

# UCUENCA

## Universidad de Cuenca

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Carrera de Arquitectura

**Diseño a nivel de anteproyecto para el Mercado Artesanal San Rafael de la Laguna, utilizando elementos constructivos a base de fibras vegetales de totora unidas con medios mecánicos**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Arquitecto

### **Autores:**

José Mateo Zabala Rodas

Mateo Xavier Zabala Rodas

### **Director:**

Juan Fernando Hidalgo Cordero

ORCID:  0000-0002-2334-9569

**Cuenca, Ecuador**

2024-03-28

UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Arquitectura y  
Urbanismo

Autores:

José Mateo Zabala Rodas

Mateo Xavier Zabala Rodas

Director:

Juan Fernando Hidalgo Cordero

Cuenca - Ecuador

Diseño a nivel de anteproyecto para el Mercado Artesanal San Rafael de la Laguna, utilizando elementos constructivos a base de fibras vegetales de totora unidas con medios mecánicos.



## Resumen

La totora (*Schoenoplectus californicus*) es una fibra natural que históricamente ha sido utilizada por varias comunidades en la construcción de objetos, embarcaciones, artesanías, cabañas, entre otros. A pesar de su tradicional aplicación en artesanías, la demanda actual ha disminuido, resultando en la pérdida gradual de la actividad de cosecha. El presente trabajo de investigación busca abordar el uso innovador de la totora como material constructivo aplicado en el diseño de un módulo de comercialización para la comunidad de San Rafael de la Laguna, en Imbabura, Ecuador

La metodología busca estudiar el comportamiento físico-mecánico mediante ensayos en prototipos de totora prensada, obteniendo datos técnicos comparativos a normas de madera y estudios similares. Los prototipos exhiben una resistencia aplicada a flexión y compresión, destacando la eficiencia en la separación de prensas. Recomendaciones prácticas, como el uso de adhesivos y la aplicación de una mayor fuerza de torque, son sugeridas para mejorar su resistencia.

El proyecto no solo aspira a diseñar un mercado innovador, sino también a rescatar la tradición artesanal y promover prácticas constructivas sostenibles en la comunidad. En resumen, la tesis propone una solución creativa y sostenible que podría tener un impacto significativo en la revitalización ambiental, económica y cultural de San Rafael.

*Palabras clave del autor:* totora, sistema constructivo, ensayos de totora, sostenibilidad, prensa mecánica



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

**Repositorio Institucional:** <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

## Abstract

Totora (*Schoenoplectus californicus*) is a natural fiber historically utilized by various communities in the construction of objects, boats, crafts, cabins, among other applications. Despite its traditional use in crafts, current demand has declined, leading to a gradual loss of harvesting activities. This research aims to address the innovative use of totora as a construction material applied in the design of a marketing module for the community of San Rafael de la Laguna, Imbabura, Ecuador.

The methodology focuses on studying the physical-mechanical behavior through tests on pressed totora prototypes, obtaining comparative technical data against wood standards and similar studies. The prototypes exhibit resistance applied to bending and compression, emphasizing the efficiency in the separation of presses. Practical recommendations, such as the use of adhesives and the application of greater torque force, are suggested to enhance its strength.

The project not only aims to design an innovative market but also to rescue the artisanal tradition and promote sustainable construction practices in the community. In summary, the thesis proposes a creative and sustainable solution that could have a significant impact on the environmental, economic, and cultural revitalization of San Rafael.

*Author Keywords:* totora fiber, construction system, totora fiber test, sustainability, mechanical press



