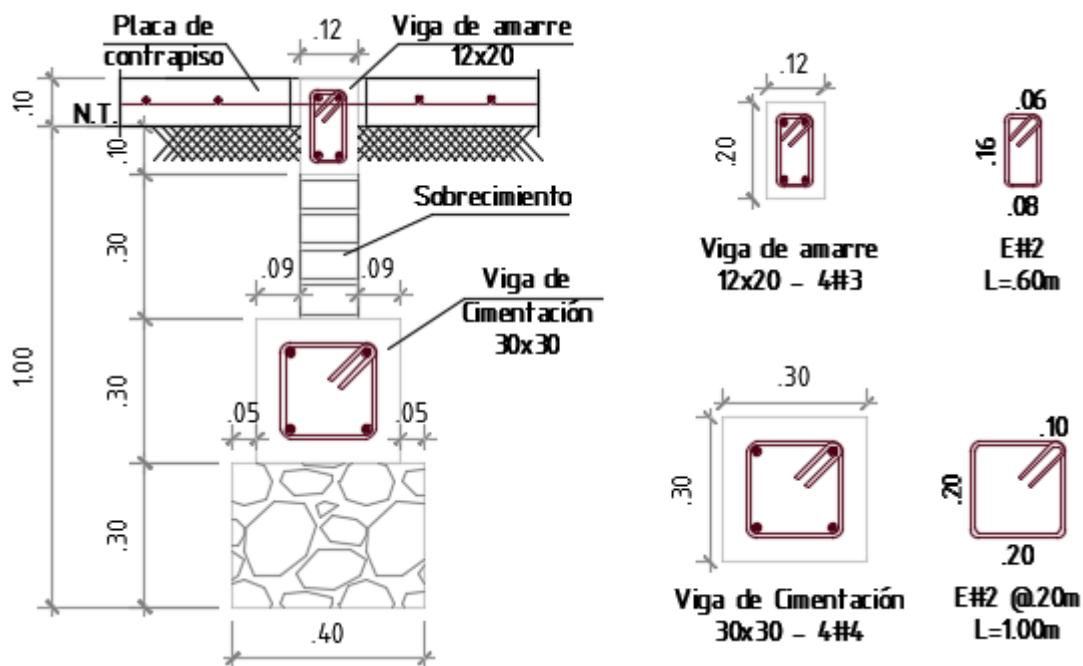


Figura 71. Configuración en planta de vigas de cimentación

Siguiendo los parámetros mencionados en el capítulo E.2 de NSR-10, se realizó el dimensionamiento de las vigas de cimentación con 30cm de ancho y 30cm de altura, con un sobre-cimiento en mampostería, confinada en la parte superior a nivel de terreno con una viga de amarre de 12cm de ancho por 20cm de altura. (Ver Figura 72). La cimentación debe estar mínimo a una profundidad de 50cm, y para profundidades superiores a 70cm, se puede disponer de concreto ciclópeo mínimo de 30cm de ancho y 20cm de altura. En la vivienda de dos pisos se dispone de acero de refuerzo 4#4 con  $F_y$  de 420MPa y estribos #2 separados cada 20cm con  $F_y$  de 240MPa.



**Figura 72. Detalle de cimentación continua para viviendas de mampostería confinada**

La Figura 73 muestra la configuración en planta de las vigas de amarre que se ubican a nivel de terreno con el fin de confinar el sobre-cimiento, el refuerzo de las vigas se define siguiente parámetros del capítulo E.4 de NSR-10 (mostrado anteriormente en la Figura 57).

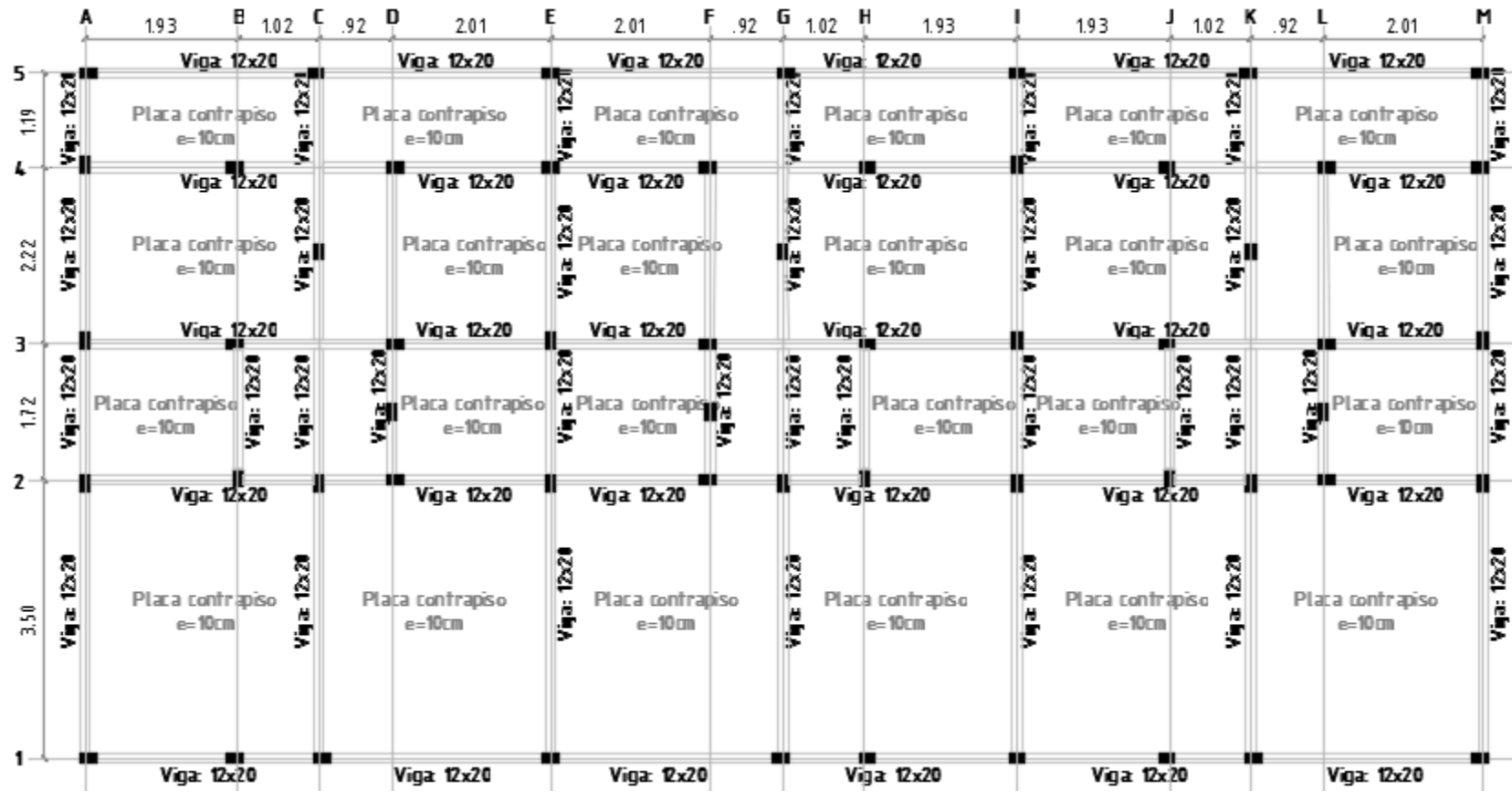
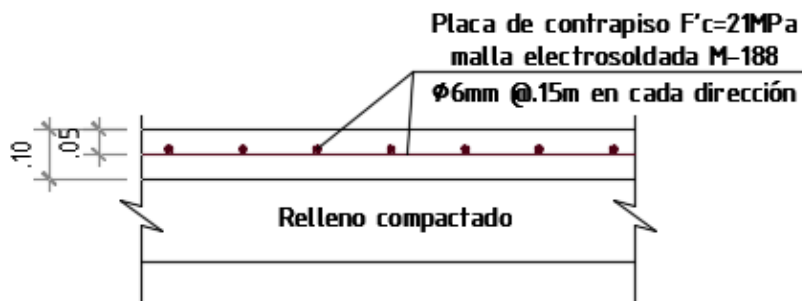


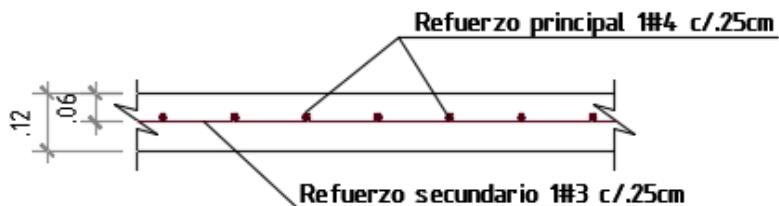
Figura 73. Configuración en planta de vigas de amarre a nivel de terreno

A nivel de terreno se ubica una placa de Contrapiso embebida en las vigas de amarre que se ubican a dicho nivel. La placa de contrapiso se diseña con cuantía mínima a fin de soportar los esfuerzos por temperatura, por lo que se dispondrá de un refuerzo como muestra la Figura 74.



**Figura 74. Detalle de placa de contrapiso**

La Figura 77 muestra la configuración de la planta de entrepiso, en donde se detalla las dimensiones de las vigas y placa de entrepiso. Las vigas tienen una dimensión de 12cm de base y 25cm de altura. Aunque el límite inferior de las vigas es  $200\text{cm}^2$  es necesario utilizar una viga de mayor tamaño, debido a que hay vigas que no están sobre muros, por lo que la altura debe ser mayor para que puedan funcionar de forma adecuada (detalle de viga Figura 76). Haciendo uso del capítulo E.5 de NSR-10 se dimensionó y diseñó la placa de entrepiso con un espesor de 12cm y un refuerzo principal mínimo de las losas macizas es 1#4 espaciada cada 25cm y el refuerzo secundario mínimo es de 1#3 separada cada 25cm (ver Figura 75).



**Figura 75. Detalle de la placa de entrepiso**

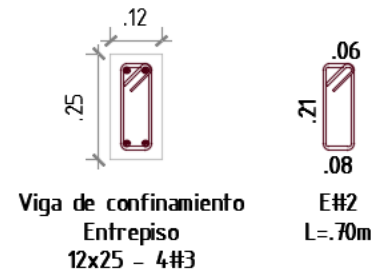


Figura 76. Detalle de la viga de entrepiso

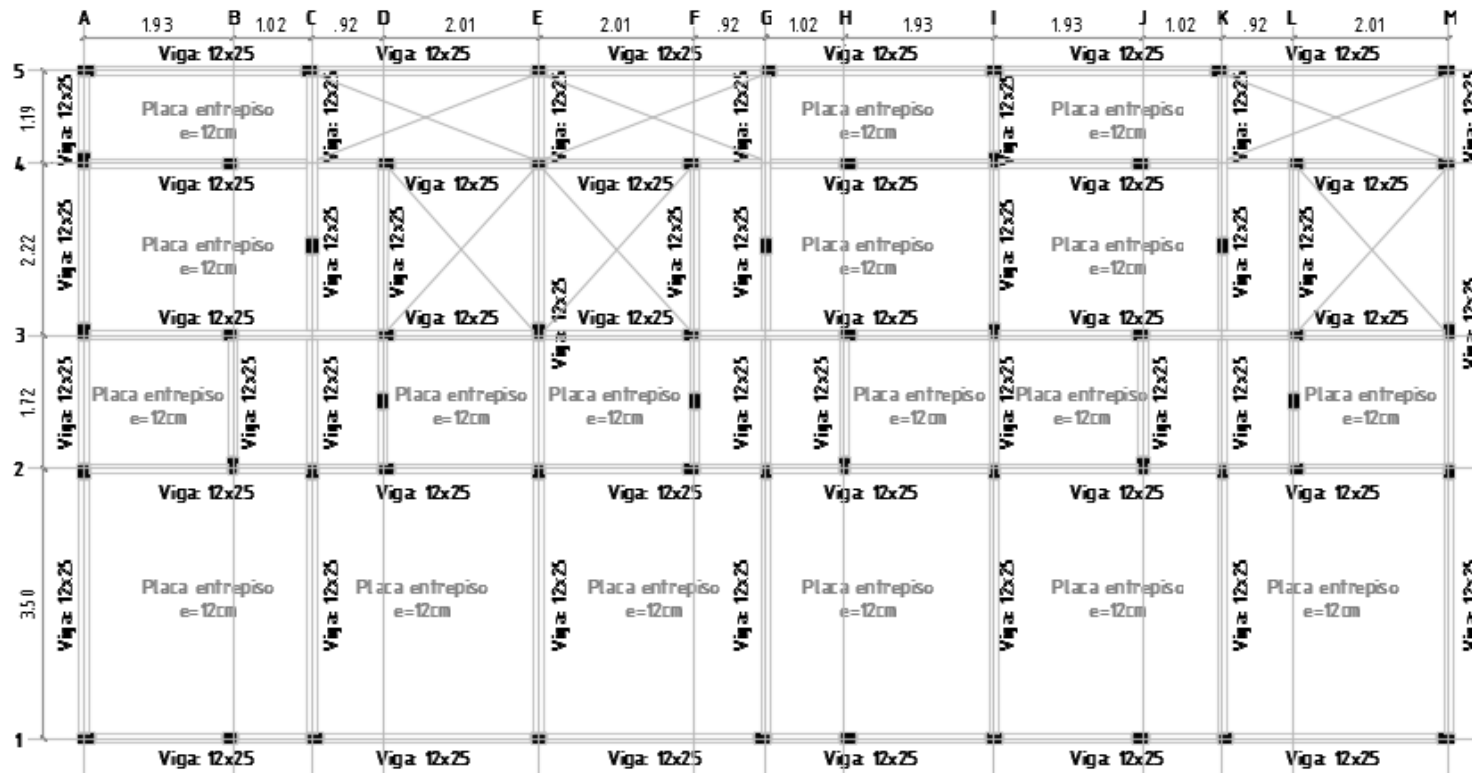


Figura 77. Configuración en planta de vigas de amarre a nivel de entrepiso



La Figura 78 muestra un detalle de la configuración en planta de cubierta liviana, vigas de confinamiento y placa para tanque aéreo. Las vigas de cubierta se dimensionaron según capítulo E.4 de NSR-10, con una dimensión de 12cm de base y 20cm de altura. La placa de tanque se dimensionó con un espesor de 10cm.

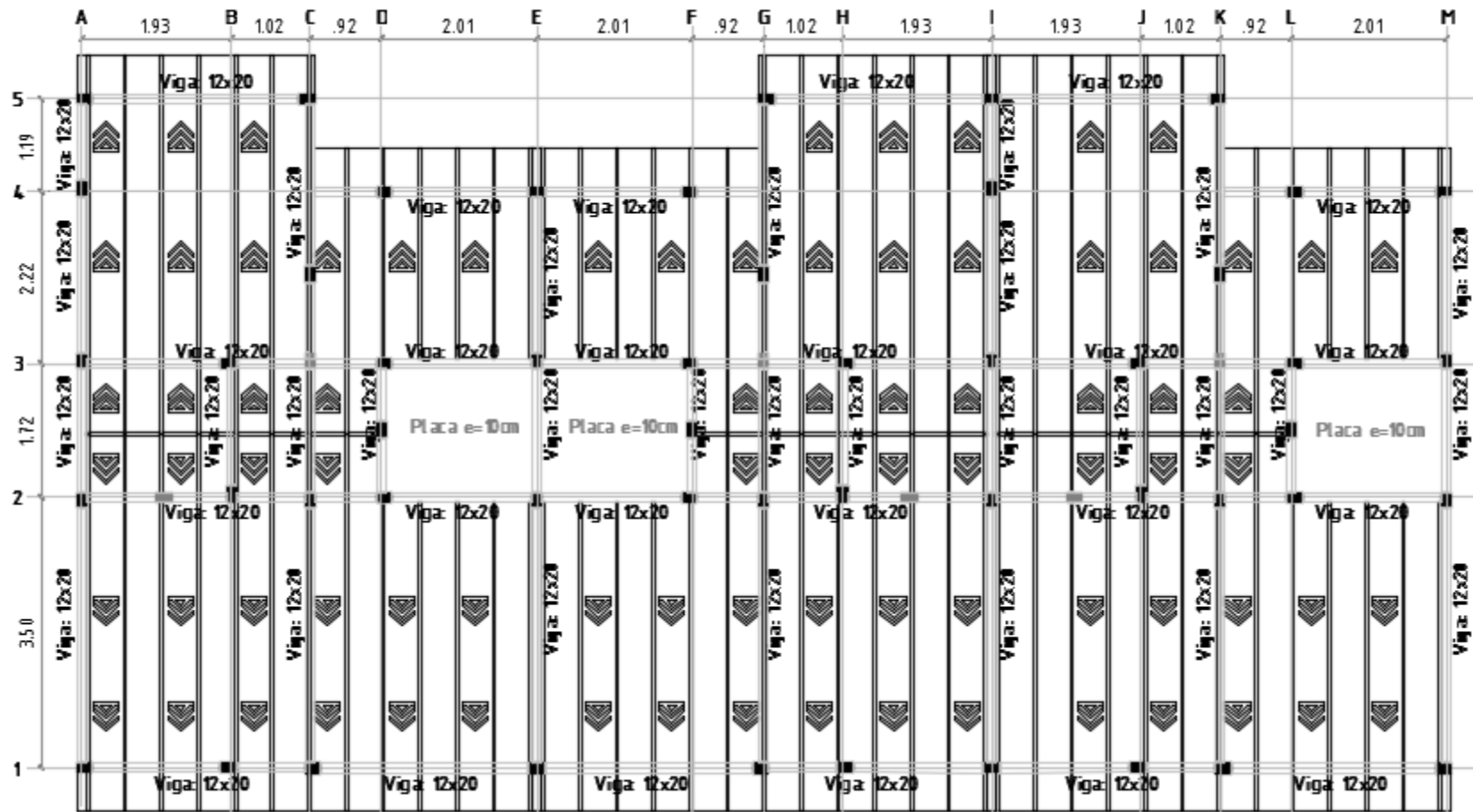
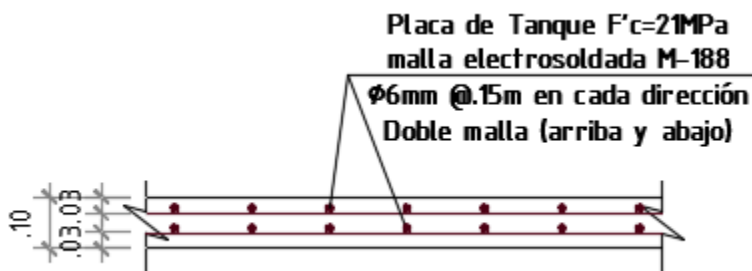


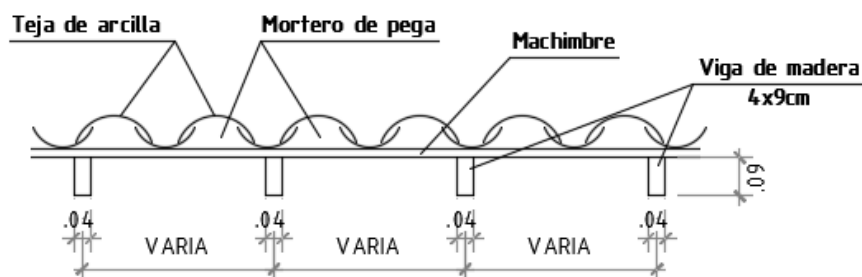
Figura 78. Detalle de configuración en planta de cubierta

La Figura 79 muestra un detalle de la dimensión y refuerzo necesario en la placa que soportará los tanques aéreos. Para el diseño se estimó que la altura del tanque es un metro de altura, y que la lámina de agua se encuentra máximo a 75cm de altura.



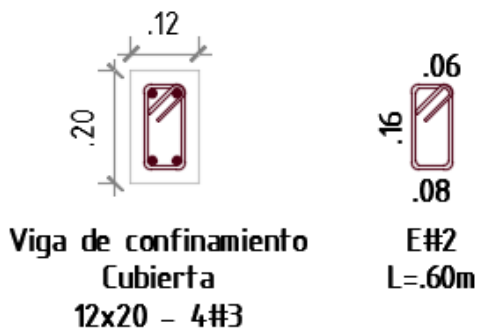
**Figura 79. Detalle de placa de tanque**

La cubierta liviana que se dispuso es de tejas de arcilla sobre mortero de pega y que se dispone sobre un entramado de madera (listones de madera que soporta una cama de machimbre), tal y como se muestra en la Figura 80.



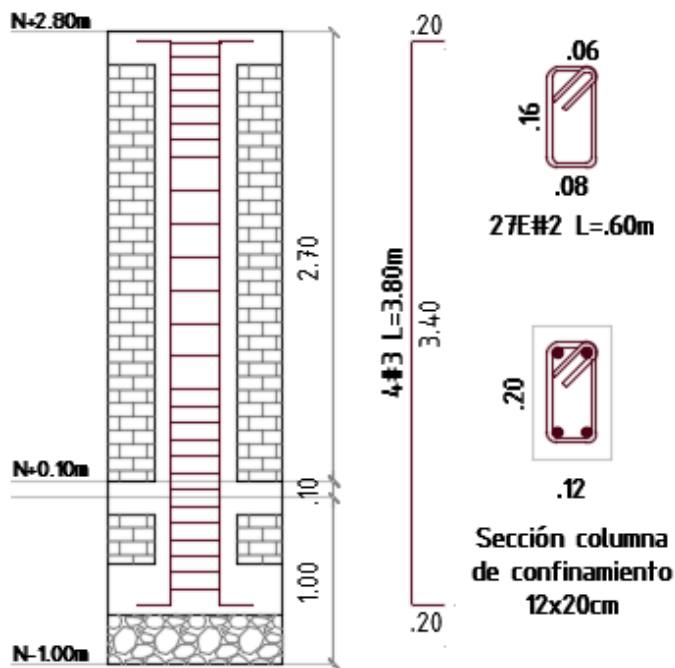
**Figura 80. Detalle de cubierta liviana**

La Figura 81 muestra el refuerzo necesario para las vigas de cubierta, las cuales fueron determinadas siguiendo los parámetros del capítulo E.4 de NSR-10. El refuerzo principal son 4 barras #3, es decir, dos barras continuas arriba y abajo. Los estribos son #2 y se disponen cada 10cm los primeros 50cm cerca de los nudos, es decir, en la intersección con columnas de confinamiento, y cada 20cm en el resto de la luz libre.



**Figura 81. Detalle de refuerzo de vigas de confinamiento a nivel de cubierta**

Las Figura 82 y Figura 83 muestran detalles de las columnas de confinamiento. El dimensionamiento de las columnas de confinamiento se realizó utilizando los parámetros del capítulo E.4 de NSR-10, se definió una dimensión de 12cm x 20cm, con un área de  $240\text{cm}^2$ , los cual es superior a  $200\text{cm}^2$  exigido por NSR-10.



**Figura 82. Detalle de refuerzo de columnas de confinamiento (un piso)**

El refuerzo definido para dichas columnas de confinamiento es de 4 barras #3, y estribos #2 que se disponen cada 10cm los primeros 50cm cerca de los nudos, es decir, en la intersección con

vigas de confinamiento, y cada 20cm en el resto de la luz libre (ver Figura 67 y Figura 68).

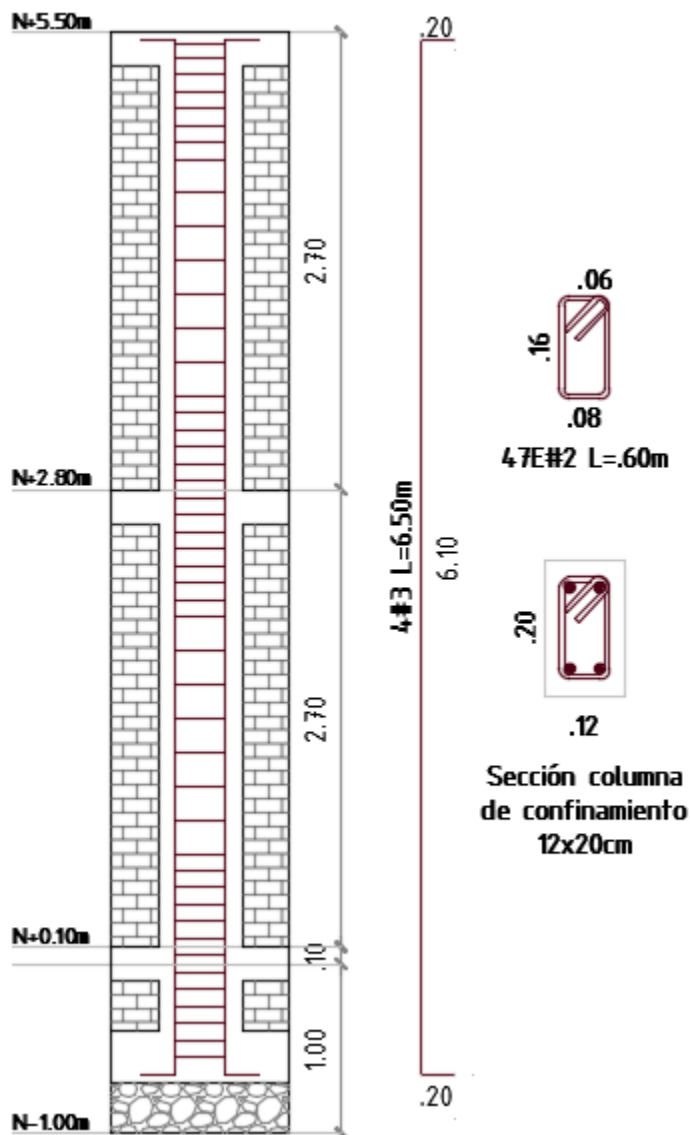
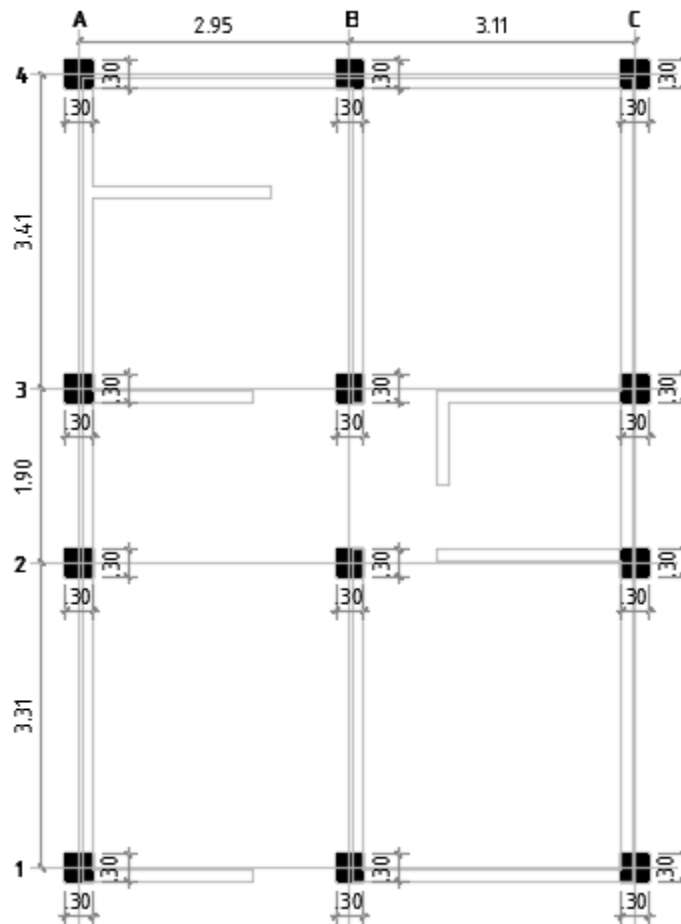


Figura 83. Detalle de refuerzo de columnas de confinamiento (dos pisos)

#### 4.3 Diseño Estructural de casas de Uno y dos Pisos en Pórticos

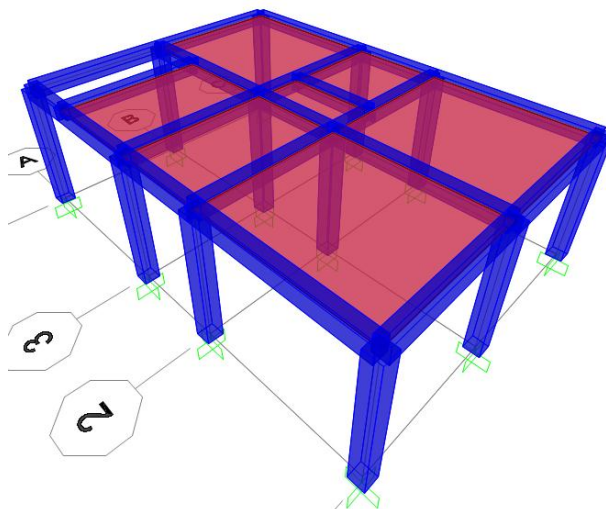
En el presente apartado se describe un resumen de los diseños estructurales, de las viviendas de uno y dos pisos definidas arquitectónicamente, en sistema de pórticos, siguiendo parámetros exigidos por NSR-10 en el Título A, Título B y Título C.

**4.3.1 Diseño estructural de casa de un piso (50m<sup>2</sup>) en pórticos.** Se realiza un replanteo al plano arquitectónico, ubicando columnas con la dimensión mínima estipulada por NSR-10, que para edificaciones ubicadas en una zona de amenaza sísmica alta es de 30cm x 30cm (900cm<sup>2</sup>). La Figura 84 muestra replanteo en sistema tipo pórtico de viviendas de un piso.



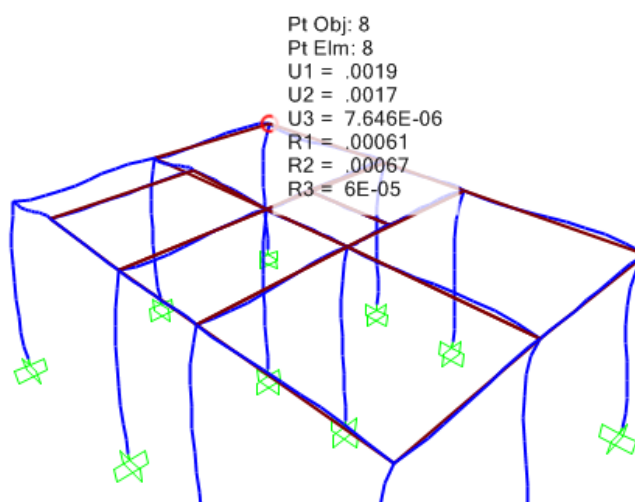
**Figura 84. Replanteo en sistema tipo pórtico de viviendas de un piso**

La Figura 85 muestra un esquema del modelo tridimensional de la vivienda de un piso realizada en el software SAP2000, con el fin de analizar el comportamiento sísmico para cálculo de derivas, así como para cálculo de transferencias de carga desde la placa hasta el nivel de cimentación.



**Figura 85. Esquema de modelo 3D realizado en software SAP2000**

La Figura 86 muestra los desplazamientos máximos en las dos direcciones principales después de aplicadas las fuerzas sísmicas.



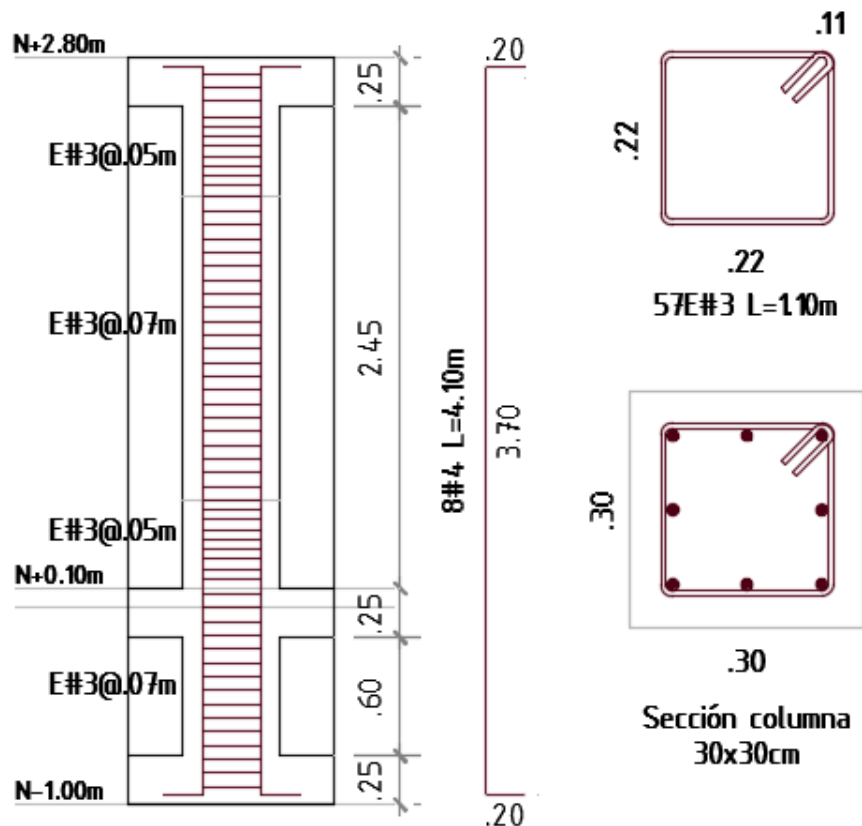
**Figura 86. Desplazamiento máximo a nivel de cubierta según software SAP2000**

El desplazamiento en la dirección X es representada por el valor U1 y el desplazamiento en la dirección Y se representada por el valor U2. Se debe tener en cuenta que para el cumplimiento de las derivas el desplazamiento debe ser máximo del 1% de la altura de piso. Por lo que, para un edificio de 2.8m de altura, el desplazamiento máximo puede ser de 2.8cm. En las dos direcciones



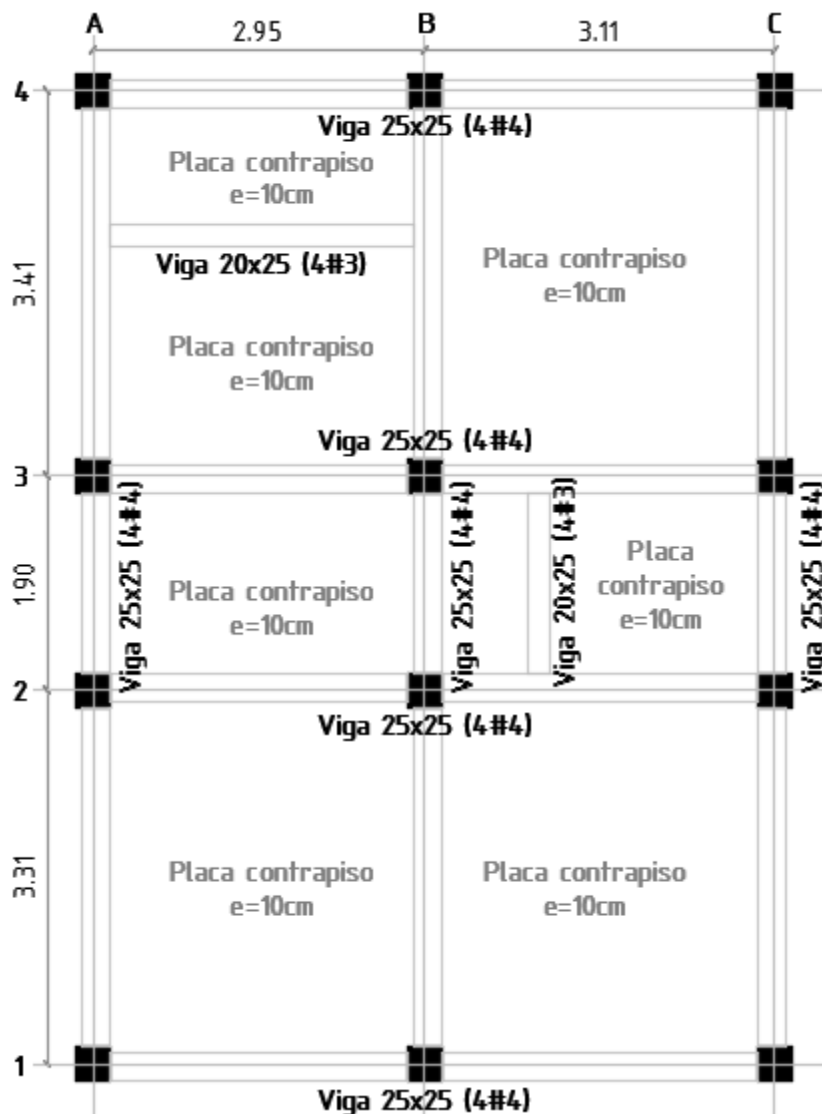






**Figura 89. Detalle de columna típica en sistema tipo pórtico de un piso**

La Figura 90 muestra la configuración en planta con las vigas a nivel de terreno y con la placa de contrapiso. Las vigas de cimentación se dimensionaron de tal forma que se cumpla con la dimensión mínima exigida por el Título C de NSR-10. Las vigas a nivel de piso son de 25cm de ancho y algunas de 20cm de ancho y todas las vigas son de 25cm de altura.



**Figura 90. Configuración en planta de vigas a nivel de terreno**

El refuerzo de las vigas de cimentación ubicadas a nivel de terreno se muestra en la Figura 91. Los estribos se disponen de la siguiente manera: cada 5cm los primeros 50cm cerca de los nudos (en intersección con las columnas) y cada 10cm en el resto de la luz. A nivel de terreno se ubica una placa de Contrapiso embebida en las vigas que se ubican a dicho nivel. La placa de contrapiso se diseña con cuantía mínima a fin de soportar los esfuerzos por temperatura, por lo que se dispondrá de un refuerzo como muestra la Figura 92.

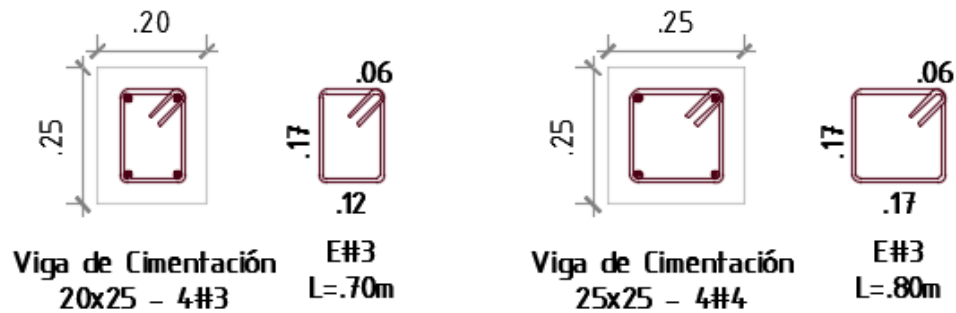


Figura 91. Detalle de refuerzo de vigas de cimentación (a nivel de terreno)

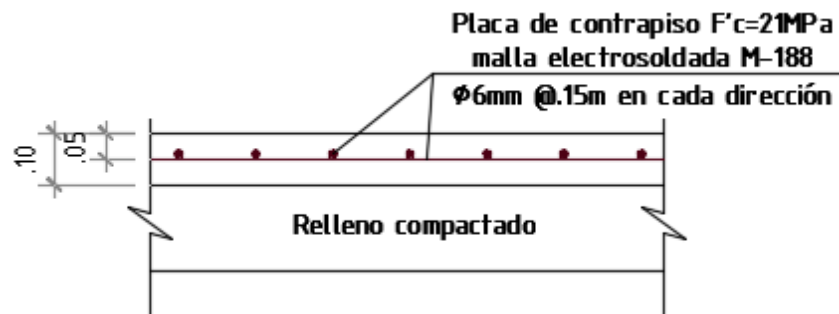


Figura 92. Detalle de placa de contrapiso

La Figura 94 muestra la configuración en planta con las vigas a nivel de cubierta. Las vigas de cubierta se dimensionaron de tal forma que se cumpla con la dimensión mínima exigida por el Título C de NSR-10. Las vigas de cubierta son de 25cm y algunas de 20cm de ancho y todas las vigas son de 25cm de altura. El refuerzo de las vigas de cimentación ubicadas a nivel de terreno se muestra en la Figura 93.

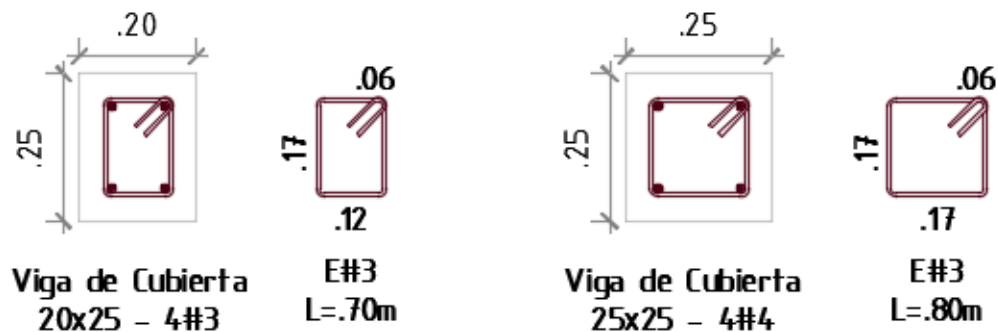
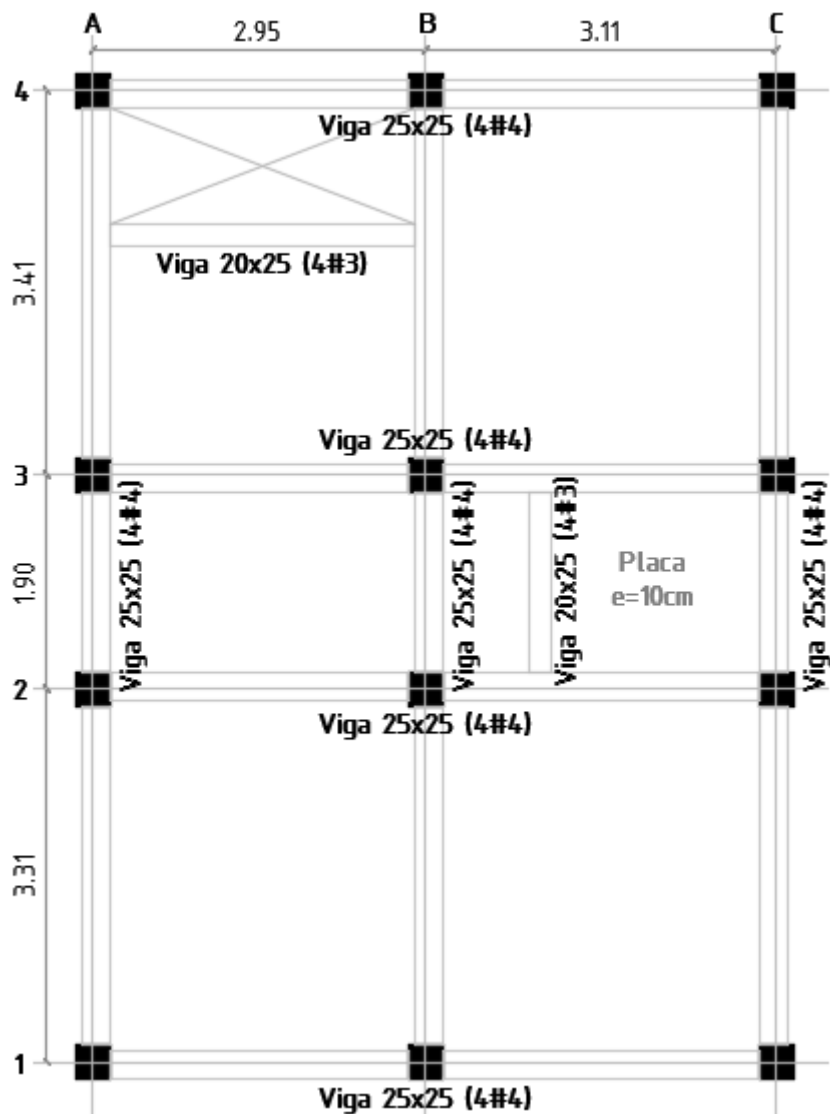


Figura 93. Detalle de refuerzo de vigas de cubierta



**Figura 94. Configuración en planta de vigas a nivel de cubierta**

La Figura 95 muestra un detalle de la configuración en planta de cubierta liviana y placa para tanque aéreo. La placa de tanque se dimensionó con un espesor de 10cm. La Figura 96 muestra un detalle de la dimensión y refuerzo necesario en la placa que soportará los tanques aéreos. Para el diseño se estimó que la altura del tanque es un metro de altura, y que la lámina de agua se encuentra máximo a 75cm de altura. Y la cubierta liviana que se dispuso es de tejas de arcilla sobre mortero de pega y que se dispone sobre un entramado de madera (listones de madera que soporta una cama de machimbre), tal y como se muestra en la Figura 97.

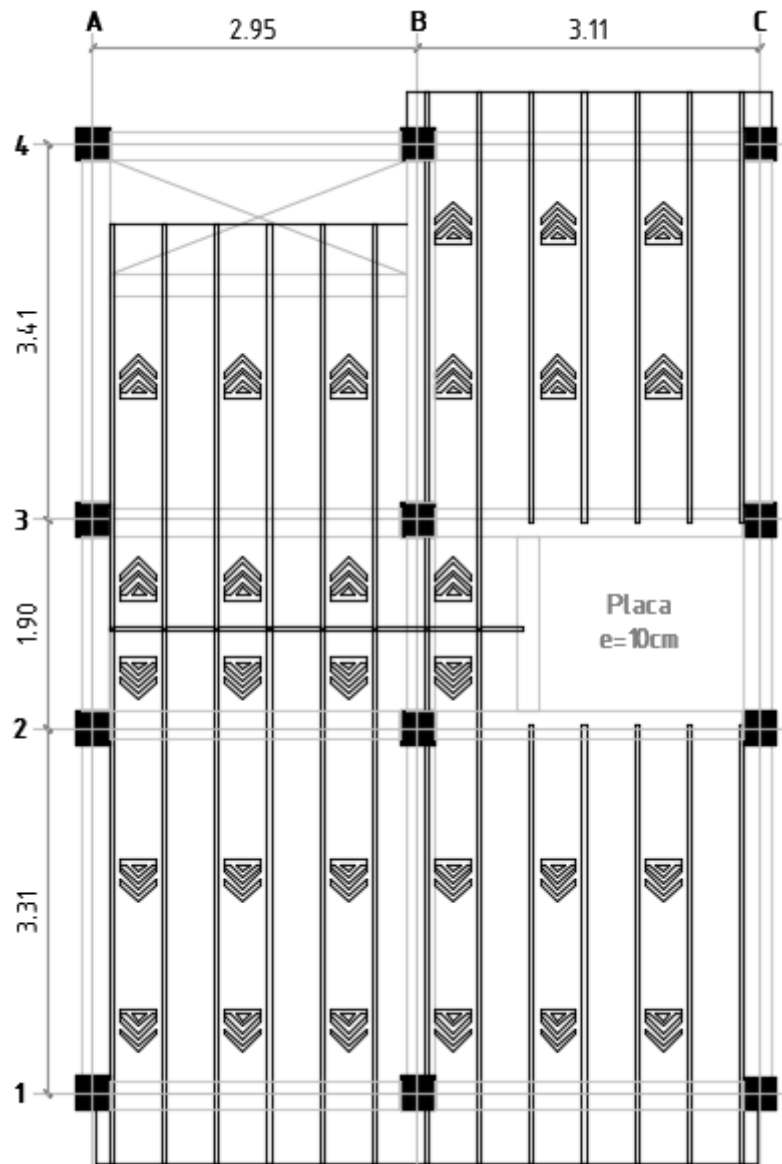


Figura 95. Detalle de cofiguración en planta de cubierta liviana

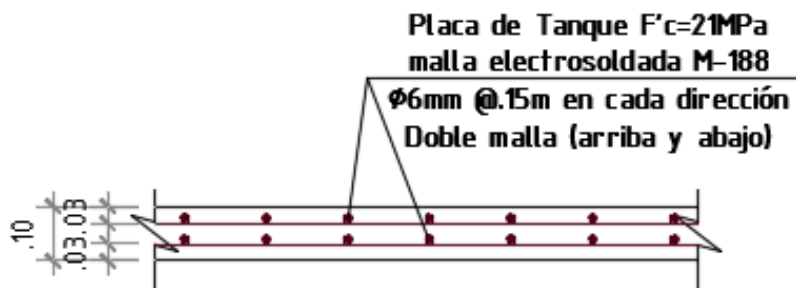
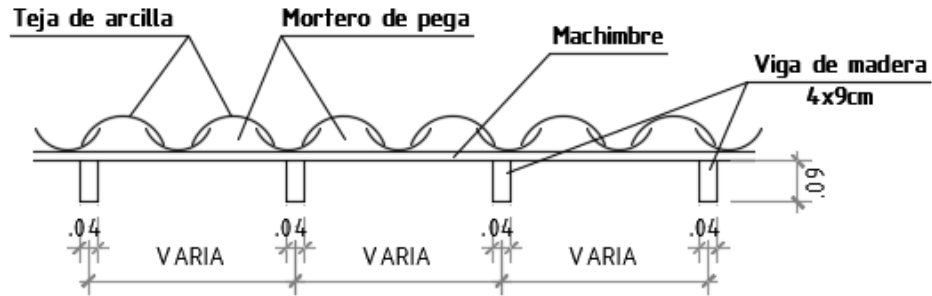


Figura 96. Detalle de placa de tanque



**Figura 97. Detalle de cubierta liviana**

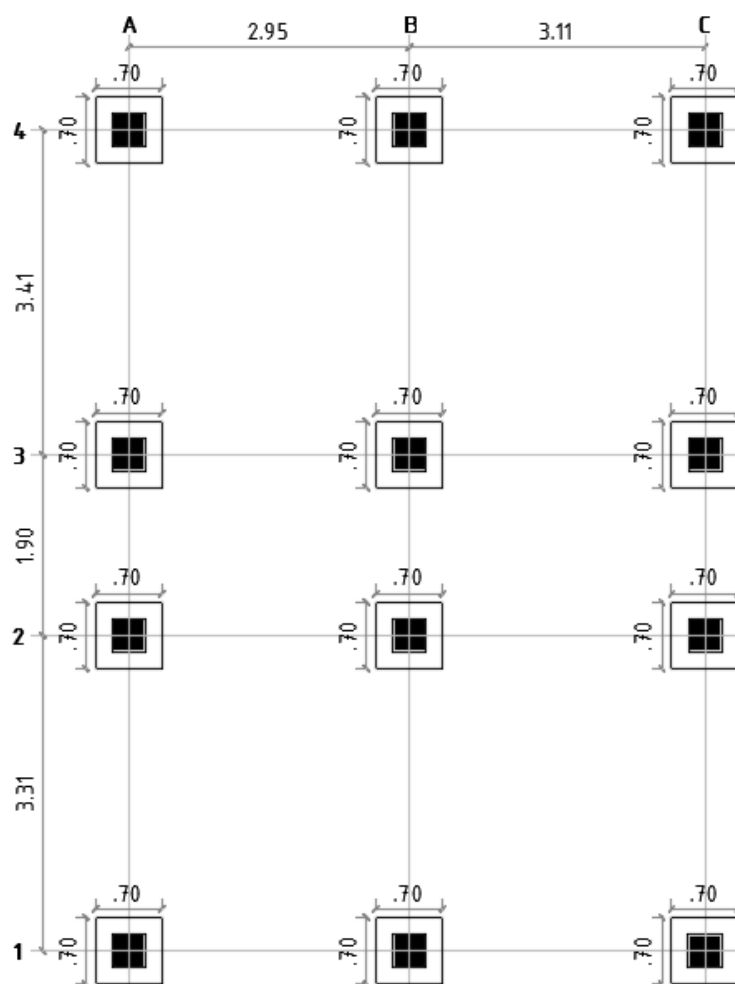


**Figura 98. Planta con puntos de zapata para referencia de fuerzas y momentos**

La Figura 98 muestra la planta con la ubicación de puntos de zapata para referencia de fuerzas y momentos. En la tabla 5 presenta los valores de cargas y momentos de servicio, es decir, suma de cargas vigas y cargas muertas sin mayorar, y los valores de cargas y momentos mayorados.

**Tabla 5. Fuerzas y momentos tranferidos a la cimentación de la vivienda de un piso**

Zapata	Ps	Mx	My	Pu	Mux	Muy
1	13.42	0.20	0.34	16.30	0.24	0.41
2	21.04	0.32	0.53	25.98	0.39	0.65
3	15.01	0.23	0.38	18.54	0.28	0.46
4	18.50	0.28	0.46	22.89	0.34	0.57
5	37.07	0.56	0.93	46.47	0.70	1.16
6	29.98	0.45	0.75	37.44	0.56	0.94
7	17.50	0.26	0.44	21.70	0.33	0.54
8	35.79	0.54	0.89	44.94	0.67	1.12
9	29.77	0.45	0.74	37.18	0.56	0.93
10	14.53	0.22	0.36	17.93	0.27	0.45
11	21.83	0.33	0.55	27.20	0.41	0.68
12	14.94	0.22	0.37	18.45	0.28	0.46



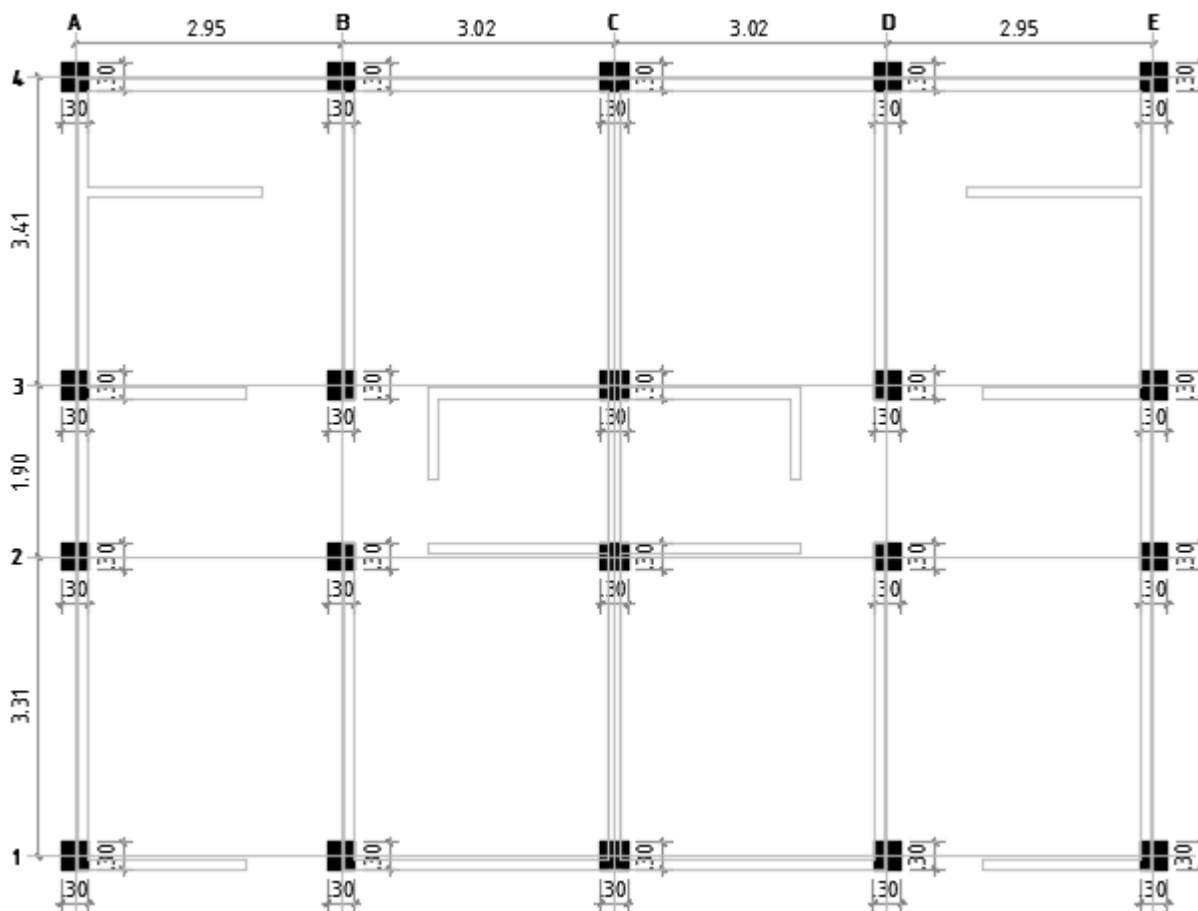
**Figura 99. Configuración en planta con la ubicación de las zapatas aisladas**



La Figura 99 muestra la configuración en planta con la ubicación de las zapatas aisladas. Se observa que la dimensión de las zapatas son de 70cm x 70cm, según el diseño realizado siguiendo los parámetros del Título C de NSR-10. Además, las zapatas se deben reforzar con cuantía mínima que para zapatas es de 0.0018, por lo que, las zapatas se refuerzan con barras #4 separadas cada 15cm en las dos direcciones principales.

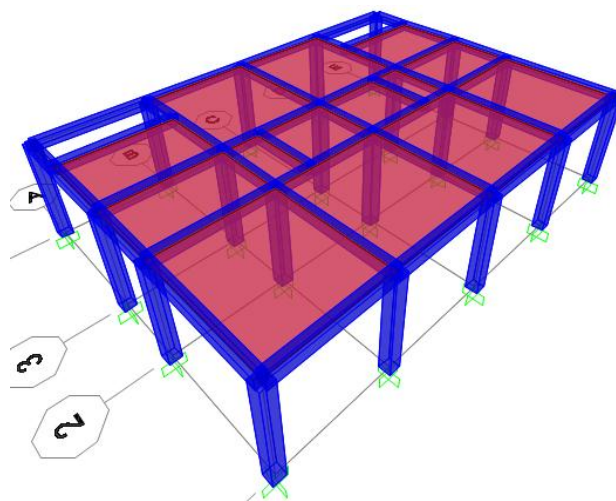
**4.3.2 Diseño estructural de casa de un piso (100m<sup>2</sup>) en pórticos.** Se realiza un replanteo al plano arquitectónico, ubicando columnas con la dimensión mínima estipulada por NSR-10, que para edificaciones ubicadas en una zona de amenaza sísmica alta es de 30cm x 30cm (900cm<sup>2</sup>).

La figura 100 muestra replanteo en sistema tipo pórtico de viviendas de un piso.

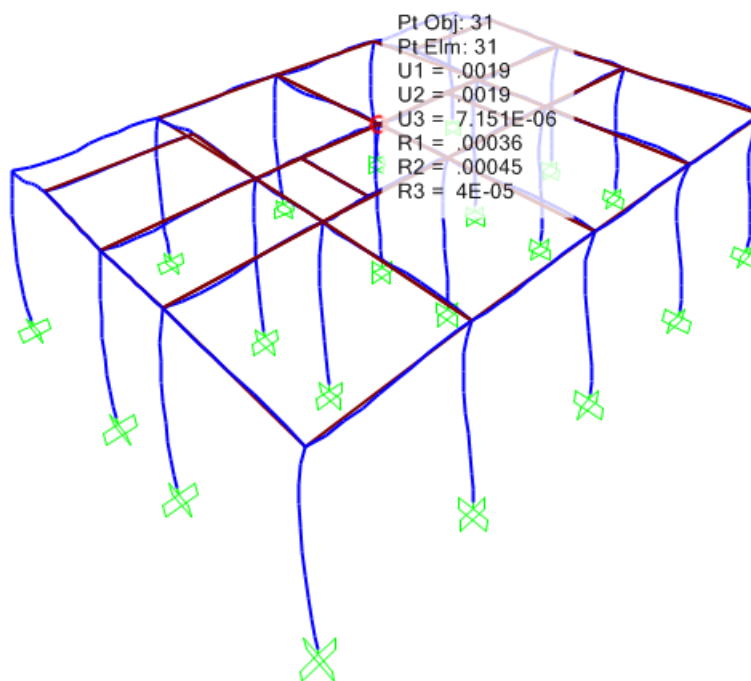


**Figura 100. Replanteo en sistema tipo pórtico de viviendas de un piso**

La Figura 101 muestra un esquema del modelo tridimensional de la vivienda de un piso realizada en el software SAP2000, con el fin de analizar el comportamiento sísmico para cálculo de derivas, así como para cálculo de transferencias de carga desde la placa hasta el nivel de cimentación.

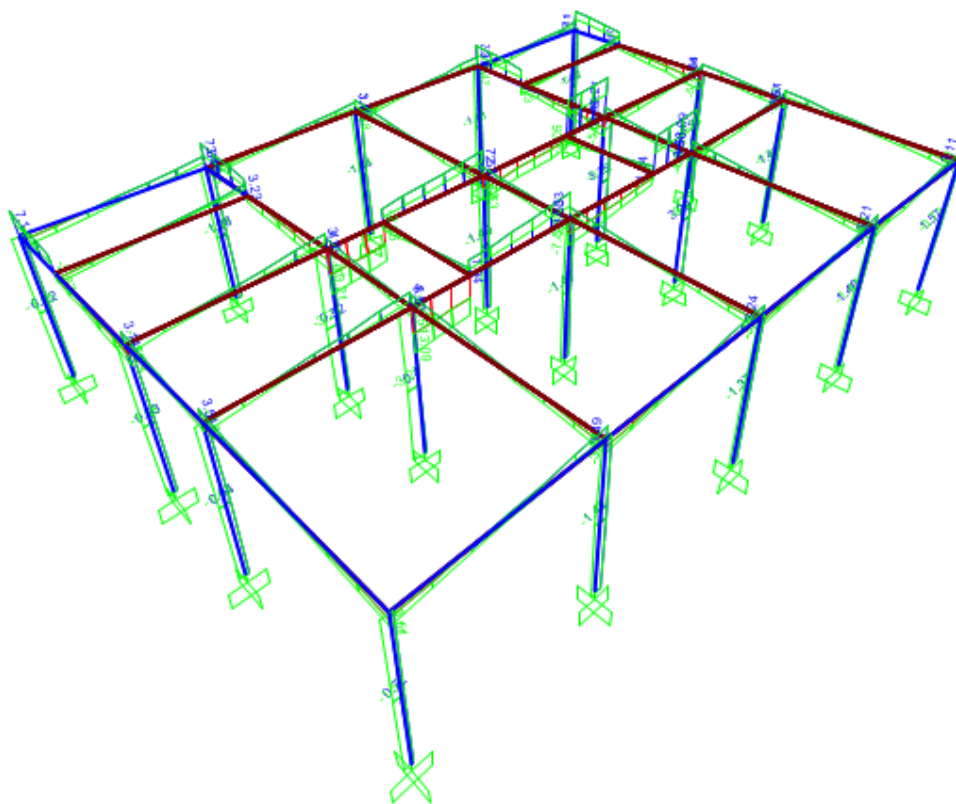


**Figura 101. Esquema de modelo 3D realizado en software SAP2000**



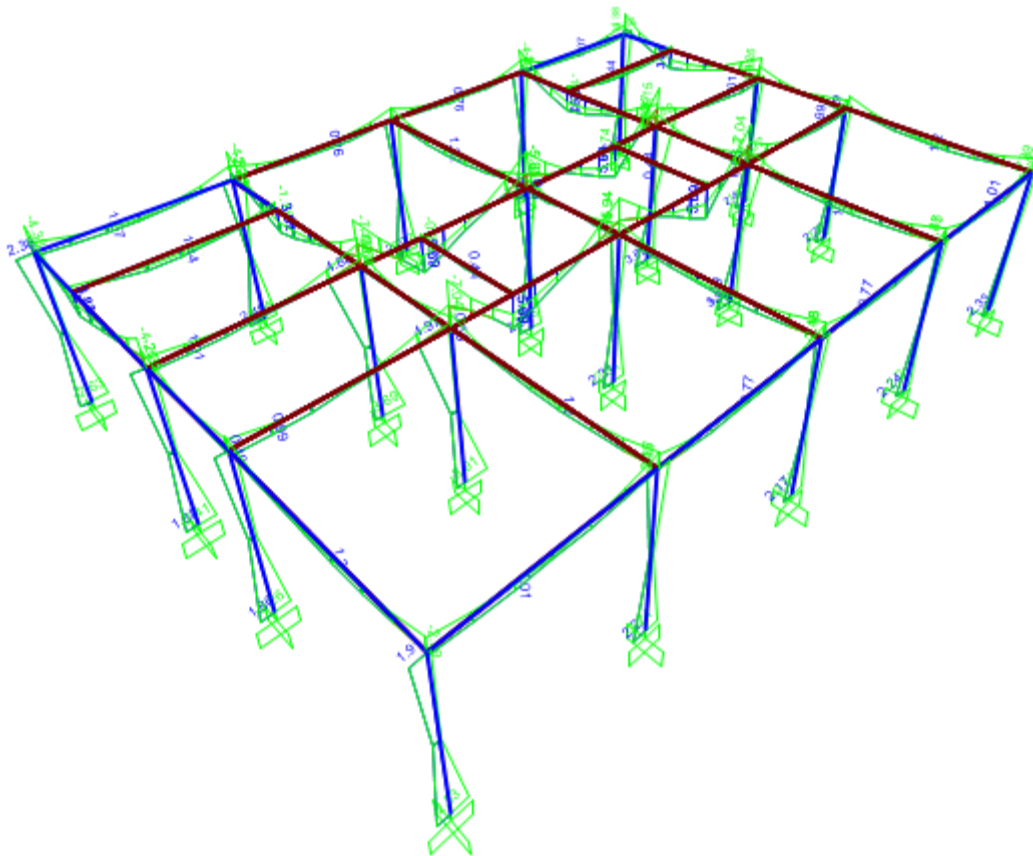
**Figura 102. Desplazamiento máximo a nivel de cubierta según software SAP2000**

La Figura 102 muestra los desplazamientos máximos en las dos direcciones principales después de aplicadas las fuerzas sísmicas. El desplazamiento en la dirección X es representada por el valor U1 y el desplazamiento en la dirección Y se representada por el valor U2. Se debe tener en cuenta que para el cumplimiento de las derivas el desplazamiento debe ser máximo del 1% de la altura de piso. Por lo que, para un edificio de 2.8m de altura, el desplazamiento máximo puede ser de 2.8cm. En las dos direcciones se puede observar que el desplazamiento es de 1.9mm, lo cual indica que las derivas son del 0.07%. Lo anterior indica que las columnas son muy rígidas para la edificación, sin embargo, como se tiene que las columnas de 30x30cm, entonces se puede deducir que la vivienda tiene elementos sobre-dimensionados para el fin que tiene. Aunque se continuará trabajando con dichas dimensiones, debido a que son las dimensiones mínimas exigidas por NSR-10.



**Figura 103. Diagramas de cortante según software SAP2000**

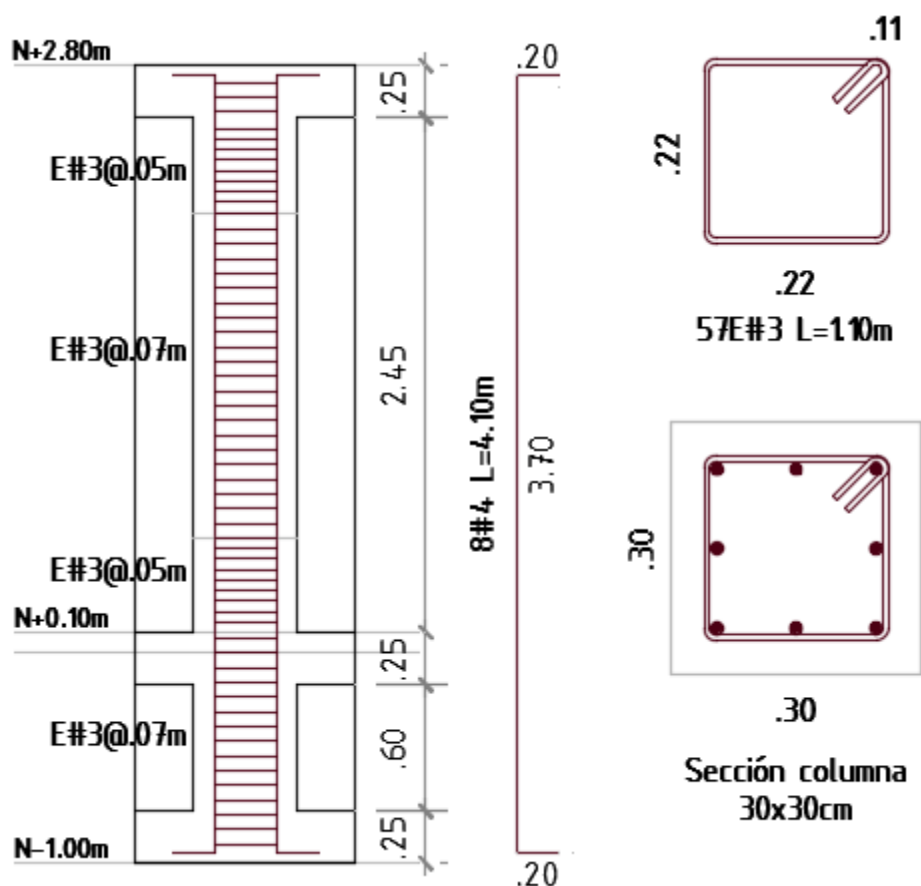
La Figura 103 muestra el diagrama de cortantes y la Figura 104 muestra el diagrama de momentos de la envolvente de diseño para cada una de las cargas mayoradas exigidas por el Título B de NSR-10. Los diagramas de cortantes y de momentos se realizaron con la ayuda del software SAP2000.



**Figura 104. Diagramas de momento según software SAP2000**

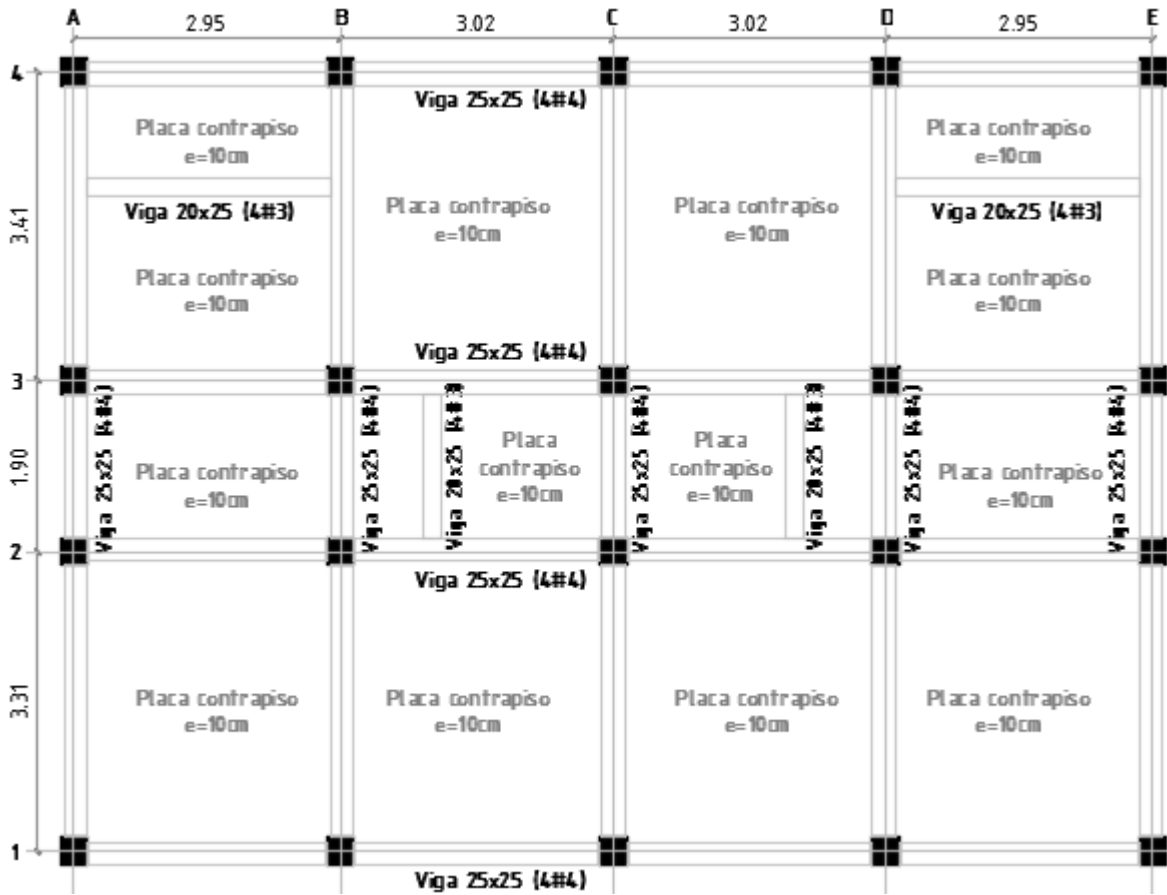
Se realizó el diseño de una columna típica. Para lo cual se tuvo en cuenta las fuerzas cortantes y axiales y los momentos flectores que actuaban sobre la columna. Sin embargo, debido a que existe una sobre-dimensión del elemento (para cumplir con la dimensión mínima exigida por NSR-10), se tiene que la columna se debe diseñar con la cuantía mínima exigida por el Título C de NSR-10, en donde se estipula que la cuantía mínima es el 1% del área total de la sección de la columna. Si la columna tiene un área de  $900\text{cm}^2$ , entonces se requiere mínimo  $9\text{cm}^2$  de cuantía de

acero. Lo cual se cumple con 8 barras #4 ( $10.92\text{cm}^2$ ). Además, se debe tener en cuenta que la separación entre barras sea máximo de 15cm, lo cual se cumple al disponer de 3 barras por cada una de las caras de la columna. El refuerzo transversal debe cumplir con condiciones mínimas de separación de estribos a dos ramas. La Figura 105 muestra el refuerzo de una columna tipo de la vivienda diseñada en sistema tipo pórtico de un piso de altura.



**Figura 105. Detalle de columna típica en sistema tipo pórtico de un piso**

La Figura 106 muestra la configuración en planta con las vigas a nivel de terreno y con la placa de contrapiso. Las vigas de cimentación se dimensionaron de tal forma que se cumpla con la dimensión mínima exigida por el Título C de NSR-10. Las vigas a nivel de piso son de 25cm de ancho y algunas de 20cm de ancho y todas las vigas son de 25cm de altura.



**Figura 106. Configuración en planta de vigas a nivel de terreno**

El refuerzo de las vigas de cimentación ubicadas a nivel de terreno se muestra en la Figura 107. Los estribos se disponen de la siguiente manera: cada 5cm los primeros 50cm cerca de los nudos (en intersección con las columnas) y cada 10cm en el resto de la luz. A nivel de terreno se ubica una placa de Contrapiso embebida en las vigas que se ubican a dicho nivel. La placa de contrapiso se diseña con cuantía mínima a fin de soportar los esfuerzos por temperatura, por lo que se dispondrá de un refuerzo como muestra la Figura 108.

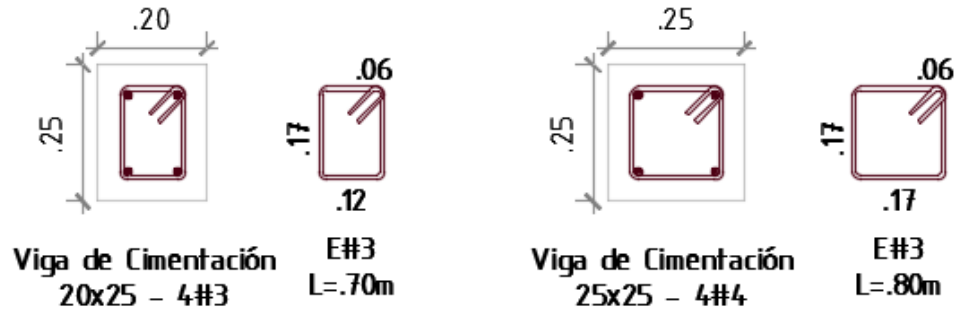


Figura 107. Detalle de refuerzo de vigas de cimentación (a nivel de terreno)

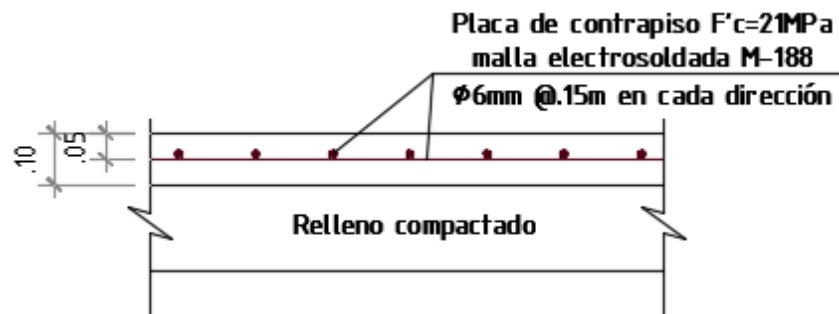


Figura 108. Detalle de placa de contrapiso

La Figura 110 muestra la configuración en planta con las vigas a nivel de cubierta. Las vigas de cubierta se dimensionaron de tal forma que se cumpla con la dimensión mínima exigida por el Título C de NSR-10. Las vigas de cubierta son de 25cm y algunas de 20cm de ancho y todas las vigas son de 25cm de altura. El refuerzo de las vigas de cimentación ubicadas a nivel de terreno se muestra en la Figura 109.

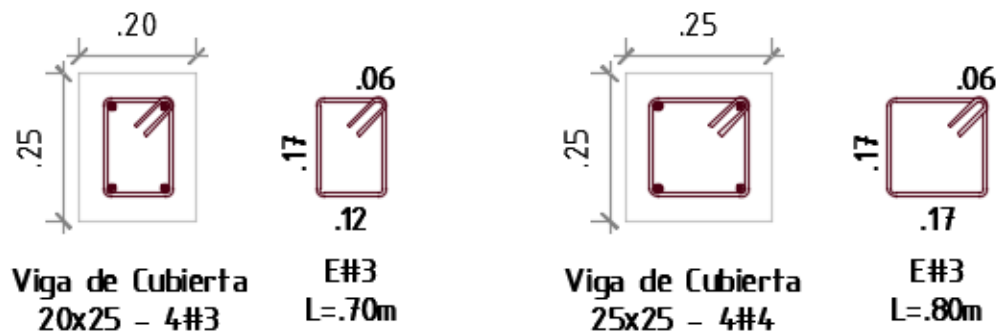
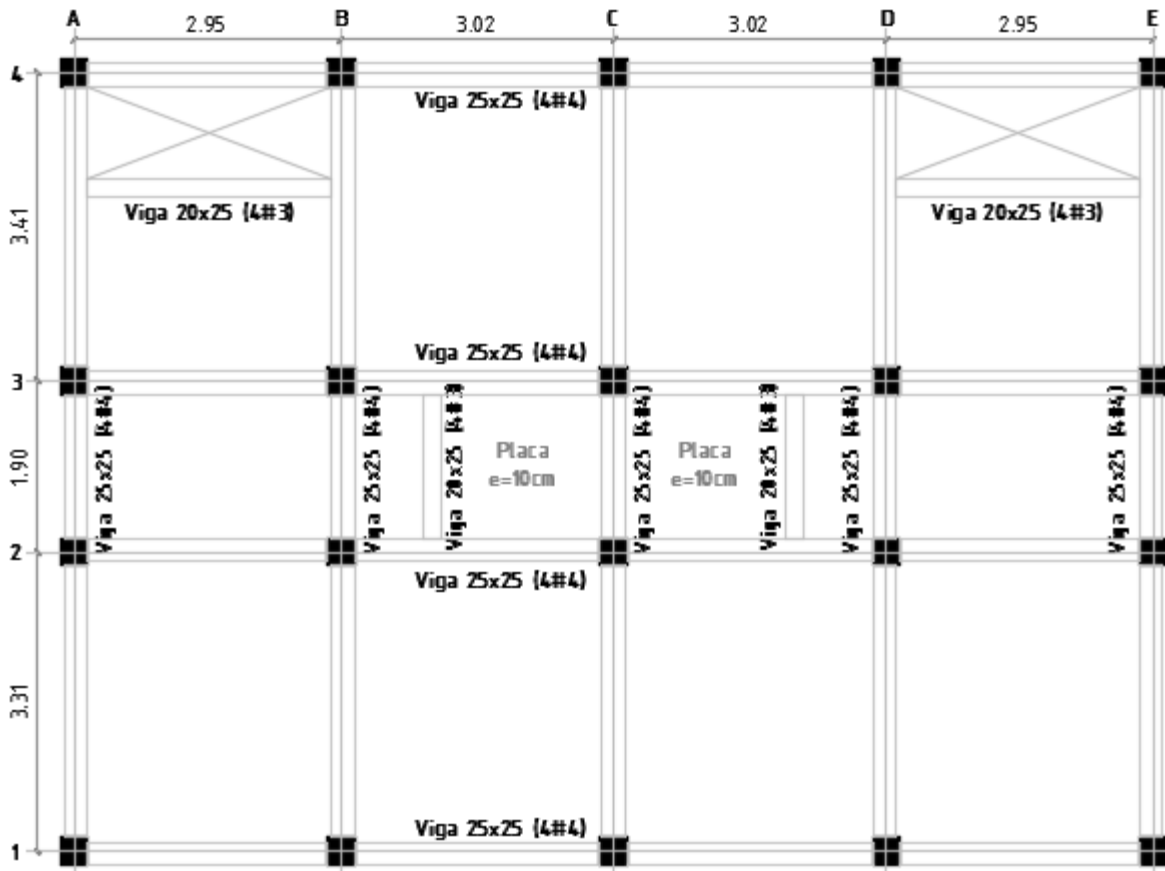


Figura 109. Detalle de refuerzo de vigas de cubierta



**Figura 110. Configuración en planta de vigas a nivel de cubierta**

La Figura 111 muestra un detalle de la configuración en planta de cubierta liviana y placa para tanque aéreo. La placa de tanque se dimensionó con un espesor de 10cm. La Figura 112 muestra un detalle de la dimensión y refuerzo necesario en la placa que soportará los tanques aéreos. Para el diseño se estimó que la altura del tanque es un metro de altura, y que la lámina de agua se encuentra máximo a 75cm de altura. Y la cubierta liviana que se dispuso es de tejas de arcilla sobre mortero de pega y que se dispone sobre un entramado de madera (listones de madera que soporta una cama de machimbre), tal y como se muestra en la Figura 113.



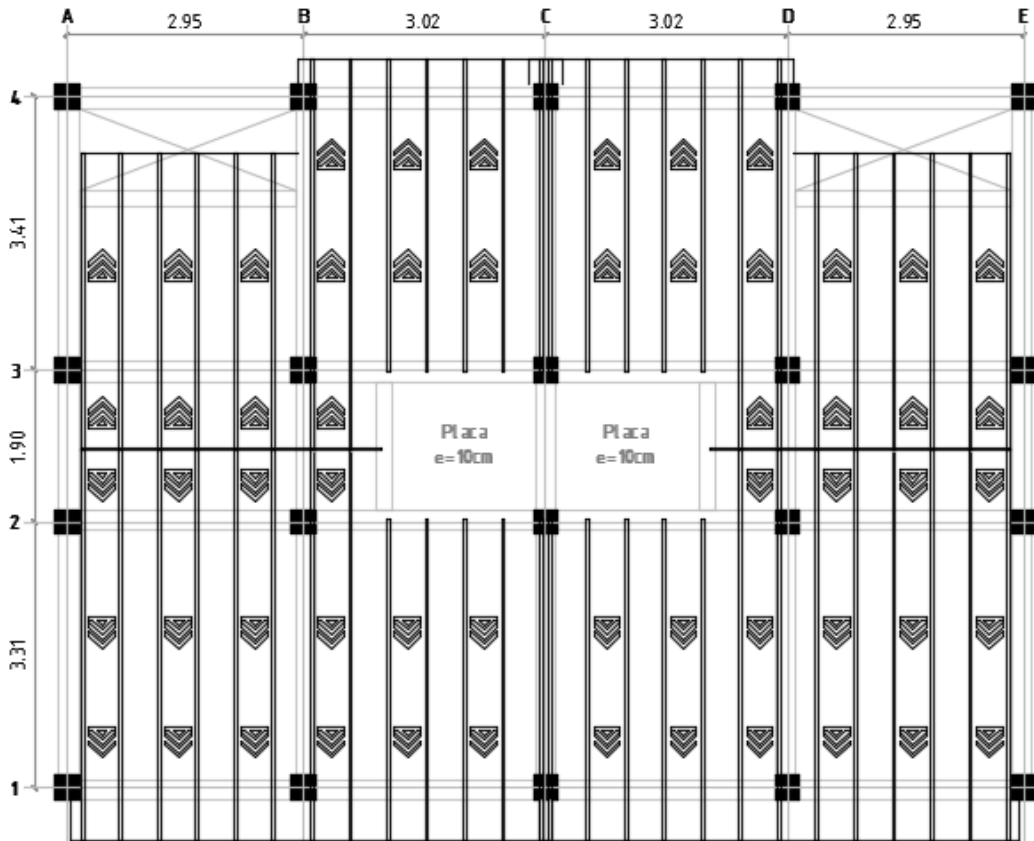


Figura 111. Detalle de configuración en planta de cubierta liviana

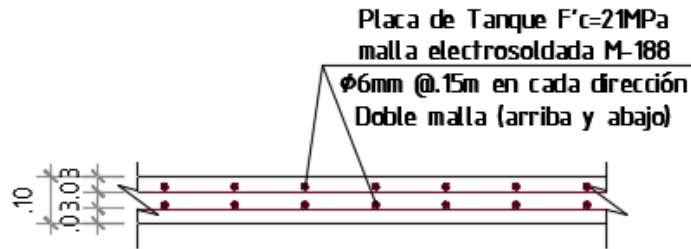


Figura 112. Detalle de placa de tanque

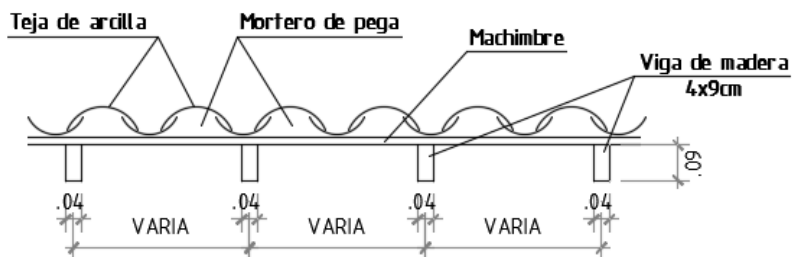
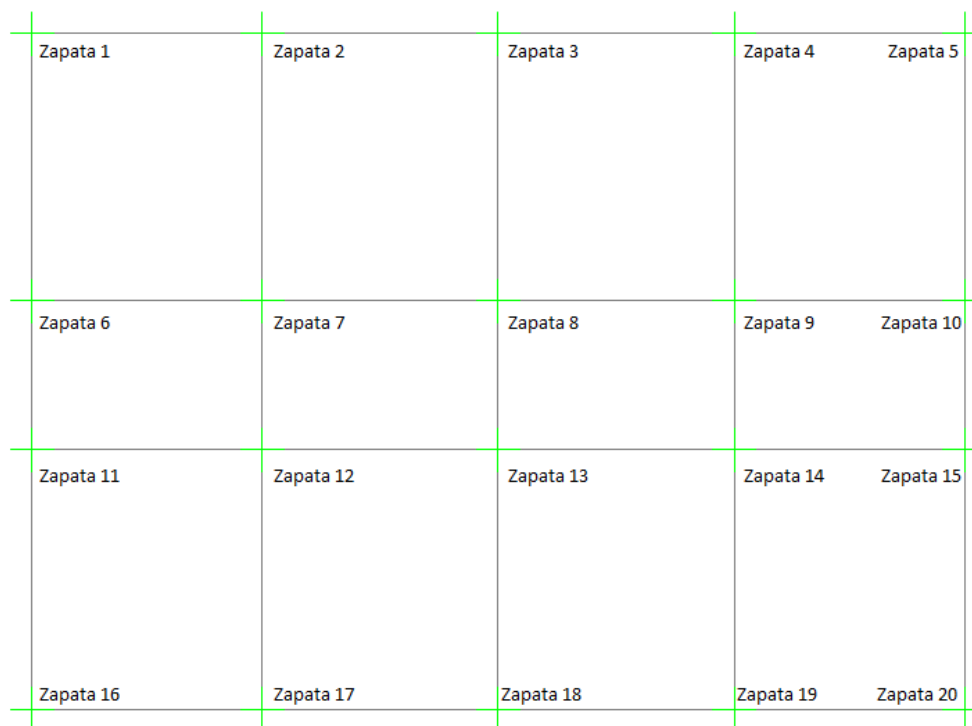


Figura 113. Detalle de cubierta liviana



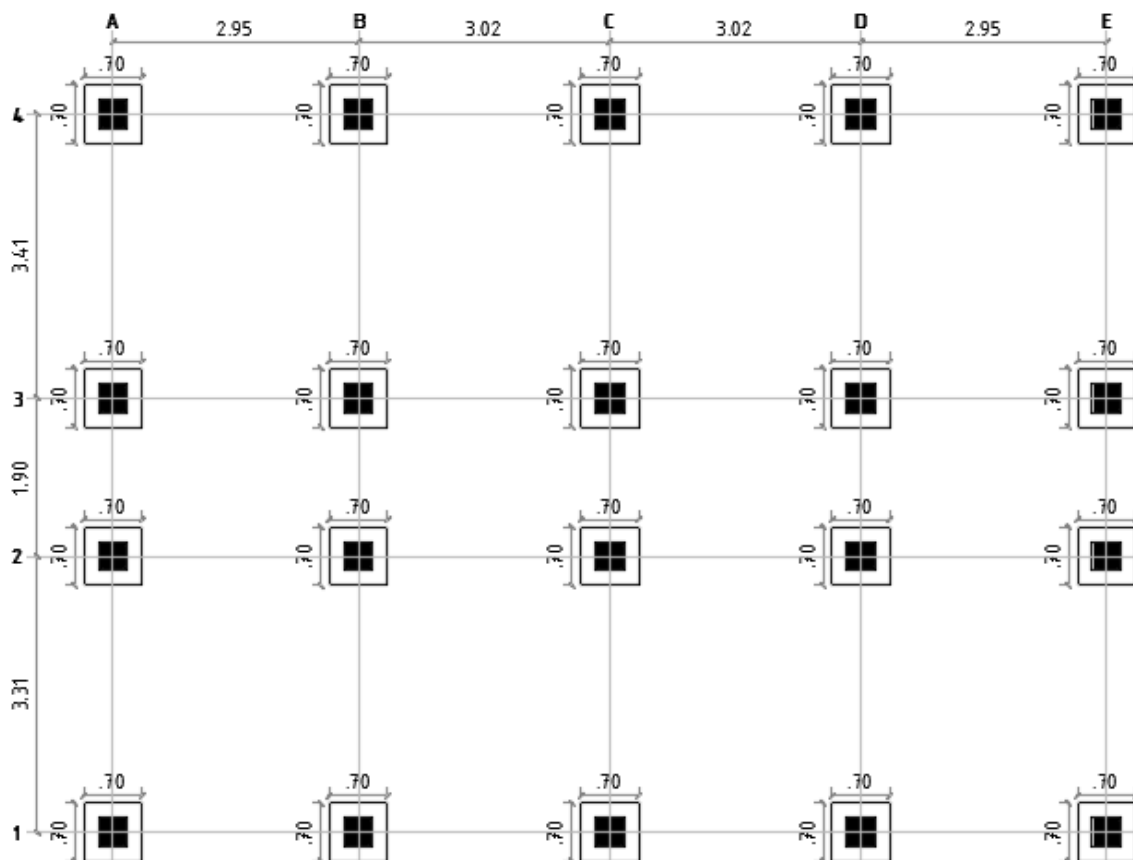
**Figura 114. Planta con puntos de zapata para referencia de fuerzas y momentos**

La Figura 114 muestra la planta con la ubicación de puntos de zapata para referencia de fuerzas y momentos. En la tabla 6 presenta los valores de cargas y momentos de servicio, es decir, suma de cargas vigas y cargas muertas sin mayorar, y los valores de cargas y momentos mayorados.

**Tabla 6. Fuerzas y momentos transferidos a la cimentación de la vivienda de un piso**

Zapata	Ps	Mx	My	Pu	Mux	Muy
1	13.45	0.20	0.34	16.34	0.25	0.41
2	20.65	0.31	0.52	25.50	0.38	0.64
3	21.59	0.32	0.54	26.94	0.40	0.67
4	20.65	0.31	0.52	25.50	0.38	0.64
5	13.45	0.20	0.34	16.34	0.25	0.41
6	18.61	0.28	0.47	23.02	0.35	0.58
7	35.80	0.54	0.90	44.87	0.67	1.12
8	49.84	0.75	1.25	62.69	0.94	1.57
9	25.80	0.39	0.65	32.87	0.49	0.82
10	18.61	0.28	0.47	23.02	0.35	0.58
11	17.62	0.26	0.44	21.86	0.33	0.55

Zapata	Ps	Mx	My	Pu	Mux	Muy
12	34.54	0.52	0.86	43.36	0.65	1.08
13	49.49	0.74	1.24	62.24	0.93	1.56
14	34.54	0.52	0.86	43.36	0.65	1.08
15	17.62	0.26	0.44	21.86	0.33	0.55
16	14.57	0.22	0.36	17.98	0.27	0.45
17	21.45	0.32	0.54	26.73	0.40	0.67
18	21.49	0.32	0.54	26.80	0.40	0.67
19	21.45	0.32	0.54	26.73	0.40	0.67
20	14.57	0.22	0.36	17.98	0.27	0.45



**Figura 115. Configuración en planta con la ubicación de las zapatas aisladas**

La Figura 115 muestra la configuración en planta con la ubicación de las zapatas aisladas.

Las zapatas son de 70cm x 70cm, y están reforzadas con cuantía mínima que para zapatas es de 0.0018, por lo que, las zapatas se refuerzan con barras #4 separadas cada 15cm en las dos direcciones principales.

**4.3.3 Diseño estructural de casa de un piso (150m<sup>2</sup>) en pórticos.** Se realiza un replanteo al plano arquitectónico, ubicando columnas con la dimensión mínima estipulada por NSR-10, que para edificaciones ubicadas en una zona de amenaza sísmica alta es de 30cm x 30cm (900cm<sup>2</sup>).

La Figura 116 muestra replanteo en sistema tipo pórtico de viviendas de un piso.