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

**Institutional Repository:** <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

## Índice de contenido

<b>Capítulo I</b> .....	16	<b>Capítulo II</b> .....	65
1.1 Antecedentes generales .....	17	2.1 Casos de estudio: Sitio y contexto .....	66
1.1.1 Históricos.....	17	2.2 Plaza Rotary.....	68
1.1.2 Socio-culturales.....	19	2.3 Plaza San Francisco .....	70
1.1.3 Económicos.....	27	2.4 Centro productivo comunitario Las Tejedoras .....	72
1.1.4 Paisajísticos .....	30	2.5 Mercado Yusuhara .....	74
1.2 Delimitación y área de influencia .....	38	2.6 Cubo de Totora .....	76
1.2.1 Ubicación geográfica.....	38	2.7 Isla flotante los Uros.....	78
1.2.2 Componentes del área de estudio .....	39	<b>Capítulo III</b> .....	80
1.2.3 Delimitación área específica y área inmediata de intervención	40	3.1 Marco Referencial .....	81
1.3 Usos de suelo, vialidad y equipamientos.....	42	3.1.1 Conceptos técnicos .....	81
1.3.1 Normativa y uso de suelo.....	42	3.1.2 Aspectos generales de la Totora .....	83
1.3.2 Sectorización urbana .....	44	3.1.3 Propiedades físicas de la totora .....	85
1.3.3 Equipamientos.....	46	3.1.4 Descripción de la normativa .....	87
1.3.4 Medio Físico .....	48	3.2 Metodología.....	91
1.3.5 Vialidad.....	50	3.2.1 Procedimientos preliminares .....	91
1.3.6 Infraestructura de servicios red de agua.....	52	3.2.2 Proceso constructivo de prototipos .....	92
1.3.7 Infraestructura de servicios alcantarillado.....	54	3.3 Ensayos mecánicos en laboratorio .....	107
1.3.8 Infraestructura de servicios energía eléctrica .....	56	3.3.1 Ensayos a flexión .....	108
1.3.9 Recolección de desechos sólidos .....	56	3.3.2 Ensayos a compresión .....	109
1.4 Levantamiento del Mercado "San Rafael" .....	57	3.3.3 Resultados esfuerzos máximos flexión y compresión .....	110
1.4.1 Levantamiento topográfico.....	57	3.4 Análisis promedio de resultados .....	124
1.4.2 Análisis de sitio .....	58		

3.5	Análisis matriz de correlación y regresión lineal .....	125
3.6	Comparación de resultados .....	127
<b>Capítulo IV.....</b>		<b>129</b>
4.1	Programa arquitectónico .....	130
4.1.1	Estado Actual .....	130
4.1.2	Cuadro de áreas .....	131
4.1.3	Zonificación propuesta .....	132
4.2	Propuesta anteproyecto arquitectónico .....	133
4.2.1	Planta de emplazamiento.....	133
4.2.2	Plantas arquitectónicas .....	134
4.2.3	Elevaciones y secciones .....	139
4.2.4	Adaptabilidad módulos de comercialización .....	142
4.3	Propuesta de detalles y proceso constructivo .....	144
4.3.1	Cálculo estructural de columnas .....	144
4.3.2	Secciones constructivas.....	146
4.3.3	Detalles constructivos .....	147
4.3.4	Esquema proceso constructivo módulo de totora.....	151
4.4	Visuales exteriores e interiores del anteproyecto .....	153
4.5	Conclusiones y recomendaciones .....	171

## Índice de figuras

Figura 1. Primeros Asentamientos, lago San Pablo .....	17	Figura 23. Mortiño - Vaccinium Floribundum .....	33
Figura 2. Asentamientos originarios de Otavalo .....	17	Figura 24. Colca - Miconia Papillosa.....	33
Figura 3. Plaza de Otavalo 1902 .....	18	Figura 25. Uña De Gato - Mimosa Guitensis .....	33
Figura 4. Asentamiento ancestral de Otavalo en la actual Laguna de San Pablo .....	19	Figura 26. Matico - Piper Angustifolium .....	33
Figura 5. Lago San Pablo y volcán Imbabura.....	20	Figura 27. Chilca - Baccharis Spp.....	33
Figura 6. Vestimenta tradicional Otavalo .....	20	Figura 28. Guanto - Brugmansia Sp .....	34
Figura 7. Colada de churos.....	21	Figura 29. Valeriana - Valeriana Sp.....	34
Figura 8. Fritada.....	21	Figura 30. Totora - Schoenoplectus Californicus .....	34
Figura 9. Chicha de Jora.....	22	Figura 31. Lagartija - Pholidobolus Montium.....	35
Figura 10. Fiesta del Coraza.....	23	Figura 32. Preñadillas - Astroblepus Ubidiai .....	35
Figura 11. Fiesta del Yamor.....	23	Figura 33. Quilico - Falco Sparverius.....	36
Figura 12. Fiesta de los Pendoneros .....	24	Figura 34. Pájaro Brujo - Phecticus .....	36
Figura 13. Enfermedades más comunes San Rafael .....	25	Figura 35. Gorrión - Notiochelidon Sp.....	36
Figura 14. Población económicamente activa .....	27	Figura 36. Garza (Ave Migratoria) - Bubulcus Ibis .....	36
Figura 15. Población económicamente activa por rama de actividad .....	28	Figura 37. Lobo Andino - Lycalopex Culpaeus .....	37
Figura 16. Productos artesanales de totora.....	29	Figura 38. Venado - Cervidae Odocoileus .....	37
Figura 17. Productos agrícolas .....	29	Figura 39. Pato - Anas Flavirostris .....	37
Figura 18. Laguna Cuicocha.....	30	Figura 40. Colibrí - Trochilidae .....	37
Figura 19. Volcán Imbabura.....	30	Figura 41. Mapa de ubicación geográfica .....	38
Figura 20. Laguna San Pablo .....	31	Figura 42. División política territorial Parroquia San Rafael .....	39
Figura 21. Bosque protector – Cascada de Peguche.....	31	Figura 43. Área específica de intervención .....	40
Figura 22. Humedales.....	32	Figura 44. Área inmediata de intervención .....	41
		Figura 45. Normativa y uso de suelo área específica .....	42
		Figura 46. Normativa y uso de suelo área inmediata .....	43
		Figura 47. Sectorización urbana área específica.....	44
		Figura 48. Sectorización urbana área inmediata .....	45