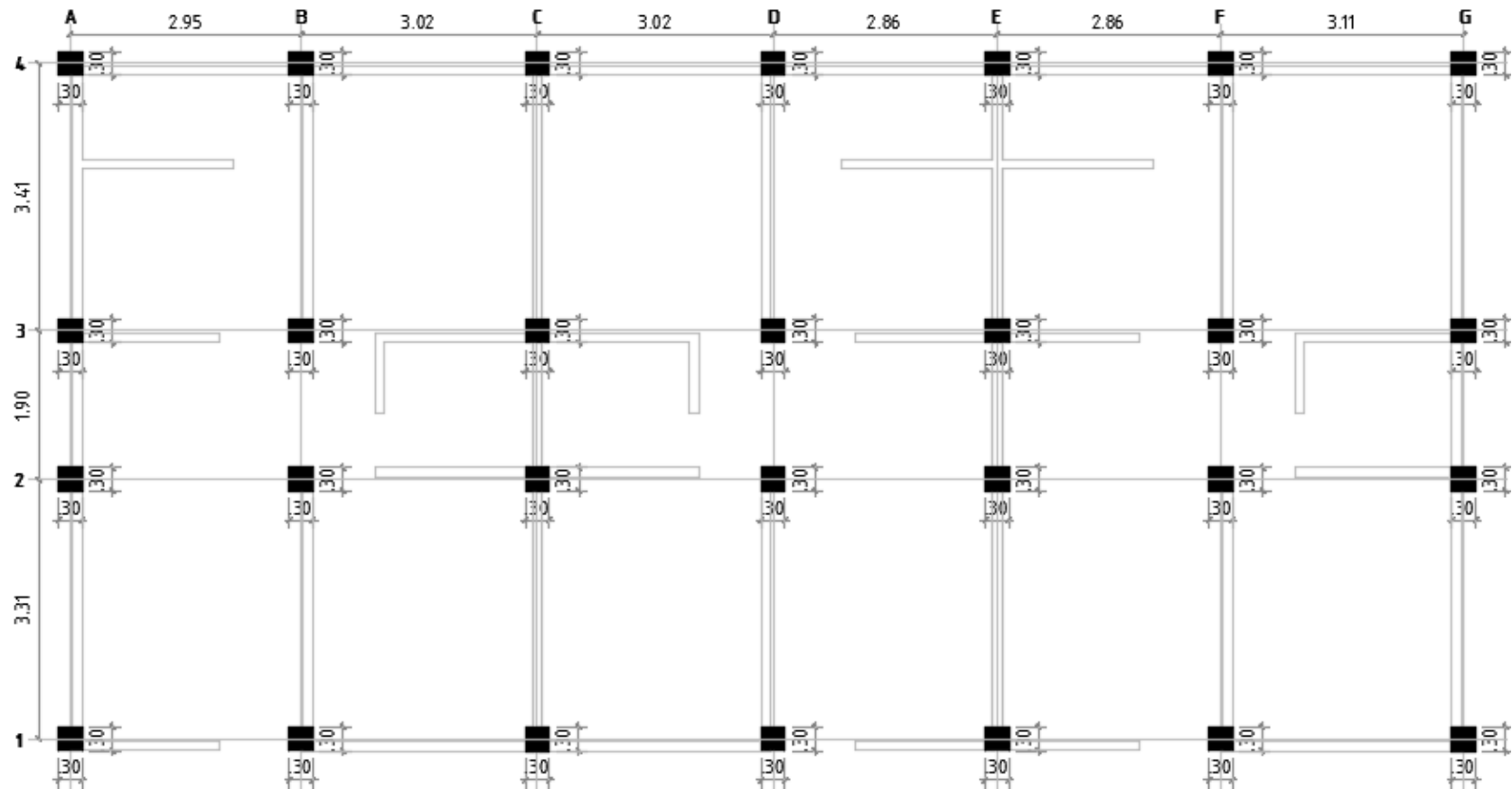


Figura 116. Replanteo en sistema tipo pórtico de viviendas de un piso

La Figura 117 muestra un esquema del modelo tridimensional de la vivienda de un piso realizada en el software SAP2000, con el fin de analizar el comportamiento sísmico para cálculo de derivas, así como para cálculo de transferencias de carga desde la placa hasta el nivel de cimentación.

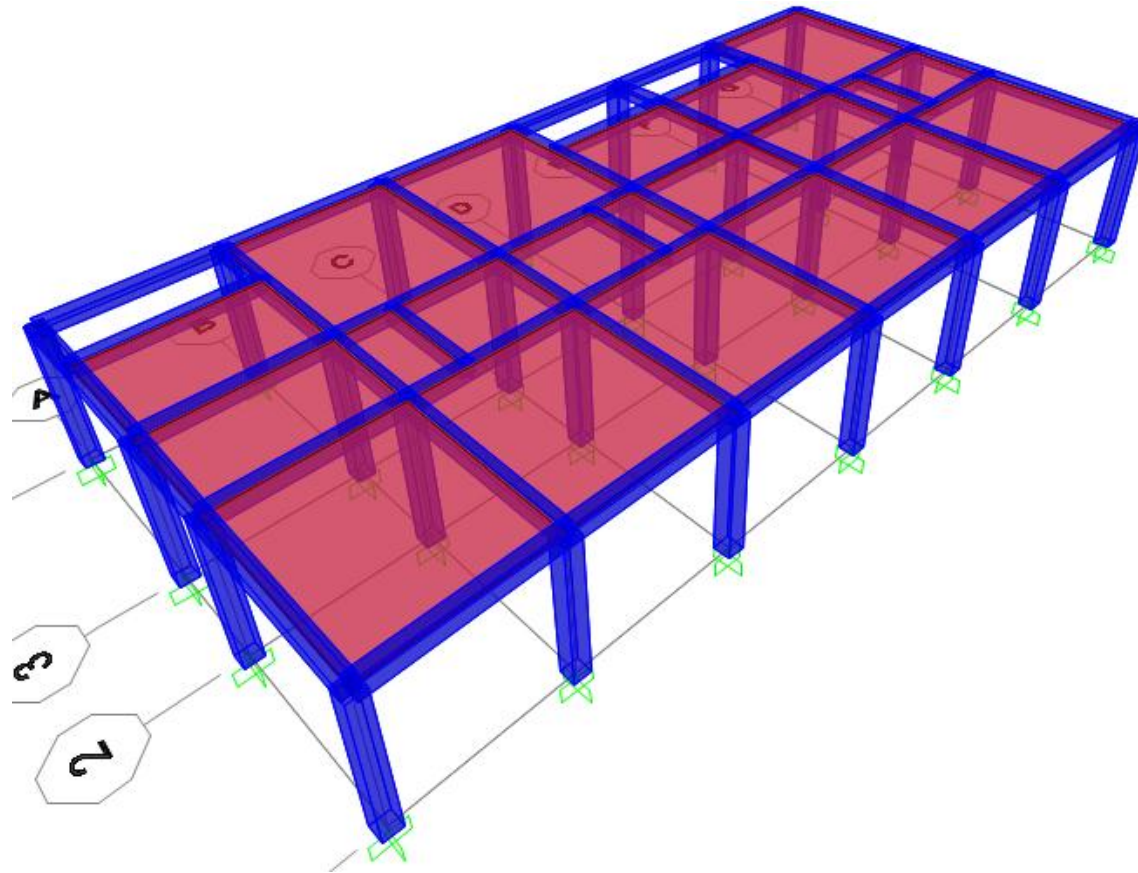
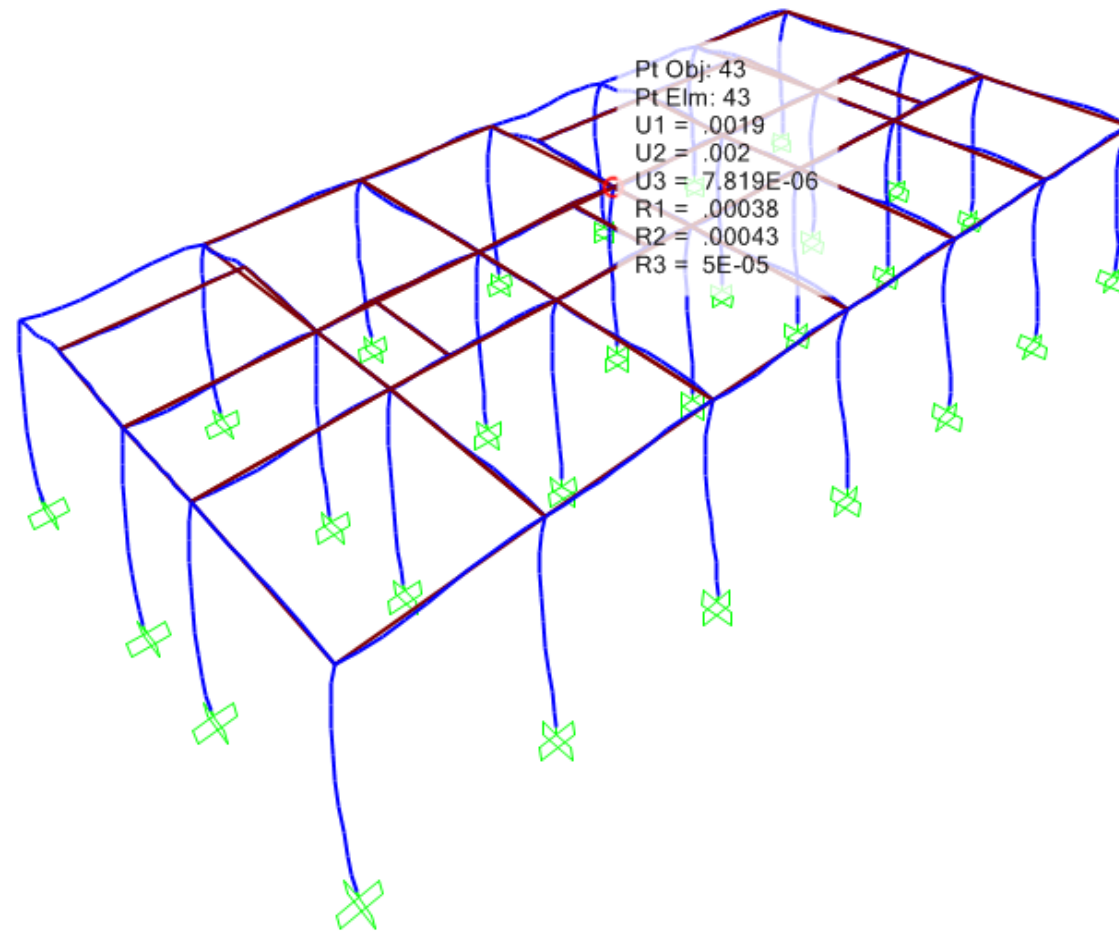


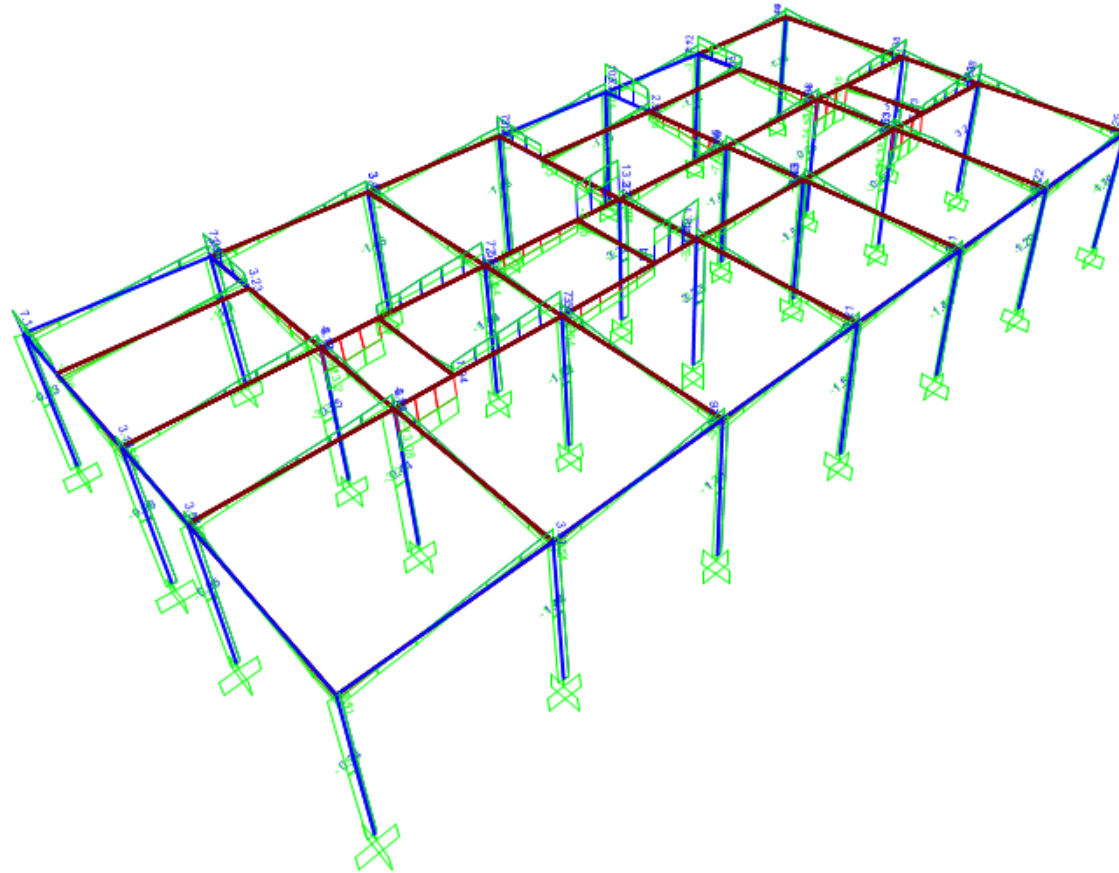
Figura 117. Esquema de modelo 3D realizado en software SAP2000



**Figura 118. Desplazamiento máximo a nivel de cubierta según software SAP2000**

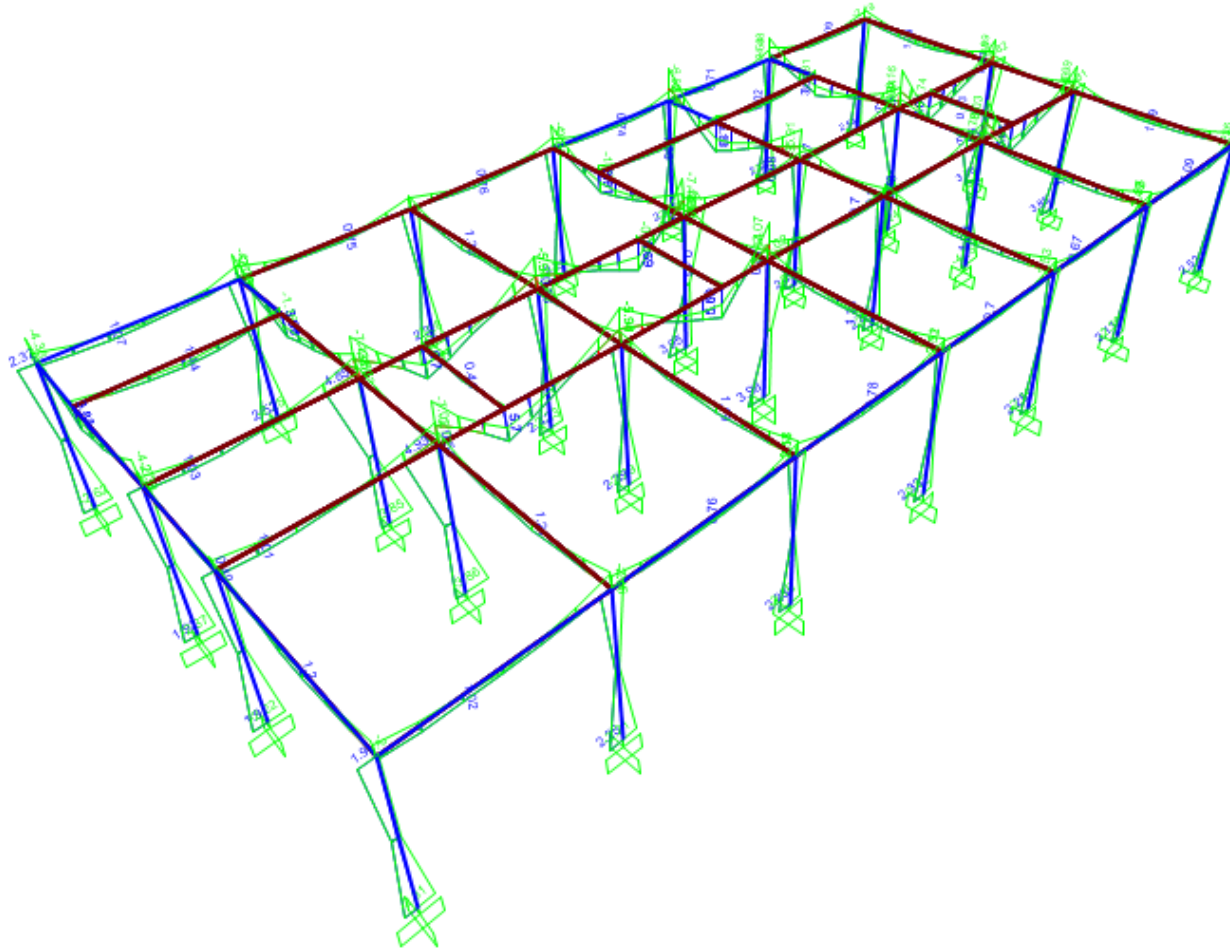


La Figura 118 muestra los desplazamientos máximos en las dos direcciones principales después de aplicadas las fuerzas sísmicas. El desplazamiento en la dirección X es representada por el valor U1 y el desplazamiento en la dirección Y se representada por el valor U2. Se debe tener en cuenta que para el cumplimiento de las derivas el desplazamiento debe ser máximo del 1% de la altura de piso. Por lo que, para un edificio de 2.8m de altura, el desplazamiento máximo puede ser de 2.8cm. En las dos direcciones se puede observar que el desplazamiento es de 1.9mm y 2.0mm, lo cual indica que las derivas son del 0.07%. Lo anterior indica que las columnas son muy rígidas para la edificación, sin embargo, como se tiene que las columnas de 30x30cm, entonces se puede deducir que la vivienda tiene elementos sobre-dimensionados para el fin que tiene. Aunque se continuará trabajando con dichas dimensiones, debido a que son las dimensiones mínimas exigidas por NSR-10.



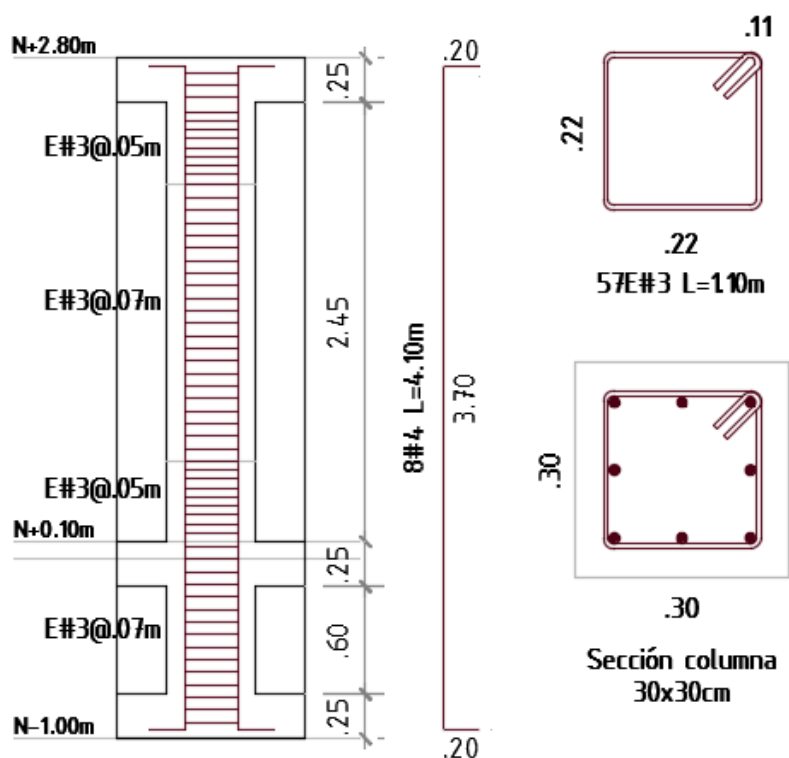
**Figura 119. Diagramas de cortante según software SAP2000**

La Figura 119 muestra el diagrama de cortantes y la Figura 120 muestra el diagrama de momentos de la envolvente de diseño para cada una de las cargas mayoradas exigidas por el Título B de NSR-10. Los diagramas de cortantes y de momentos se realizaron con la ayuda del software SAP2000.



**Figura 120. Diagramas de momento según software SAP2000**

Se realizó el diseño de una columna típica. Para lo cual se tuvo en cuenta las fuerzas cortantes y axiales y los momentos flectores que actuaban sobre la columna. Sin embargo, debido a que existe una sobre-dimensión del elemento (para cumplir con la dimensión mínima exigida por NSR-10), se tiene que la columna se debe diseñar con la cuantía mínima exigida por el Título C de NSR-10, en donde se estipula que la cuantía mínima es el 1% del área total de la sección de la columna. Si la columna tiene un área de  $900\text{cm}^2$ , entonces se requiere mínimo  $9\text{cm}^2$  de cuantía de acero. Lo cual se cumple con 8 barras #4 ( $10.92\text{cm}^2$ ). Además, se debe tener en cuenta que la separación entre barras sea máximo de 15cm, lo cual se cumple al disponer de 3 barras por cada una de las caras de la columna. El refuerzo transversal debe cumplir con condiciones mínimas de separación de estribos a dos ramas. La Figura 121 muestra el refuerzo de una columna tipo de la vivienda diseñada en sistema tipo pórtico de un piso de altura.



**Figura 121. Detalle de columna típica en sistema tipo pórtico de un piso**

La Figura 122 muestra la configuración en planta con las vigas a nivel de terreno y con la placa de contrapiso. Las vigas de cimentación se dimensionaron de tal forma que se cumpla con la dimensión mínima exigida por el Título C de NSR-10. Las vigas a nivel de piso son de 25cm de ancho y algunas de 20cm de ancho y todas las vigas son de 25cm de altura.

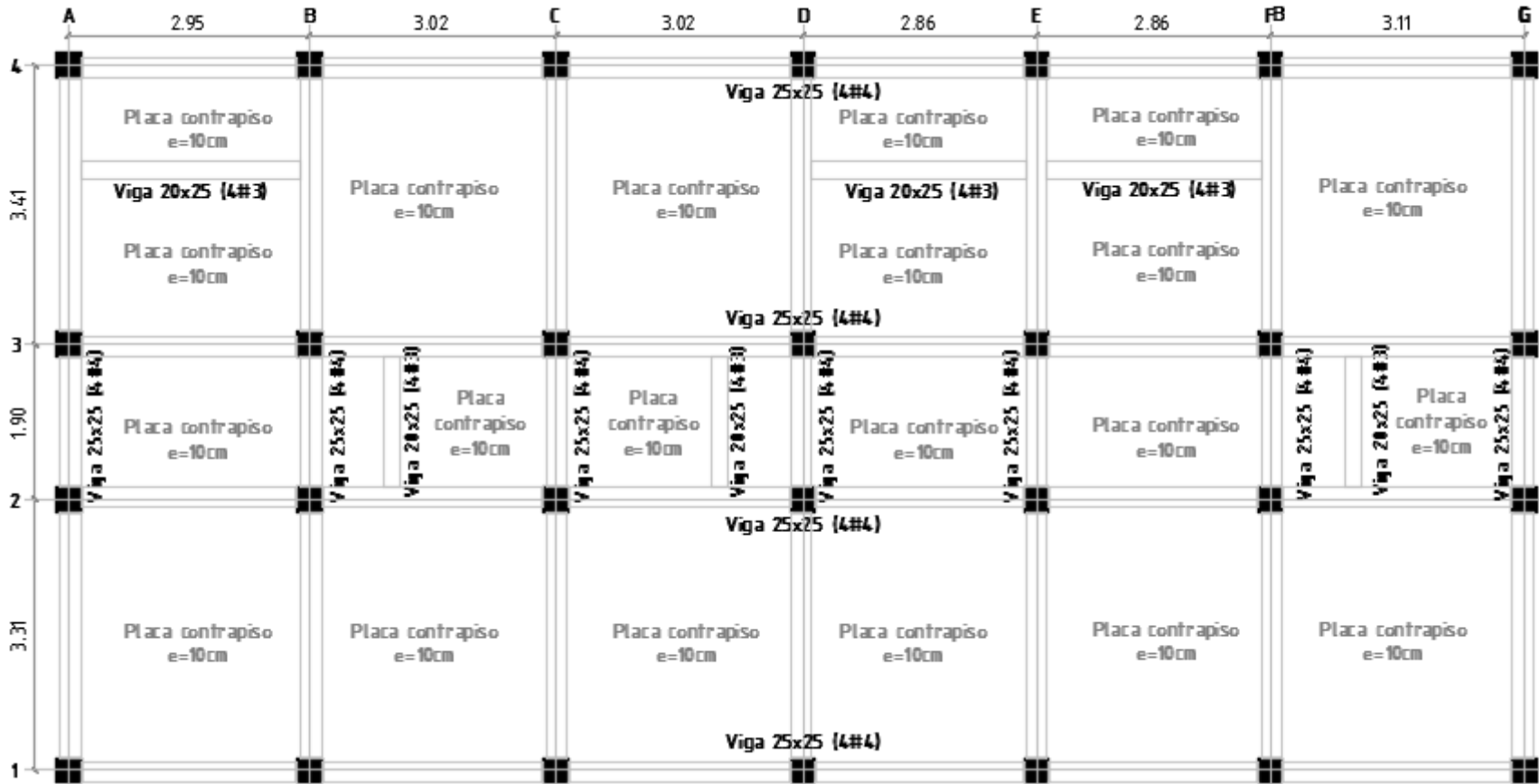


Figura 122. Configuración en planta de vigas a nivel de terreno

El refuerzo de las vigas de cimentación ubicadas a nivel de terreno se muestra en la Figura 123. Los estribos se disponen de la siguiente manera: cada 5cm los primeros 50cm cerca de los nudos (en intersección con las columnas) y cada 10cm en el resto de la luz. A nivel de terreno se ubica una placa de Contrapiso embebida en las vigas que se ubican a dicho nivel. La placa de contrapiso se diseña con cuantía mínima a fin de soportar los esfuerzos por temperatura, por lo que se dispondrá de un refuerzo como muestra la Figura 124.

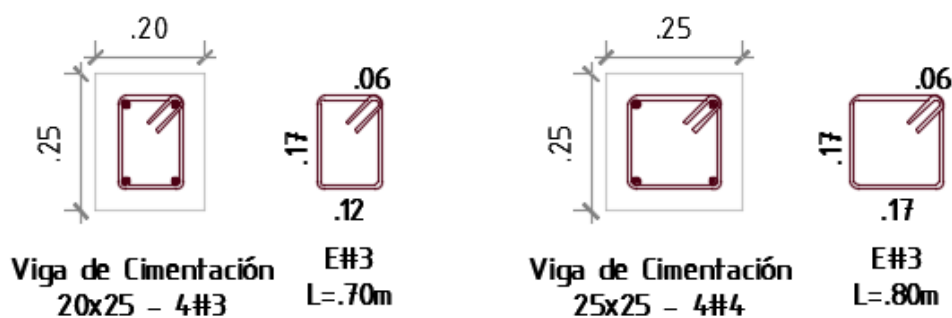


Figura 123. Detalle de refuerzo de vigas de cimentación (a nivel de terreno)

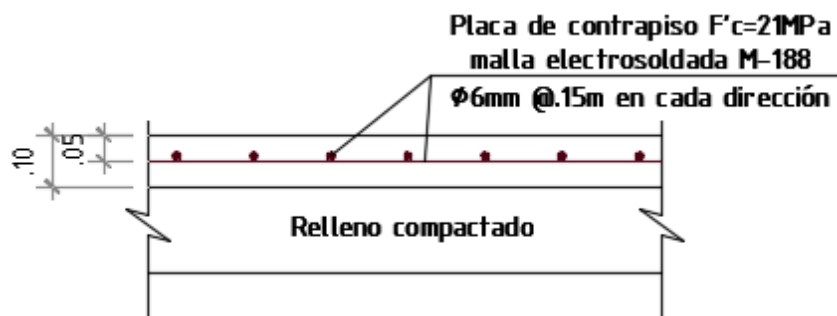


Figura 124. Detalle de placa de contrapiso

La Figura 125 muestra la configuración en planta con las vigas a nivel de cubierta. Las vigas de cubierta se dimensionaron de tal forma que se cumpla con la dimensión mínima exigida por el Título C de NSR-10. Las vigas de cubierta son de 25cm y algunas de 20cm de ancho y todas las vigas son de 25cm de altura. El refuerzo de las vigas de cimentación ubicadas a nivel de terreno se muestra en la Figura 126.

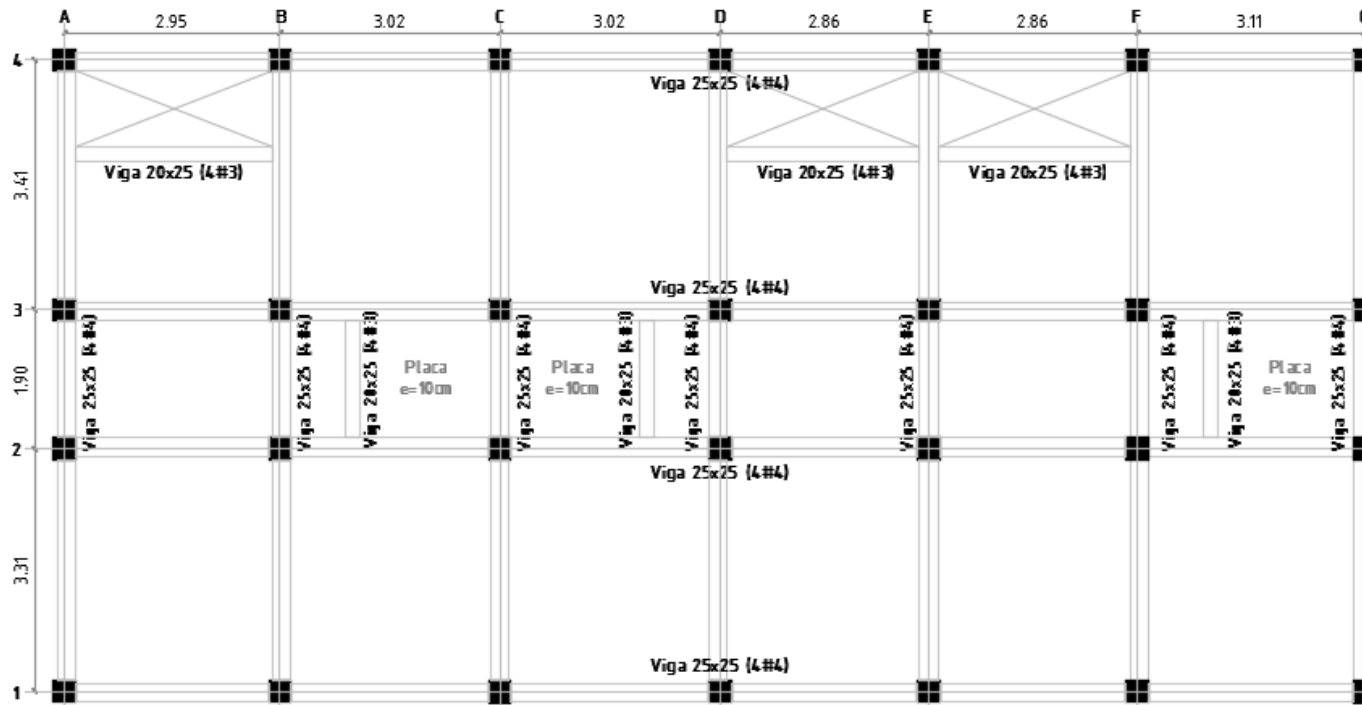


Figura 125. Configuración en planta de vigas a nivel de cubierta

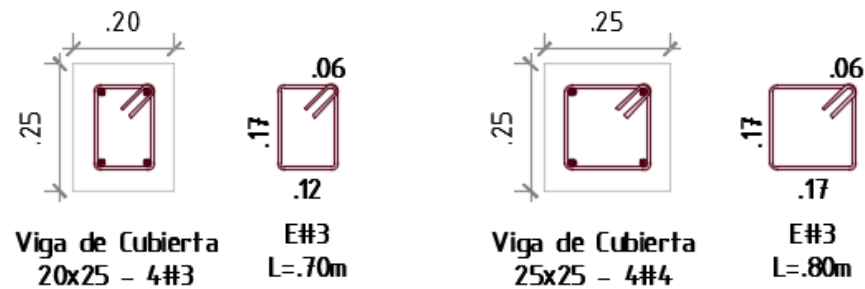


Figura 126. Detalle de refuerzo de vigas de cubierta

La Figura 127 muestra un detalle de la configuración en planta de cubierta liviana y placa para tanque aéreo. La placa de tanque se dimensionó con un espesor de 10cm. La Figura 128 muestra un detalle de la dimensión y refuerzo necesario en la placa que soportará los tanques aéreos. Para el diseño se estimó que la altura del tanque es un metro de altura, y que la lámina de agua se encuentra máximo a 75cm de altura. Y la cubierta liviana que se dispuso es de tejas de arcilla sobre mortero de pega y que se dispone sobre un entramado de madera (listones de madera que soporta una cama de machimbre), tal y como se muestra en la Figura 128.



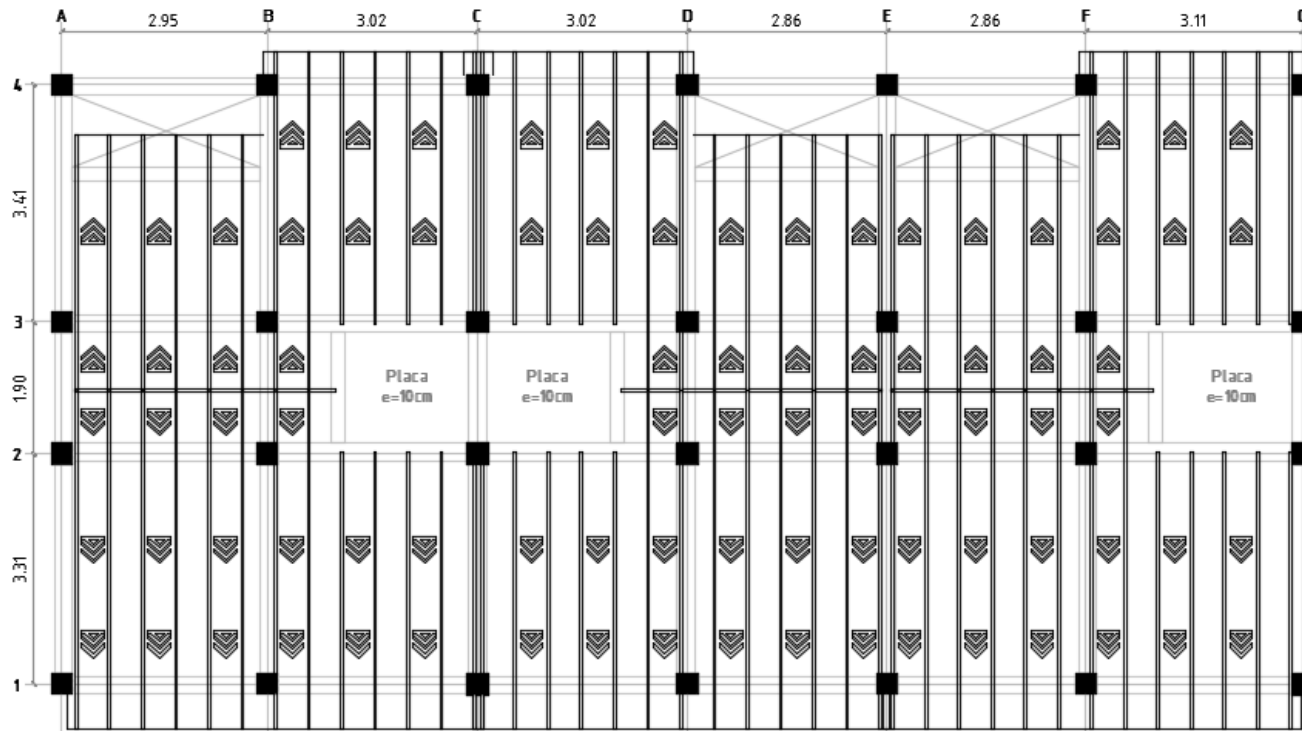


Figura 127. Detalle de configuración en planta de cubierta liviana

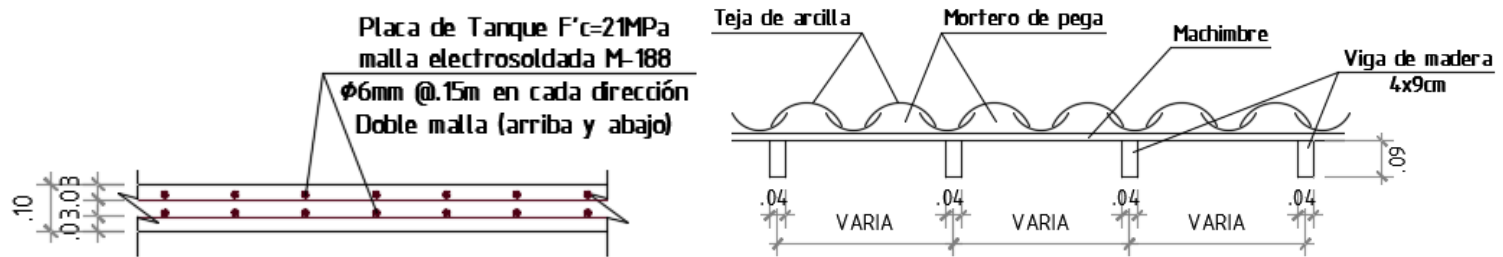


Figura 128. Detalles: placa de tanque (izquierda) y cubierta liviana (derecha)

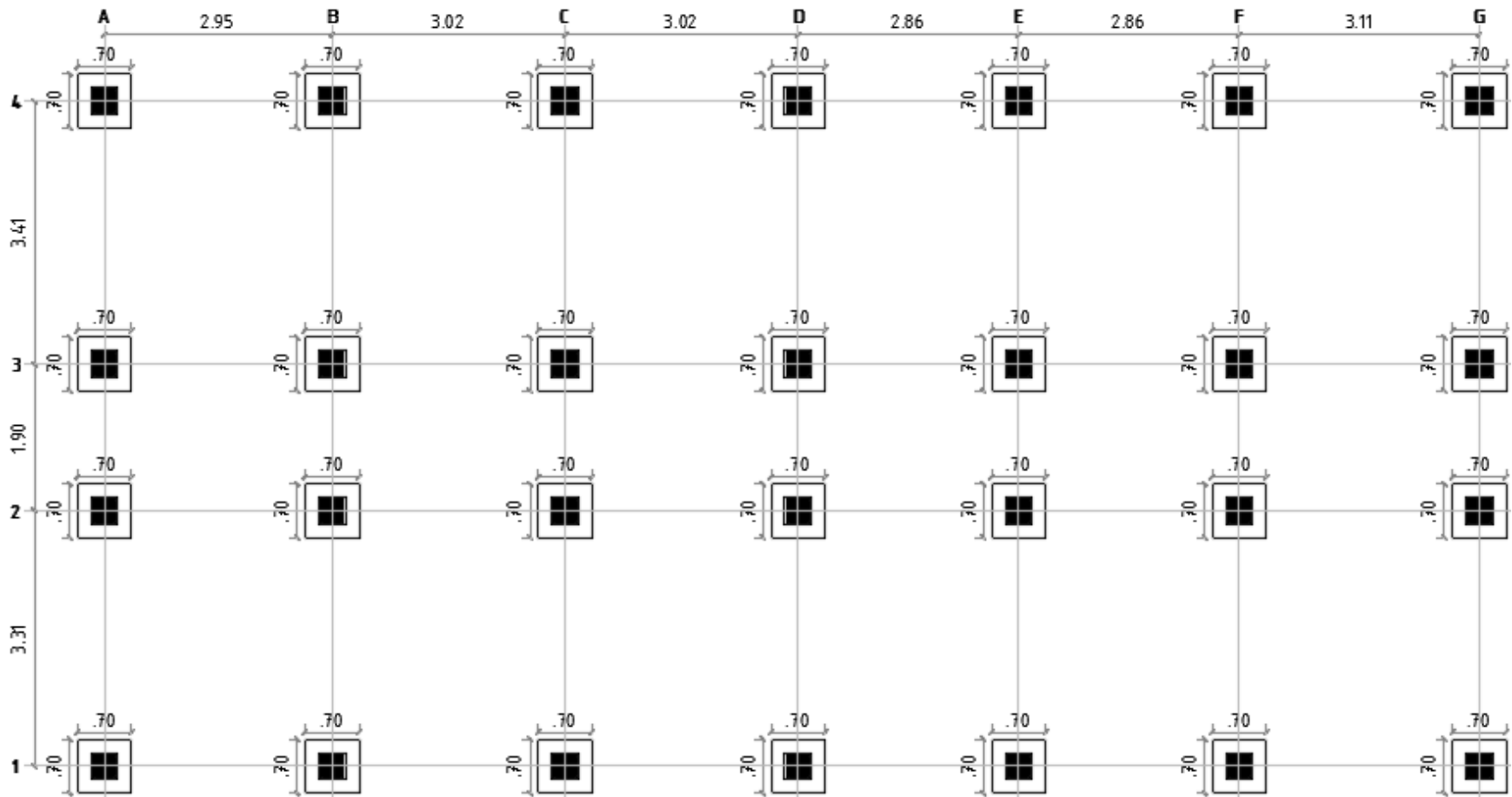
Zapata 1	Zapata 2	Zapata 3	Zapata 4	Zapata 5	Zapata 6	Zapata 7
Zapata 8	Zapata 9	Zapata 10	Zapata 11	Zapata 12	Zapata 13	Zapata 14
Zapata 15	Zapata 16	Zapata 17	Zapata 18	Zapata 19	Zapata 20	Zapata 21
Zapata 22	Zapata 23	Zapata 24	Zapata 25	Zapata 26	Zapata 27	Zapata 28

**Figura 129. Planta con puntos de zapata para referencia de fuerzas y momentos**

La Figura 129 muestra la planta con la ubicación de puntos de zapata para referencia de fuerzas y momentos. En la tabla 7 presenta los valores de cargas y momentos de servicio, es decir, suma de cargas vigas y cargas muertas sin mayorar, y los valores de cargas y momentos mayorados.

**Tabla 7. Fuerzas y momentos tranferidos a la cimentación de la vivienda de un piso**

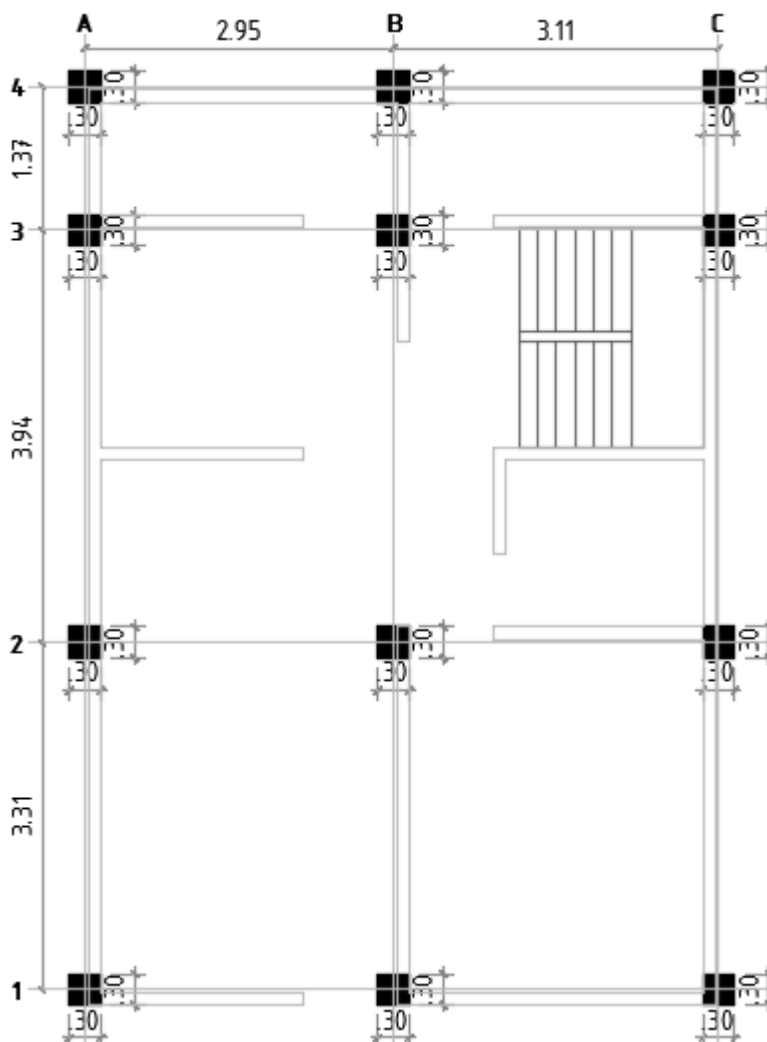
<b>Zapata</b>	<b>Ps</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>Pu</b>	<b>Mux</b>	<b>Muy</b>
1	13.44	0.20	0.34	16.33	0.24	0.41
2	20.65	0.31	0.52	25.50	0.38	0.64
3	21.61	0.32	0.54	26.96	0.40	0.67
4	20.23	0.30	0.51	25.00	0.38	0.63
5	18.75	0.28	0.47	22.87	0.34	0.57
6	20.61	0.31	0.52	25.47	0.38	0.64
7	15.00	0.23	0.38	18.53	0.28	0.46
8	18.60	0.28	0.47	23.01	0.35	0.58
9	35.80	0.54	0.90	44.87	0.67	1.12
10	49.84	0.75	1.25	62.69	0.94	1.57
11	35.50	0.53	0.89	44.51	0.67	1.11
12	26.67	0.40	0.67	33.30	0.50	0.83
13	36.77	0.55	0.92	46.11	0.69	1.15
14	29.95	0.45	0.75	37.40	0.56	0.94
15	17.61	0.26	0.44	21.84	0.33	0.55
16	34.55	0.52	0.86	43.37	0.65	1.08
17	49.51	0.74	1.24	62.27	0.93	1.56
18	34.25	0.51	0.86	43.00	0.64	1.07
19	24.87	0.37	0.62	31.20	0.47	0.78
20	35.50	0.53	0.89	44.57	0.67	1.11
21	29.75	0.45	0.74	37.15	0.56	0.93
22	14.57	0.22	0.36	17.98	0.27	0.45
23	21.45	0.32	0.54	26.73	0.40	0.67
24	21.52	0.32	0.54	26.83	0.40	0.67
25	21.13	0.32	0.53	26.34	0.40	0.66
26	20.69	0.31	0.52	25.78	0.39	0.64
27	21.51	0.32	0.54	26.81	0.40	0.67
28	14.94	0.22	0.37	18.45	0.28	0.46



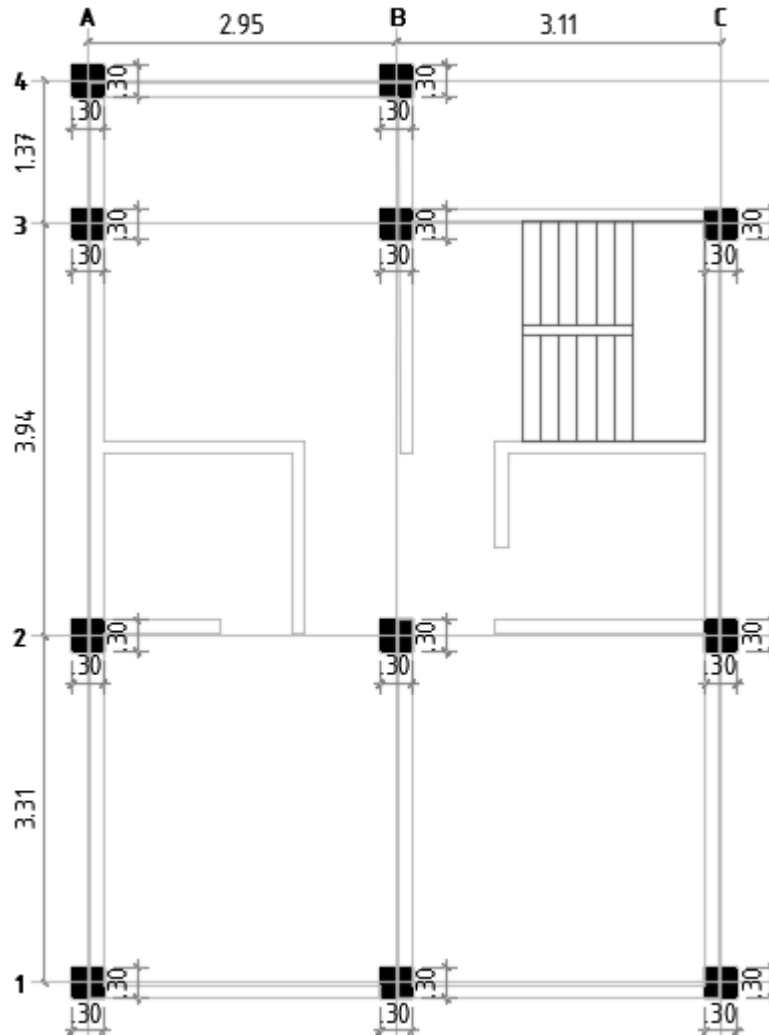
**Figura 130. Configuración en planta con la ubicación de las zapatas aisladas**

La Figura 130 muestra la configuración en planta con la ubicación de las zapatas aisladas. Las zapatas son de 70cm x 70cm, y están reforzadas con cuantía mínima que para zapatas es de 0.0018, por lo que, las zapatas se refuerzan con barras #4 separadas cada 15cm en las dos direcciones principales.