Figura 49. Equipamientos área específica.....	46	Figura 75. Caso de estudio: El Cubo de Totora.....	67
Figura 50. Equipamientos área inmediata .....	47	Figura 76. Caso de estudio: Mercado Yusuhara .....	67
Figura 51. Medio físico área específica .....	48	Figura 77. Caso de estudio: Isla flotante los Uros .....	67
Figura 52. Medio físico área inmediata.....	49	Figura 78. Plaza Rotary estado original .....	68
Figura 53. Vialidad área específica.....	50	Figura 79. Plaza Rotary estado actual .....	68
Figura 54. Vialidad área inmediata .....	51	Figura 80. Emplazamiento Plaza Rotary.....	69
Figura 55. Red de agua área específica.....	52	Figura 81. Puestos de comercialización Plaza Rotary.....	69
Figura 56. Red de agua área inmediata .....	53	Figura 82. Sección Plaza Rotary.....	69
Figura 57. Alcantarillado área específica.....	54	Figura 83. Plaza San Francisco estado original.....	70
Figura 58. Alcantarillado área inmediata .....	55	Figura 84. Plaza San Francisco estado original.....	70
Figura 59. Servicio de energía eléctrica .....	56	Figura 85. Emplazamiento Plaza San Francisco .....	71
Figura 60. Recolección de desechos solidos.....	56	Figura 86. Plaza San Francisco estado actual.....	71
Figura 61. Levantamiento topográfico mercado San Rafael .....	57	Figura 87. Plaza San Francisco estado actual.....	71
Figura 62. Análisis de sitio mercado San Rafael .....	58	Figura 88. Centro productivo comunitario Las Tejedoras .....	72
Figura 63. Análisis de sitio axonométrico mercado San Rafael .....	59	Figura 89. Centro productivo comunitario Las Tejedoras .....	72
Figura 64. Monumento del Coraza .....	60	Figura 90. Planta baja .....	73
Figura 65. Planta estado actual mercado San Rafael .....	60	Figura 91. Planta alta .....	73
Figura 66. Planta estado actual Mercado San Rafael .....	61	Figura 92. Sección transversal.....	73
Figura 67. Sección estado actual mercado San Rafael.....	62	Figura 93. Mercado Yusuhara.....	74
Figura 68. Elevación tipo, estado actual mercado San Rafael .....	63	Figura 94. Mercado Yusuhara.....	74
Figura 69. Estado actual puesto artesanías mercado San Rafael .....	64	Figura 95. Planta baja .....	75
Figura 70. Estado actual puesto artesanías mercado San Rafael .....	64	Figura 96. Planta alta .....	75
Figura 71. Estado actual puesto venta de comida mercado San Rafael..	64	Figura 97. Sección transversal.....	75
Figura 72. Caso de estudio: Plaza Rotary .....	66	Figura 98. Cubo de totora .....	76
Figura 73. Caso de estudio: Plaza San Francisco.....	66	Figura 99. Tejido artesanal de totora .....	76
Figura 74. Caso de estudio: Centro comunitario Las Tejedoras .....	67	Figura 100. Planta baja .....	77