**4.3.4 Diseño estructural de casa de dos pisos (100m<sup>2</sup>) en pórticos.** Se realiza un replanteo al plano arquitectónico, ubicando columnas con la dimensión mínima estipulada por NSR-10, que para edificaciones ubicadas en una zona de amenaza sísmica alta es de 30cm x 30cm (900cm<sup>2</sup>). Las Figura 131 y Figura 132 muestran el replanteo del sistema tipo pórtico de viviendas de dos pisos.



**Figura 131. Replanteo de pórticos de viviendas de dos pisos (planta nivel 1)**



**Figura 132. Replanteo de pórticos de viviendas de dos pisos (planta nivel 2)**

La Figura 133 muestra un esquema del modelo tridimensional de la vivienda de dos pisos realizada en el software SAP2000, con el fin de analizar el comportamiento sísmico para cálculo de derivas, así como para cálculo de transferencias de carga desde la placa hasta el nivel de cimentación.

La Figura 134 muestra los desplazamientos máximos en las dos direcciones principales después de aplicadas las fuerzas sísmicas.

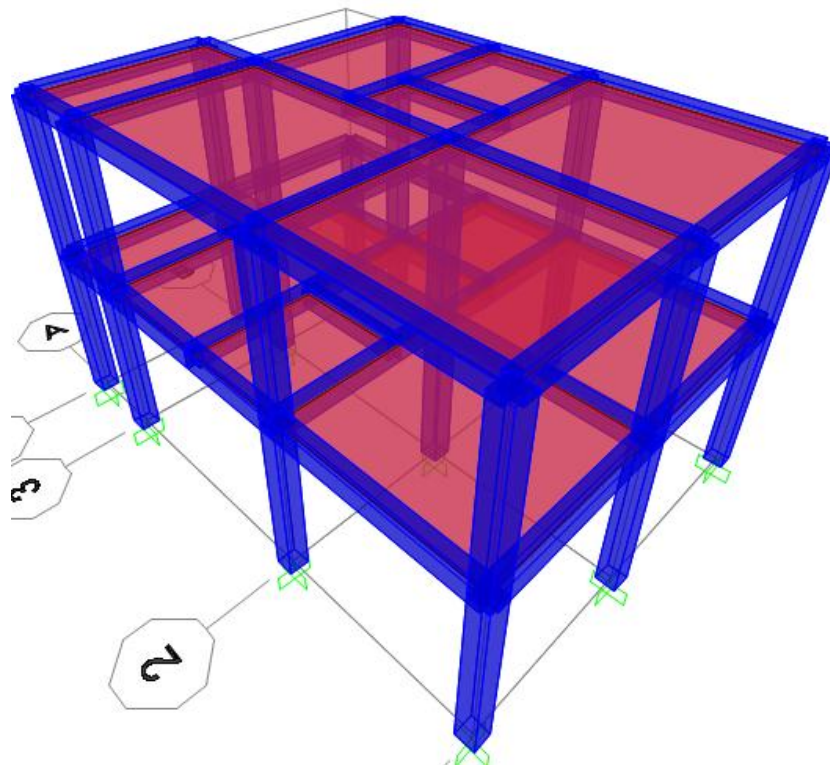


Figura 133. Esquema de modelo 3D realizado en software SAP2000

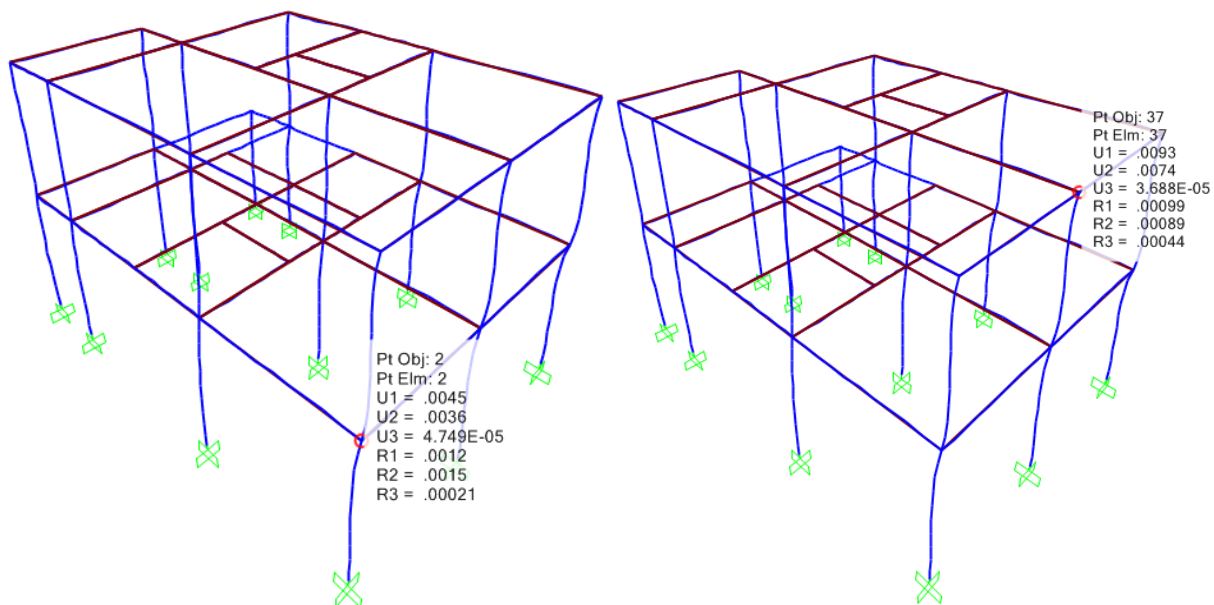
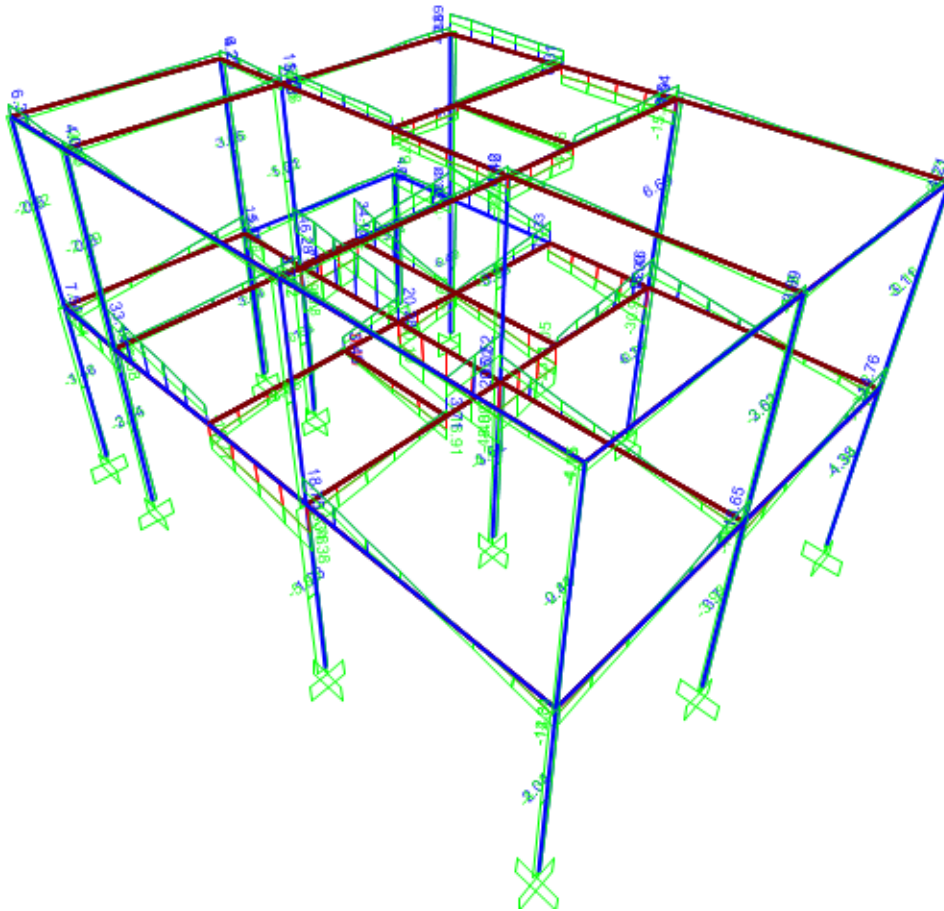


Figura 134. Desplazamiento máximo entrepiso y cubierta según SAP2000

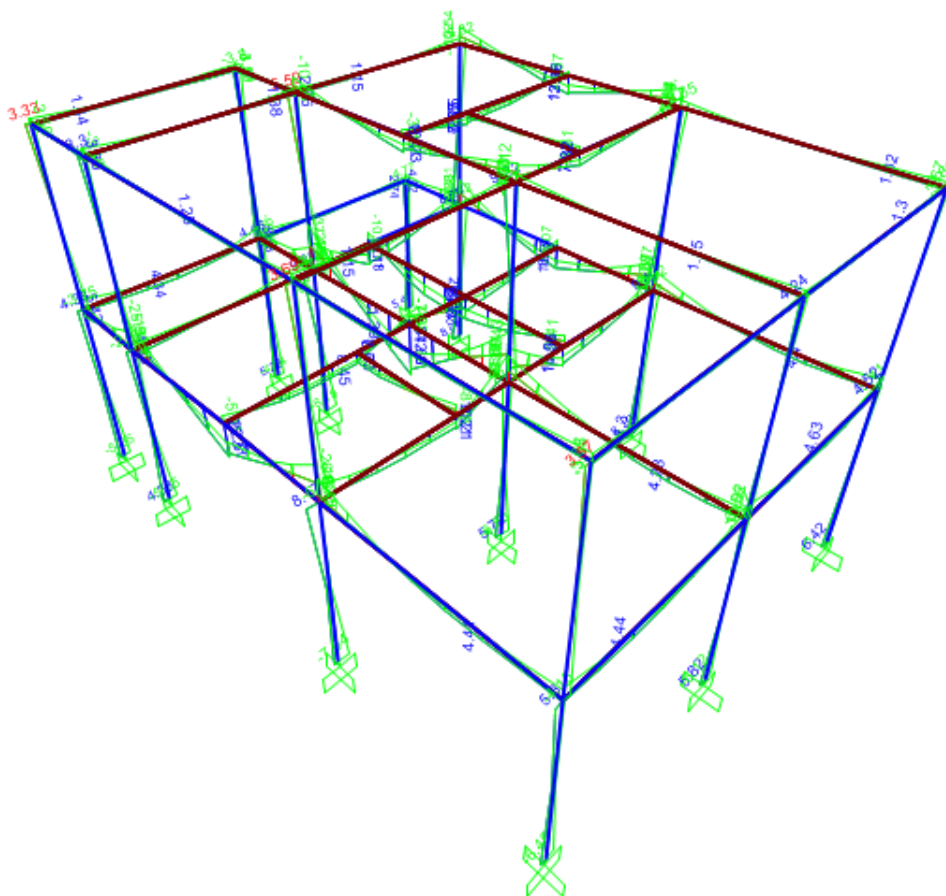
El desplazamiento en la dirección X es representada por el valor U1 y el desplazamiento en la dirección Y se representada por el valor U2. Se debe tener en cuenta que para el cumplimiento de las derivas el desplazamiento debe ser máximo del 1% de la altura de piso. Por lo que, para un edificio de 2.8m de altura, el desplazamiento máximo puede ser de 2.8cm. En las dos direcciones se puede observar que el desplazamiento máximo es de 0.45cm, lo cual indica que las derivas son del 0.16%. Lo anterior indica que las columnas son muy rígidas para la edificación, sin embargo, como se tiene que las columnas de 30x30cm, entonces se puede deducir que la vivienda tiene elementos sobre-dimensionados para el fin que tiene. Aunque se continuará trabajando con dichas dimensiones, debido a que son las dimensiones mínimas exigidas por NSR-10.



**Figura 135. Diagramas de cortante según software SAP2000**



La Figura 135 muestra el diagrama de cortantes y la Figura 136 muestra el diagrama de momentos de la envolvente de diseño para cada una de las cargas mayoradas exigidas por el Título B de NSR-10. Los diagramas de cortantes y de momentos se realizaron con la ayuda del software SAP2000.



**Figura 136. Diagramas de momento según software SAP2000**

Se realizó el diseño de una columna típica. Para lo cual se tuvo en cuenta las fuerzas cortantes y axiales y los momentos flectores que actuaban sobre la columna. Sin embargo, debido a que existe una sobre-dimensión del elemento (para cumplir con la dimensión mínima exigida por NSR-10), se tiene que la columna se debe diseñar con la cuantía mínima exigida por el Título C de NSR-10, en donde se estipula que la cuantía mínima es el 1% del área total de la sección de la

columna. Si la columna tiene un área de  $900\text{cm}^2$ , entonces se requiere mínimo  $9\text{cm}^2$  de cuantía de acero. Lo cual se cumple con 8 barras #4 ( $10.92\text{cm}^2$ ). Además, se debe tener en cuenta que la separación entre barras sea máximo de  $15\text{cm}$ , lo cual se cumple al disponer de 3 barras por cada una de las caras de la columna. El refuerzo transversal debe cumplir con condiciones mínimas de separación de estribos a dos ramas. Las Figura 137 y Figura 138 muestran el refuerzo de una columna tipo de la vivienda diseñada en sistema tipo pórtico de un piso de altura.

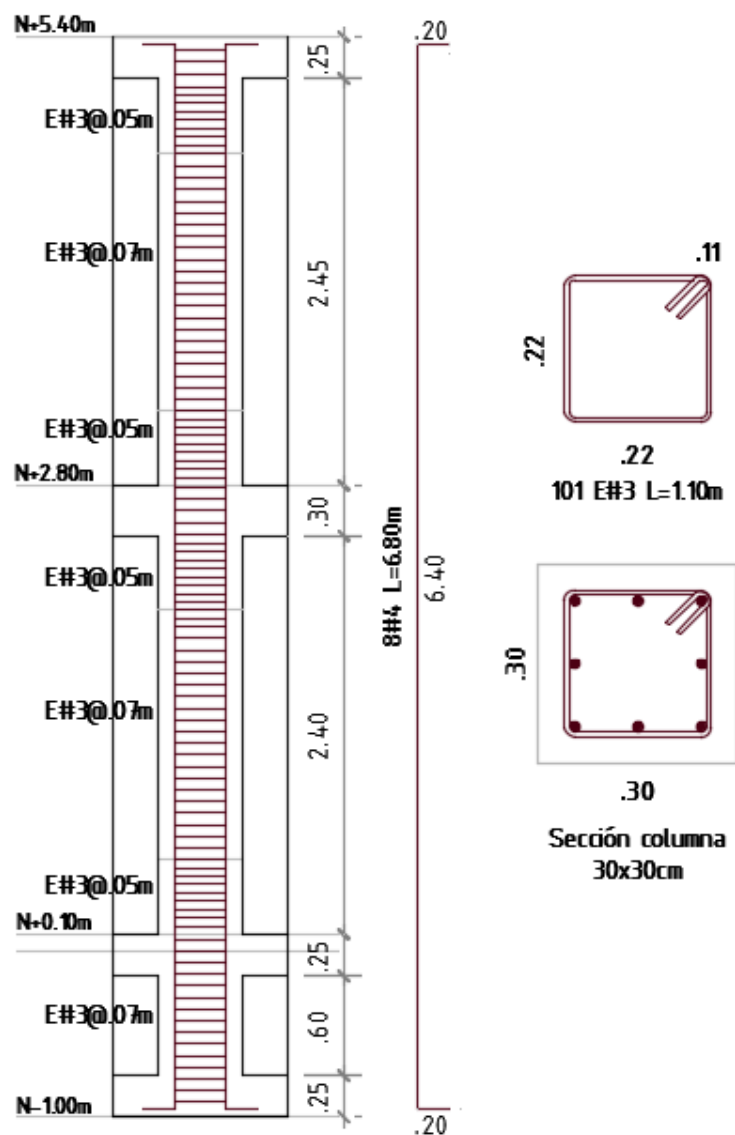
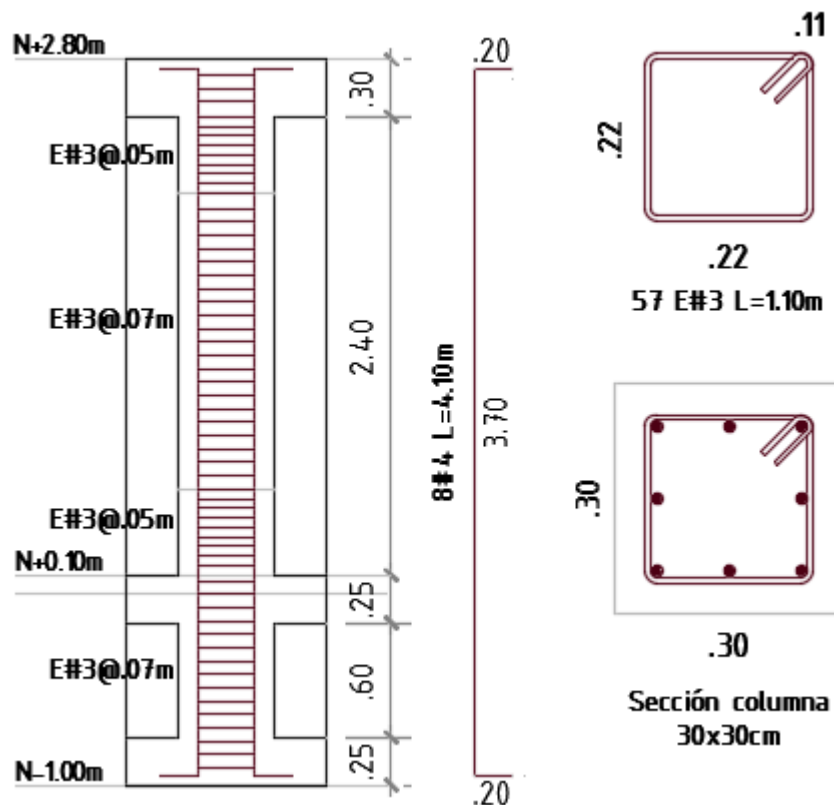


Figura 137. Detalle de columna típica en sistema tipo pórtico de dos pisos



**Figura 138. Detalle de columna típica en sistema tipo pórtico de un piso**

La Figura 140 muestra la configuración en planta con las vigas a nivel de terreno y con la placa de contrapiso. Las vigas de cimentación se dimensionaron de tal forma que se cumpla con la dimensión mínima exigida por el Título C de NSR-10. Las vigas a nivel de piso son de 25cm de ancho y algunas de 20cm de ancho y todas las vigas son de 25cm de altura. El refuerzo de las vigas de cimentación ubicadas a nivel de terreno se muestra en la Figura 139. Los estribos se disponen de la siguiente manera: cada 5cm los primeros 50cm cerca de los nudos (en intersección con las columnas) y cada 10cm en el resto de la luz. A nivel de terreno se ubica una placa de Contrapiso embebida en las vigas que se ubican a dicho nivel. La placa de contrapiso se diseña con cuantía mínima a fin de soportar los esfuerzos por temperatura, por lo que se dispondrá de un refuerzo como muestra la Figura 141.

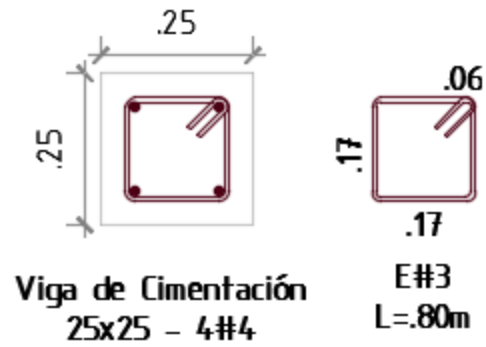


Figura 139. Detalle de refuerzo de vigas de cimentación (a nivel de terreno)

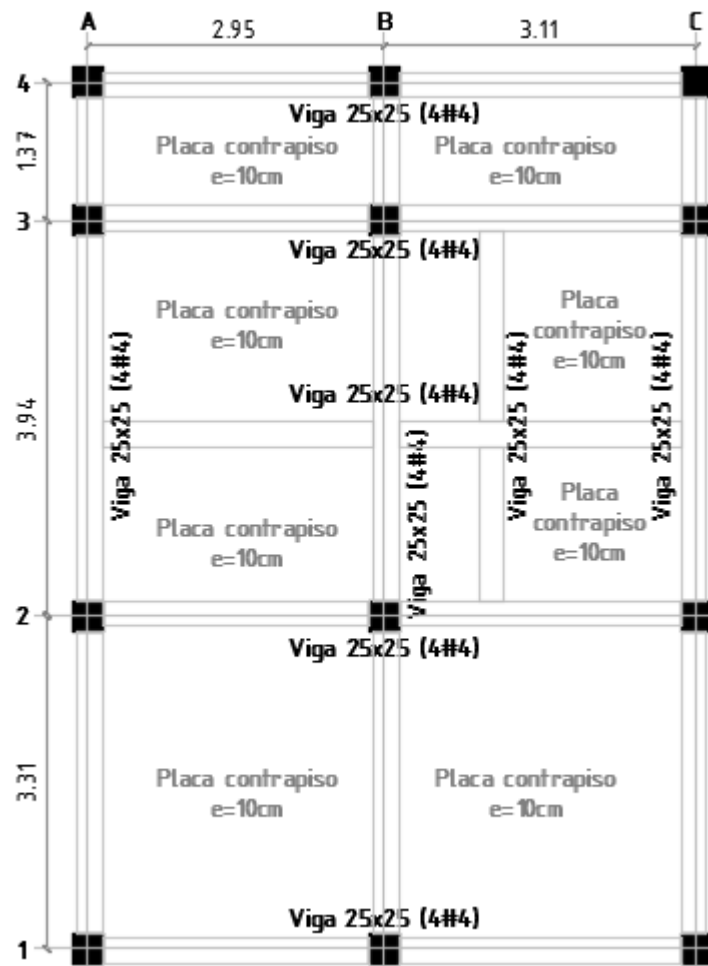
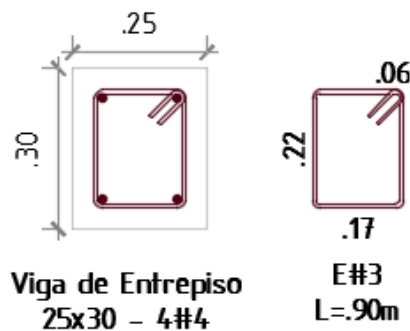


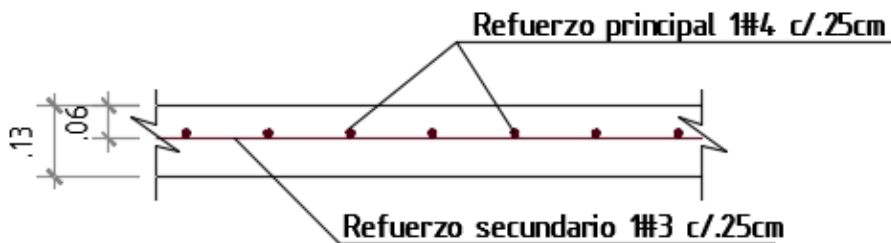
Figura 140. Configuración en planta de vigas a nivel de terreno



el Título C de NSR-10. Las vigas de cubierta son de 25cm de ancho y 30cm de altura. El refuerzo de las vigas de cimentación ubicadas a nivel de terreno se muestra en la Figura 143. La Figura 144 muestra la sección y refuerzo de la placa de entrepiso.



**Figura 143. Detalle de refuerzo de vigas de entrepiso**



**Figura 144. Detalle de refuerzo de placa de entrepiso**

La Figura 146 muestra la configuración en planta con las vigas a nivel de cubierta. Las vigas de cubierta se dimensionaron de tal forma que se cumpla con la dimensión mínima exigida por el Título C de NSR-10. Las vigas de cubierta son de 25cm y algunas de 20cm de ancho y todas las vigas son de 25cm de altura. El refuerzo de las vigas de cimentación ubicadas a nivel de terreno se muestra en la Figura 145.

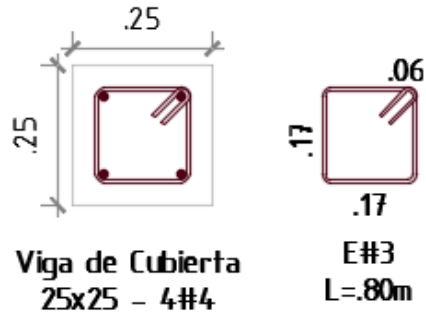


Figura 145. Detalle de refuerzo de vigas de cubierta

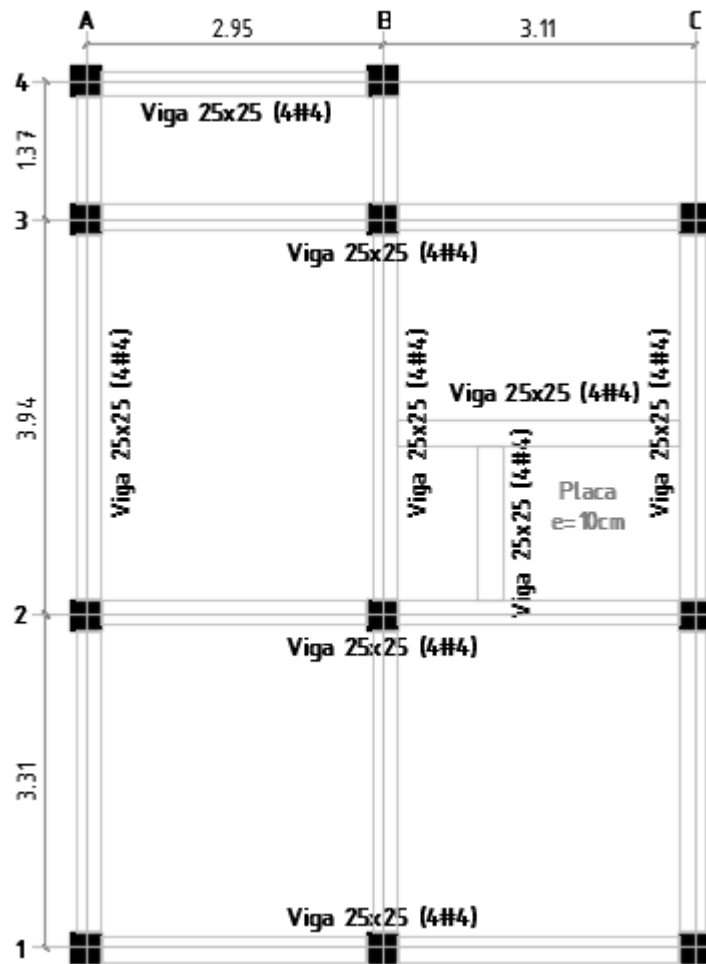
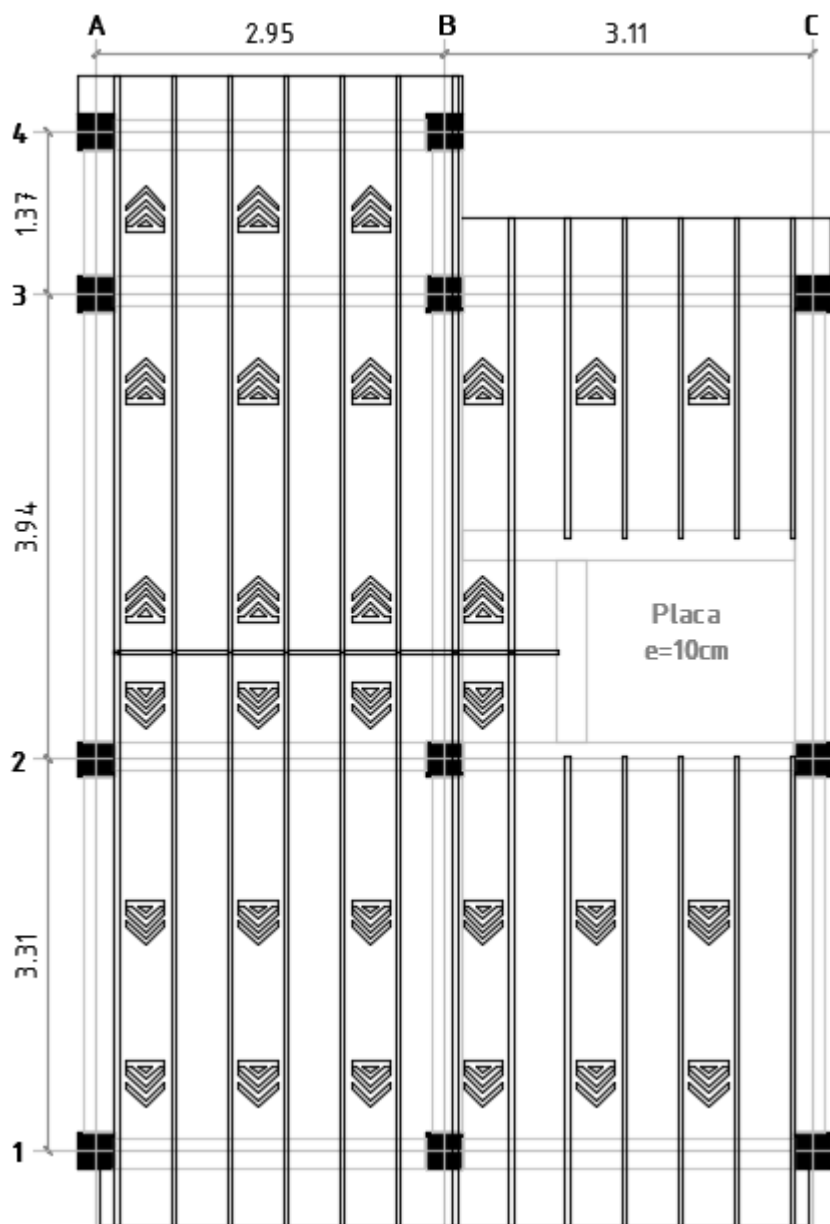


Figura 146. Configuración en planta de vigas a nivel de cubierta

La Figura 147 muestra un detalle de la configuración en planta de cubierta liviana y placa para tanque aéreo. La placa de tanque se dimensionó con un espesor de 10cm. La Figura 148

muestra un detalle de la dimensión y refuerzo necesario en la placa que soportará los tanques aéreos. Para el diseño se estimó que la altura del tanque es un metro de altura, y que la lámina de agua se encuentra máximo a 75cm de altura. Y la cubierta liviana que se dispuso es de tejas de arcilla sobre mortero de pega y que se dispone sobre un entramado de madera (listones de madera que soporta una cama de machimbre), tal y como se muestra en la Figura 149.



**Figura 147. Detalle de configuración en planta de cubierta liviana**



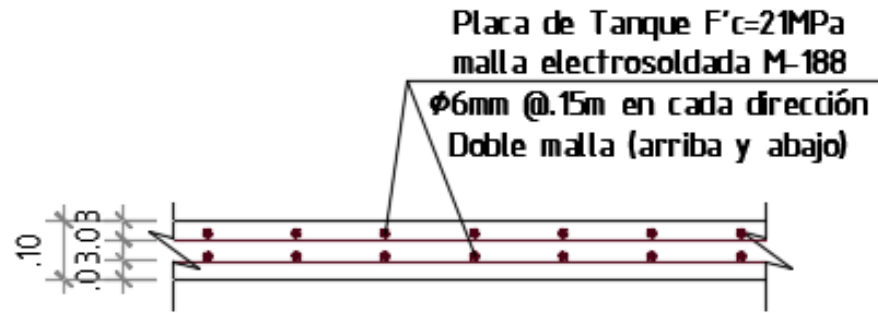


Figura 148. Detalle de placa de tanque

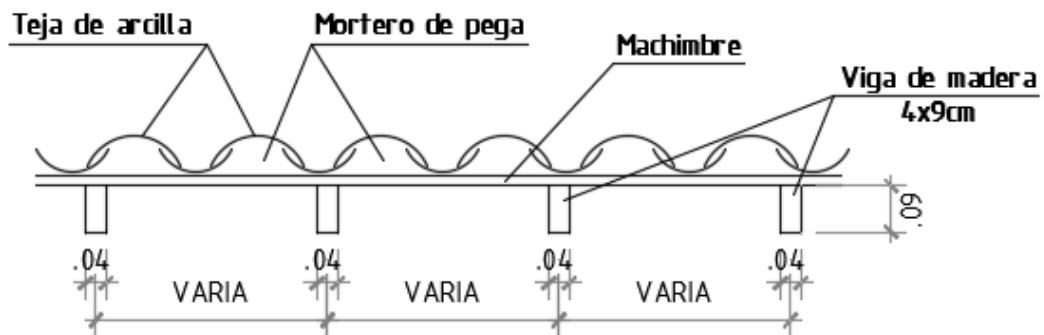


Figura 149. Detalle de cubierta liviana

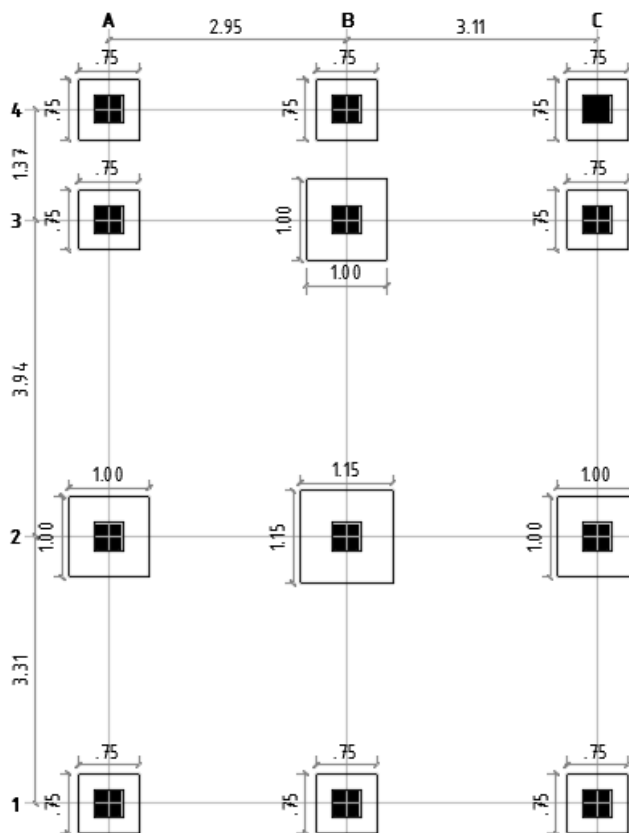


**Figura 150. Planta con puntos de zapata para referencia de fuerzas y momentos**

La Figura 150 muestra la planta con la ubicación de puntos de zapata para referencia de fuerzas y momentos. En la tabla 8 presenta los valores de cargas y momentos de servicio, es decir, suma de cargas vigas y cargas muertas sin mayorar, y de cargas y momentos mayorados.

**Tabla 8. Fuerzas y momentos transferidos a la cimentación de la vivienda de un piso**

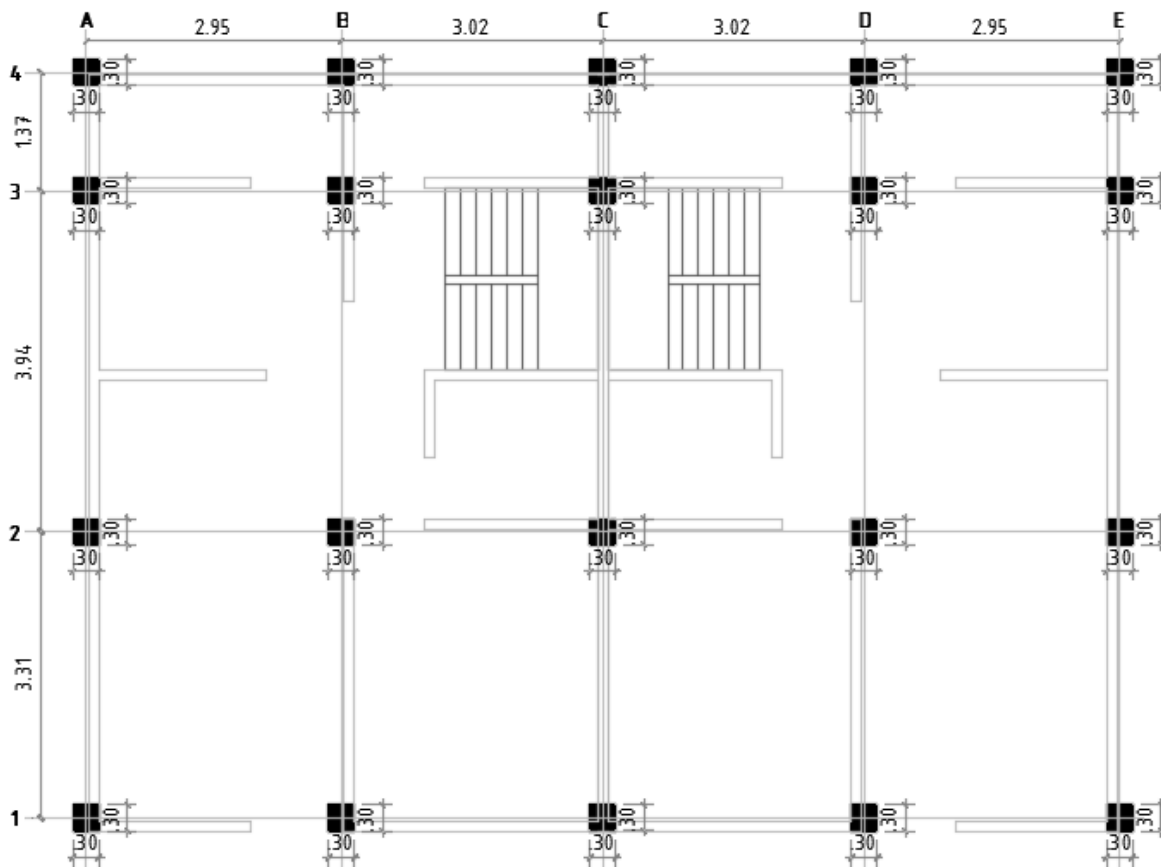
Zapata	Ps	Mx	My	Pu	Mux	Muy
1	32.67	0.49	0.82	39.96	0.60	1.00
2	34.06	0.51	0.85	41.44	0.62	1.04
3	6.72	0.10	0.17	8.26	0.12	0.21
4	75.52	1.13	1.89	94.24	1.41	2.36
5	139.24	2.09	3.48	175.69	2.64	4.39
6	73.33	1.10	1.83	90.76	1.36	2.27
7	102.01	1.53	2.55	127.24	1.91	3.18
8	200.20	3.00	5.01	251.92	3.78	6.30
9	122.14	1.83	3.05	152.54	2.29	3.81
10	53.52	0.80	1.34	66.41	1.00	1.66
11	85.98	1.29	2.15	107.57	1.61	2.69
12	55.03	0.83	1.38	68.33	1.02	1.71



**Figura 151. Configuración en planta con la ubicación de las zapatas aisladas**

La Figura 151 muestra la configuración en planta con la ubicación de las zapatas aisladas. Se observa que la dimensión de las zapatas son: 75cm x 75cm, 1.0m x 1.0m y 1.15m x 1.15m, según el diseño realizado siguiendo los parámetros del Título C de NSR-10. Además, las zapatas se deben reforzar con cuantía mínima que para zapatas es de 0.0018, por lo que, las zapatas se refuerzan con barras #4 separadas cada 15cm en las dos direcciones principales.

**4.3.5 Diseño estructural de casa de dos pisos (200m<sup>2</sup>) en pórticos.** Se realiza un replanteo al plano arquitectónico, ubicando columnas con la dimensión mínima estipulada por NSR-10, que para edificaciones ubicadas en una zona de amenaza sísmica alta es de 30cm x 30cm (900cm<sup>2</sup>). Las Figura 152 y Figura 153 muestran el replanteo del sistema tipo pórtico de viviendas de dos pisos.



**Figura 152. Replanteo de pórticos de viviendas de dos pisos (planta nivel 1)**

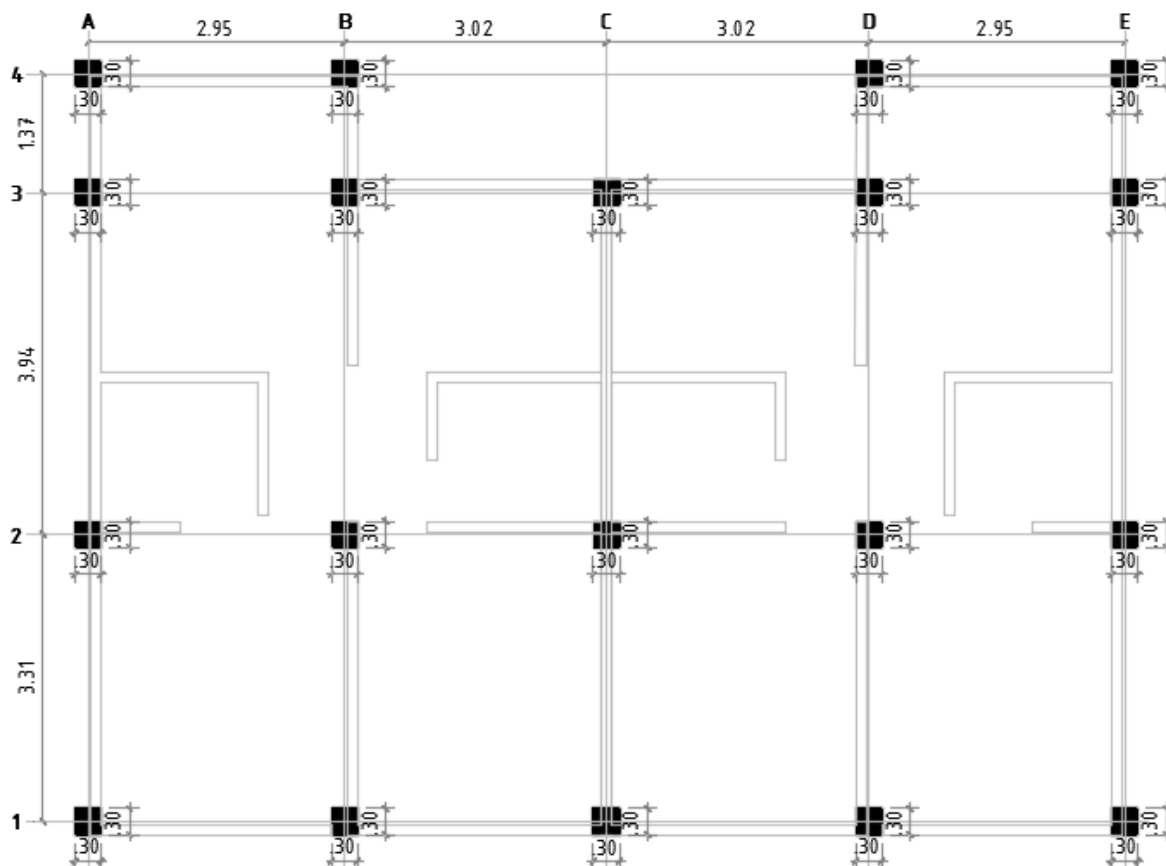


Figura 153. Replanteo de pórticos de viviendas de dos pisos (planta nivel 2)

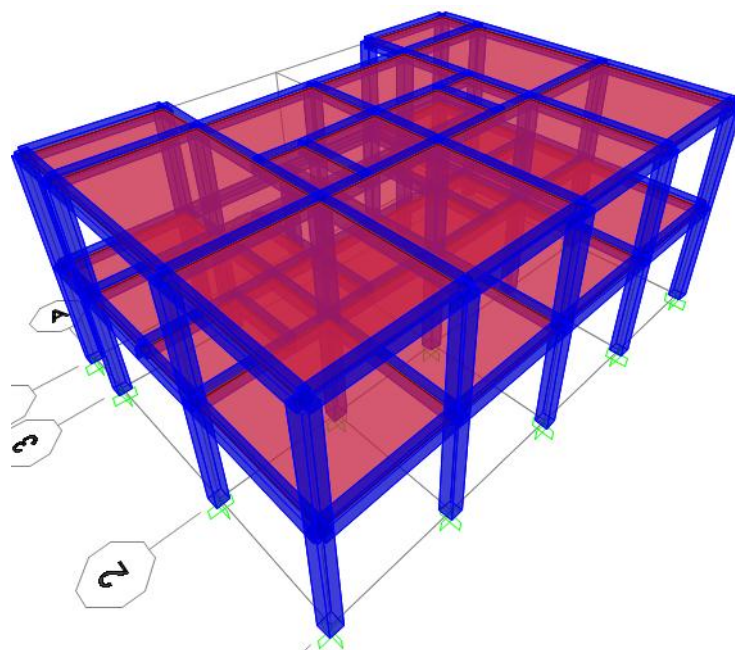
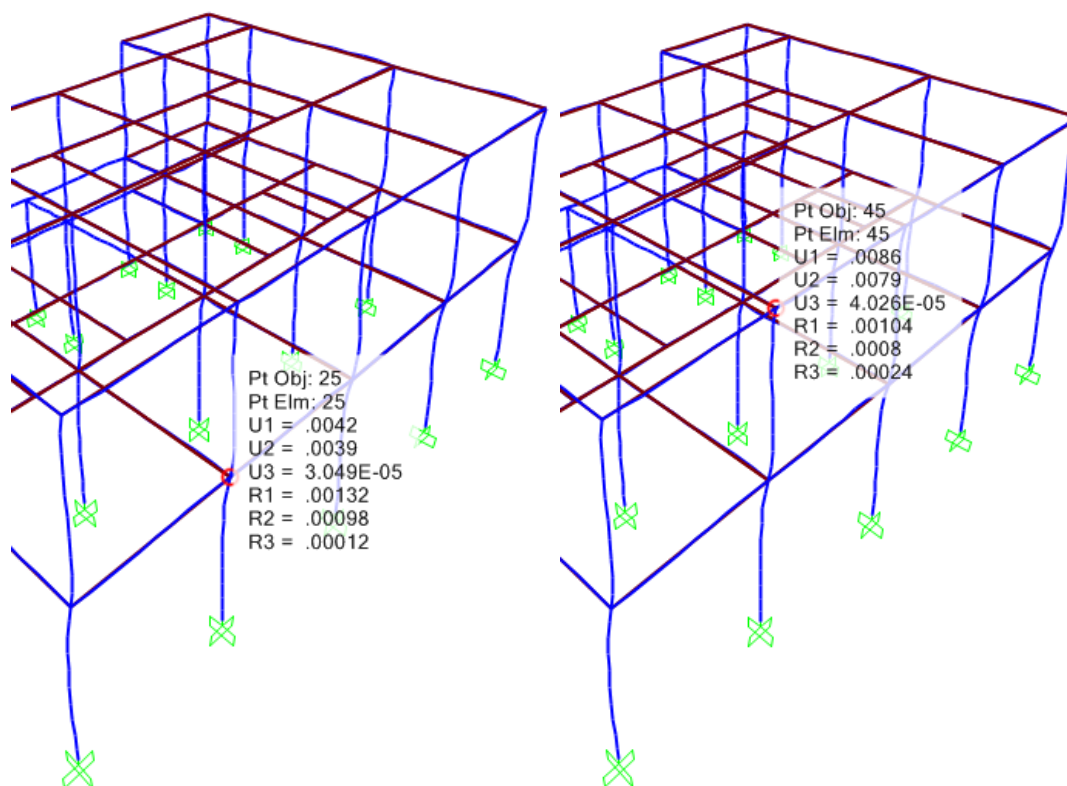


Figura 154. Esquema de modelo 3D realizado en software SAP2000

La Figura 154 muestra un esquema del modelo tridimensional de la vivienda de dos pisos realizada en el software SAP2000, con el fin de analizar el comportamiento sísmico para cálculo de derivas, así como para cálculo de transferencias de carga desde la placa hasta el nivel de cimentación. La Figura 155 muestra los desplazamientos máximos en las dos direcciones principales después de aplicadas las fuerzas sísmicas.

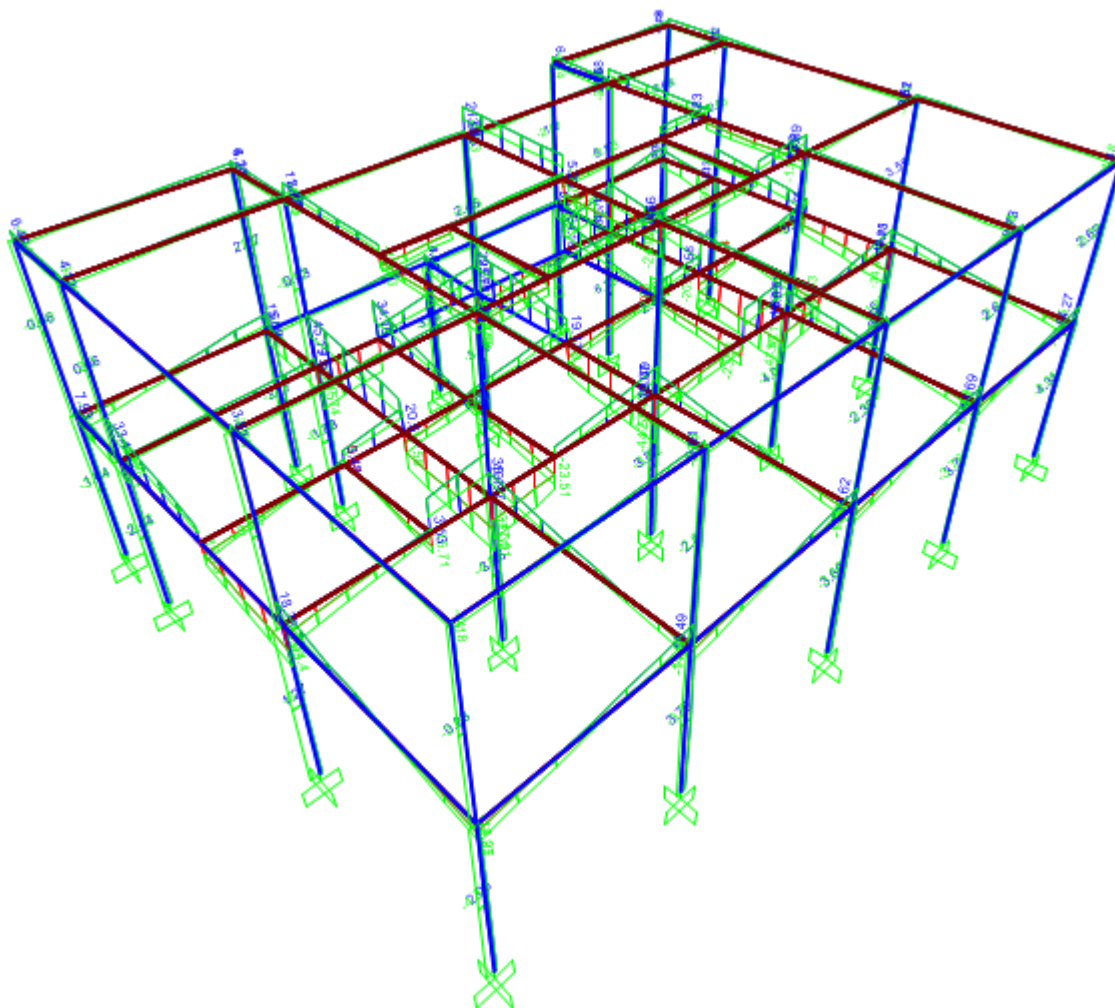


**Figura 155. Desplazamiento máximo entrepiso y cubierta según SAP2000**

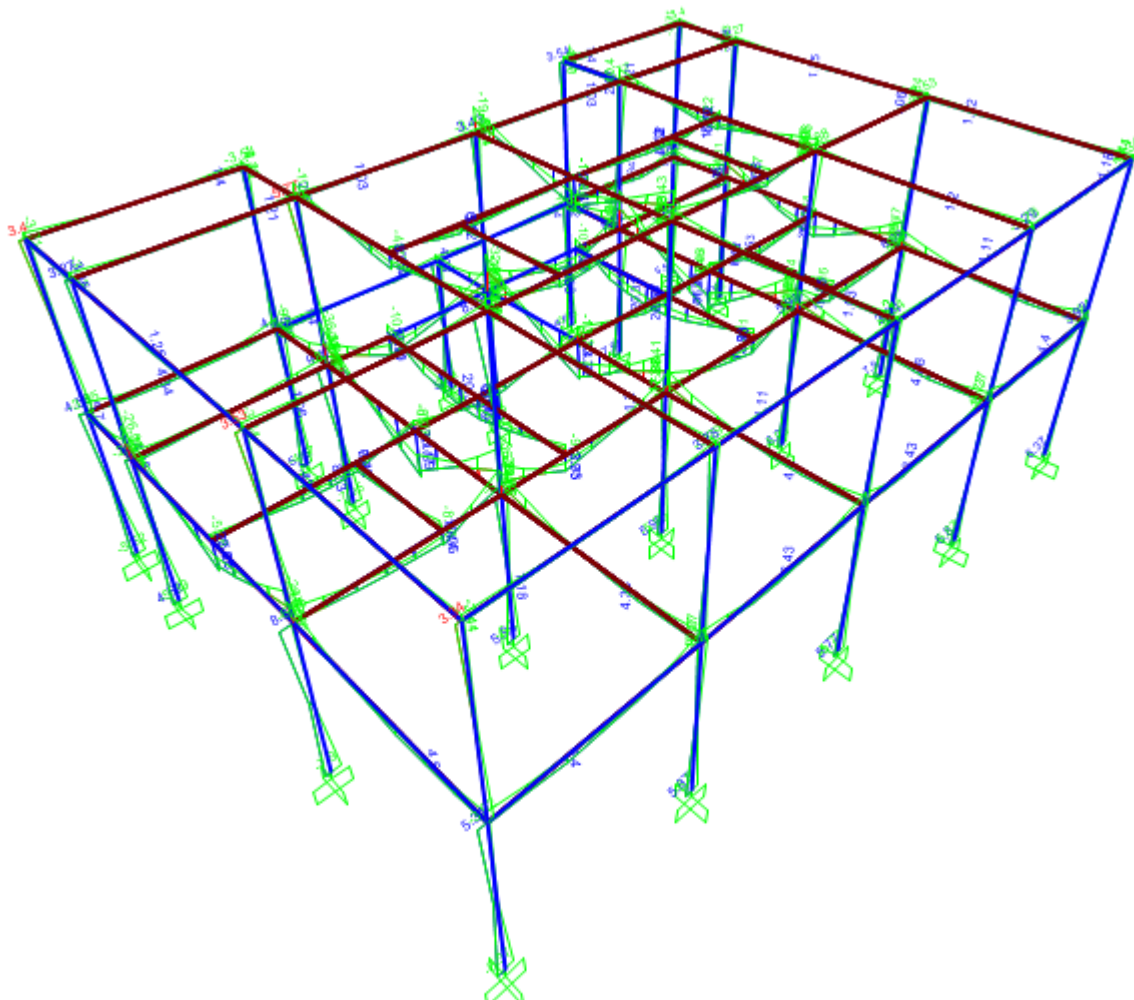
El desplazamiento en la dirección X es representada por el valor U1 y el desplazamiento en la dirección Y se representada por el valor U2. Se debe tener en cuenta que para el cumplimiento de las derivas el desplazamiento debe ser máximo del 1% de la altura de piso. Por lo que, para un edificio de 2.8m de altura, el desplazamiento máximo puede ser de 2.8cm. En las dos direcciones se puede observar que el desplazamiento máximo es de 0.42cm, lo cual indica que las derivas son del 0.16%. Lo anterior indica que las columnas son muy rígidas para la edificación, sin embargo,

como se tiene que las columnas de 30x30cm, entonces se puede deducir que la vivienda tiene elementos sobre-dimensionados para el fin que tiene. Aunque se continuará trabajando con dichas dimensiones, debido a que son las dimensiones mínimas exigidas por NSR-10.

La Figura 156 muestra el diagrama de cortantes y la Figura 157 muestra el diagrama de momentos de la envolvente de diseño para cada una de las cargas mayoradas exigidas por el Título B de NSR-10. Los diagramas de cortantes y de momentos se realizaron con la ayuda del software SAP2000.



**Figura 156. Diagramas de cortante según software SAP2000**



**Figura 157. Diagramas de momento según software SAP2000**

Se realizó el diseño de una columna típica. Para lo cual se tuvo en cuenta las fuerzas cortantes y axiales y los momentos flectores que actuaban sobre la columna. Sin embargo, debido a que existe una sobre-dimensión del elemento (para cumplir con la dimensión mínima exigida por NSR-10), se tiene que la columna se debe diseñar con la cuantía mínima exigida por el Título C de NSR-10, en donde se estipula que la cuantía mínima es el 1% del área total de la sección de la columna. Si la columna tiene un área de  $900\text{cm}^2$ , entonces se requiere mínimo  $9\text{cm}^2$  de cuantía de acero. Lo cual se cumple con 8 barras #4 ( $10.92\text{cm}^2$ ). Además, se debe tener en cuenta que la separación entre barras sea máximo de 15cm, lo cual se cumple al disponer de 3 barras por cada



una de las caras de la columna. El refuerzo transversal debe cumplir con condiciones mínimas de separación de estribos a dos ramas. Las Figura 158 y Figura 159 muestran el refuerzo de una columna tipo de la vivienda diseñada en sistema tipo pórtico de un piso de altura.

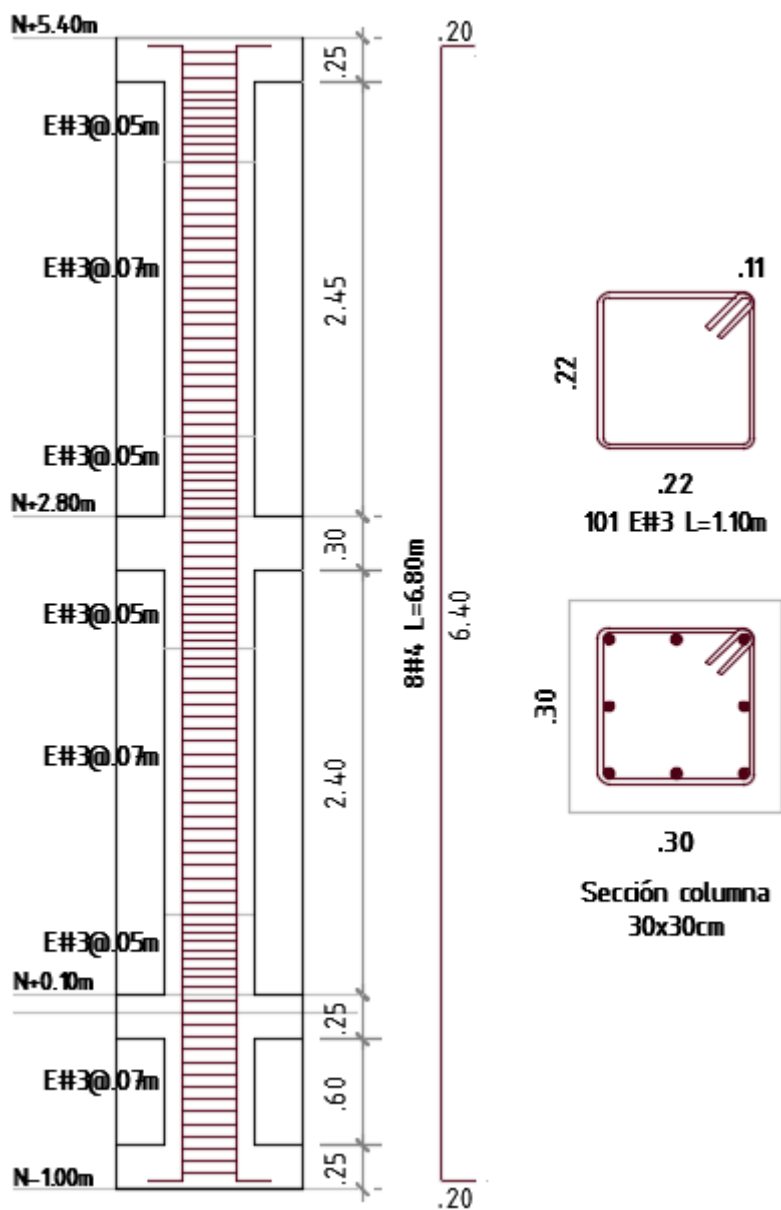
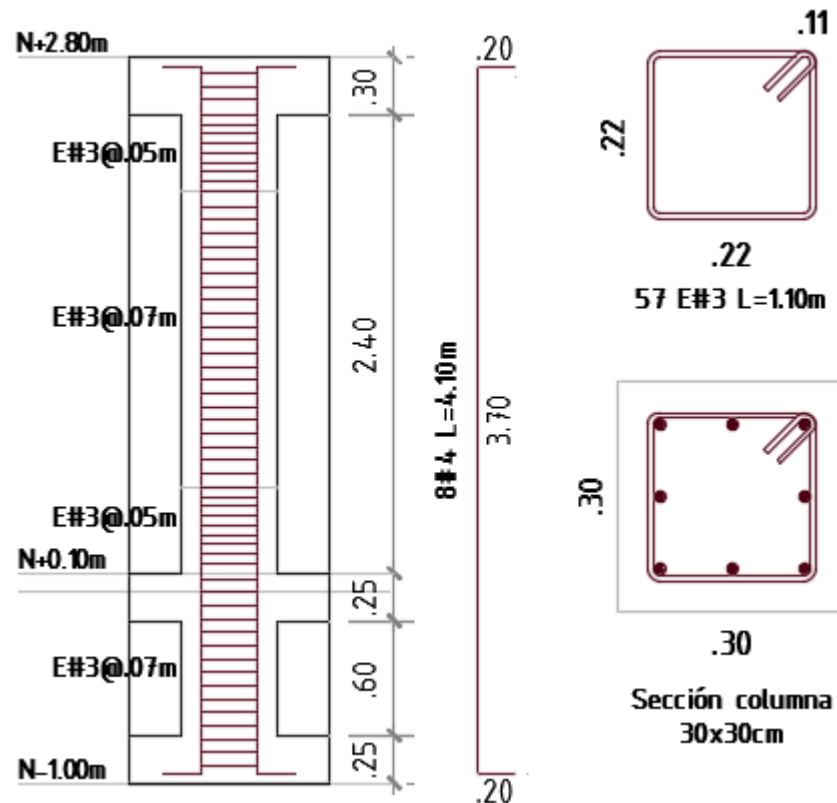


Figura 158. Detalle de columna típica en sistema tipo pórtico de dos pisos



**Figura 159. Detalle de columna típica en sistema tipo pórtico de un piso**

La Figura 160 muestra la configuración en planta con las vigas a nivel de terreno y con la placa de contrapiso. Las vigas de cimentación se dimensionaron de tal forma que se cumpla con la dimensión mínima exigida por el Título C de NSR-10. Las vigas a nivel de piso son de 25cm de ancho y algunas de 20cm de ancho y todas las vigas son de 25cm de altura. El refuerzo de las vigas de cimentación ubicadas a nivel de terreno se muestra en la Figura 161. Los estribos se dispone de la siguiente manera: cada 5cm los primeros 50cm cerca de los nudos (en intersección con las columnas) y cada 10cm en el resto de la luz. A nivel de terreno se ubica una placa de Contrapiso embebida en las vigas que se ubican a dicho nivel. La placa de contrapiso se diseña con cuantía mínima a fin de soportar los esfuerzos por temperatura, por lo que se dispondrá de un refuerzo como muestra la Figura 162.

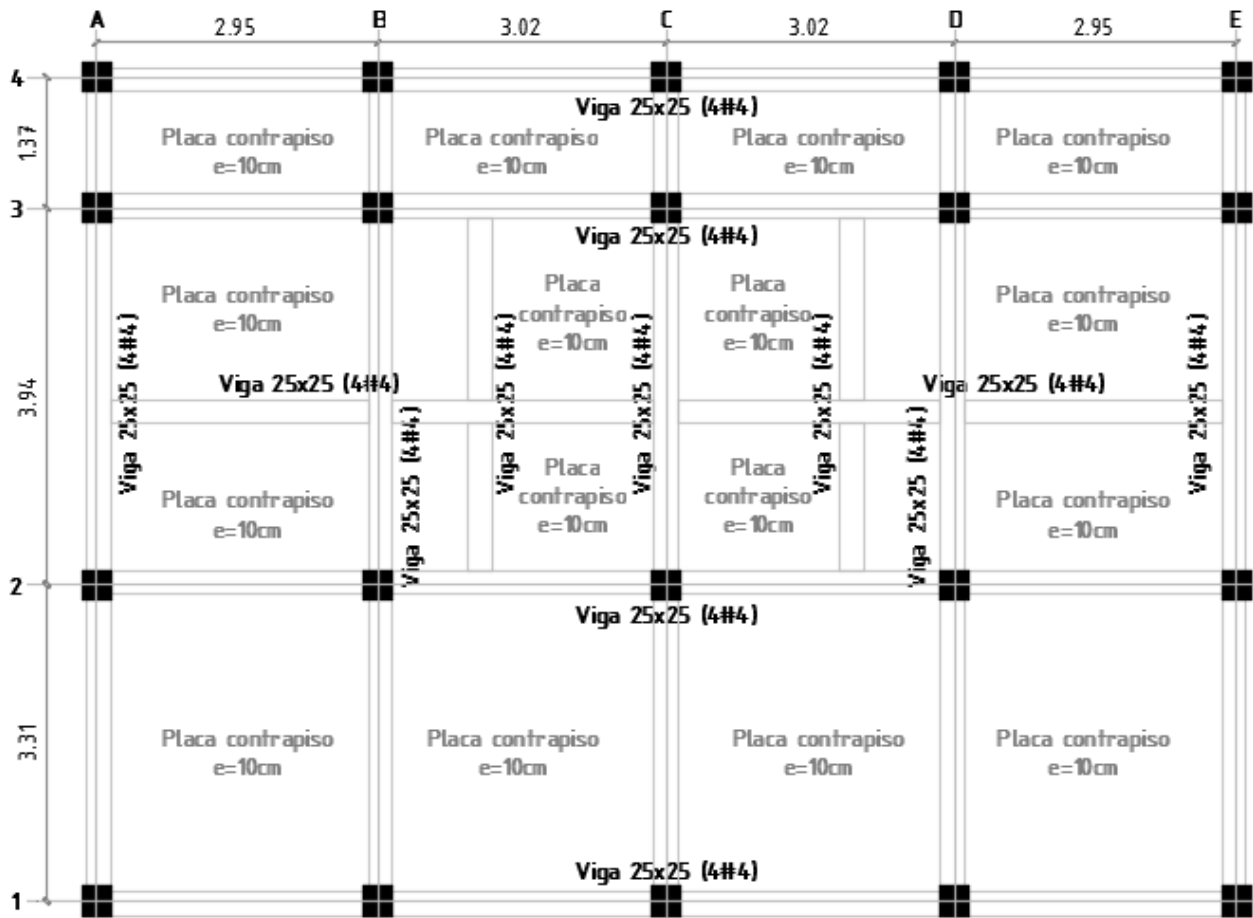


Figura 160. Configuración en planta de vigas a nivel de terreno

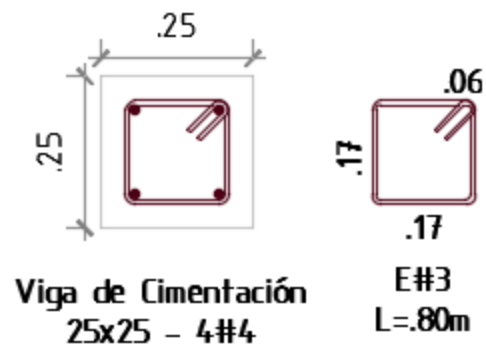


Figura 161. Detalle de refuerzo de vigas de cimentación (a nivel de terreno)

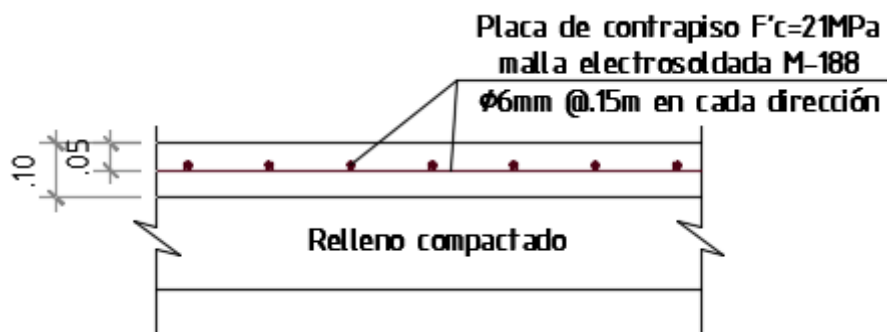


Figura 162. Detalle de placa de contrapiso

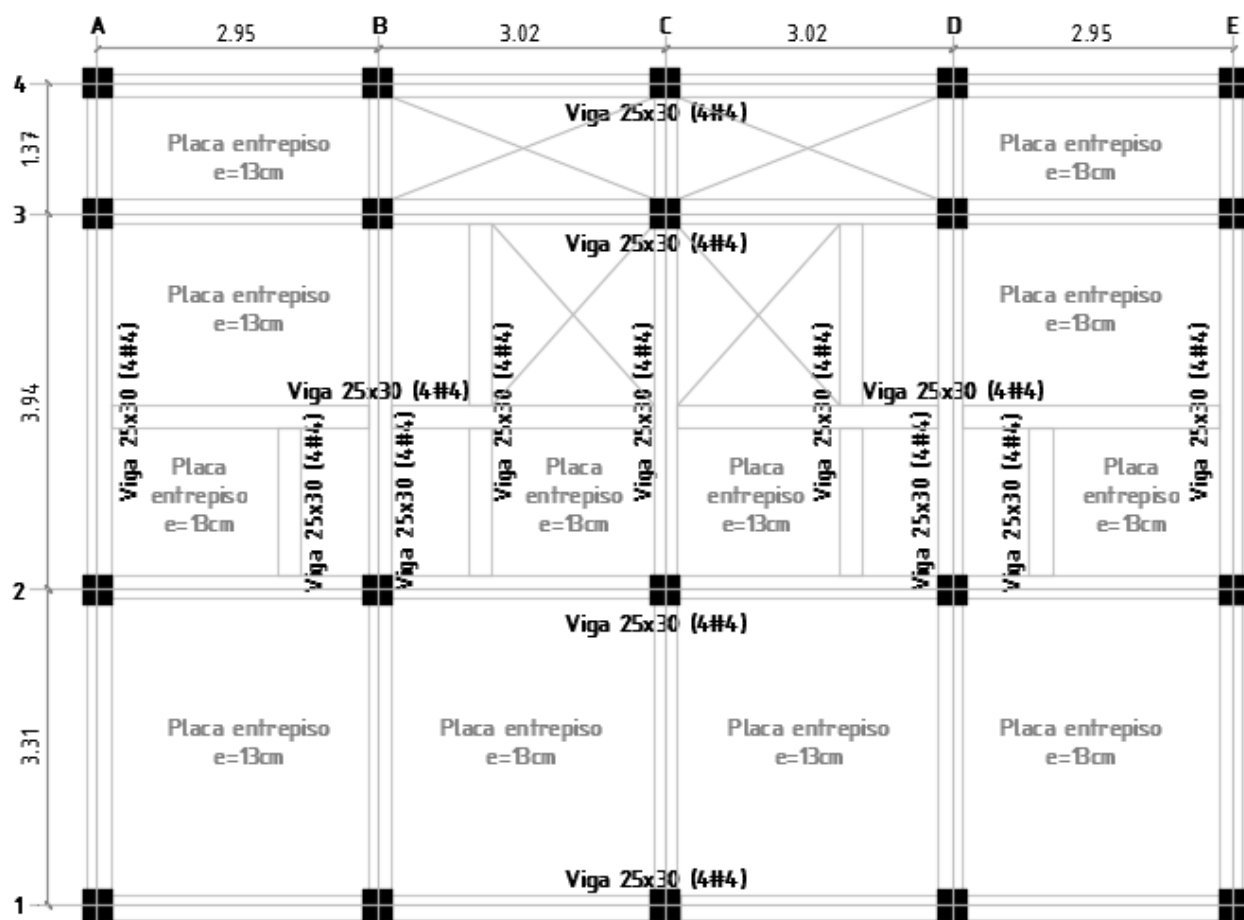
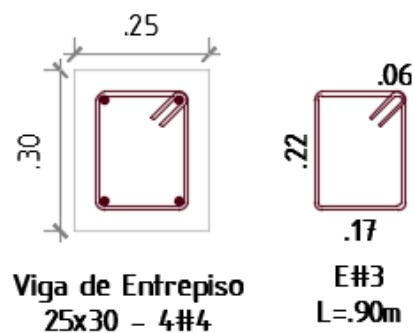


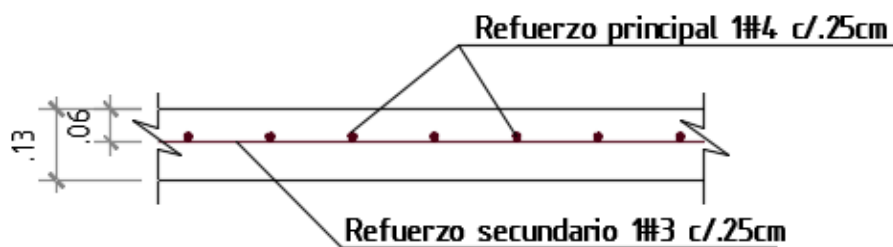
Figura 163. Configuración en planta de vigas a nivel de entrepiso

La Figura 163 muestra la configuración en planta con las vigas a nivel de entrepiso. Las vigas de entrepiso se dimensionaron de tal forma que se cumpla con la dimensión mínima exigida por el Título C de NSR-10. Las vigas de cubierta son de 25cm de ancho y 30cm de altura. El refuerzo

de las vigas de cimentación ubicadas a nivel de terreno se muestra en la Figura 164. La Figura 165 muestra la sección y refuerzo de la placa de entrepiso.



**Figura 164. Detalle de refuerzo de vigas de entrepiso**



**Figura 165. Detalle de refuerzo de placa de entrepiso**

La Figura 167 muestra la configuración en planta con las vigas a nivel de cubierta. Las vigas de cubierta se dimensionaron de tal forma que se cumpla con la dimensión mínima exigida por el Título C de NSR-10. Las vigas de cubierta son de 25cm y algunas de 20cm de ancho y todas las vigas son de 25cm de altura. El refuerzo de las vigas de cimentación ubicadas a nivel de terreno se muestra en la Figura 166.

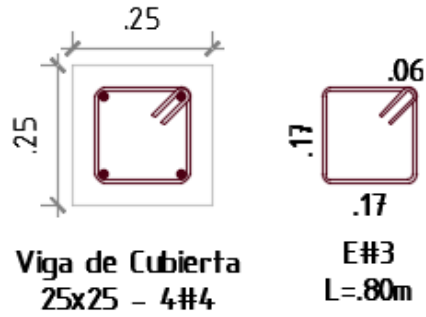


Figura 166. Detalle de refuerzo de vigas de cubierta

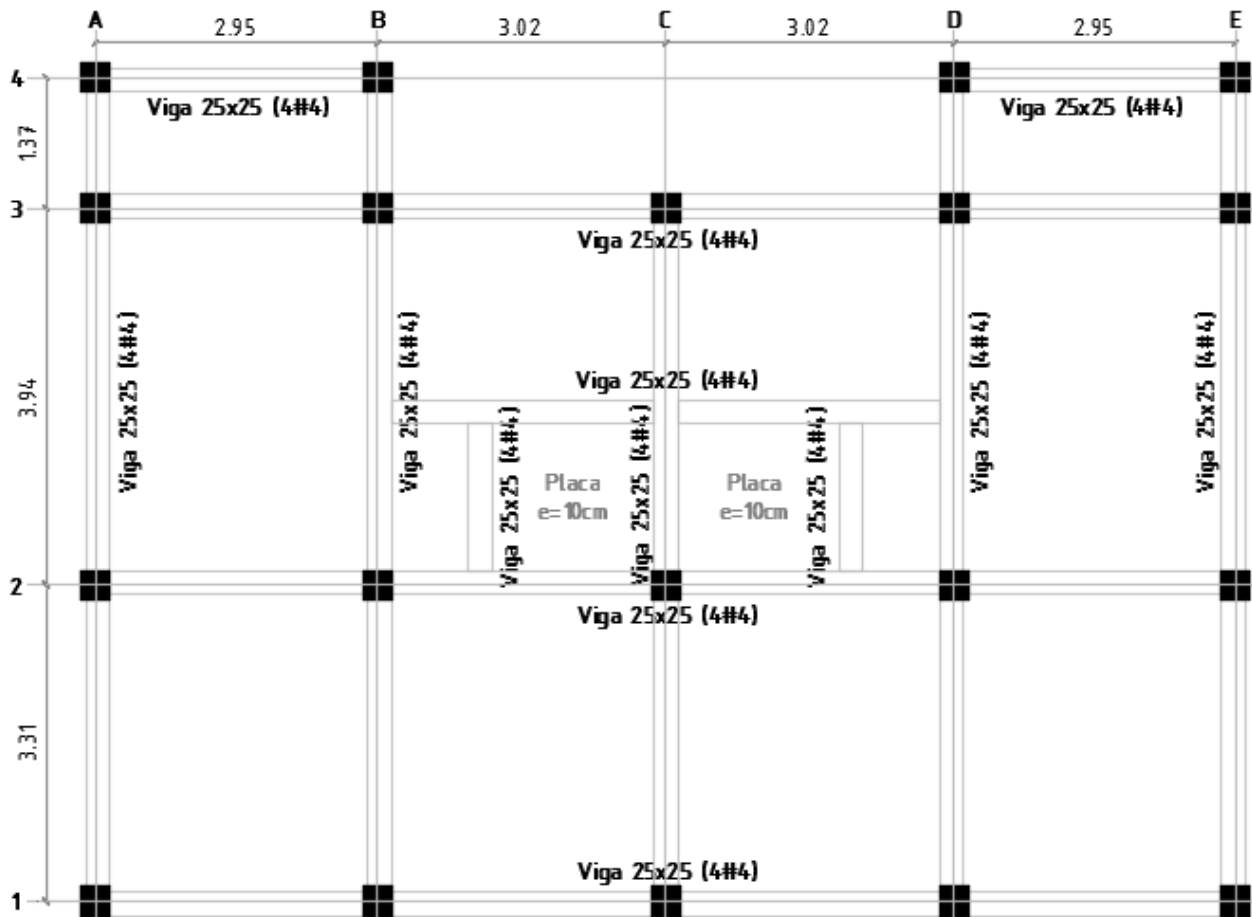


Figura 167. Configuración en planta de vigas a nivel de cubierta

La Figura 168 muestra un detalle de la configuración en planta de cubierta liviana y placa para tanque aéreo. La placa de tanque se dimensionó con un espesor de 10cm. La Figura 169 muestra un detalle de la dimensión y refuerzo necesario en la placa que soportará los tanques

aéreos. Para el diseño se estimó que la altura del tanque es un metro de altura, y que la lámina de agua se encuentra máximo a 75cm de altura. Y la cubierta liviana que se dispuso es de tejas de arcilla sobre mortero de pega y que se dispone sobre un entramado de madera (listones de madera que soporta una cama de machimbre), tal y como se muestra en la Figura 170.

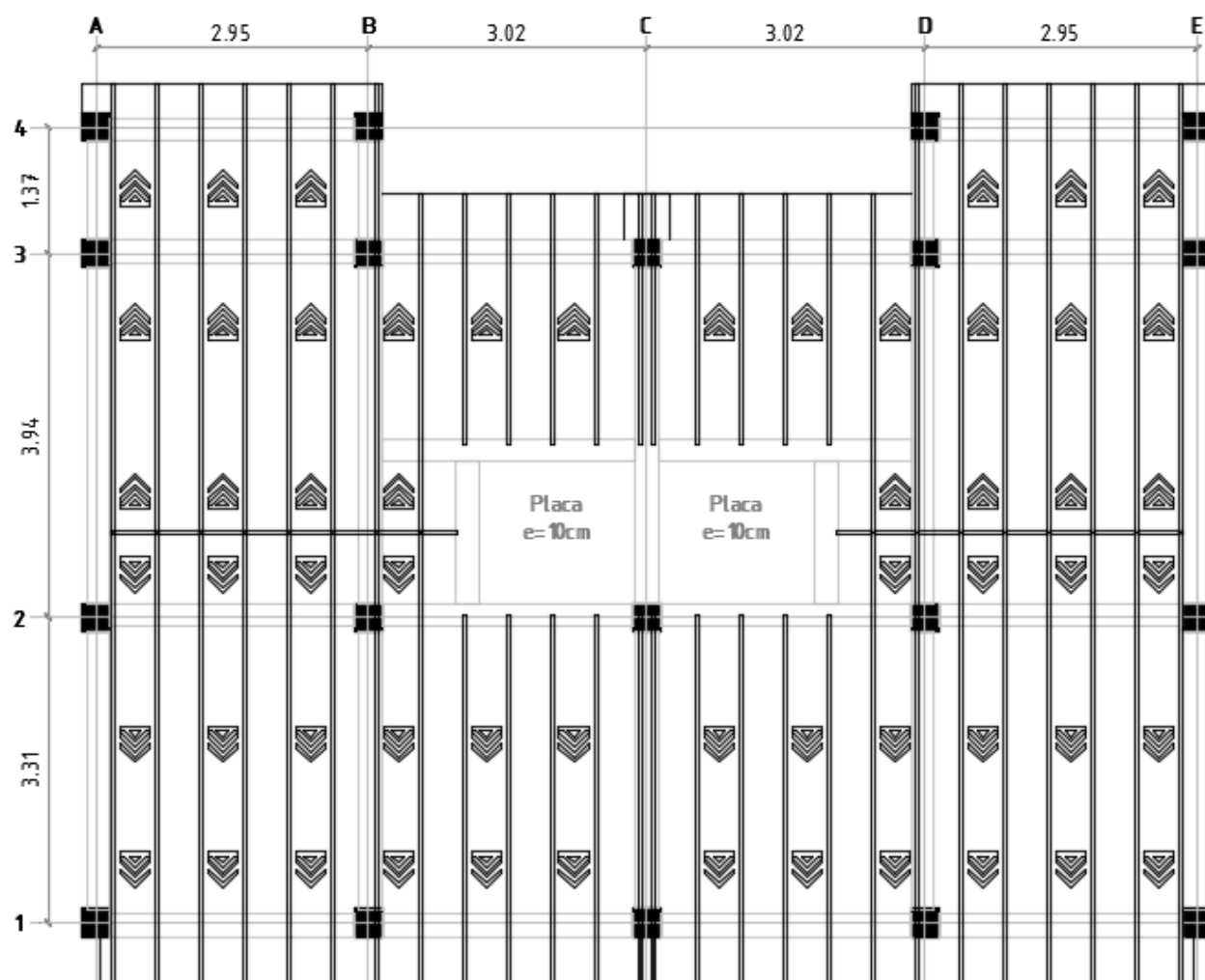


Figura 168. Detalle de configuración en planta de cubierta liviana

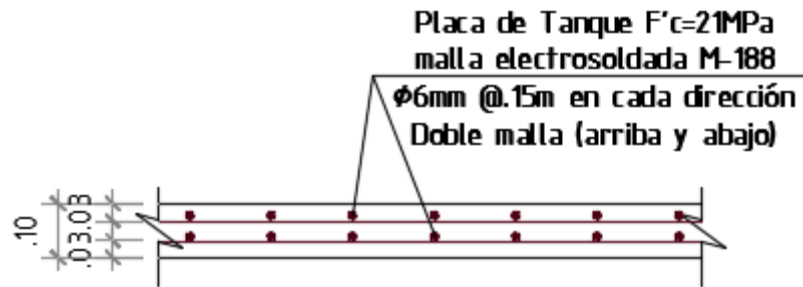


Figura 169. Detalle de placa de tanque

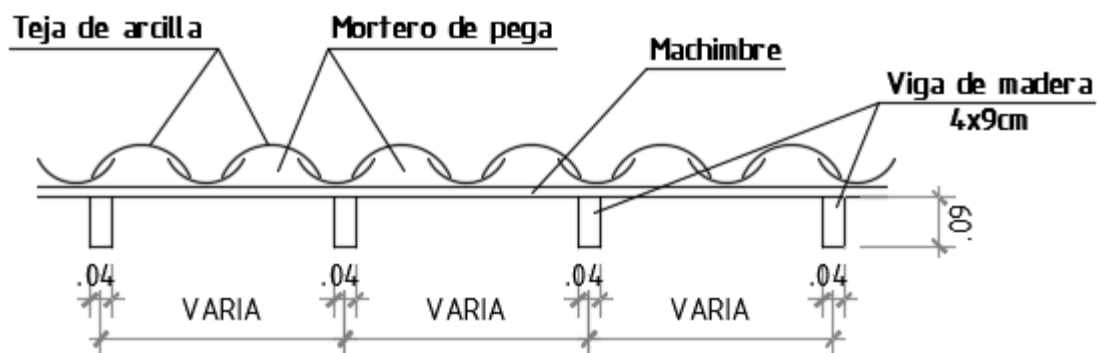


Figura 170. Detalle de cubierta liviana



Zapata 1	Zapata 2	Zapata 3	Zapata 4	Zapata 5
Zapata 6	Zapata 7	Zapata 8	Zapata 9	Zapata 10
Zapata 11	Zapata 12	Zapata 13	Zapata 14	Zapata 15
Zapata 16	Zapata 17	Zapata 18	Zapata 19	Zapata 20

**Figura 171. Planta con puntos de zapata para referencia de fuerzas y momentos**

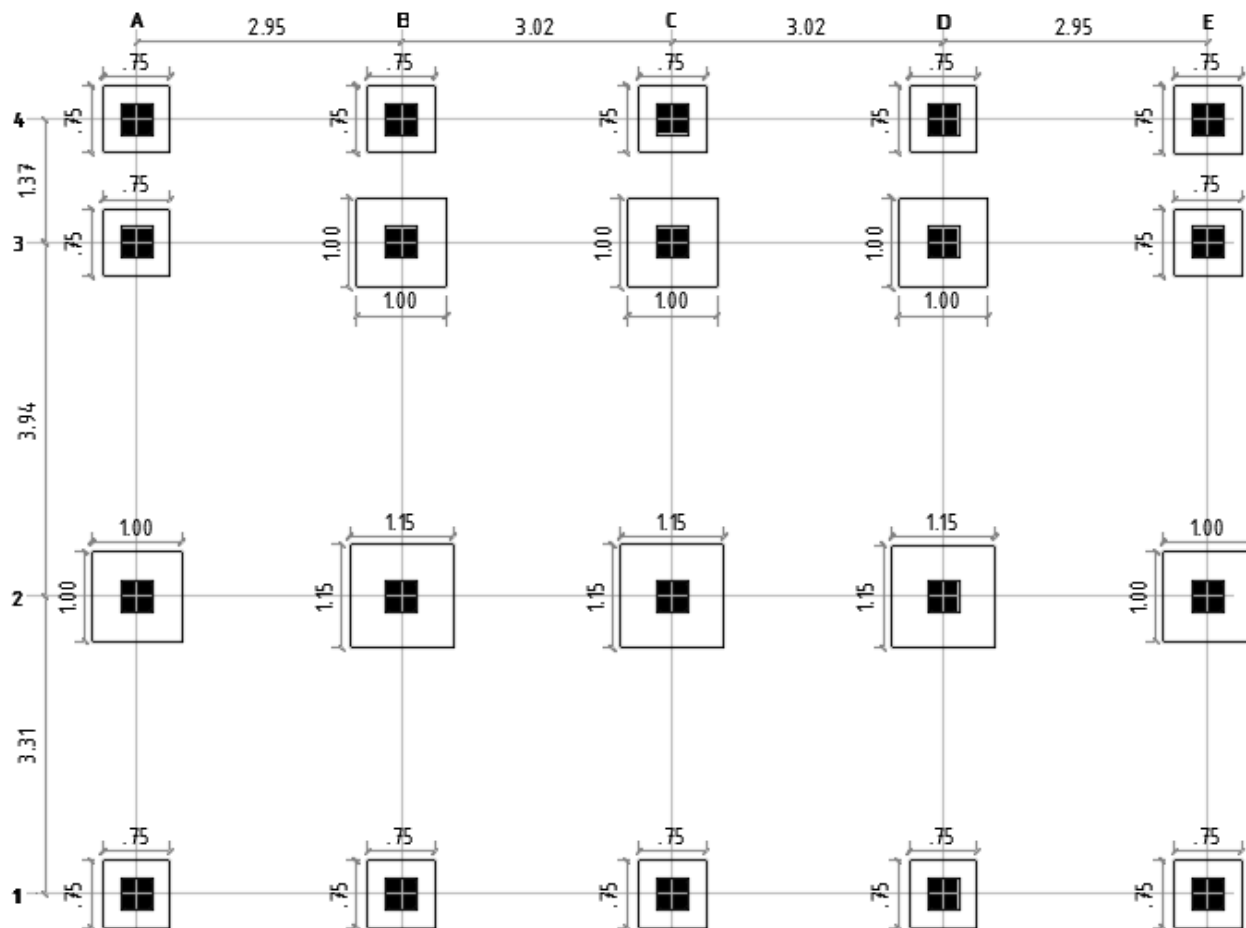
La Figura 171 muestra la planta con la ubicación de puntos de zapata para referencia de fuerzas y momentos. En la tabla 9 presenta los valores de cargas y momentos de servicio, es decir, suma de cargas vigas y cargas muertas sin mayorar, y de cargas y momentos mayorados.

**Tabla 9. Fuerzas y momentos transferidos a la cimentación de la vivienda de un piso**

Zapata	Ps	Mx	My	Pu	Mux	Muy
1	32.87	0.49	0.82	40.22	0.60	1.01
2	33.46	0.50	0.84	40.68	0.61	1.02
3	11.62	0.17	0.29	14.32	0.21	0.36
4	33.46	0.50	0.84	40.68	0.61	1.02
5	32.87	0.49	0.82	40.22	0.60	1.01
6	75.76	1.14	1.89	94.54	1.42	2.36
7	135.90	2.04	3.40	171.44	2.57	4.29
8	122.32	1.83	3.06	152.63	2.29	3.82
9	135.90	2.04	3.40	171.44	2.57	4.29
10	75.76	1.14	1.89	94.54	1.42	2.36

<b>Zapata</b>	<b>Ps</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	<b>Pu</b>	<b>Mux</b>	<b>Muy</b>
11	102.15	1.53	2.55	127.41	1.91	3.19
12	195.21	2.93	4.88	245.61	3.68	6.14
13	201.94	3.03	5.05	254.24	3.81	6.36
14	195.21	2.93	4.88	245.61	3.68	6.14
15	102.15	1.53	2.55	127.41	1.91	3.19
16	53.57	0.80	1.34	66.47	1.00	1.66
17	84.54	1.27	2.11	105.79	1.59	2.64
18	84.74	1.27	2.12	106.10	1.59	2.65
19	84.54	1.27	2.11	105.79	1.59	2.64
20	53.57	0.80	1.34	66.47	1.00	1.66

La Figura 172 muestra la configuración en planta con la ubicación de las zapatas aisladas. Se observa que la dimensión de las zapatas son: 75cm x 75cm, 1.0m x 1.0m y 1.15m x 1.15m, según el diseño realizado siguiendo los parámetros del Título C de NSR-10. Además, las zapatas se deben reforzar con cuantía mínima que para zapatas es de 0.0018, por lo que, las zapatas se refuerzan con barras #4 separadas cada 15cm en las dos direcciones principales.



**Figura 172. Configuración en planta con la ubicación de las zapatas aisladas**

**4.3.6 Diseño estructural de casa de dos pisos (300m<sup>2</sup>) en pórticos.** Se realiza un replanteo al plano arquitectónico, ubicando columnas con la dimensión mínima estipulada por NSR-10, que para edificaciones ubicadas en una zona de amenaza sísmica alta es de 30cm x 30cm (900cm<sup>2</sup>). Las Figura 173 y Figura 174 muestran el replanteo del sistema tipo pórtico de viviendas de dos pisos.