Figura 101. Sección .....	77	Figura 127. Armado y configuración de prototipos .....	96
Figura 102. Adaptabilidad y configuraciones .....	77	Figura 128. Medidas y separación prototipos P.01 P.02 P.03.....	97
Figura 103. Isla flotante los Uros .....	78	Figura 129. Medidas y separación prototipos P.04 P.05 P.06.....	98
Figura 104. Vivienda tipo .....	79	Figura 130. Medidas y separación prototipos P.07 P.08 P.09.....	99
Figura 105. Axonometría proceso de construcción .....	79	Figura 131. Llave Nº 12 y dinamómetro utilizado en el prensado .....	100
Figura 106. Construcción y evolución de las islas flotantes .....	79	Figura 132. Prensado de prototipos mediante llave de tuerca .....	100
Figura 107. Género Schoenoplectus californicus. ....	84	Figura 133. Prensado de prototipos mediante dinamómetro.....	100
Figura 108. Floración de la Schoenoplectus californicus .....	84	Figura 134. Prensado prototipo P.01 .....	101
Figura 109. Corte de tallo de Schoenoplectus californicus.....	85	Figura 135. Prensado prototipo P.02 .....	101
Figura 110. Sección tallo Schoenoplectus californicus.....	85	Figura 136. Prensado prototipo P.03 .....	102
Figura 111. Cosecha totora en orillas del Lago San Pablo .....	91	Figura 137. Prensado prototipo P.04 .....	102
Figura 112. Secado totora a orillas del Lago San Pablo .....	91	Figura 138. Prensado prototipo P.05 .....	103
Figura 113. Esquema detalle prototipo de totora.....	92	Figura 139. Prensado prototipo P.06 .....	103
Figura 114. Esquema armado constructivo prototipo de totora.....	92	Figura 140. Prototipo final P.01 (7,5 x 7,5 cm @ 20, 15, 10 cm).....	104
Figura 115. Atados de totora de 70 cm.....	93	Figura 141. Prototipo final P.02 (7 x 10 cm @ 20, 15, 10 cm).....	104
Figura 116. Señalización cada 70 cm.....	93	Figura 142. Prototipo final P.03 (18 x 20 @ 20, 15, 10 cm).....	104
Figura 117. Totora obtenida de Paccha.....	93	Figura 143. Prototipo final P.04 (3 x 5 cm @ 20, 15, 10 cm).....	105
Figura 118. Obtención tiras eucalipto .....	94	Figura 144. Prototipo final P.05 (5 x 7,5 cm @ 20, 15, 10 cm).....	105
Figura 119. Tiras 8x4x12 cm.....	94	Figura 145. Prototipo final P.06 (10 x 7,5 cm @ 20, 15, 10 cm).....	105
Figura 120. Tiras 2x4x12 cm.....	94	Figura 146. Prototipo final P.07 (5 x 7,5 cm @ 20, 15, 10 cm).....	106
Figura 121. Perforación tiras.....	94	Figura 147. Prototipo final P.08 (7,5 x 7,5 cm @ 20, 15, 10 cm).....	106
Figura 122. Varilla roscada 1/4 plg .....	94	Figura 148. Prototipo final P.09 (10 x 7,5 cm @ 20, 15, 10 cm).....	106
Figura 123. Prensas de madera .....	94	Figura 149. Pesaje de prototipos .....	107
Figura 124. Medidas de prensas utilizadas en los prototipos.....	95	Figura 150. Prensa Shimadzu Concreto 2000X .....	107
Figura 125. Colocación prensas de madera.....	96	Figura 151. Representación gráfica ensayos a flexión .....	108
Figura 126. Colocación de totora en prototipos .....	96	Figura 152. Ensayo mecánico de flexión .....	108



Figura 153. Representación gráfica ensayos a compresión.....	109	Figura 177. Propuesta final módulo, axonometría explotada .....	152
Figura 154. Ensayo mecánico de compresión.....	109	Figura 178. Perspectiva exterior 01 .....	153
Figura 155. Matriz de correlación de variables frente a compresión .....	125	Figura 179. Perspectiva exterior 02 .....	154
Figura 156. Matriz de correlación de variables frente a flexión .....	126	Figura 180. Perspectiva exterior 03 .....	155
Figura 157. Emplazamiento estado actual.....	130	Figura 181. Perspectiva exterior 04 .....	156
Figura 158. Zonificación anteproyecto .....	132	Figura 182. Perspectiva exterior 05 .....	157
Figura 159. Emplazamiento anteproyecto Plaza del Coraza.....	133	Figura 183. Perspectiva exterior 06 .....	158
Figura 160. Planta arquitectónica general .....	134	Figura 184. Perspectiva exterior 07 .....	159
Figura 161. Planta baja parcial: plaza, baños y taller comunitario .....	135	Figura 185. Perspectiva exterior 08 .....	160
Figura 162. Planta baja parcial: plaza, módulos de comercialización y parqueadero .....	136	Figura 186. Perspectiva exterior 09 .....	161
Figura 163. Planta arquitectónica taller comunitario.....	137	Figura 187. Perspectiva exterior 10 .....	162
Figura 164. Planta arquitectónica módulo de comercio.....	138	Figura 188. Perspectiva exterior 11 .....	163
Figura 165. Elevación lateral y frontal módulos de comercio .....	139	Figura 189. Perspectiva exterior 12 .....	164
Figura 166. Sección axonométrica y vinculación con la calle.....	140	Figura 190. Perspectiva exterior 13 .....	165
Figura 167. Sección S.04.....	141	Figura 191. Perspectiva exterior 14 .....	166
Figura 168. Sección S.05.....	141	Figura 192. Perspectiva interior 01 .....	167
Figura 169. Adaptabilidad módulos de comercialización puestos de artesanías.....	142	Figura 193. Perspectiva interior 02 .....	168
Figura 170. Adaptabilidad módulos de comercialización puestos de alimentos .....	143	Figura 194. Perspectiva interior 03 .....	169
Figura 171. Distribución de cargas por área tributaria.....	144	Figura 195. Perspectiva interior 04 .....	170
Figura 172. Sección S.02.....	146		
Figura 173. Sección S.03.....	146		
Figura 174. Detalles constructivos sección transversal .....	147		
Figura 175. Detalles constructivos sección longitudinal .....	150		
Figura 176. Esquema del proceso constructivo .....	151		

## Índice de tablas

Tabla 1. Quichuismos comunes.....	24	Tabla 22. Datos de resistencia de la totora reportada por distintas fuentes .....	128
Tabla 2. Escuelas y unidades educativas.....	25	Tabla 23. Cuadro de áreas estado actual .....	131
Tabla 3. Organizaciones Sociales .....	26	Tabla 24. Cuadro de áreas propuesta anteproyecto .....	131
Tabla 4. Flora .....	32	Tabla 25. Determinación de cargas vivas y variables en cubierta .....	145
Tabla 5. Fauna .....	35	Tabla 26. Cálculo de cargas por área tributaria aplicada en columnas ..	145
Tabla 6. Cuadro de valoraciones Plaza Rotary .....	69		
Tabla 7. Cuadro de valoraciones Plaza San Francisco .....	71		
Tabla 8. Cuadro de valoraciones Centro Productivo Las Tejedoras .....	73		
Tabla 9. Cuadro de valoraciones Mercado Yusuhara .....	75		
Tabla 10. Cuadro de valoraciones Cubo de Totora .....	77		
Tabla 11. Cuadro de valoraciones Isla flotante los Uros .....	79		
Tabla 12. Género Schoenoplectus o Scirpus .....	83		
Tabla 13. Fenología y utilización de la totora .....	86		
Tabla 14. Morfología y composición química de la totora .....	86		
Tabla 15. Características tallo atado de totora .....	86		
Tabla 16. Dimensiones de módulos prensas de madera .....	94		
Tabla 17. Resultados cargas máximas aplicadas a flexión y compresión .....	110		
Tabla 18. Resumen de resultados a flexión.....	124		
Tabla 19. Resumen de resultados a compresión .....	124		
Tabla 20. Significancia de los coeficientes de regresión en resistencia a compresión.....	125		
Tabla 21. Significancia de los coeficientes de regresión en resistencia a compresión.....	126		

## Agradecimientos

A la Universidad de Cuenca, a distintos profesionales que han sido parte integral de nuestro aprendizaje, quienes nos han guiado con sabiduría y paciencia durante toda la carrera académica. Su experiencia ha sido fundamental en cada proceso y desarrollo.