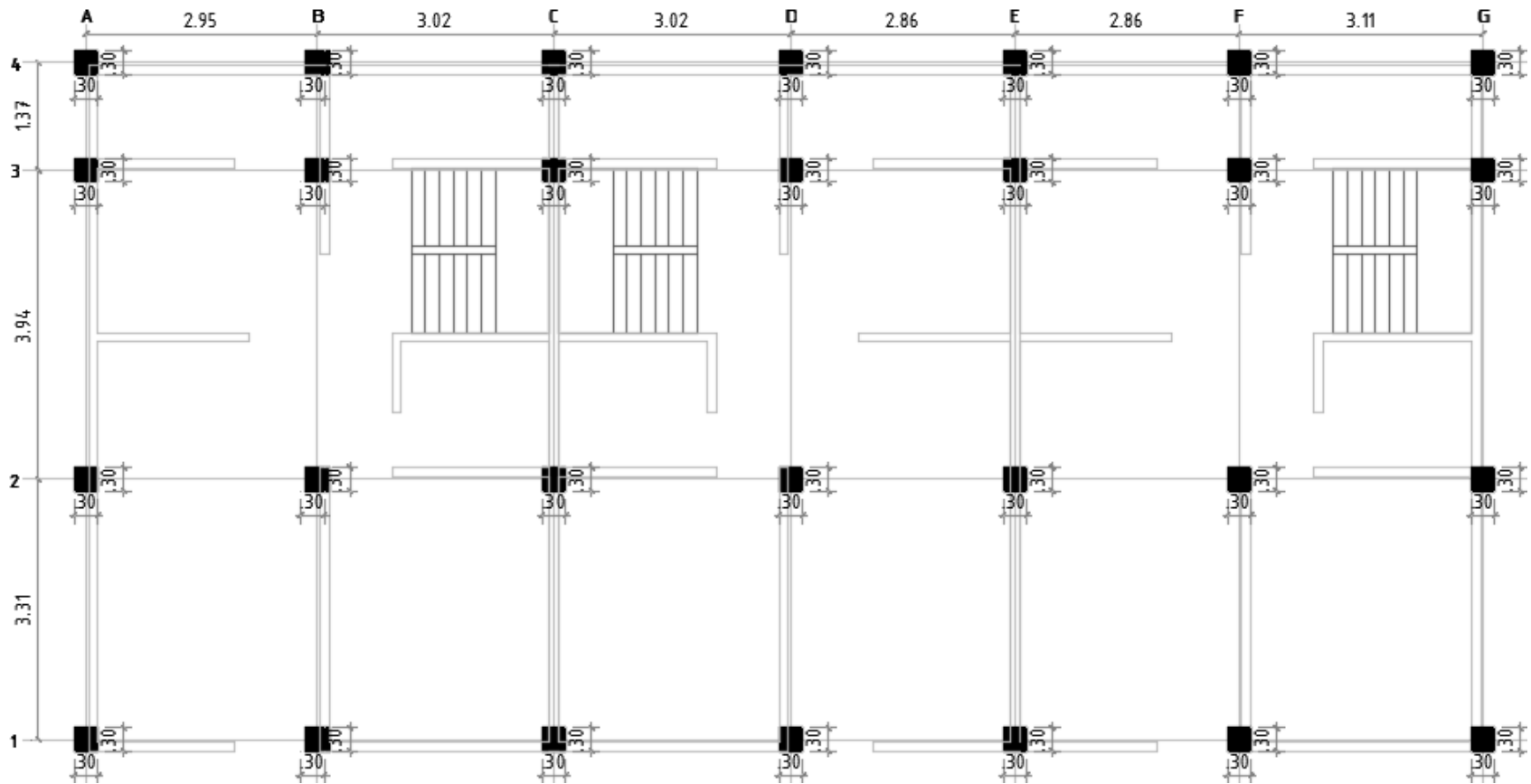


Figura 173. Replanteo de pórticos de viviendas de dos pisos (planta nivel 1)

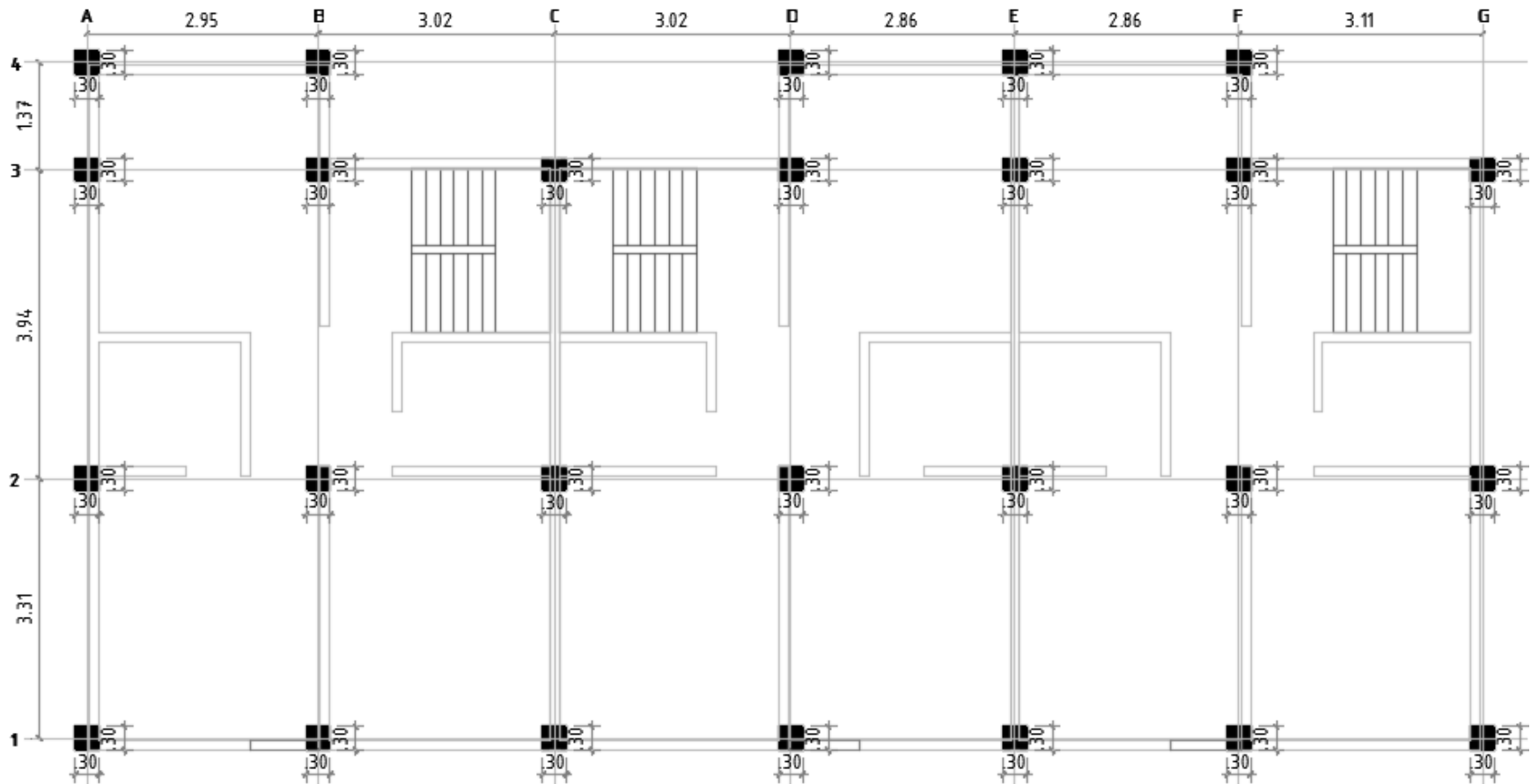


Figura 174. Replanteo de pórticos de viviendas de dos pisos (planta nivel 2)

La Figura 175 muestra un esquema del modelo tridimensional de la vivienda de dos pisos realizada en el software SAP2000, con el fin de analizar el comportamiento sísmico para cálculo de derivas, así como para cálculo de transferencias de carga desde la placa hasta el nivel de cimentación.

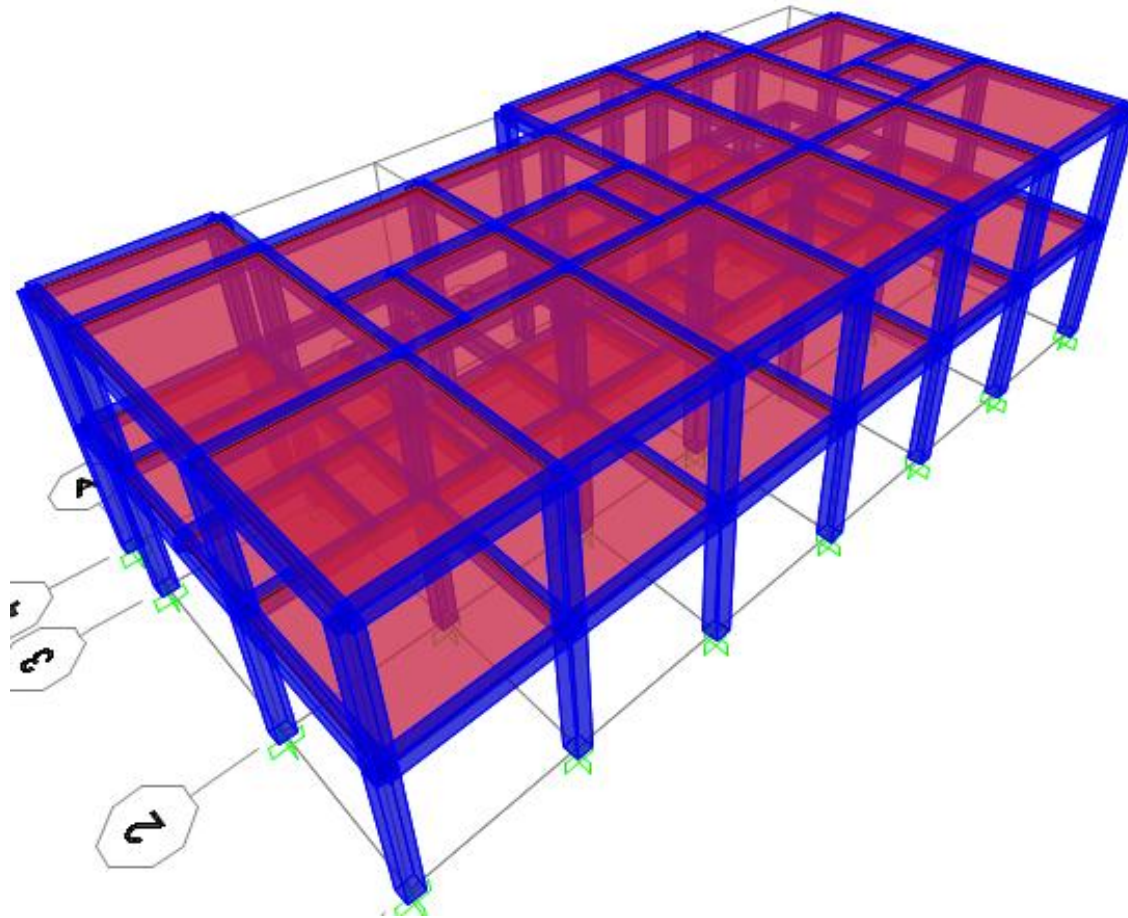
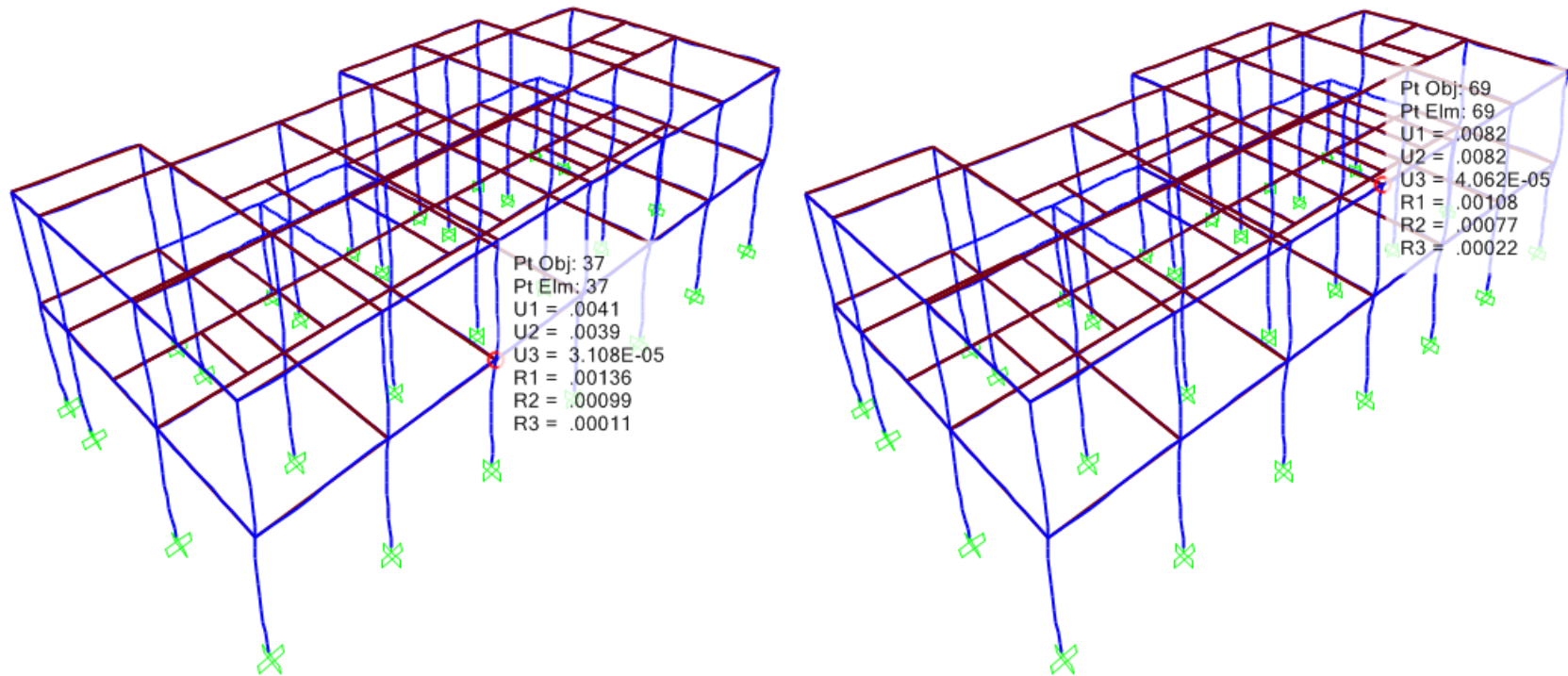


Figura 175. Esquema de modelo 3D realizado en software SAP2000

La Figura 176 muestra los desplazamientos máximos en las dos direcciones principales después de aplicadas las fuerzas sísmicas.



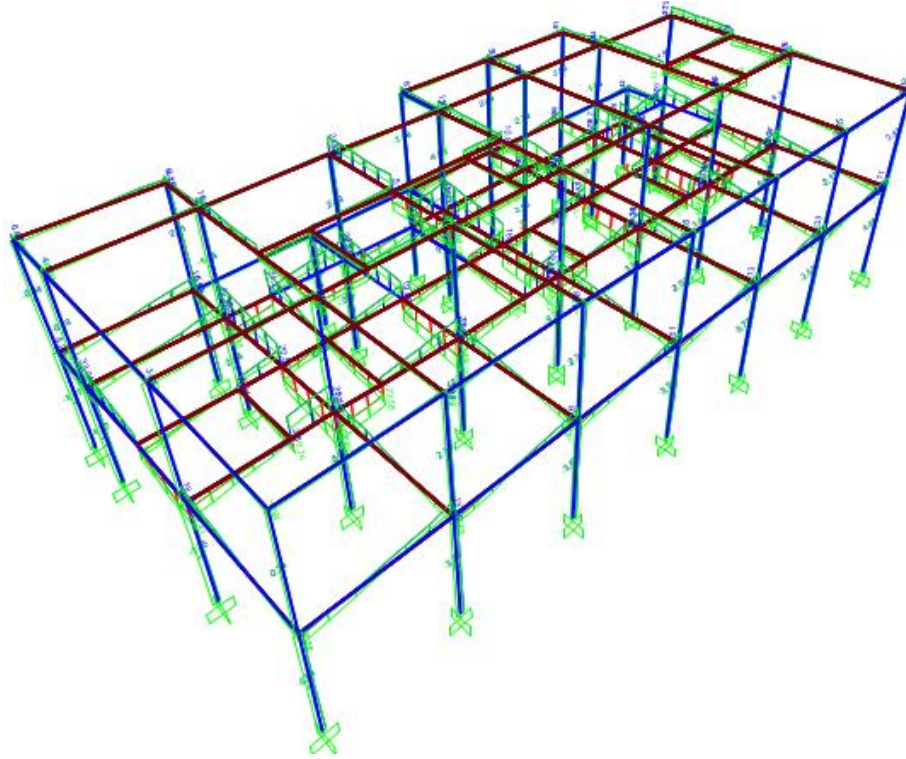
**Figura 176. Desplazamiento máximo entrepiso y cubierta según SAP2000**



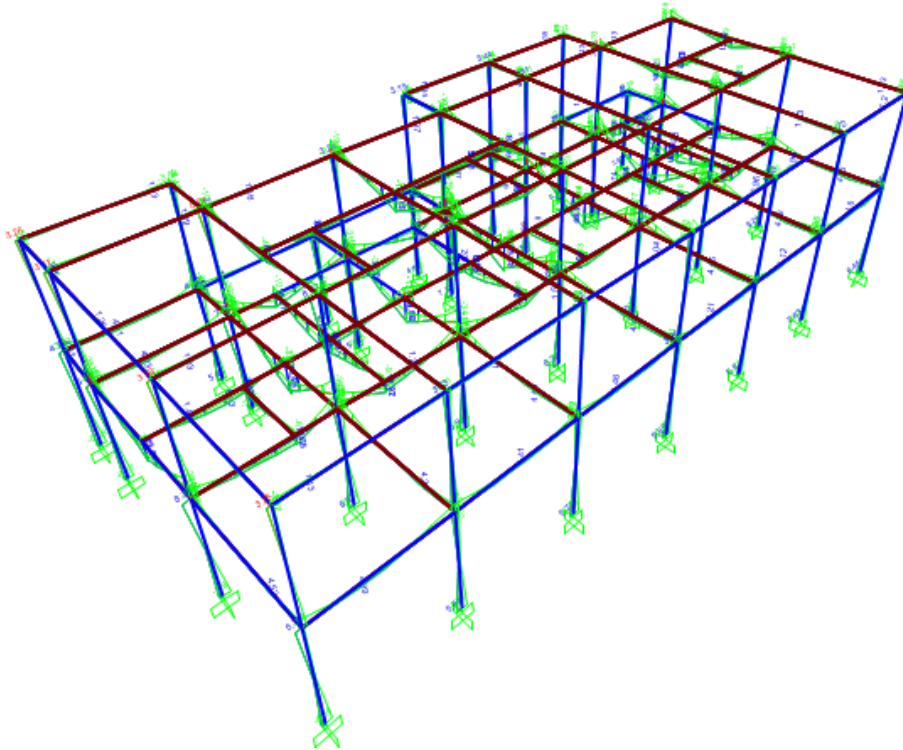
El desplazamiento en la dirección X es representada por el valor U1 y el desplazamiento en la dirección Y se representada por el valor U2. Se debe tener en cuenta que para el cumplimiento de las derivas el desplazamiento debe ser máximo del 1% de la altura de piso. Por lo que, para un edificio de 2.8m de altura, el desplazamiento máximo puede ser de 2.8cm. En las dos direcciones se puede observar que el desplazamiento máximo es de 0.41cm, lo cual indica que las derivas son del 0.16%.

Lo anterior indica que las columnas son muy rígidas para la edificación, sin embargo, como se tiene que las columnas de 30x30cm, entonces se puede deducir que la vivienda tiene elementos sobre-dimensionados para el fin que tiene. Aunque se continuará trabajando con dichas dimensiones, debido a que son las dimensiones mínimas exigidas por NSR-10.

La Figura 177 muestra el diagrama de cortantes y la Figura 178 muestra el diagrama de momentos de la envolvente de diseño para cada una de las cargas mayoradas exigidas por el Título B de NSR-10. Los diagramas de cortantes y de momentos se realizaron con la ayuda del software SAP2000.



**Figura 177. Diagramas de cortante según software SAP2000**



**Figura 178. Diagramas de momento según software SAP2000**

Se realizó el diseño de una columna típica. Para lo cual se tuvo en cuenta las fuerzas cortantes y axiales y los momentos flectores que actuaban sobre la columna. Sin embargo, debido a que existe una sobre-dimensión del elemento (para cumplir con la dimensión mínima exigida por NSR-10), se tiene que la columna se debe diseñar con la cuantía mínima exigida por el Título C de NSR-10, en donde se estipula que la cuantía mínima es el 1% del área total de la sección de la columna. Si la columna tiene un área de  $900\text{cm}^2$ , entonces se requiere mínimo  $9\text{cm}^2$  de cuantía de acero. Lo cual se cumple con 8 barras #4 ( $10.92\text{cm}^2$ ). Además, se debe tener en cuenta que la separación entre barras sea máximo de 15cm, lo cual se cumple al disponer de 3 barras por cada una de las caras de la columna. El refuerzo transversal debe cumplir con condiciones mínimas de separación de estribos a dos ramas. Las Figura 179 y Figura 180 muestran el refuerzo de una columna tipo de la vivienda diseñada en sistema tipo pórtico de un piso de altura.

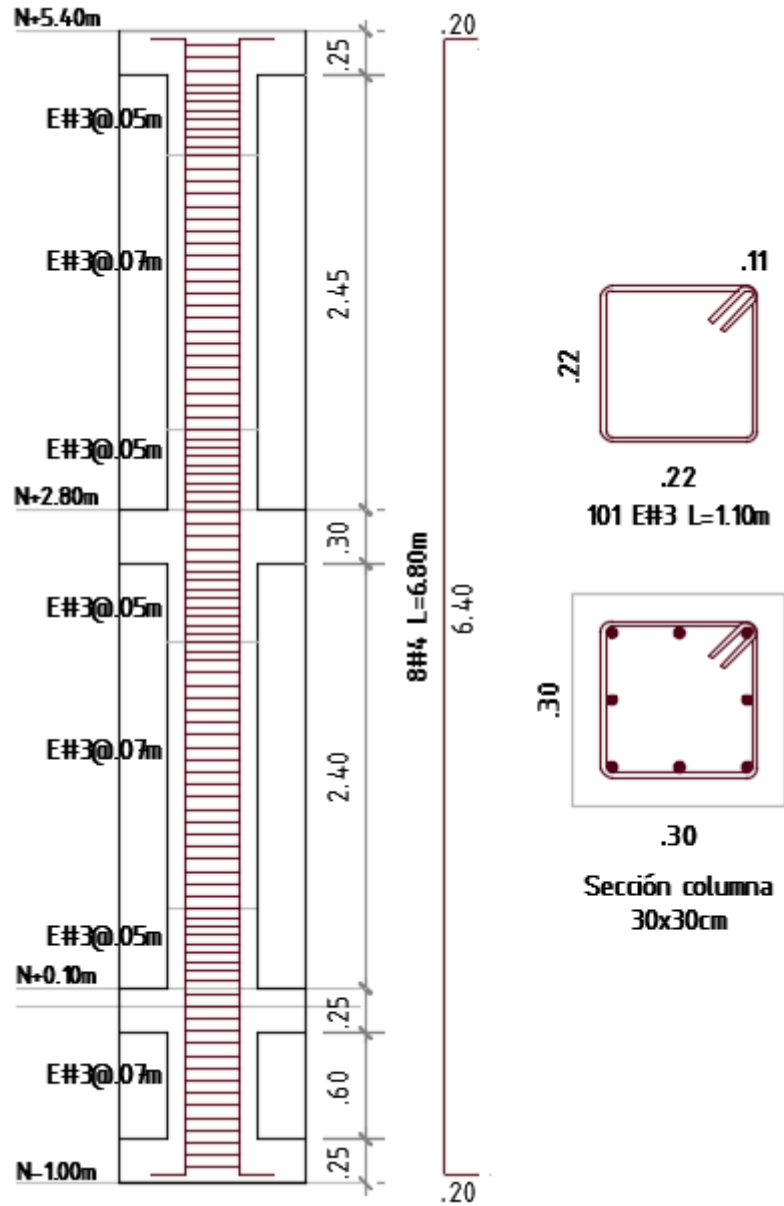


Figura 179. Detalle de columna típica en sistema tipo pórtico de dos pisos



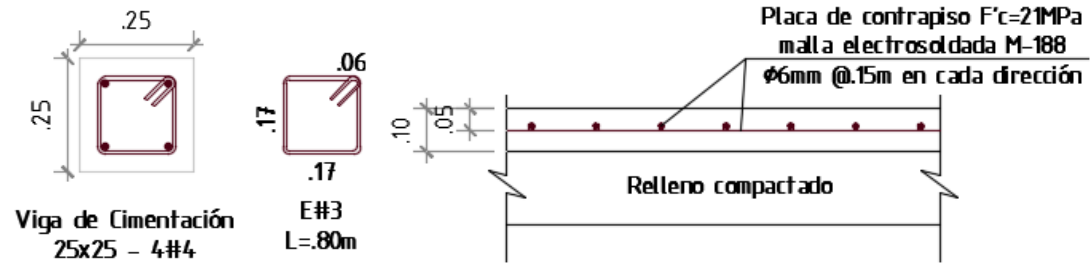


Figura 181. Refuerzo de vigas de cimentación (izq.) y placa de contrapiso (der.)

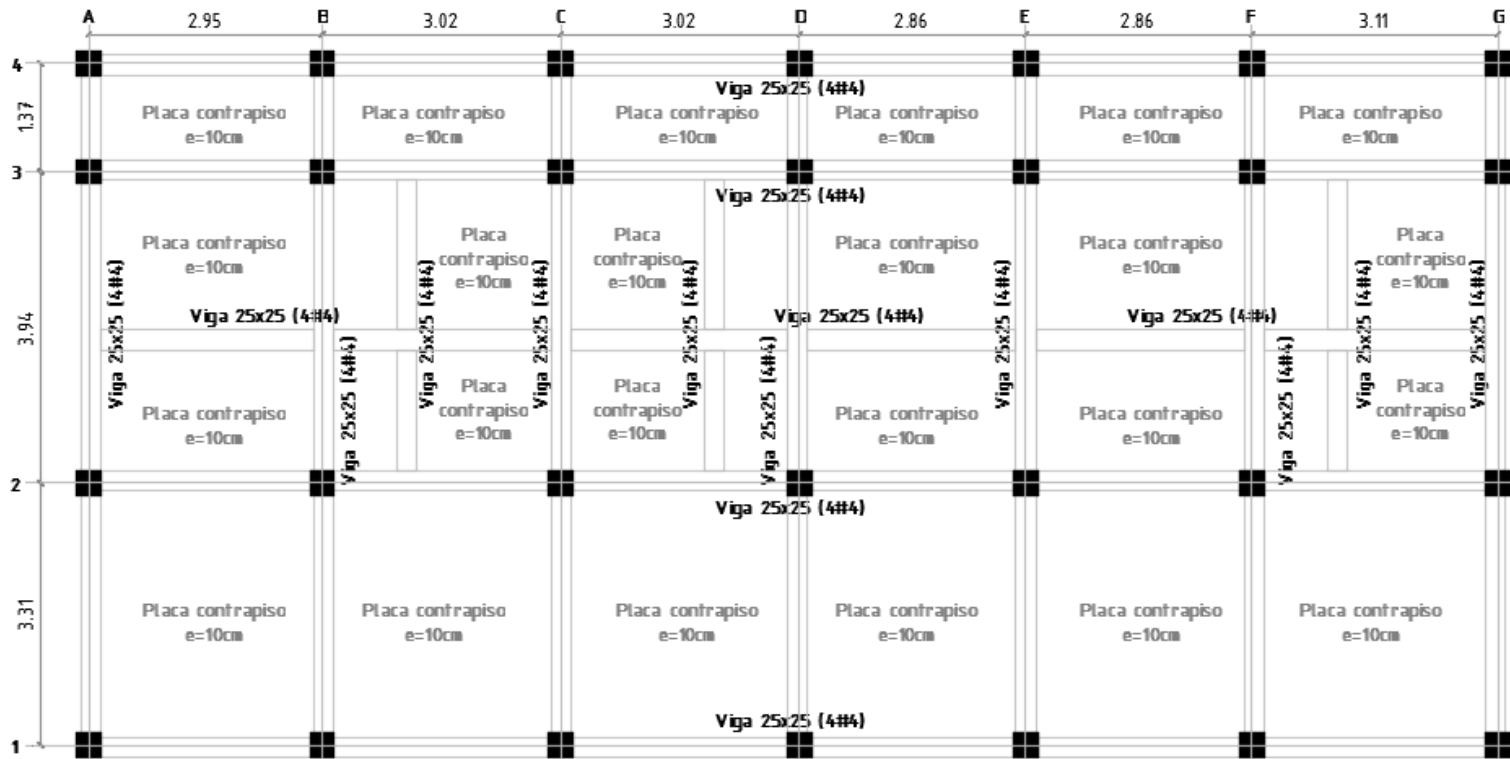


Figura 182. Configuración en planta de vigas a nivel de terreno

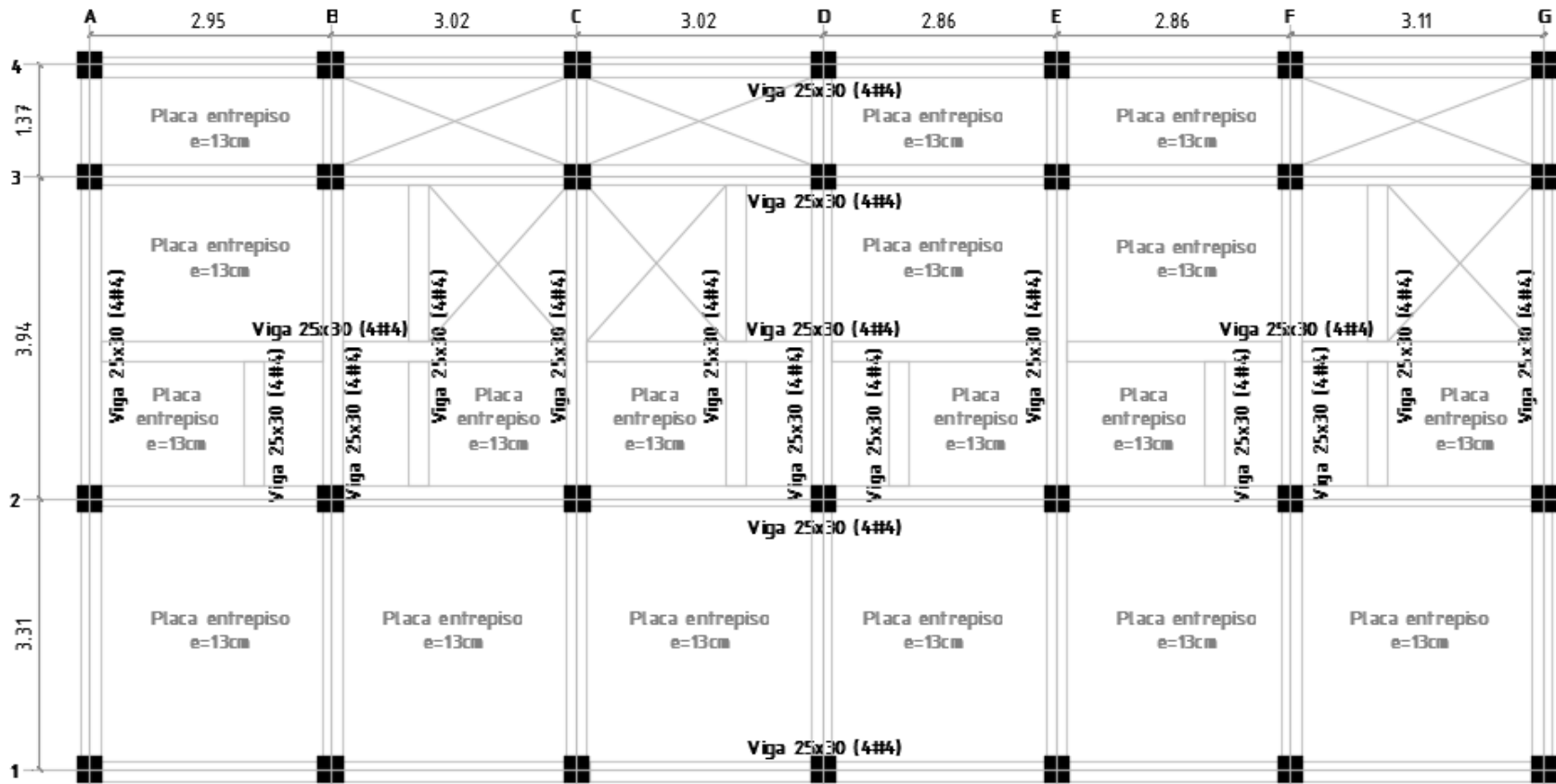
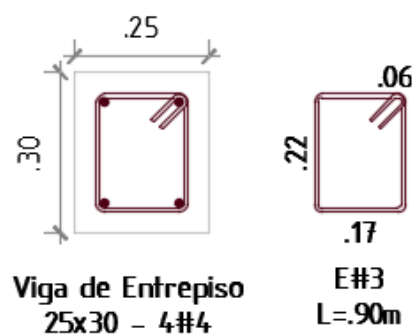
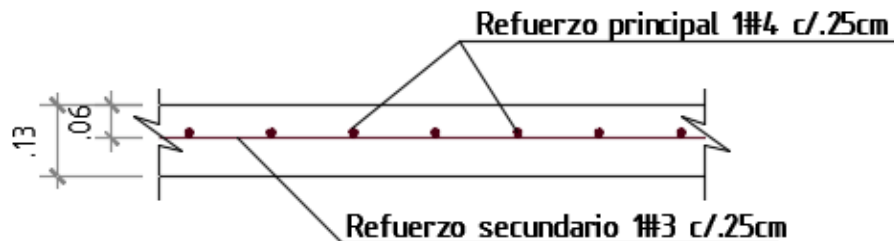


Figura 183. Configuración en planta de vigas a nivel de entrepiso

La Figura 183 muestra la configuración en planta con las vigas a nivel de entrepiso. Las vigas de entrepiso se dimensionaron de tal forma que se cumpla con la dimensión mínima exigida por el Título C de NSR-10. Las vigas de cubierta son de 25cm de ancho y 30cm de altura. El refuerzo de las vigas de cimentación ubicadas a nivel de terreno se muestra en la Figura 184. La Figura 185 muestra la sección y refuerzo de la placa de entrepiso.



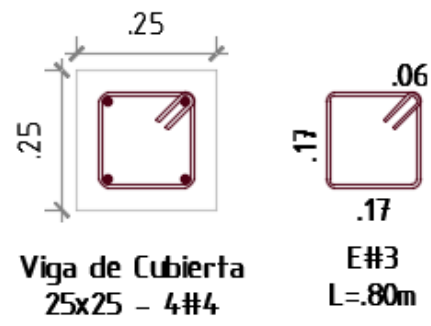
**Figura 184. Detalle de refuerzo de vigas de entrepiso**



**Figura 185. Detalle de refuerzo de placa de entrepiso**

La Figura 187 muestra la configuración en planta con las vigas a nivel de cubierta. Las vigas de cubierta se dimensionaron de tal forma que se cumpla con la dimensión mínima exigida por el Título C de NSR-10. Las vigas de cubierta son de 25cm y algunas de 20cm de ancho y todas las vigas son de 25cm de altura. El refuerzo de las vigas de cimentación ubicadas a nivel de terreno se muestra en la Figura 186.





**Figura 186. Detalle de refuerzo de vigas de cubierta**

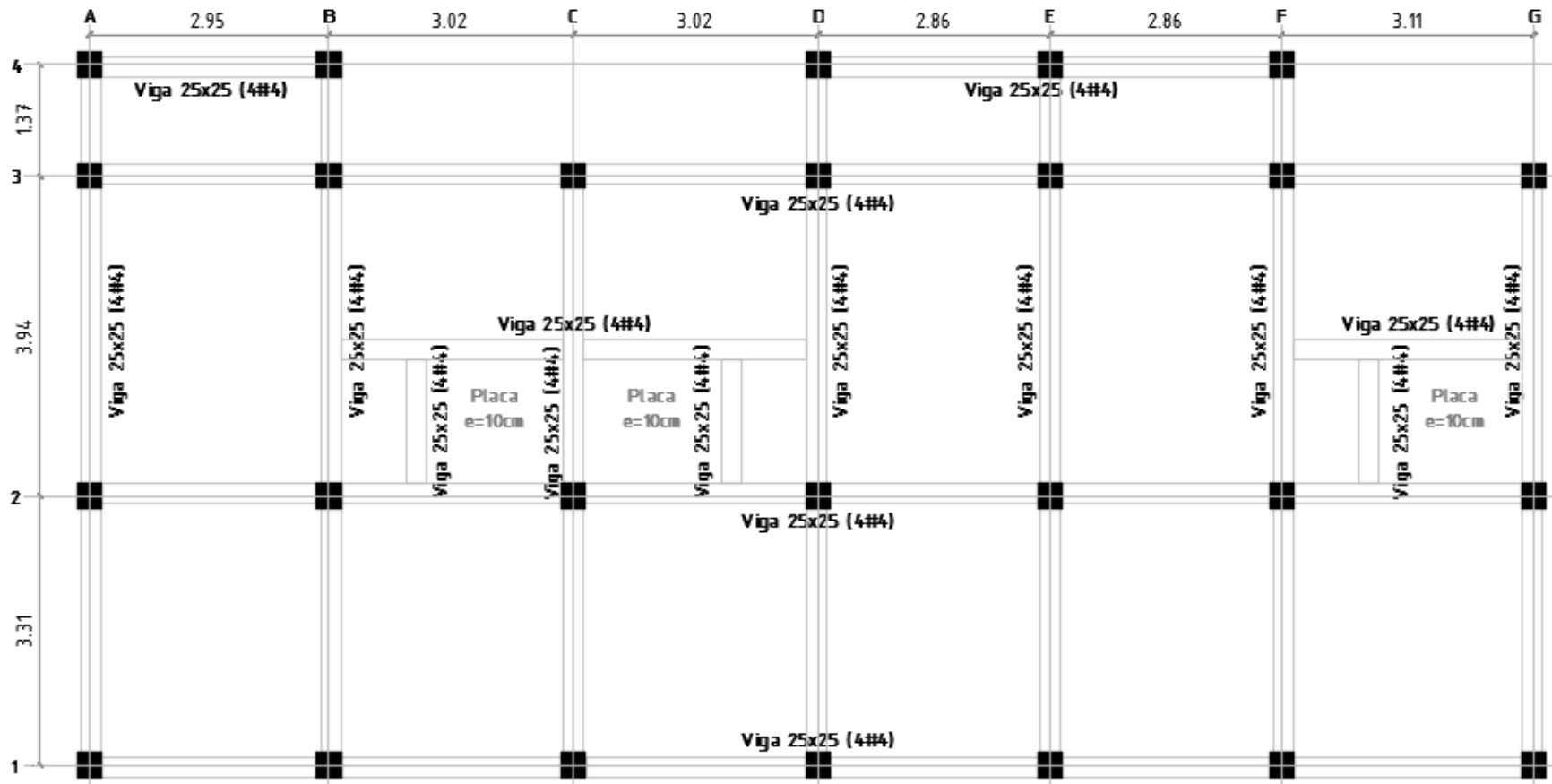


Figura 187. Configuración en planta de vigas a nivel de cubierta

La Figura 188 muestra un detalle de la configuración en planta de cubierta liviana y placa para tanque aéreo. La placa de tanque se dimensionó con un espesor de 10cm. La Figura 189 muestra un detalle de la dimensión y refuerzo necesario en la placa que soportará los tanques aéreos. Para el diseño se estimó que la altura del tanque es un metro de altura, y que la lámina de agua se encuentra máximo a 75cm de altura. Y la cubierta liviana que se dispuso es de tejas de arcilla sobre mortero de pega y que se dispone sobre un entramado de madera (listones de madera que soporta una cama de machimbre), tal y como se muestra en la Figura 189.

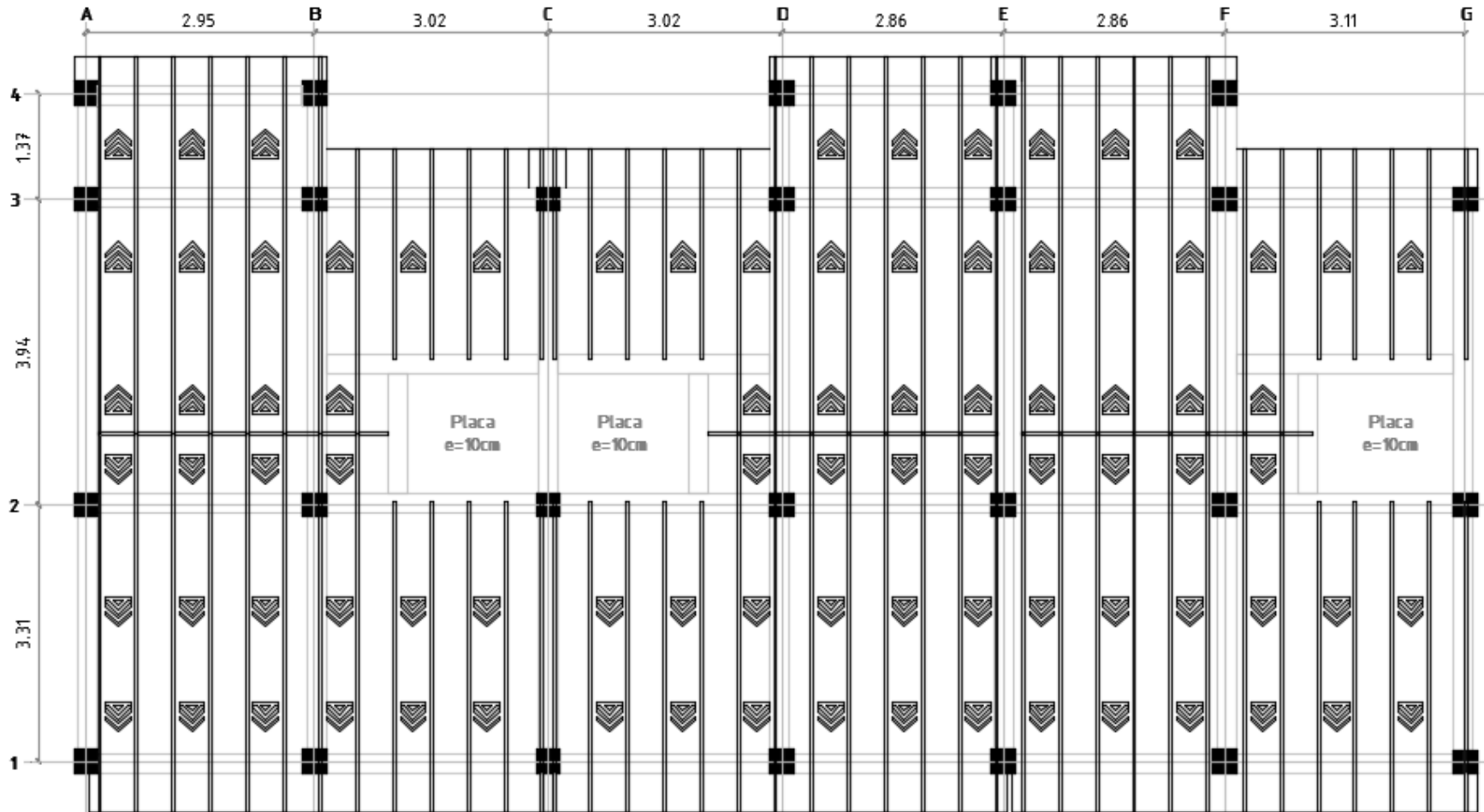


Figura 188. Detalle de configuración en planta de cubierta liviana

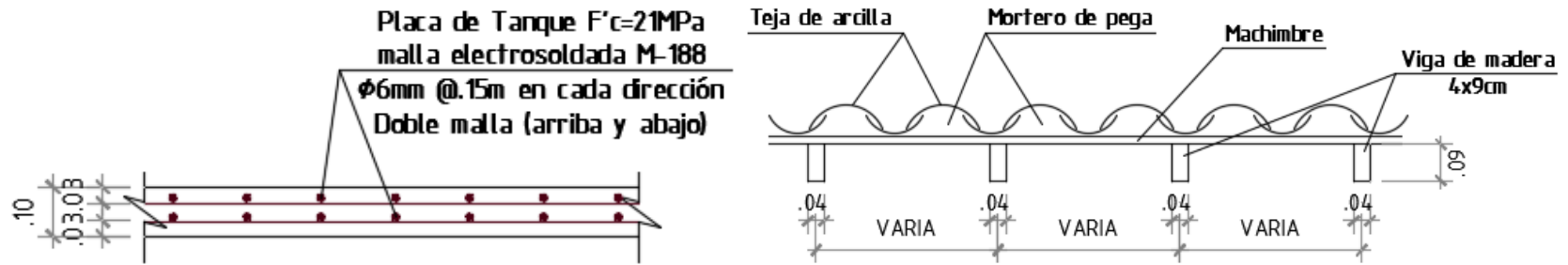


Figura 189. Detalles: placa de tanque (izquierda) y cubierta liviana (derecha)

Zapata 1	Zapata 2	Zapata 3	Zapata 4	Zapata 5	Zapata 6	Zapata 7
Zapata 8	Zapata 9	Zapata 10	Zapata 11	Zapata 12	Zapata 13	Zapata 14
Zapata 15	Zapata 16	Zapata 17	Zapata 18	Zapata 19	Zapata 20	Zapata 21
Zapata 22	Zapata 23	Zapata 24	Zapata 25	Zapata 26	Zapata 27	Zapata 28

Figura 190. Planta con puntos de zapata para referencia de fuerzas y momentos

La Figura 190 muestra la planta con la ubicación de puntos de zapata para referencia de fuerzas y momentos. En la tabla 10 presenta los valores de cargas y momentos de servicio, es decir, suma de cargas vigas y cargas muertas sin mayorar, y de cargas y momentos mayorados.