Sin embargo, queremos reservar un agradecimiento especial para aquellos que han estado junto a nosotros en los momentos más significativos, aquellos seres queridos: familiares y amigos que dieron el apoyo más importante, el emocional. A todos ustedes, nuestro más profundo reconocimiento y gratitud.

## Dedicatoria

Este trabajo de titulación es dedicado a todos los artesanos y agricultores locales, cuya habilidad para trabajar con la totora ha impulsado a la creación de un mercado artesanal único, su talento y creatividad han sido de inspiración para el desarrollo de este proyecto.

También queremos expresar un reconocimiento a la naturaleza y los recursos que nos brinda, en especial por la totora, fibra vegetal que ha sido base de este proyecto, nos recuerda la importancia de la sostenibilidad y la armonía con nuestro entorno.

## Introducción

La totora (*Schoenoplectus californicus*) es una especie vegetal que crece en lagos o pantanos, y ha sido utilizada en distintas regiones de nuestro país principalmente para la producción de esteras tejidas y productos artesanales. Antiguamente el principal sistema de construcción con fibras vegetales implementaba la unión de fibras con medios mecánicos y el entre tejido manual de las mismas, pero, en la actualidad se han desarrollado estudios para diversificar los usos tradicionales de esta planta, proponiendo tales como: aislantes térmicos, materiales para paneles aglomerados, mobiliario, elementos decorativos y materia prima que pueda sustituir a la madera de una densidad baja, entre otros.

La totora está distribuida a lo largo del continente americano y algunas islas del pacífico, lo que demuestra su fácil adaptabilidad a diferentes zonas climáticas, será por ello que, ha sido utilizada por diversos pueblos alrededor del mundo como los Ohlone en California, las tribus nativas en Hawái, las comunidades indígenas de los Andes en Bolivia, Ecuador y Perú, donde las personas han utilizado esta planta para la construcción de sus chozas, balsas y artesanías. (Hidalgo-Cordero y García-Navarro, 2018). La manera de empleo de la totora es mediante la unión de fibras con un tejido especial que refuerce su solidez y facilite la adaptación de ésta en distintos proyectos y espacios. Sin embargo, no ha sido su único método de empleo pues según varios análisis también es aplicado en medicina, alimentación y combustible.

A pesar de su reseña histórica y utilidad aplicada en diversos espacios, en la actualidad su uso ha disminuido tal y como lo establece Enríquez Criollo (2015), hoy en día la demanda de objetos de totora ha decrecido considerablemente, lo que ha ocasionado que la actividad de cosechar y manejar la totora se vaya perdiendo poco a poco. Sin embargo, esto no ha sido impedimento para que en algunas zonas específicas del país se creen empresas comunitarias como las del Lago San Pablo en Ecuador, en donde se desarrollan emprendimientos novedosos referentes al diseño de objetos que tienen como principal elemento la materia prima.

## Problemática

En el Ecuador existen varias comunidades que aún conservan parte de sus tradiciones de cosecha y elaboración de artesanías con totora. Entre las comunidades más representativas en este sentido se encuentra la población de San Rafael de la Laguna, aledaña al Lago San Pablo en Imbabura, en donde la materia prima más abundante en la zona es la totora, misma que es aprovechada tan solo en un 20 % debido a su falta de preservación y conservación. En gran parte su uso se direcciona para la fabricación de artesanías y mobiliario, y, todo sobrante es quemado o se desperdicia.

A pesar de ello, nuestra idea se centra en emplear la totora en ámbitos innovadores como en la construcción de infraestructura local ligada de manera directa con la arquitectura, generando fuentes de trabajo y evitando el daño colateral de desperdicio que genera el 80 % que no es aprovechado y que incluso puede desembocar en problemas ambientales. El proyecto busca diseñar un mercado considerando las necesidades de la comunidad como la falta de espacios con condiciones adecuadas que reducen la rentabilidad de la actividad comercial, para ello, es necesario utilizar como principal material de construcción la totora, siendo el recurso más abundante en la zona, que permitirá procesos de autoconstrucción y reparaciones sencillas.