**Tabla 10. Fuerzas y momentos transferidos a la cimentación de la vivienda de un piso**

Zapata	Ps	Mx	My	Pu	Mux	Muy
1	33.18	0.50	0.83	40.59	0.61	1.01
2	33.93	0.51	0.85	41.26	0.62	1.03
3	8.40	0.13	0.21	10.46	0.16	0.26
4	32.56	0.49	0.81	39.57	0.59	0.99
5	50.35	0.76	1.26	61.92	0.93	1.55
6	33.17	0.50	0.83	40.33	0.60	1.01
7	6.79	0.10	0.17	8.34	0.13	0.21
8	82.53	1.24	2.06	102.66	1.54	2.57
9	143.14	2.15	3.58	180.13	2.70	4.50
10	118.06	1.77	2.95	147.49	2.21	3.69
11	141.73	2.13	3.54	178.45	2.68	4.46
12	127.80	1.92	3.20	160.20	2.40	4.01
13	145.02	2.18	3.63	182.63	2.74	4.57
14	72.78	1.09	1.82	90.06	1.35	2.25
15	102.13	1.53	2.55	127.38	1.91	3.18
16	195.32	2.93	4.88	245.74	3.69	6.14
17	201.72	3.03	5.04	253.95	3.81	6.35
18	192.41	2.89	4.81	242.15	3.63	6.05
19	160.15	2.40	4.00	201.47	3.02	5.04
20	197.41	2.96	4.94	248.48	3.73	6.21
21	121.90	1.83	3.05	152.22	2.28	3.81
22	53.53	0.80	1.34	66.42	1.00	1.66
23	84.54	1.27	2.11	105.79	1.59	2.64
24	84.81	1.27	2.12	106.18	1.59	2.65
25	83.21	1.25	2.08	104.14	1.56	2.60
26	81.80	1.23	2.05	102.38	1.54	2.56
27	84.63	1.27	2.12	105.90	1.59	2.65
28	55.03	0.83	1.38	68.32	1.02	1.71

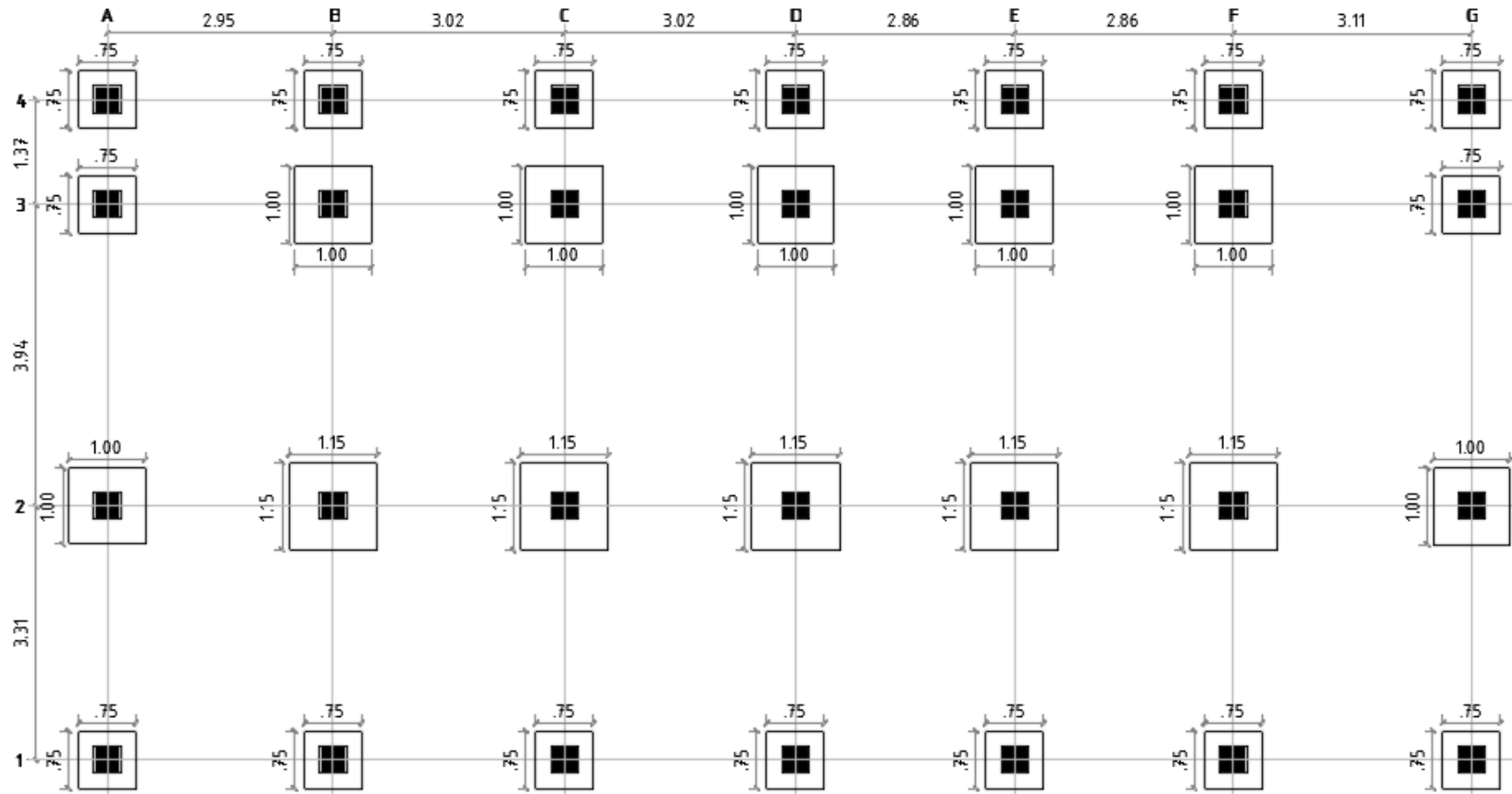


Figura 191. Configuración en planta con la ubicación de las zapatas aisladas

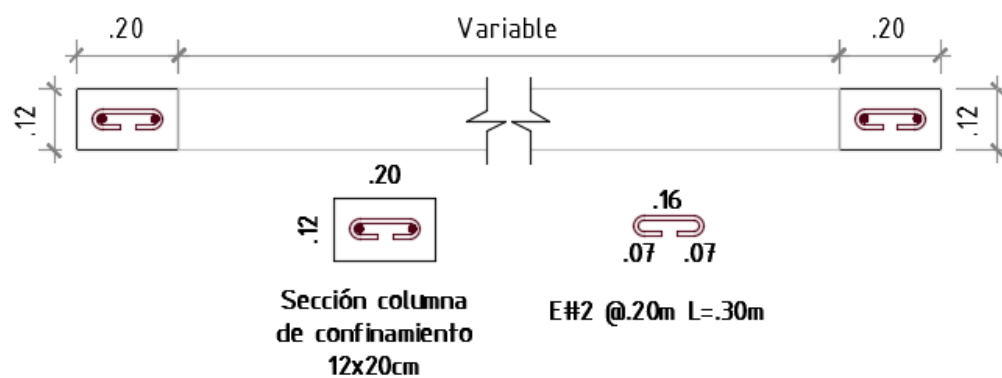
La Figura 191 muestra la configuración en planta con la ubicación de las zapatas aisladas. Se observa que la dimensión de las zapatas son: 75cm x 75cm, 1.0m x 1.0m y 1.15m x 1.15m, según el diseño realizado siguiendo los parámetros del Título C de NSR-10. Además, las zapatas se deben reforzar con cuantía mínima que para zapatas es de 0.0018, por lo que, las zapatas se refuerzan con barras #4 separadas cada 15cm en las dos direcciones principales.

#### **4.4 Diseño de Elementos no Estructurales, Escaleras y Cubierta Liviana**

En el presente apartado se describe un resumen del diseño de los elementos no estructurales, escaleras y de la cubierta liviana.

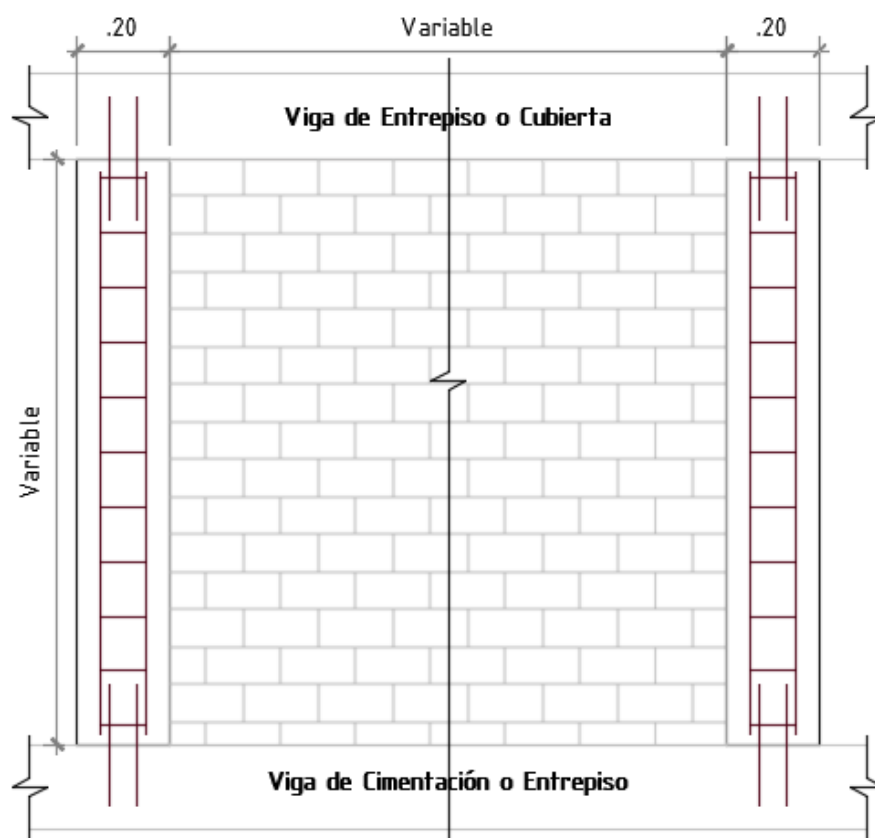
**4.4.1 Diseño de elementos no estructurales.** Para el diseño de los muros no estructurales, es decir, aquellos muros que no hacen parte del sistema principal de la estructura que soporta las cargas verticales ni horizontales de la edificación, se realiza un proceso de diseño para evitar el colapso en caso de una eventualidad sísmica. Con la longitud máxima de muros que es 3.90m, el espesor de muro que es de 12cm, y la altura máxima de muro que es de 2.45m, se realiza un chequeo de los elementos de confinamiento que son requeridos. Que para el caso se determinó lo siguiente: se requieren columnas de confinamiento en los extremos de los muros divisorios con un área de 12cm x 20cm reforzadas con 2 barras #3 y estribos #2 separado cada 20cm (ver Figura 192).





**Figura 192. Vista en planta de los elementos de confinamiento no estructurales**

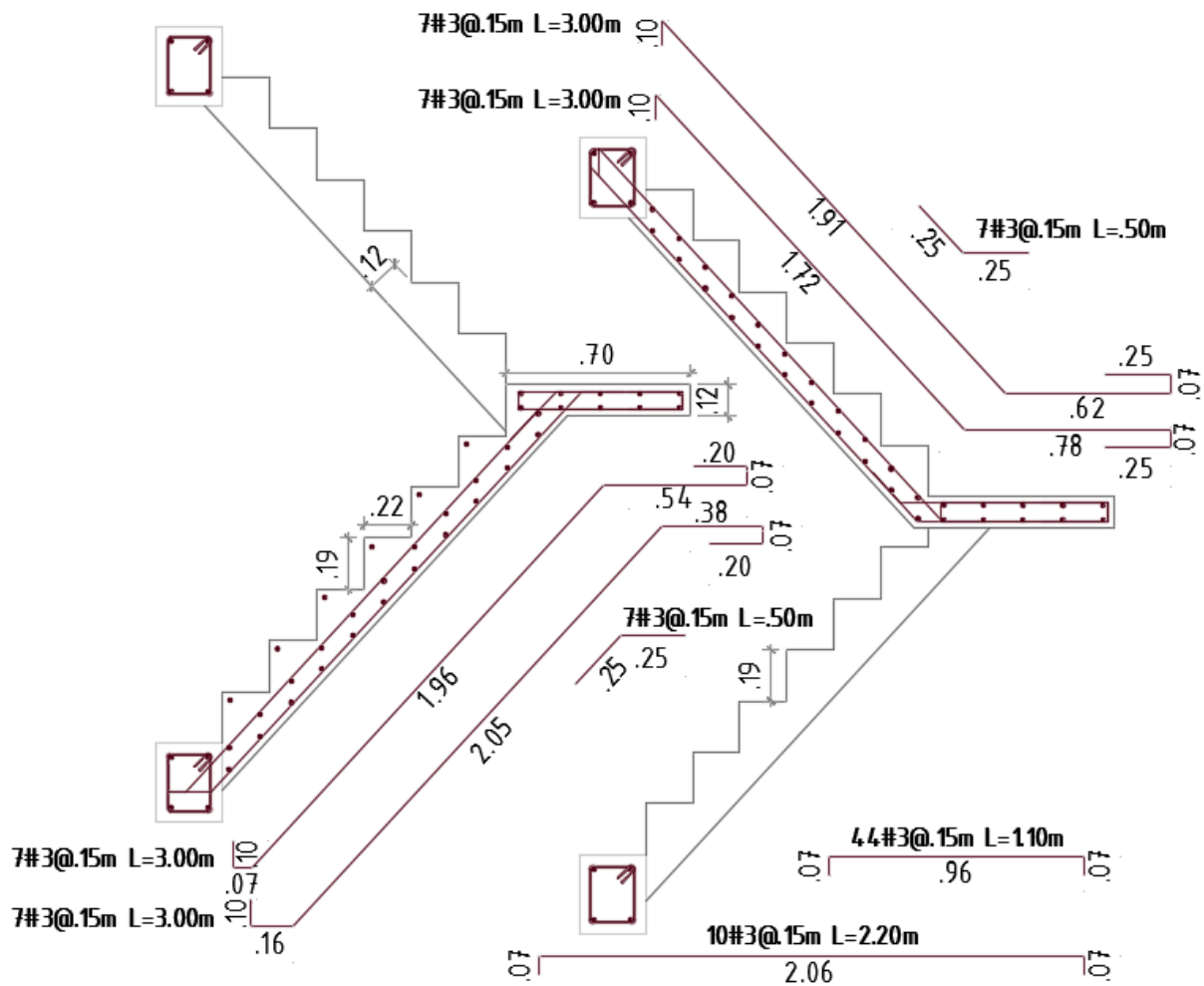
Los elementos no estructurales deben anclarse al sistema estructural principal de tal forma que se garantice que el elemento no fallará ante una eventualidad sísmica, lo cual garantice su correcto funcionamiento para salvaguardar la vida humana. Dicho anclaje debe realizarse como se detalla en la Figura 193.



**Figura 193. Detaller de los elementos no estructurales**

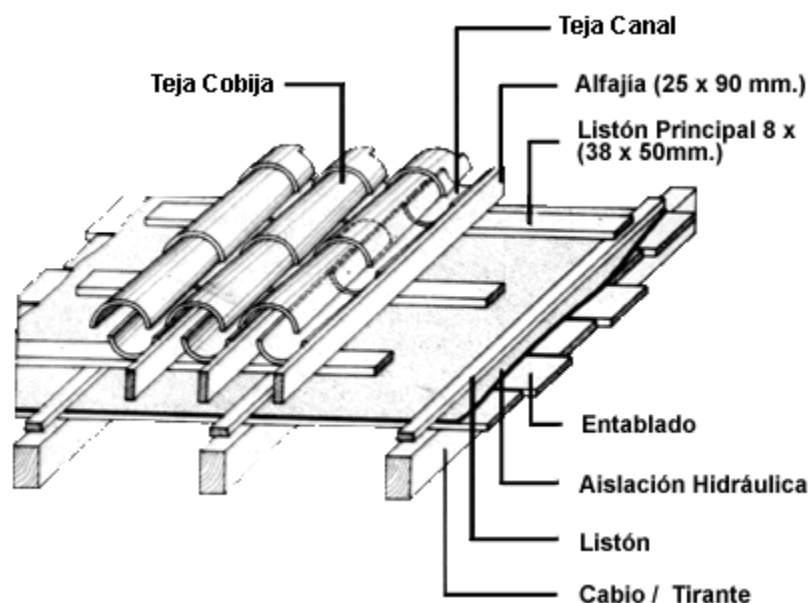
**4.4.2 Diseño de escalera.** Una escalera está conformada básicamente por una serie de escalones, los que a su vez se componen de una huella (su parte horizontal, donde se apoyará el pie) y una contrahuella (su parte vertical). La escalera puede tomar una gran variedad de formas y configuraciones, pero la relación entre la Huella y la Contrahuella debe mantenerse igual en todo su recorrido para evitar el desequilibrio del usuario, quién subirá o bajará la escalera de forma más bien automática.

Estructuralmente la escalera se diseña como una losa inclinada, en donde se tiene en cuenta el tipo de apoyo y la longitud entre ellos. La escalera tipo que se utiliza en las viviendas diseñadas anteriormente tiene una altura de 2.70m, las huellas son de 22cm y la contrahuella es de 19cm. El espesor de la losa que conforma la escalera es de 12cm y se refuerza con barras de acero #3 separada cada 15cm en las dos direcciones principales, teniendo una forma especial como se observa en la Figura 194.



**Figura 194. Detalle de escalera tipo**

**4.4.3 Diseño de cubierta liviana.** La cubierta liviana que se dispuso es de tejas de arcilla, las cuales una funciona como teja canal y la otra como teja cobija, sobre mortero de pega. Se dispone un entramado de madera: listones, alfajías, tirante que soporta una cama de machimbre o entablado, tal y como se muestra en la Figura 195.



**Figura 195. Detalle de cubierta liviana**

Fuente: Pinterest, 2021.

#### **4.5 Cálculo de Cantidades de obra para cada Una de las Viviendas Diseñadas**

Según los bosquejos de los diseños de cada una de las viviendas, anteriormente presentados, se procede a realizar el cálculo de las cantidades de materiales. Para lo cual, se consideró la cantidad en metro lineal (ML), metro cuadrado (M2), metro cúbico (M3) y/o kilogramo (KG) de los diferentes elementos estructurales y no estructurales que deben considerarse para construir cada una de las viviendas.

**4.5.1 Cantidades de obra casas de uno y dos pisos en mampostería confinada.** En el presente apartado se calculan las cantidades de obra para cada una de las viviendas de uno y dos pisos diseñadas en mampostería confinada.

La tabla 11 muestra las cantidades de obra de la vivienda de un piso con un área de 50m<sup>2</sup> aproximadamente, diseñada en mampostería confinada. El bosquejo de dicha vivienda fue

presentado en el ítem 4.1.1 del presente documento. De la tabla 11 se puede deducir que la cantidad de concreto ciclópeo para la construcción de la cimentación es de  $6.30\text{m}^3$ , el volumen de concreto de 21MPa es de  $13.55\text{m}^3$ , el volumen de mortero de pega relación 1:3 es de  $3.70\text{m}^3$ , la cantidad de ladrillos de arcilla de  $24 \times 12 \times 6\text{cm}$  es de 5711.9 unidades y que la cantidad de acero de refuerzo requerido asciende a los 1029.6kg.

**Tabla 11. Cantidades de obra casa de un piso en mampostería confinada (50m<sup>2</sup>)**

Descripción	Unidad	Cantidad
Ciclópeo de cimentación	M3	6.30
Vigas de cimentación 30x30cm	ML	52.53
Acero de refuerzo para vigas de cimentación	KG	211.26
Muros de sobre-cimiento e=12cm	M2	14.83
Vigas de amarre a nivel de terreno 12x20cm	ML	49.44
Acero de refuerzo para vigas de amarre a nivel de terreno	KG	191.40
Placa de contrapiso e=10cm	M2	46.09
Acero de refuerzo para placa de contrapiso	KG	174.49
Muros estructurales en mampostería e=12cm	M2	98.28
Vigas de confinamiento a nivel de cubierta 12x20cm	ML	49.44
Acero de refuerzo para vigas de confinamiento a nivel de cubierta	KG	191.40
Placa para tanque aéreo e=10cm	M2	3.80
Acero de refuerzo para placa de tanque aéreo	KG	22.38
Columnas de confinamiento 12x20cm	ML	60.80
Acero de refuerzo para columnas de confinamiento	KG	238.68
Cubierta liviana (tejas de arcilla)	M2	51.18

Por lo tanto, los resultados de la tabla 11 implican que para la construcción de casas de un piso con un área aproximada de  $50\text{m}^2$  se requieren  $0.27\text{m}^3$  de concreto, 20.59 kg de acero y 114.24 unidades de mampostería por cada metro cuadrado de área en planta construida.

La tabla 12 muestra las cantidades de obra de la vivienda de un piso con un área de  $100\text{m}^2$  aproximadamente, diseñada en mampostería confinada. El bosquejo de dicha vivienda fue presentado en el ítem 4.1.2 del presente documento. De la tabla 12 se puede deducir que la cantidad de concreto ciclópeo para la construcción de la cimentación es de  $11.40\text{m}^3$ , el volumen

de concreto de 21MPa es de  $25.50\text{m}^3$ , el volumen de mortero de pega relación 1:3 es de  $6.79\text{m}^3$ , la cantidad de ladrillos de arcilla de  $24 \times 12 \times 6\text{cm}$  es de 10476.43 unidades y que la cantidad de acero de refuerzo requerido asciende a los 2315.66kg.

**Tabla 12. Cantidades de obra casa de un piso en mampostería confinada ( $100\text{m}^2$ )**

Descripción	Unidad	Cantidad
Ciclópeo de cimentación	M3	11.40
Vigas de cimentación $30 \times 30\text{cm}$	ML	95.03
Acero de refuerzo para vigas de cimentación	KG	385.78
Muros de sobre-cimiento $e=12\text{cm}$	M2	27.28
Vigas de amarre a nivel de terreno $12 \times 20\text{cm}$	ML	90.93
Acero de refuerzo para vigas de amarre a nivel de terreno	KG	352.05
Placa de contrapiso $e=10\text{cm}$	M2	92.32
Acero de refuerzo para placa de contrapiso	KG	355.64
Muros estructurales en mampostería $e=12\text{cm}$	M2	180.18
Vigas de confinamiento a nivel de cubierta $12 \times 20\text{cm}$	ML	90.93
Acero de refuerzo para vigas de confinamiento a nivel de cubierta	KG	352.05
Placa para tanque aéreo $e=10\text{cm}$	M2	7.40
Acero de refuerzo para placa de tanque aéreo	KG	43.69
Columnas de confinamiento $12 \times 20\text{cm}$	ML	108.80
Acero de refuerzo para columnas de confinamiento	KG	427.11
Cubierta liviana (tejas de arcilla)	M2	101.40

Por lo tanto, los resultados de la tabla 12 implican que para la construcción de casas de un piso con un área aproximada de  $100\text{m}^2$  se requieren  $0.26\text{m}^3$  de concreto, 23.16kg de acero y 104.76 unidades de mampostería por cada metro cuadrado de área en planta construida.

Si se analiza el crecimiento que tuvo las cantidades de materiales por metro cuadrado al duplicarse el área en planta de la vivienda, se tiene que la cantidad de concreto aumentó 1.88 veces, la cantidad de acero aumentó 2.25 veces y la cantidad de mampostería aumentó 1.83, al comparar viviendas de  $100\text{m}^2$  con viviendas de  $50\text{m}^2$ , por lo que es correcto afirmar que aproximadamente el incremento en los materiales se duplicó, ya que el rango de amplificación se tiene entre 1.83 y 2.25, sin llegar a tener un análisis más detallado.

La tabla 13 muestra las cantidades de obra de la vivienda de un piso con un área de 150m<sup>2</sup> aproximadamente, diseñada en mampostería confinada. El bosquejo de dicha vivienda fue presentado en el ítem 4.1.3 del presente documento. De la tabla 13 se puede deducir que la cantidad de concreto ciclópeo para la construcción de la cimentación es de 16.57m<sup>3</sup>, el volumen de concreto de 21MPa es de 37.44m<sup>3</sup>, el volumen de mortero de pega relación 1:3 es de 8.25m<sup>3</sup>, la cantidad de ladrillos de arcilla de 24x12x6cm es de 12729.28 unidades y que la cantidad de acero de refuerzo requerido asciende a los 3376.60kg.

**Tabla 13. Cantidades de obra casa de un piso en mampostería confinada (150m<sup>2</sup>)**

Descripción	Unidad	Cantidad
Ciclópeo de cimentación	M3	16.57
Vigas de cimentación 30x30cm	ML	138.08
Acero de refuerzo para vigas de cimentación	KG	548.51
Muros de sobre-cimiento e=12cm	M2	39.75
Vigas de amarre a nivel de terreno 12x20cm	ML	132.50
Acero de refuerzo para vigas de amarre a nivel de terreno	KG	509.70
Placa de contrapiso e=10cm	M2	138.48
Acero de refuerzo para placa de contrapiso	KG	536.80
Muros estructurales en mampostería e=12cm	M2	212.32
Vigas de confinamiento a nivel de cubierta 12x20cm	ML	132.50
Acero de refuerzo para vigas de confinamiento a nivel de cubierta	KG	509.70
Placa para tanque aéreo e=10cm	M2	11.20
Acero de refuerzo para placa de tanque aéreo	KG	66.07
Columnas de confinamiento 12x20cm	ML	153.60
Acero de refuerzo para columnas de confinamiento	KG	602.98
Cubierta liviana (tejas de arcilla)	M2	151.50

Por lo tanto, los resultados de la tabla 13 implican que para la construcción de casas de un piso con un área aproximada de 150m<sup>2</sup> se requieren 0.25m<sup>3</sup> de concreto, 22.51kg de acero y 84.86 unidades de mampostería por cada metro cuadrado de área en planta construida.

Si se analiza el crecimiento que tuvo las cantidades de materiales por metro cuadrado al triplicarse el área en planta de la vivienda, se tiene que la cantidad de concreto aumentó 2.76

veces, la cantidad de acero aumentó 3.28 veces y la cantidad de mampostería aumentó 2.23, al comparar viviendas de 150m<sup>2</sup> con viviendas de 50m<sup>2</sup>. En este caso no es correcto afirmar que el incremento en los materiales se triplicó, ya que el incremento tiene un rango muy amplio entre 2.23 y 3.28.

**Tabla 14. Cantidades de obra casa de dos pisos en mampostería confinada (100m<sup>2</sup>)**

Descripción	Unidad	Cantidad
Ciclópeo de cimentación	M3	6.55
Vigas de cimentación 30x30cm	ML	54.61
Acero de refuerzo para vigas de cimentación	KG	341.69
Muros de sobre-cimiento e=12cm	M2	16.12
Vigas de amarre a nivel de terreno 12x20cm	ML	53.73
Acero de refuerzo para vigas de amarre a nivel de terreno	KG	211.18
Placa de contrapiso e=10cm	M2	45.53
Acero de refuerzo para placa de contrapiso	KG	174.49
Muros estructurales en mampostería e=12cm	M2	199.55
Vigas de confinamiento a nivel de entrepiso 12x25cm	ML	53.73
Acero de refuerzo para vigas de confinamiento a nivel de entrepiso	KG	221.68
Placa de entrepiso e=12cm	M2	45.53
Acero de refuerzo para placa de entrepiso	KG	285.51
Escalera e=12cm	M2	4.75
Acero de refuerzo para escalera	KG	90.38
Vigas de confinamiento a nivel de cubierta 12x20cm	ML	46.42
Acero de refuerzo para vigas de confinamiento a nivel de cubierta	KG	181.37
Placa para tanque aéreo e=10cm	M2	3.92
Acero de refuerzo para placa de tanque aéreo	KG	22.38
Columnas de confinamiento 12x20cm	ML	122.80
Acero de refuerzo para columnas de confinamiento	KG	435.82
Cubierta liviana (tejas de arcilla)	M2	51.08

La tabla 14 muestra las cantidades de obra de la vivienda de dos pisos con un área de 100m<sup>2</sup> aproximadamente, diseñada en mampostería confinada. El bosquejo de dicha vivienda fue presentado en el ítem 4.1.4 del presente documento. De la tabla 14 se puede deducir que la cantidad de concreto ciclópeo para la construcción de la cimentación es de 6.55m<sup>3</sup>, el volumen de concreto de 21MPa es de 22.86m<sup>3</sup>, el volumen de mortero de pega relación 1:3 es de 7.06m<sup>3</sup>, la



cantidad de ladrillos de arcilla de 24x12x6cm es de 10891.28 unidades y que la cantidad de acero de refuerzo requerido asciende a los 1964.50kg.

Por lo tanto, los resultados de la tabla 14 implican que para la construcción de casas de dos pisos con un área aproximada de 100m<sup>2</sup> se requieren 0.23m<sup>3</sup> de concreto, 19.64kg de acero y 108.91 unidades de mampostería por cada metro cuadrado de área en planta construida.

Si se hace una comparación entre la vivienda de mampostería confinada de un piso con un área de 50m<sup>2</sup> con la vivienda de dos pisos con 100m<sup>2</sup> de área en planta, se puede evidenciar que la cantidad de concreto aumentó 1.70 veces, la cantidad de acero aumentó 1.90 veces y la cantidad de unidades de mampostería aumentó 1.88 veces, por metro cuadrado en planta construido. Lo que implica que cuando se duplica el área en altura, las cantidades de materiales aumentan entre 1.7 y 1.9 veces.

La tabla 15 muestra las cantidades de obra de la vivienda de dos pisos con un área de 200m<sup>2</sup> aproximadamente, diseñada en mampostería confinada. El bosquejo de dicha vivienda fue presentado en el ítem 4.1.5 del presente documento. De la tabla 15 se puede deducir que la cantidad de concreto ciclópeo para la construcción de la cimentación es de 12.03m<sup>3</sup>, el volumen de concreto de 21MPa es de 43.01m<sup>3</sup>, el volumen de mortero de pega relación 1:3 es de 13.05m<sup>3</sup>, la cantidad de ladrillos de arcilla de 24x12x6cm es de 20132.61 unidades y que la cantidad de acero de refuerzo requerido asciende a los 3557.11kg.

**Tabla 15. Cantidades de obra casa de dos pisos en mampostería confinada (200m<sup>2</sup>)**

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Ciclópeo de cimentación	M3	12.03
Vigas de cimentación 30x30cm	ML	100.29
Acero de refuerzo para vigas de cimentación	KG	625.94
Muros de sobre-cimiento e=12cm	M2	29.97
Vigas de amarre a nivel de terreno 12x20cm	ML	99.91
Acero de refuerzo para vigas de amarre a nivel de terreno	KG	386.70
Placa de contrapiso e=10cm	M2	90.66
Acero de refuerzo para placa de contrapiso	KG	355.64
Muros estructurales en mampostería e=12cm	M2	368.69
Vigas de confinamiento a nivel de entrepiso 12x25cm	ML	99.91
Acero de refuerzo para vigas de confinamiento a nivel de entrepiso	KG	405.95
Placa de entrepiso e=12cm	M2	90.66
Acero de refuerzo para placa de entrepiso	KG	562.68
Escalera e=12cm	M2	4.75
Acero de refuerzo para escalera	KG	90.38
Vigas de confinamiento a nivel de cubierta 12x20cm	ML	86.08
Acero de refuerzo para vigas de confinamiento a nivel de cubierta	KG	339.46
Placa para tanque aéreo e=10cm	M2	7.60
Acero de refuerzo para placa de tanque aéreo	KG	17.72
Columnas de confinamiento 12x20cm	ML	218.80
Acero de refuerzo para columnas de confinamiento	KG	772.64
Cubierta liviana (tejas de arcilla)	M2	101.40

Por lo tanto, los resultados de la tabla 15 implican que para la construcción de casas de dos pisos con un área aproximada de 200m<sup>2</sup> se requieren 0.22m<sup>3</sup> de concreto, 17.79kg de acero y 100.66 unidades de mampostería por cada metro cuadrado de área en planta construida.

Si se hace una comparación entre la vivienda de mampostería confinada de un piso con un área de 100m<sup>2</sup> con la vivienda de dos pisos con 200m<sup>2</sup> de área en planta, se puede evidenciar que la cantidad de concreto aumentó 1.69 veces, la cantidad de acero aumentó 1.54 veces y la cantidad de unidades de mampostería aumentó 1.92 veces, por metro cuadrado en planta construido. Lo que implica que cuando se duplica el área en altura, las cantidades de materiales aumentan entre 1.69 y 1.92 veces.

Por otra parte, si se compara las viviendas de dos pisos con un área de 100m<sup>2</sup> con las de dos pisos con un área de 200m<sup>2</sup> se tiene que el incremento en el volumen de concreto es de 1.88 veces, el incremento de la cantidad de acero es de 1.81 veces y el aumento de unidades de mampostería es de 1.85 veces. Lo cual implica que al duplicar el área de viviendas de dos pisos la cantidad de material aumenta entre 1.81 y 1.85 veces.

La tabla 16 muestra las cantidades de obra de la vivienda de dos pisos con un área de 300m<sup>2</sup> aproximadamente, diseñada en mampostería confinada. El bosquejo de dicha vivienda fue presentado en el ítem 4.1.6 del presente documento. De la tabla 16 se puede deducir que la cantidad de concreto ciclópeo para la construcción de la cimentación es de 18.03m<sup>3</sup>, el volumen de concreto de 21MPa es de 63.85m<sup>3</sup>, el volumen de mortero de pega relación 1:3 es de 19.55m<sup>3</sup>, la cantidad de ladrillos de arcilla de 24x12x6cm es de 30162.02 unidades y que la cantidad de acero de refuerzo requerido asciende a los 5279.26kg.

**Tabla 16. Cantidades de obra casa de dos pisos en mampostería confinada (300m<sup>2</sup>)**

Descripción	Unidad	Cantidad
Ciclópeo de cimentación	M3	18.03
Vigas de cimentación 30x30cm	ML	150.23
Acero de refuerzo para vigas de cimentación	KG	935.66
Muros de sobre-cimiento e=12cm	M2	44.23
Vigas de amarre a nivel de terreno 12x20cm	ML	147.43
Acero de refuerzo para vigas de amarre a nivel de terreno	KG	574.09
Placa de contrapiso e=10cm	M2	135.99
Acero de refuerzo para placa de contrapiso	KG	536.80
Muros estructurales en mampostería e=12cm	M2	553.04
Vigas de confinamiento a nivel de entrepiso 12x25cm	ML	147.43
Acero de refuerzo para vigas de confinamiento a nivel de entrepiso	KG	602.59
Placa de entrepiso e=12cm	M2	135.99
Acero de refuerzo para placa de entrepiso	KG	861.91
Escalera e=12cm	M2	4.75
Acero de refuerzo para escalera	KG	90.38
Vigas de confinamiento a nivel de cubierta 12x20cm	ML	124.67
Acero de refuerzo para vigas de confinamiento a nivel de cubierta	KG	485.17

Descripción	Unidad	Cantidad
Placa para tanque aéreo e=10cm	M2	11.52
Acero de refuerzo para placa de tanque aéreo	KG	40.10
Columnas de confinamiento 12x20cm	ML	322.30
Acero de refuerzo para columnas de confinamiento	KG	1152.57
Cubierta liviana (tejas de arcilla)	M2	151.30

Por lo tanto, los resultados de la tabla 16 implican que para la construcción de casas de dos pisos con un área aproximada de  $300\text{m}^2$  se requieren  $0.21\text{m}^3$  de concreto, 17.60kg de acero y 100.54 unidades de mampostería por cada metro cuadrado de área en planta construida.

Si se hace una comparación entre la vivienda de mampostería confinada de un piso con un área de  $150\text{m}^2$  con la vivienda de dos pisos con  $300\text{m}^2$  de área en planta, se puede evidenciar que la cantidad de concreto aumentó 1.71 veces, la cantidad de acero aumentó 1.56 veces y la cantidad de unidades de mampostería aumentó 2.37 veces, por metro cuadrado en planta construido. Lo que implica que cuando se duplica el área en altura, las cantidades de materiales aumentan entre 1.71 y 2.37 veces.

Por otra parte, si se compara las viviendas de dos pisos con un área de  $100\text{m}^2$  con las de dos pisos con un área de  $300\text{m}^2$  se tiene que el incremento en el volumen de concreto es de 2.79 veces, el incremento de la cantidad de acero es de 2.69 veces y el aumento de unidades de mampostería es de 2.77 veces. Lo cual implica que al triplicar el área de viviendas de dos pisos la cantidad de material aumenta entre 2.69 y 2.79 veces.

**4.5.2 Cantidades de obra casa de uno y dos pisos en pórticos.** En el presente apartado se calculan las cantidades de obra para cada una de las viviendas de uno y dos pisos diseñadas en sistema de pórticos.

La tabla 17 muestra las cantidades de obra de la vivienda de un piso con un área de 50m<sup>2</sup> aproximadamente, diseñada en sistemas de pórticos. El bosquejo de dicha vivienda fue presentado en el ítem 4.2.1 del presente documento. De la tabla 17 se puede deducir que el volumen de concreto de 21MPa es de 17.85m<sup>3</sup>, el volumen de mortero de pega relación 1:3 es de 2.01m<sup>3</sup>, la cantidad de bloques de arcilla No. 5 de 12x20x30cm es de 1092.06 unidades y que la cantidad de acero de refuerzo requerido asciende a los 2107.36kg.

**Tabla 17. Cantidades de obra casa de un piso en pórticos (50m<sup>2</sup>)**

Descripción	Unidad	Cantidad
Zapatas	M3	1.47
Acero de Refuerzo para zapatas	KG	135.18
Vigas de cimentación a nivel de terreno	M3	3.03
Acero de refuerzo para vigas de cimentación a nivel de terreno	KG	402.98
Placa de contrapiso e=10cm	M2	42.60
Acero de refuerzo para placa de contrapiso	KG	174.49
Muros no estructurales en mampostería e=12cm	M2	82.30
Columnas de confinamiento para muros no estructurales 12x20cm	ML	80.85
Acero de refuerzo para columnas de confinamiento	KG	150.44
Columnas estructurales 30x30cm	ML	42.60
Acero de refuerzo para columnas estructurales	KG	812.58
Vigas a nivel de cubierta	M3	3.03
Acero de refuerzo para vigas a nivel de cubierta	KG	402.98
Placa para tanque aéreo e=10cm	M2	2.96
Acero de refuerzo para placa de tanque aéreo	KG	28.59
Cubierta liviana (tejas de arcilla)	M2	54.14

Por lo tanto, los resultados de la tabla 17 implican que para la construcción de casas de un piso con un área aproximada de 50m<sup>2</sup> se requieren 0.36m<sup>3</sup> de concreto, 42.15kg de acero y 21.84 unidades de mampostería por cada metro cuadrado de área en planta construida.

La tabla 18 muestra las cantidades de obra de la vivienda de un piso con un área de 100m<sup>2</sup> aproximadamente, diseñada en sistemas de pórticos. El bosquejo de dicha vivienda fue presentado en el ítem 4.2.2 del presente documento. De la tabla 18 se puede deducir que el

volumen de concreto de 21MPa es de  $32.37\text{m}^3$ , el volumen de mortero de pega relación 1:3 es de  $3.59\text{m}^3$ , la cantidad de bloques de arcilla No. 5 de  $12 \times 20 \times 30\text{cm}$  es de 1948.41 unidades y que la cantidad de acero de refuerzo requerido asciende a los 3739.83kg.

Por lo tanto, los resultados de la tabla 18 implican que para la construcción de casas de un piso con un área aproximada de  $100\text{m}^2$  se requieren  $0.32\text{m}^3$  de concreto, 37.40kg de acero y 19.48 unidades de mampostería por cada metro cuadrado de área en planta construida.

**Tabla 18. Cantidades de obra casa de un piso en pórticos ( $100\text{m}^2$ )**

Descripción	Unidad	Cantidad
Zapatas	M3	2.45
Acero de Refuerzo para zapatas	KG	225.31
Vigas de cimentación a nivel de terreno	M3	5.52
Acero de refuerzo para vigas de cimentación a nivel de terreno	KG	739.42
Placa de contrapiso $e=10\text{cm}$	M2	83.80
Acero de refuerzo para placa de contrapiso	KG	355.64
Muros no estructurales en mampostería $e=12\text{cm}$	M2	146.83
Columnas de confinamiento para muros no estructurales $12 \times 20\text{cm}$	ML	147.00
Acero de refuerzo para columnas de confinamiento	KG	273.53
Columnas estructurales $30 \times 30\text{cm}$	ML	71.00
Acero de refuerzo para columnas estructurales	KG	1354.30
Vigas a nivel de cubierta	M3	5.52
Acero de refuerzo para vigas a nivel de cubierta	KG	739.42
Placa para tanque aéreo $e=10\text{cm}$	M2	5.72
Acero de refuerzo para placa de tanque aéreo	KG	52.21
Cubierta liviana (tejas de arcilla)	M2	105.20

Si se analiza el crecimiento que tuvo las cantidades de materiales por metro cuadrado al duplicarse el área en planta de la vivienda, se tiene que la cantidad de concreto aumentó 1.81 veces, la cantidad de acero aumentó 1.77 veces y la cantidad de mampostería aumentó 1.78, al comparar viviendas de  $100\text{m}^2$  con viviendas de  $50\text{m}^2$ , por lo que el rango de amplificación se tiene entre 1.77 y 1.81 veces, sin llegar a tener un análisis más detallado.

La tabla 19 muestra las cantidades de obra de la vivienda de un piso con un área de 150m<sup>2</sup> aproximadamente, diseñada en sistemas de pórticos. El bosquejo de dicha vivienda fue presentado en el ítem 4.2.3 del presente documento. De la tabla 19 se puede deducir que el volumen de concreto de 21MPa es de 46.01m<sup>3</sup>, el volumen de mortero de pega relación 1:3 es de 5.58m<sup>3</sup>, la cantidad de bloques de arcilla No. 5 de 12x20x30cm es de 3028.77 unidades y que la cantidad de acero de refuerzo requerido asciende a los 5365.51kg.

**Tabla 19. Cantidades de obra casa de un piso en pórticos (150m<sup>2</sup>)**

Descripción	Unidad	Cantidad
Zapatas	M3	3.43
Acero de Refuerzo para zapatas	KG	315.43
Vigas de cimentación a nivel de terreno	M3	7.35
Acero de refuerzo para vigas de cimentación a nivel de terreno	KG	1056.24
Placa de contrapiso e=10cm	M2	125.70
Acero de refuerzo para placa de contrapiso	KG	536.80
Muros no estructurales en mampostería e=12cm	M2	228.24
Columnas de confinamiento para muros no estructurales 12x20cm	ML	227.85
Acero de refuerzo para columnas de confinamiento	KG	423.96
Columnas estructurales 30x30cm	ML	99.40
Acero de refuerzo para columnas estructurales	KG	1896.03
Vigas a nivel de cubierta	M3	7.35
Acero de refuerzo para vigas a nivel de cubierta	KG	1056.24
Placa para tanque aéreo e=10cm	M2	9.06
Acero de refuerzo para placa de tanque aéreo	KG	80.81
Cubierta liviana (tejas de arcilla)	M2	156.00

Por lo tanto, los resultados de la tabla 19 implican que para la construcción de casas de un piso con un área aproximada de 150m<sup>2</sup> se requieren 0.31m<sup>3</sup> de concreto, 35.77kg de acero y 20.19 unidades de mampostería por cada metro cuadrado de área en planta construida.

Si se analiza el crecimiento que tuvo las cantidades de materiales por metro cuadrado al triplicarse el área en planta de la vivienda, se tiene que la cantidad de concreto aumentó 2.58 veces, la cantidad de acero aumentó 2.55 veces y la cantidad de mampostería aumentó 2.77, al

comparar viviendas de 150m<sup>2</sup> con viviendas de 50m<sup>2</sup>, por lo que el rango de amplificación se tiene entre 2.55 y 2.77 veces, sin llegar a tener un análisis más detallado.

La tabla 20 muestra las cantidades de obra de la vivienda de dos pisos con un área de 100m<sup>2</sup> aproximadamente, diseñada en sistemas de pórticos. El bosquejo de dicha vivienda fue presentado en el ítem 4.2.4 del presente documento. De la tabla 20 se puede deducir que el volumen de concreto de 21MPa es de 33.45m<sup>3</sup>, el volumen de mortero de pega relación 1:3 es de 4.05m<sup>3</sup>, la cantidad de bloques de arcilla No. 5 de 12x20x30cm es de 2798.93 unidades y que la cantidad de acero de refuerzo requerido asciende a los 3757.12kg.

**Tabla 20. Cantidades de obra casa de dos pisos en pórticos (100m<sup>2</sup>)**

Descripción	Unidad	Cantidad
Zapatas	M3	2.21
Acero de Refuerzo para zapatas	KG	188.16
Vigas de cimentación a nivel de terreno	M3	3.37
Acero de refuerzo para vigas de cimentación a nivel de terreno	KG	452.09
Placa de contrapiso e=10cm	M2	41.10
Acero de refuerzo para placa de contrapiso	KG	174.49
Muros no estructurales en mampostería e=12cm	M2	165.71
Columnas de confinamiento para muros no estructurales 12x20cm	ML	172.10
Acero de refuerzo para columnas de confinamiento	KG	320.91
Columnas estructurales 30x30cm	ML	72.30
Acero de refuerzo para columnas estructurales	KG	1346.90
Vigas a nivel de entrepiso	M3	4.16
Acero de refuerzo para vigas a nivel de entrepiso	KG	490.31
Placa de entrepiso e=13cm	M2	40.70
Acero de refuerzo para placa de entrepiso	KG	285.51
Escalera e=12cm	M2	4.75
Acero de refuerzo para escalera	KG	90.38
Vigas a nivel de cubierta	M3	2.84
Acero de refuerzo para vigas a nivel de cubierta	KG	382.32
Placa para tanque aéreo e=10cm	M2	2.70
Acero de refuerzo para placa de tanque aéreo	KG	26.05
Cubierta liviana (tejas de arcilla)	M2	54.60



Por lo tanto, los resultados de la tabla 20 implican que para la construcción de casas de dos pisos con un área aproximada de  $100\text{m}^2$  se requieren  $0.33\text{m}^3$  de concreto,  $37.57\text{kg}$  de acero y 21.99 unidades de mampostería por cada metro cuadrado de área en planta construida.

Si se compara las viviendas en sistema tipo pórtico de dos pisos con un área de  $50\text{m}^2$  con la vivienda de dos pisos con  $100\text{m}^2$  de área en planta, se puede evidenciar que la cantidad de concreto aumentó 1.87 veces, la cantidad de acero aumentó 1.78 veces y la cantidad de unidades de mampostería aumentó 2.01 veces, por metro cuadrado en planta construido. Lo que implica que cuando se duplica el área en altura, las cantidades de materiales aumentan entre 1.78 y 2.01 veces.

**Tabla 21. Cantidades de obra casa de dos pisos en pórticos ( $200\text{m}^2$ )**

Descripción	Unidad	Cantidad
Zapatas	M3	3.93
Acero de Refuerzo para zapatas	KG	331.50
Vigas de cimentación a nivel de terreno	M3	6.20
Acero de refuerzo para vigas de cimentación a nivel de terreno	KG	838.10
Placa de contrapiso $e=10\text{cm}$	M2	80.80
Acero de refuerzo para placa de contrapiso	KG	355.64
Muros no estructurales en mampostería $e=12\text{cm}$	M2	301.99
Columnas de confinamiento para muros no estructurales $12\times 20\text{cm}$	ML	307.85
Acero de refuerzo para columnas de confinamiento	KG	574.03
Columnas estructurales $30\times 30\text{cm}$	ML	122.30
Acero de refuerzo para columnas estructurales	KG	2277.22
Vigas a nivel de entrepiso	M3	7.67
Acero de refuerzo para vigas a nivel de entrepiso	KG	910.63
Placa de entrepiso $e=13\text{cm}$	M2	80.20
Acero de refuerzo para placa de entrepiso	KG	562.68
Escalera $e=12\text{cm}$	M2	4.75
Acero de refuerzo para escalera	KG	90.38
Vigas a nivel de cubierta	M3	4.88
Acero de refuerzo para vigas a nivel de cubierta	KG	686.76
Placa para tanque aéreo $e=10\text{cm}$	M2	5.20
Acero de refuerzo para placa de tanque aéreo	KG	48.54
Cubierta liviana (tejas de arcilla)	M2	106.60

La tabla 21 muestra las cantidades de obra de la vivienda de dos pisos con un área de  $200\text{m}^2$  aproximadamente, diseñada en sistemas de pórticos. El bosquejo de dicha vivienda fue presentado en el ítem 4.2.5 del presente documento. De la tabla 21 se puede deducir que el volumen de concreto de 21MPa es de  $60.67\text{m}^3$ , el volumen de mortero de pega relación 1:3 es de  $7.39\text{m}^3$ , la cantidad de bloques de arcilla No. 5 de  $12\times 20\times 30\text{cm}$  es de 4007.41 unidades y que la cantidad de acero de refuerzo requerido asciende a los 6675.48kg.

Por lo tanto, los resultados de la tabla 21 implican que para la construcción de casas de dos pisos con un área aproximada de  $200\text{m}^2$  se requieren  $0.30\text{m}^3$  de concreto, 33.38kg de acero y 20.04 unidades de mampostería por cada metro cuadrado de área en planta construida.

Si se compara las viviendas en sistema tipo pórtico de un piso con un área de  $100\text{m}^2$  con la vivienda de dos pisos con  $200\text{m}^2$  de área en planta, se puede evidenciar que la cantidad de concreto aumentó 1.87 veces, la cantidad de acero aumentó 1.78 veces y la cantidad de unidades de mampostería aumentó 2.06 veces, por metro cuadrado en planta construido. Lo que implica que cuando se duplica el área en altura, las cantidades de materiales aumentan entre 1.78 y 2.06 veces.

Por otra parte, si se compara las viviendas de dos pisos con un área de  $100\text{m}^2$  con las de dos pisos con un área de  $200\text{m}^2$  se tiene que el incremento en el volumen de concreto es de 1.81 veces, el incremento de la cantidad de acero es de 1.78 veces y el aumento de unidades de mampostería es de 1.82 veces. Lo cual implica que al duplicar el área de viviendas de dos pisos la cantidad de material aumenta entre 1.72 y 1.82 veces.

La tabla 22 muestra las cantidades de obra de la vivienda de dos pisos con un área de  $300\text{m}^2$  aproximadamente, diseñada en sistemas de pórticos. El bosquejo de dicha vivienda fue

presentado en el ítem 4.2.6 del presente documento. De la tabla 22 se puede deducir que el volumen de concreto de 21MPa es de  $90.30\text{m}^3$ , el volumen de mortero de pega relación 1:3 es de  $11.44\text{m}^3$ , la cantidad de bloques de arcilla No. 5 de  $12 \times 20 \times 30\text{cm}$  es de 6206.34 unidades y que la cantidad de acero de refuerzo requerido asciende a los 9522.55kg.

**Tabla 22. Cantidades de obra casa de dos pisos en pórticos ( $300\text{m}^2$ )**

Descripción	Unidad	Cantidad
Zapatas	M3	5.65
Acero de Refuerzo para zapatas	KG	331.50
Vigas de cimentación a nivel de terreno	M3	9.54
Acero de refuerzo para vigas de cimentación a nivel de terreno	KG	1231.95
Placa de contrapiso $e=10\text{cm}$	M2	121.20
Acero de refuerzo para placa de contrapiso	KG	536.80
Muros no estructurales en mampostería $e=12\text{cm}$	M2	467.70
Columnas de confinamiento para muros no estructurales $12 \times 20\text{cm}$	ML	475.10
Acero de refuerzo para columnas de confinamiento	KG	885.89
Columnas estructurales $30 \times 30\text{cm}$	ML	169.60
Acero de refuerzo para columnas estructurales	KG	3158.96
Vigas a nivel de entrepiso	M3	11.79
Acero de refuerzo para vigas a nivel de entrepiso	KG	1342.14
Placa de entrepiso $e=13\text{cm}$	M2	120.30
Acero de refuerzo para placa de entrepiso	KG	861.91
Escalera $e=12\text{cm}$	M2	4.75
Acero de refuerzo para escalera	KG	90.38
Vigas a nivel de cubierta	M3	7.53
Acero de refuerzo para vigas a nivel de cubierta	KG	1008.43
Placa para tanque aéreo $e=10\text{cm}$	M2	7.90
Acero de refuerzo para placa de tanque aéreo	KG	74.59
Cubierta liviana (tejas de arcilla)	M2	156.90

Por lo tanto, los resultados de la tabla 22 implican que para la construcción de casas de dos pisos con un área aproximada de  $300\text{m}^2$  se requieren  $0.30\text{m}^3$  de concreto, 31.74kg de acero y 20.69 unidades de mampostería por cada metro cuadrado de área en planta construida.

Si se compara las viviendas en sistema tipo pórtico de un piso con un área de  $150\text{m}^2$  con la vivienda de dos pisos con  $300\text{m}^2$  de área en planta, se puede evidenciar que la cantidad de

concreto aumentó 1.96 veces, la cantidad de acero aumentó 1.77 veces y la cantidad de unidades de mampostería aumentó 2.05 veces, por metro cuadrado en planta construido. Lo que implica que cuando se duplica el área en altura, las cantidades de materiales aumentan entre 1.77 y 2.05 veces.

Por otra parte, si se compara las viviendas de dos pisos con un área de  $100\text{m}^2$  con las de dos pisos con un área de  $300\text{m}^2$  se tiene que el incremento en el volumen de concreto es de 2.70 veces, el incremento de la cantidad de acero es de 2.53 veces y el aumento de unidades de mampostería es de 2.82 veces. Lo cual implica que al triplicar el área de viviendas de dos pisos la cantidad de material aumenta entre 2.53 y 2.82 veces.

#### **4.6 Análisis Económico de casas en Mampostería Confinada y en Pórticos**

En el presente apartado se presenta el costo total de la estructura incluyendo el costo de los materiales, el costo de la mano de obra y el costo de los equipos y herramientas necesarios para la construcción de las viviendas. La tabla 23 muestra los análisis de precios unitarios (APU) para cada uno de los elementos requeridos en el desarrollo del costo total de la estructura de cada una de las viviendas diseñadas de uno y dos pisos en mampostería confinada y sistema de pórticos. Los rendimientos de la mano de obra hora hombre (hH) fueron determinados según tabla s estándar. Al igual que los rendimientos día máquina (dM) o día unitario (dU) de los equipos y herramientas necesarias para la construcción de las viviendas diseñadas.

**Tabla 23. Análisis de precios unitarios (APU) detallados para cada elemento**

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Vlr Unitario</b>	<b>Vlr. Total</b>
APU.B.1	Concreto de 21 MPa	M3			\$ 485,952.21
Material:	Cemento gris de uso general	KG	375.00	\$ 560.00	\$ 210,000.00
	Arena lavada de rio	M3	0.65	\$ 138,600.00	\$ 90,090.00
	Triturado 3/4"	M3	0.85	\$ 138,600.00	\$ 117,810.00
	Agua de mezclado	Lt	187.50	\$ 2.21	\$ 414.38
Personal:	Oficial de construcción	hH	1.00	\$ 11,152.13	\$ 11,152.13
	Ayudante de construcción	hH	4.00	\$ 7,434.75	\$ 29,739.00
Equipos:	Mezclador de un bulto	dM	0.35	\$ 64,736.00	\$ 22,657.60
	Herramienta menor	%	10.00		\$ 4,089.11
APU.B.2	Mortero de pega 1:3	M3			\$ 452,073.59
Material:	Cemento gris de uso general	KG	470.00	\$ 560.00	\$ 263,200.00
	Arena fina	M3	1.15	\$ 110,600.00	\$ 127,190.00
	Agua de mezclado	Lt	235.00	\$ 2.21	\$ 519.35
Personal:	Oficial de construcción	hH	1.00	\$ 11,152.13	\$ 11,152.13
	Ayudante de construcción	hH	4.00	\$ 7,434.75	\$ 29,739.00
Equipos:	Mezclador de un bulto	dM	0.25	\$ 64,736.00	\$ 16,184.00
	Herramienta menor	%	10.00		\$ 4,089.11
APU.E.1	Ciclopeo de cimentación	M3			\$ 390,402.45
Material:	Cemento gris de uso general	KG	204.75	\$ 560.00	\$ 114,660.00
	Arena lavada de rio	M3	0.41	\$ 138,600.00	\$ 56,756.70
	Triturado 3/4"	M3	0.54	\$ 138,600.00	\$ 74,220.30
	Agua de mezclado	Lt	102.38	\$ 2.21	\$ 226.25
	Piedra rajoneada	M3	0.60	\$ 62,000.00	\$ 37,200.00
Personal:	Oficial de construcción	hH	2.50	\$ 11,152.13	\$ 27,880.31
	Ayudante de construcción	hH	10.00	\$ 7,434.75	\$ 74,347.50
Equipos:	Herramienta menor	%	5.00		\$ 5,111.39
APU.E.2	Vigas de cimentación 30x30cm	ML			\$ 113,322.22
Material:	Concreto de 21 MPa	M3	0.09	\$ 485,952.21	\$ 43,735.70
	Acero de refuerzo para viga de cimentación	KG	4.02	\$ 4,551.00	\$ 18,303.11
Personal:	Oficial de construcción	hH	1.35	\$ 11,152.13	\$ 15,055.37
	Ayudante de construcción	hH	4.05	\$ 7,434.75	\$ 30,110.74
Equipos:	Vibrador	dM	0.03	\$ 80,920.00	\$ 2,023.00
	Formaleta metálica	dU	10.00	\$ 183.60	\$ 1,836.00
	Herramienta menor	%	5.00		\$ 2,258.31
APU.E.3	Muros de sobre-cimiento e=12cm	M2			\$ 69,847.40

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Vlr Unitario</b>	<b>Vlr. Total</b>
Materiales:	Ladrillo tolete 24x12x6cm	UN	50.50	\$ 750.00	\$ 37,875.00
	Mortero de pega 1:3	M3	0.03	\$ 452,073.59	\$ 14,799.08
Personal:	Oficial de construcción	hH	0.87	\$ 11,152.13	\$ 9,702.35
	Ayudante de construcción	hH	0.87	\$ 7,434.75	\$ 6,468.23
Equipos:	Tablón para andamio	dU	0.20	\$ 971.04	\$ 194.21
	Herramienta menor	%	5.00		\$ 808.53
APU.E.4	Vigas de amarre a nivel de terreno 12x20cm	ML			\$ 80,564.67
Materiales:	Concreto de 21 MPa	M3	0.02	\$ 485,952.21	\$ 11,662.85
	Acero de refuerzo para vigas de amarre a nivel de terreno	KG	3.87	\$ 4,551.00	\$ 17,618.41
Personal:	Oficial de construcción	hH	1.35	\$ 11,152.13	\$ 15,055.37
	Ayudante de construcción	hH	4.05	\$ 7,434.75	\$ 30,110.74
Equipos:	Vibrador	dM	0.03	\$ 80,920.00	\$ 2,023.00
	Formaleta metálica	dU	10.00	\$ 183.60	\$ 1,836.00
	Herramienta menor	%	5.00		\$ 2,258.31
APU.E.5	Placa de contrapiso e=10cm	M2			\$ 97,614.35
Materiales:	Concreto de 21 MPa	M3	0.10	\$ 485,952.21	\$ 48,595.22
	Acero de refuerzo para placa de contrapiso	KG	3.79	\$ 5,712.00	\$ 21,625.04
Personal:	Oficial de construcción	hH	0.50	\$ 11,152.13	\$ 5,576.06
	Ayudante de construcción	hH	2.50	\$ 7,434.75	\$ 18,586.88
Equipos:	Vibrador	dM	0.03	\$ 80,920.00	\$ 2,023.00
	Herramienta menor	%	5.00		\$ 1,208.15
APU.E.6	Vigas de confinamiento a nivel de cubierta 12x20cm	ML			\$ 80,564.67
Materiales:	Concreto de 21 MPa	M3	0.02	\$ 485,952.21	\$ 11,662.85
	Acero de refuerzo para vigas de confinamiento a nivel de cubierta	KG	3.87	\$ 4,551.00	\$ 17,618.41
Personal:	Oficial de construcción	hH	1.35	\$ 11,152.13	\$ 15,055.37
	Ayudante de construcción	hH	4.05	\$ 7,434.75	\$ 30,110.74
Equipos:	Vibrador	dM	0.03	\$ 80,920.00	\$ 2,023.00
	Formaleta metálica	dU	10.00	\$ 183.60	\$ 1,836.00
	Herramienta menor	%	5.00		\$ 2,258.31
APU.E.7	Placa para tanque aéreo e=10cm	M2			\$ 155,733.12
Materiales:	Concreto de 21 MPa	M3	0.10	\$ 485,952.21	\$ 48,595.22
	Acero de refuerzo para placa de contrapiso	KG	5.89	\$ 5,712.00	\$ 33,637.07
Personal:	Oficial de construcción	hH	2.00	\$ 11,152.13	\$ 22,304.25
	Ayudante de construcción	hH	4.00	\$ 7,434.75	\$ 29,739.00

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Vlr Unitario</b>	<b>Vlr. Total</b>
Equipos:	Vibrador	dM	0.03	\$ 80,920.00	\$ 2,023.00
	Paral metálico	dU	19.23	\$ 274.72	\$ 5,282.87
	Cercha metálica	dU	9.62	\$ 161.84	\$ 1,556.90
	Formaleta metálica	dU	25.00	\$ 183.60	\$ 4,590.00
	Tablero de madera	dU	27.78	\$ 194.48	\$ 5,402.65
	Herramienta menor	%	5.00		\$ 2,602.16
APU.E.8	Columnas de confinamiento 12x20cm	ML			\$ 55,194.21
Materiales:	Concreto de 21 MPa	M3	0.02	\$ 485,952.21	\$ 11,662.85
	Acero de refuerzo para columnas de confinamiento	KG	3.93	\$ 4,551.00	\$ 17,865.52
Personal:	Oficial de construcción	hH	0.83	\$ 11,152.13	\$ 9,200.50
	Ayudante de construcción	hH	1.65	\$ 7,434.75	\$ 12,267.34
Equipos:	Vibrador	dM	0.03	\$ 80,920.00	\$ 2,023.00
	Formaleta metálica	dU	6.00	\$ 183.60	\$ 1,101.60
	Herramienta menor	%	5.00		\$ 1,073.39
APU.E.9	Muros estructurales en mampostería e=12cm	M2			\$ 69,993.06
Materiales:	Ladrillo tolete 24x12x6cm	UN	50.50	\$ 750.00	\$ 37,875.00
	Mortero de pega 1:3	M3	0.03	\$ 452,073.59	\$ 14,799.08
Personal:	Oficial de construcción	hH	0.87	\$ 11,152.13	\$ 9,702.35
	Ayudante de construcción	hH	0.87	\$ 7,434.75	\$ 6,468.23
Equipos:	Andamio tubular 1.50*1.50m	dU	0.10	\$ 1,456.56	\$ 145.66
	Tablón para andamio	dU	0.20	\$ 971.04	\$ 194.21
	Herramienta menor	%	5.00		\$ 808.53
APU.E.10	Vigas de confinamiento a nivel de entrepiso 12x25cm	ML			\$ 84,638.22
Materiales:	Concreto de 21 MPa	M3	0.03	\$ 485,952.21	\$ 14,578.57
	Acero de refuerzo para vigas de confinamiento a nivel de cubierta	KG	4.13	\$ 4,551.00	\$ 18,776.24
Personal:	Oficial de construcción	hH	1.35	\$ 11,152.13	\$ 15,055.37
	Ayudante de construcción	hH	4.05	\$ 7,434.75	\$ 30,110.74
Equipos:	Vibrador	dM	0.03	\$ 80,920.00	\$ 2,023.00
	Formaleta metálica	dU	10.00	\$ 183.60	\$ 1,836.00
	Herramienta menor	%	5.00		\$ 2,258.31
APU.E.11	Placa de entrepiso e=12cm	M2			\$ 167,634.28
Materiales:	Concreto de 21 MPa	M3	0.12	\$ 485,952.21	\$ 58,314.27
	Acero de refuerzo para placa de contrapiso	KG	6.27	\$ 5,712.00	\$ 35,819.18
Personal:	Oficial de construcción	hH	2.00	\$ 11,152.13	\$ 22,304.25
	Ayudante de construcción	hH	4.00	\$ 7,434.75	\$ 29,739.00

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Vlr Unitario</b>	<b>Vlr. Total</b>
Equipos:	Vibrador	dM	0.03	\$ 80,920.00	\$ 2,023.00
	Paral metálico	dU	19.23	\$ 274.72	\$ 5,282.87
	Cercha metálica	dU	9.62	\$ 161.84	\$ 1,556.90
	Formaleta metálica	dU	25.00	\$ 183.60	\$ 4,590.00
	Tablero de madera	dU	27.78	\$ 194.48	\$ 5,402.65
	Herramienta menor	%	5.00		\$ 2,602.16
APU.E.12	Escalera e=12cm	M2			\$ 198,092.38
Materiales:	Concreto de 21 MPa	M3	0.12	\$ 485,952.21	\$ 58,314.27
	Acero de refuerzo para placa de contrapiso	KG	19.03	\$ 5,712.00	\$ 108,712.03
Personal:	Oficial de construcción	hH	0.50	\$ 11,152.13	\$ 5,576.06
	Ayudante de construcción	hH	2.50	\$ 7,434.75	\$ 18,586.88
Equipos:	Vibrador	dM	0.03	\$ 80,920.00	\$ 2,023.00
	Formaleta metálica	dU	20.00	\$ 183.60	\$ 3,672.00
	Herramienta menor	%	5.00		\$ 1,208.15
APU.E.13	Cubierta liviana (tejas de arcilla)	M2			\$ 59,870.57
Materiales:	Mortero de pega 1:3	M3	0.02	\$ 452,073.59	\$ 6,781.10
	Teja de arcilla grande	UN	23.00	\$ 1,290.00	\$ 29,670.00
Personal:	Oficial de construcción	hH	1.20	\$ 11,152.13	\$ 13,382.55
	Ayudante de construcción	hH	1.20	\$ 7,434.75	\$ 8,921.70
Equipos:	Herramienta menor	%	5.00		\$ 1,115.21
APU.E.14	Zapatatas	M3			\$ 1,225,032.41
Materiales:	Concreto de 21 MPa	M3	1.00	\$ 485,952.21	\$ 485,952.21
	Acero de Refuerzo para zapatas	KG	91.96	\$ 4,551.00	\$ 418,518.63
Personal:	Oficial de construcción	hH	8.75	\$ 11,152.13	\$ 97,581.09
	Ayudante de construcción	hH	26.25	\$ 7,434.75	\$ 195,162.19
Equipos:	Vibrador	dM	0.13	\$ 80,920.00	\$ 10,115.00
	Formaleta metálica	dU	16.70	\$ 183.60	\$ 3,066.12
	Herramienta menor	%	5.00		\$ 14,637.16
APU.E.15	Vigas de cimentación a nivel de terreno	M3			\$ 1,128,690.93
Materiales:	Concreto de 21 MPa	M3	1.00	\$ 485,952.21	\$ 485,952.21
	Acero de refuerzo para vigas de cimentación a nivel de terreno	KG	133.22	\$ 4,551.00	\$ 606,273.36
Personal:	Oficial de construcción	hH	0.75	\$ 11,152.13	\$ 8,364.09
	Ayudante de construcción	hH	3.00	\$ 7,434.75	\$ 22,304.25
Equipos:	Vibrador	dM	0.03	\$ 80,920.00	\$ 2,427.60
	Formaleta metálica	dU	10.00	\$ 183.60	\$ 1,836.00



<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Vlr Unitario</b>	<b>Vlr. Total</b>
	Herramienta menor	%	5.00		\$ 1,533.42
APU.E.16	Columnas de confinamiento para muros no estructurales 12x20cm	ML			\$ 45,796.80
Material:	Concreto de 21 MPa	M3	0.02	\$ 485,952.21	\$ 11,662.85
	Acero de refuerzo para columnas de confinamiento	KG	1.86	\$ 4,551.00	\$ 8,468.11
Personal:	Oficial de construcción	hH	0.83	\$ 11,152.13	\$ 9,200.50
	Ayudante de construcción	hH	1.65	\$ 7,434.75	\$ 12,267.34
Equipos:	Vibrador	dM	0.03	\$ 80,920.00	\$ 2,023.00
	Formaleta metálica	dU	6.00	\$ 183.60	\$ 1,101.60
	Herramienta menor	%	5.00		\$ 1,073.39
APU.E.17	Columnas estructurales 30x30cm	ML			\$ 156,210.51
Material:	Concreto de 21 MPa	M3	0.09	\$ 485,952.21	\$ 43,735.70
	Acero de refuerzo para columnas estructurales	KG	19.07	\$ 4,551.00	\$ 86,808.98
Personal:	Oficial de construcción	hH	0.83	\$ 11,152.13	\$ 9,200.50
	Ayudante de construcción	hH	1.65	\$ 7,434.75	\$ 12,267.34
Equipos:	Vibrador	dM	0.03	\$ 80,920.00	\$ 2,023.00
	Formaleta metálica	dU	6.00	\$ 183.60	\$ 1,101.60
	Herramienta menor	%	5.00		\$ 1,073.39
APU.E.18	Vigas a nivel de cubierta	M3			\$ 1,128,690.93
Material:	Concreto de 21 MPa	M3	1.00	\$ 485,952.21	\$ 485,952.21
	Acero de refuerzo para vigas de cimentación a nivel de cubierta	KG	133.22	\$ 4,551.00	\$ 606,273.36
Personal:	Oficial de construcción	hH	0.75	\$ 11,152.13	\$ 8,364.09
	Ayudante de construcción	hH	3.00	\$ 7,434.75	\$ 22,304.25
Equipos:	Vibrador	dM	0.03	\$ 80,920.00	\$ 2,427.60
	Formaleta metálica	dU	10.00	\$ 183.60	\$ 1,836.00
	Herramienta menor	%	5.00		\$ 1,533.42
APU.E.19	Muros no estructurales en mampostería e=12cm	M2			\$ 54,251.39
Material:	Bloque No. 5 12x20x30cm	UN	13.27	\$ 1,950.00	\$ 25,876.50
	Mortero de pega 1:3	M3	0.02	\$ 452,073.59	\$ 11,055.91
Personal:	Oficial de construcción	hH	0.87	\$ 11,152.13	\$ 9,702.35
	Ayudante de construcción	hH	0.87	\$ 7,434.75	\$ 6,468.23
Equipos:	Andamio tubular 1.50*1.50m	dU	0.10	\$ 1,456.56	\$ 145.66
	Tablón para andamio	dU	0.20	\$ 971.04	\$ 194.21
	Herramienta menor	%	5.00		\$ 808.53
APU.E.20	Vigas a nivel de entepiso	M3			\$ 1,059,262.10

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Vlr Unitario</b>	<b>Vlr. Total</b>
Materiales:	Concreto de 21 MPa	M3	1.00	\$ 485,952.21	\$ 485,952.21
	Acero de refuerzo para vigas a nivel de entrepiso	KG	117.96	\$ 4,551.00	\$ 536,844.52
Personal:	Oficial de construcción	hH	0.75	\$ 11,152.13	\$ 8,364.09
	Ayudante de construcción	hH	3.00	\$ 7,434.75	\$ 22,304.25
Equipos:	Vibrador	dM	0.03	\$ 80,920.00	\$ 2,427.60
	Formaleta metálica	dU	10.00	\$ 183.60	\$ 1,836.00
	Herramienta menor	%	5.00		\$ 1,533.42
APU.E.21	Placa de entrepiso e=13cm	M2			\$ 176,744.58
Materiales:	Concreto de 21 MPa	M3	0.13	\$ 485,952.21	\$ 63,173.79
	Acero de refuerzo para placa de contrapiso	KG	7.02	\$ 5,712.00	\$ 40,069.96
Personal:	Oficial de construcción	hH	2.00	\$ 11,152.13	\$ 22,304.25
	Ayudante de construcción	hH	4.00	\$ 7,434.75	\$ 29,739.00
Equipos:	Vibrador	dM	0.03	\$ 80,920.00	\$ 2,023.00
	Paral metálico	dU	19.23	\$ 274.72	\$ 5,282.87
	Cercha metálica	dU	9.62	\$ 161.84	\$ 1,556.90
	Formaleta metálica	dU	25.00	\$ 183.60	\$ 4,590.00
	Tablero de madera	dU	27.78	\$ 194.48	\$ 5,402.65
	Herramienta menor	%	5.00		\$ 2,602.16

La tabla 24 muestra el costo de construcción de viviendas en mampostería confinada de un piso, en el cual se detalla el costo de cada uno de los elementos de la vivienda y el costo total. De la tabla 24 se puede deducir que el costo de los materiales representa entre el 56% y 59% del costo total de la parte estructural. Por lo que, el costo de la mano de obra y de los equipos y herramientas representa entre el 41% y 44% del costo total de la parte estructural.

**Tabla 24. Costo de construcción de casa en mampostería confinada de un piso**

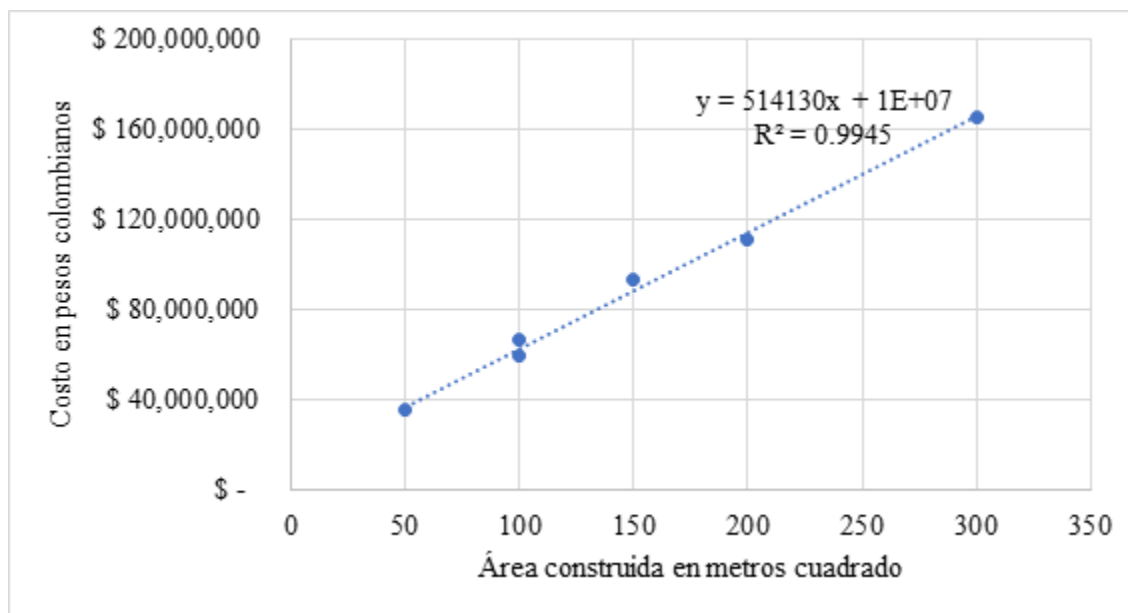
Descripción	Unidad	(50m <sup>2</sup> )	(100m <sup>2</sup> )	(150m <sup>2</sup> )
Ciclópeo de cimentación	M3	\$ 2,460,941	\$ 4,451,993	\$ 6,468,812
Vigas de cimentación 30x30cm	ML	\$ 5,952,816	\$ 10,769,011	\$ 15,647,532
Muros de sobre-cimiento e=12cm	M2	\$ 1,035,977	\$ 1,905,367	\$ 2,776,434
Vigas de amarre a nivel de terreno 12x20cm	ML	\$ 3,983,117	\$ 7,325,746	\$ 10,674,819
Placa de contrapiso e=10cm	M2	\$ 4,499,045	\$ 9,011,757	\$ 13,517,635
Muros estructurales en mampostería e=12cm	M2	\$ 6,878,568	\$ 12,610,999	\$ 14,860,576
Vigas de confinamiento a nivel de cubierta 12x20cm	ML	\$ 3,983,117	\$ 7,325,746	\$ 10,674,819
Placa para tanque aéreo e=10cm	M2	\$ 591,786	\$ 1,152,425	\$ 1,744,211
Columnas de confinamiento 12x20cm	ML	\$ 3,355,808	\$ 6,005,130	\$ 8,477,830
Cubierta liviana (tejas de arcilla)	M2	\$ 3,064,176	\$ 6,070,875	\$ 9,070,391
Total		\$ 35,805,351	\$ 66,629,048	\$ 93,913,060

La tabla 25 muestra el costo de construcción de viviendas en mampostería confinada de dos pisos, en el cual se detalla el costo de cada uno de los elementos de la vivienda y el costo total. De la tabla 25 se puede deducir que el costo de los materiales representa entre el 55% y 56% del costo total de la parte estructural. Por lo que, el costo de la mano de obra y de los equipos y herramientas representa entre el 44% y 45% del costo total de la parte estructural.

**Tabla 25. Costo de construcción de casa en mampostería confinada de dos pisos**

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>(100m<sup>2</sup>)</b>	<b>(200m<sup>2</sup>)</b>	<b>(300m<sup>2</sup>)</b>
Ciclópeo de cimentación	M3	\$ 2,558,385	\$ 4,698,415	\$ 7,038,019
Vigas de cimentación 30x30cm	ML	\$ 6,188,527	\$ 11,365,086	\$ 17,024,397
Muros de sobre-cimiento e=12cm	M2	\$ 1,125,870	\$ 2,093,536	\$ 3,089,281
Vigas de amarre a nivel de terreno 12x20cm	ML	\$ 4,328,740	\$ 8,049,217	\$ 11,877,650
Placa de contrapiso e=10cm	M2	\$ 4,444,381	\$ 8,849,717	\$ 13,274,575
Muros estructurales en mampostería e=12cm	M2	\$ 13,967,114	\$ 25,805,915	\$ 38,708,872
Vigas de confinamiento a nivel de entrepiso 12x25cm	ML	\$ 4,547,612	\$ 8,456,205	\$ 12,478,213
Placa de entrepiso e=12cm	M2	\$ 7,632,389	\$ 15,197,724	\$ 22,796,586
Escalera e=12cm	M2	\$ 940,741	\$ 940,741	\$ 940,741
Vigas de confinamiento a nivel de cubierta 12x20cm	ML	\$ 3,739,812	\$ 6,935,007	\$ 10,043,998
Placa para tanque aéreo e=10cm	M2	\$ 610,474	\$ 1,183,572	\$ 1,794,046
Columnas de confinamiento 12x20cm	ML	\$ 6,777,848	\$ 12,076,492	\$ 17,789,092
Cubierta liviana (tejas de arcilla)	M2	\$ 3,058,189	\$ 6,070,875	\$ 9,058,417
Total		\$ 59,920,082	\$ 111,722,501	\$ 165,913,886

La Figura 196 muestra la tendencia del crecimiento del costo de la parte estructural de viviendas diseñadas en mampostería confinada según requisitos de NSR-10. En la gráfica se observa que a medida que el área construida de la vivienda aumenta, se aumenta el costo de los materiales, mano de obra, equipos y herramientas. La ecuación mostrada en la gráfica expresa que a medida que el área de la vivienda aumenta al doble, el costo de los materiales aumenta entre 1.7 y 1.8 veces.



**Figura 196. Costo total de la estructura de viviendas en mampostería confinada**

**Tabla 26. Costo de construcción de casa en pórticos de un piso**

Descripción	Unidad	(50m <sup>2</sup> )	(100m <sup>2</sup> )	(150m <sup>2</sup> )
Zapatas	M3	\$ 1,800,798	\$ 3,001,329	\$ 4,201,861
Vigas de cimentación a nivel de terreno	M3	\$ 3,414,290	\$ 6,233,196	\$ 8,291,364
Placa de contrapiso e=10cm	M2	\$ 4,158,371	\$ 8,180,083	\$ 12,270,124
Muros no estructurales en mampostería e=12cm	M2	\$ 4,464,645	\$ 7,965,650	\$ 12,382,445
Columnas de confinamiento para muros no estructurales 12x20cm	ML	\$ 3,702,671	\$ 6,732,129	\$ 10,434,800
Columnas estructurales 30x30cm	ML	\$ 6,654,568	\$ 11,090,946	\$ 15,527,325
Vigas a nivel de cubierta	M3	\$ 3,414,290	\$ 6,233,196	\$ 8,291,364
Placa para tanque aéreo e=10cm	M2	\$ 460,970	\$ 890,793	\$ 1,410,942
Cubierta liviana (tejas de arcilla)	M2	\$ 3,241,392	\$ 6,298,384	\$ 9,339,808
<b>Total</b>		<b>\$ 31,311,995</b>	<b>\$ 56,625,705</b>	<b>\$ 82,150,032</b>

La tabla 26 muestra el costo de construcción de viviendas en sistema de pórticos resistentes a momentos de un piso, en el cual se detalla el costo de cada uno de los elementos de la vivienda y el costo total. De la tabla 26 se puede deducir que el costo de los materiales representa el 71% del costo total de la parte estructural. Por lo que, el costo de la mano de obra y de los equipos y

herramientas representa el 29% del costo total de la parte estructural.

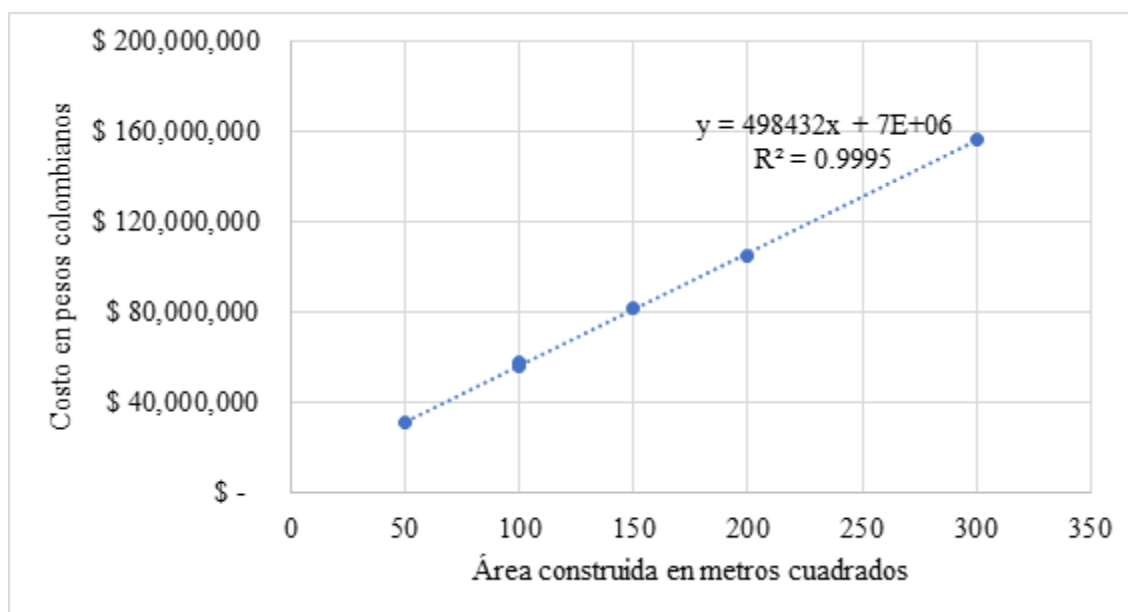
**Tabla 27. Costo de construcción de casa en pórticos de dos pisos**

Descripción	Unidad	(100m <sup>2</sup> )	(200m <sup>2</sup> )	(300m <sup>2</sup> )
Zapatas	M3	\$ 2,701,962	\$ 4,813,612	\$ 6,925,261
Vigas de cimentación a nivel de terreno	M3	\$ 3,801,572	\$ 6,995,062	\$ 10,764,890
Placa de contrapiso e=10cm	M2	\$ 4,011,950	\$ 7,887,239	\$ 11,830,859
Muros no estructurales en mampostería e=12cm	M2	\$ 8,989,807	\$ 16,383,403	\$ 25,373,210
Columnas de confinamiento para muros no estructurales 12x20cm	ML	\$ 7,881,629	\$ 14,098,544	\$ 21,758,058
Columnas estructurales 30x30cm	ML	\$ 11,294,020	\$ 19,104,545	\$ 26,493,303
Vigas a nivel de entrepiso	M3	\$ 4,402,823	\$ 8,120,833	\$ 12,487,906
Placa de entrepiso e=13cm	M2	\$ 7,193,504	\$ 14,174,915	\$ 21,262,373
Escalera e=12cm	M2	\$ 940,741	\$ 940,741	\$ 940,741
Vigas a nivel de cubierta	M3	\$ 3,206,893	\$ 5,511,539	\$ 8,501,864
Placa para tanque aéreo e=10cm	M2	\$ 420,479	\$ 809,812	\$ 1,230,292
Cubierta liviana (tejas de arcilla)	M2	\$ 3,268,933	\$ 6,382,202	\$ 9,393,692
Total		\$ 58,114,313	\$ 105,222,448	\$ 156,962,449

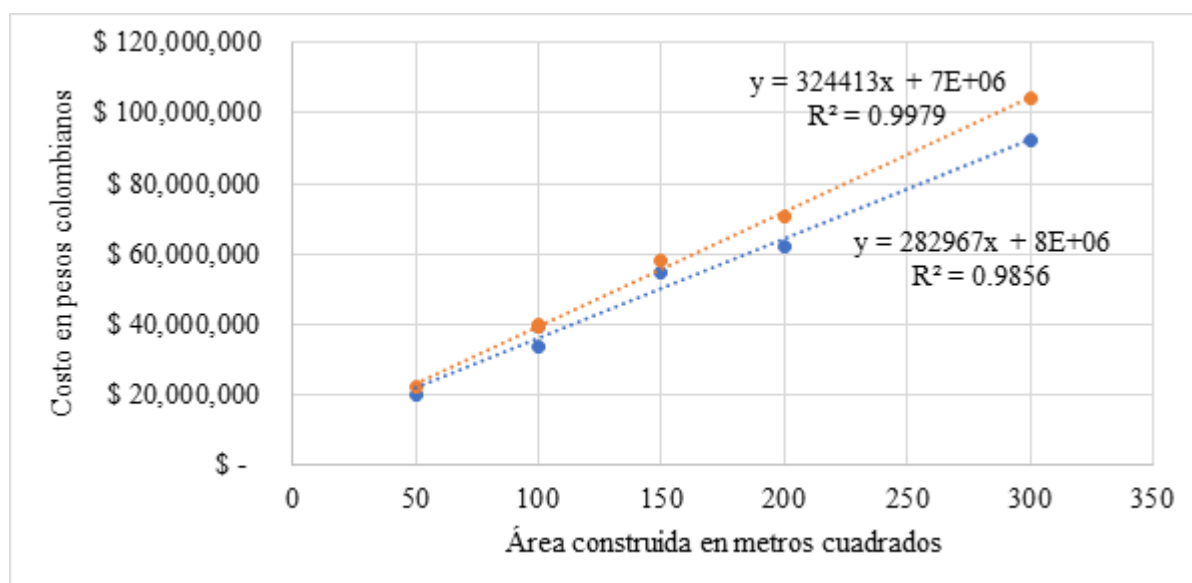
La tabla 27 muestra el costo de construcción de viviendas en sistema de pórticos resistentes a momentos de dos pisos, en el cual se detalla el costo de cada uno de los elementos de la vivienda y el costo total. De la tabla 27 se puede deducir que el costo de los materiales representa el 67% del costo total de la parte estructural. Por lo que, el costo de la mano de obra y de los equipos y herramientas representa el 33% del costo total de la parte estructural.

La Figura 197 muestra la tendencia del crecimiento del costo de la parte estructural de viviendas diseñadas en sistema de pórticos resistentes a momentos según requisitos de NSR-10. En la gráfica se observa que a medida que el área construida de la vivienda aumenta, se aumenta el costo de los materiales, mano de obra, equipos y herramientas. La ecuación mostrada en la gráfica expresa que a medida que el área de la vivienda aumenta al doble, el costo de los

materiales aumenta 1.9 veces.



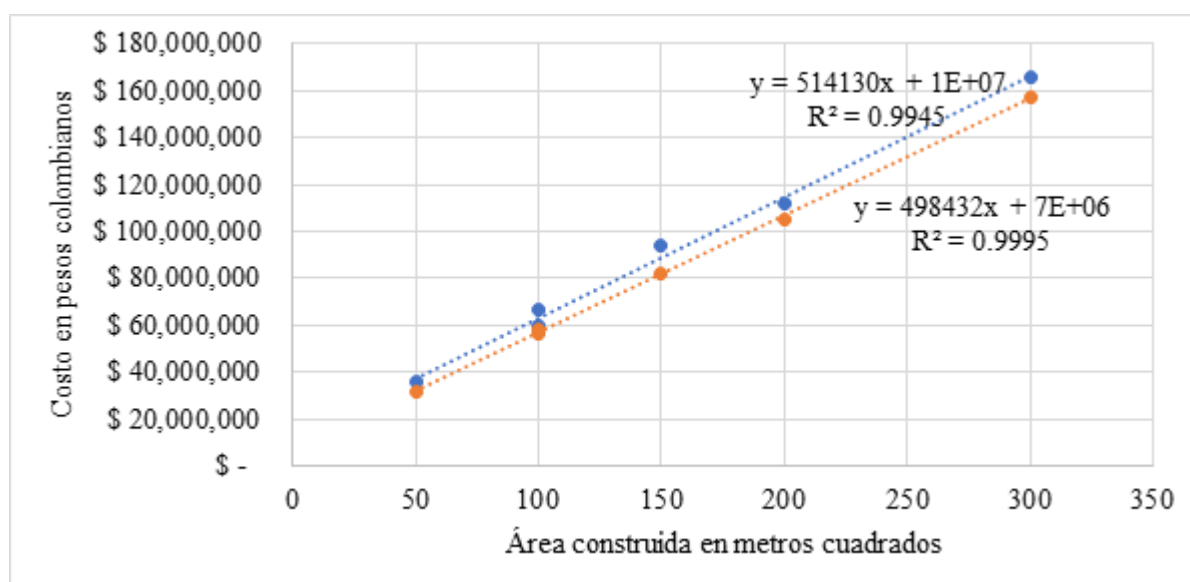
**Figura 197. Costo total de la estructura de viviendas en sistema de pórticos**



**Figura 198. Costo de materiales, casas de mampostería confinada y de pórticos**

La Figura 198 muestra la comparación entre el costo de los materiales de viviendas diseñadas en mampostería confinada (línea punteada color azul) con viviendas diseñadas sistema tipo

pórtico (línea punteada color naranja). El costo de los materiales no incluye el costo de la mano de obra ni de los equipos ni herramientas. En la gráfica se puede observar que las viviendas en ambos casos para un área de 50m<sup>2</sup> los costos son muy similares, sin embargo, a medida que el área construida en planta aumenta, aumenta la relación entre las dos rectas. Lo cual se debe a que la pendiente de las rectas, expresadas en las ecuaciones por números que multiplican a la variable “x” son diferentes, y una es mayor que la otra. Esto indica que a medida que aumenta el área en planta construida se vuelve más elevado el costo de los materiales para construir viviendas en sistema de pórticos.



**Figura 199. Costo estructural, casas de mampostería confinada y de pórticos**

La Figura 199 muestra la comparación entre el costo total de la parte estructural de viviendas diseñadas en mampostería confinada (línea punteada color naranja) con viviendas diseñadas sistema tipo pórtico (línea punteada color azul). El costo total de la estructura incluye el costo de los materiales, el costo de la mano de obra y de los equipos y herramientas. En la gráfica se puede observar que las viviendas en ambos casos para un área de 50m<sup>2</sup> los costos son muy similares, sin



embargo, a medida que el área construida en planta aumenta, aumenta la relación entre las dos rectas. Lo cual se debe a que la pendiente de las rectas, expresadas en las ecuaciones por números que multiplican a la variable “x” son diferentes, y una es mayor que la otra. Esto indica que a medida que aumenta el área en planta construida se vuelve más elevado el costo total de la parte estructural para construir viviendas en mampostería confinada.

Con los resultados se puede deducir que el costo de los materiales para construir viviendas de uno y dos pisos en sistema de pórticos es más costoso que los materiales para construir casas de mampostería confinada. Esto se debe a que los requisitos mínimos que exige NSR-10 para viviendas construidas en zonas de amenaza sísmica, como lo es la ciudad de San José de Cúcuta en donde se desarrolla la presente investigación, en sistema tipo pórtico requiere de mayores cantidades de concreto y de acero, solo por requisitos mínimos de seguridad. Además, hay que considerar que para los sistemas de pórticos para que se asemejen a las viviendas de mampostería confinada requieren de elementos no estructurales como lo son los muros de mampostería, para que cumplan la misma funcionalidad.

Por otra parte, el costo total de la estructura, incluyendo el costo de la mano de obra y de los equipos y herramientas, revela un mayor costo para las viviendas de mampostería confinada. Esto se debe a que el costo de la mano de obra para elementos como la cimentación en vigas continuas, sobre-cimientos y muros requiere de mano de obra especializada, puesto que toda la estructura en conjunto debe garantizar el correcto funcionamiento de la edificación, lo cual no sucede con las viviendas en pórticos, ya que es este caso solo las vigas y columnas, son las responsables de transmitir cargas, y los muros solo cumplen funciones arquitectónicas para dividir espacios.

## 5. Conclusiones

Se realizó el diseño de seis viviendas. Se definieron planos arquitectónicos de viviendas de uno y dos pisos con diferentes áreas en planta. Tres viviendas fueron de un piso con áreas entre los 50 y los 150 metros cuadrados. Tres viviendas fueron de dos pisos con áreas entre los 100 y los 300 metros cuadrados. Cada vivienda se diseñó estructuralmente en sistema de muros de mampostería confinada y en sistema tipo pórtico resistente a momentos. Se encontró que se requiere mayor cantidad de volumen de concreto y de acero en las viviendas diseñadas en tipo pórtico, debido a que el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10 contiene condiciones mínimas que hacen que este tipo de sistema sea sobre-dimensionado para el diseño de viviendas de uno y dos pisos.

Los resultados muestran que las viviendas de mampostería confinada requieren mayores cantidades de unidades de mampostería que las casas en sistema de pórticos. Las viviendas de mampostería confinada requieren alrededor de 100 unidades de mampostería por metro cuadrado en planta construido, mientras que las casas en pórticos solo requieren de 20 unidades de mampostería. Lo cual se debe a que las unidades de mampostería son diferentes. Las viviendas de mampostería confinada deben construirse con mampostería de uso estructural que para el caso fueron ladrillos tolete macizos de 24x12x6cm, mientras que las casas en pórticos pueden utilizar unidades de mampostería que no sean estructurales, que para el caso fueron bloques No. 5 de 12x20x30cm.

En cuanto a los costos de las viviendas diseñadas se observó que las viviendas en sistema de pórticos tienen mayor costo los materiales, lo cual está ligado directamente al hecho de que dicho tipo de viviendas requieren de mayor cantidad de materiales (concreto y acero). Sin embargo,

también se demostró que la mano de obra para construir viviendas de mampostería confinada es mayor, debido a que todos los elementos de las viviendas trabajan en conjunto para soportar las cargas verticales o cargas de servicio (cargas vivas y cargas muertas) así como las cargas horizontales (cargas de sismo y en menor escala las cargas de viento). Lo cual no ocurre con las viviendas en sistema de pórticos, en donde solo las vigas y columnas se encargan de soportar las cargas mencionada anteriormente, ya que los muros solo cumplen funciones arquitectónicas como fachadas y/o para dividir espacios.

## 6. Recomendaciones

La presente investigación se delimita para edificaciones similares a las diseñadas, es decir, que arquitectónicamente cuente con la misma distribución de espacios, la misma área en planta, una configuración estructural similar y parámetros externos similares, como lo es el tipo de suelo, la zona de amenaza sísmica, entre otras delimitaciones mencionadas en el apartado 1.7 del presente documento. Esto se debe a que un cambio significativo de la configuración estructural y de los parámetros de sitio, se pueda generar resultados variados a los presentados en el presente proyecto. Por lo tanto, se recomienda un estudio más detallado en el que se consideren otras variaciones en los diseños y así poder obtener un rango más amplio en el alcance de los resultados.

Teniendo en cuenta que el estudio solo contempla viviendas de uno y dos pisos, se hizo uso del Título E de NSR-10 para el diseño estructural de las viviendas en mampostería confinada. Por lo que sería interesante el análisis de viviendas de mayor altura, es decir, superiores a dos pisos de altura, para lo cual se debería de hacer uso del Título D de NSR-10, en donde se dan recomendaciones y lineamiento que se deben seguir para el análisis y diseño de estructuras en mampostería estructural. Además, la investigación podría contemplar también el diseño de viviendas en otros tipos de materiales, tales como lo son el bahareque, muros de concreto reforzado, mampostería estructural, viviendas modulares en placas de concreto fibro-reforzado, estructuras metálicas, entre otras.

### Referencias Bibliográficas

- Alcocer, S., Hernández, H. & Sandoval, H. (2013). Envoltorio de resistencia lateral de piso para estructuras de mampostería confinada. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 4(89), 24-54.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10*. Bogotá: AIS.
- Campuzano, V. (2011). *Comparación analítica sismoresistente entre estructuras aporricadas de hormigón armado y estructuras con muros de mampostería confinada, de cuatro plantas, para su aplicación en la ciudad de Jipijapa*. Trabajo de grado. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Ecuador.
- Carrillo, J. & González, G. (2007). Influencia de la mampostería no reforzada en el comportamiento inelástico de pórticos de concreto. *Revista Dyna*, 74(152), 217-227.
- Cornejo, T. & Hernández, H. (2013). Resistencia de estructuras de mampostería confinada. *Revista Ingeniería*, 17(3), 179-190.
- Garcés, J. (2017). *Estudio de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de uno y dos pisos de mampostería confinada en el barrio San Judas Tadeo II en la ciudad de Santiago de Cali*. Trabajo de grado. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia.
- Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático. (2021). *Caracterización General del Escenario de Riesgo Sísmico*. Recuperado de: <https://www.idiger.gov.co/rsismico>
- Londoño, A. (2019). *Estudio y análisis comparativo entre el método aporricado y mampostería estructural, realizado en la construcción de casa de uno y dos pisos, establecido en la*

*empresa panorama grupo constructor SAS*. Trabajo de grado. Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia.

Martínez, J. (2018). *Análisis de precios unitarios*. Recuperado de:

<http://bladimirmartinezz.blogspot.com/2011/02/analisis-de-precios-unitarios.html>

Martínez, M. (2003). *Análisis comparativo técnico y económico entre una estructura en pórticos de concreto reforzado y otra en mampostería estructurada, aplicados a un edificio VIS*. Trabajo de grado. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Ruiz, J. & Negrete, M. (2007). *Evaluación sísmica de estructuras de mampostería confinada basada en su desempeño estructural*. Bogota: XVI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica.

Zúñiga, O. & Terán, A. (2008). Evaluación basada en desplazamientos de edificaciones de mampostería confinada. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 4(79), 25-48.