El lote en donde se ejecutará el proyecto, se encuentra junto a la vía Cajas-Otavaló, en donde actualmente existen 20 puestos de comercio, no obstante, como lo hemos puntualizado, el espacio donde los comerciantes realizan sus actividades no cuenta con las condiciones óptimas para su desarrollo, debido a que los puestos de comercialización mantienen estructuras espontáneas utilizando restos de materiales y adecuándolos a sus necesidades. El proyecto también busca solventar aquellas necesidades espaciales y funcionales de emplazamiento del mercado, volviéndolo una adecuada zona de intercambio, comercialización de productos y fuente de sustento económico para las familias.

En principio se pretende que la población beneficiaria directa sean los grupos de artesanos de la comunidad de San Rafael de la Laguna, por ser un grupo que anteriormente ha participado en conjunto para desarrollar proyectos de vinculación y que, además, cuentan con una correcta organización, que, facilitará la comunicación y ejecución del proyecto. Son casi 200 familias que conforman a los grupos que trabajan con totora, quienes se beneficiarán de manera directa con la información recabada, la cual se impartirá mediante talleres de socialización contemplados dentro de este proyecto.

Debido a que no existen normativas ni manuales técnicos sobre el uso y manejo de la totora en el ámbito de la construcción, el presente estudio pretende analizar mediante ensayos de laboratorio físico-mecánicos de tracción y compresión de varios prototipos prensados de totora, con distintas secciones que varían desde 5 x 7,5 hasta 18 x 20 cm. Lo que permitirá obtener datos técnicos que nos sirvan como punto de comparación con otras fibras naturales de procedencia similar como lo es: la madera, el carrizo, la caña y el bambú para la posterior creación de una guía informativa y técnica que permita una futura implementación en elementos constructivos.

## Objetivos

### Objetivo General

- Diseñar el Mercado San Rafael a nivel de anteproyecto, utilizando elementos constructivos a base de fibra de totora unidas mediante prensas mecánicas, con la finalidad de mejorar su desempeño constructivo, además de promover la reactivación económica del sector y desarrollo de nuevas actividades de comercio con totora.

### Objetivos Específicos:

- Realizar un diagnóstico de la Parroquia "San Rafael", que permita determinar las características y necesidades del sitio a intervenir además de identificar casos de estudio en las que se utilice el diseño a base de juncos, fibras y materiales locales.
- Analizar mediante recursos tecnológicos distintos prototipos de elementos estructurales con fibras de totora, logrando entender su comportamiento físico - mecánico mediante ensayos de laboratorio de compresión, tracción y así compararlos con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC – SE – MD
- Proponer un anteproyecto arquitectónico del mercado artesanal San Rafael empleando módulos constructivos de totora, proporcionando así una guía práctica para la aplicación de nuevas técnicas constructivas con este material.

## Justificación

El presente trabajo de titulación busca contribuir al proyecto de vinculación denominado "Diseño de un mercado con módulos de totora para la comunidad San Rafael de la Laguna.", que se encuentra a cargo del grupo de investigación Citmov y Virtualtec.

Se propone elaborar un diseño arquitectónico para el Mercado artesanal San Rafael, siendo este la suma de varios equipamientos menores, el cual aplique técnicas constructivas a base de fibra de totora. De esta manera, buscamos generar un proyecto que beneficie a la comunidad y a los artesanos locales, intentando proporcionar un proyecto sustentable y nuevas formas de trabajar con este material y las posibilidades que este puede ofrecer a la arquitectura contemporánea y al campo de la construcción. Con la finalidad de ofrecer una guía técnica y que esta pueda ser replicable en otros contextos similares.

## Marco Teórico

El uso de la materia prima dentro de la construcción siempre ha sido variado y ha obedecido a las necesidades que se buscaban satisfacer en ese momento, sin embargo, la aplicación de nuevas técnicas de construcción ha dejado de lado la identidad andina y en sí, los materiales usados históricamente, desmereciendo procesos ecológicamente sustentables y naturalmente resistentes como es el caso de la totora, que, se presenta como una especie vegetal con un proceso de cosecha relativamente corto que está ubicado en muchos puntos geográficos de los cuales los productores tienen acceso directo.

Hay varios aspectos que recalcar sobre la totora, como por ejemplo el hecho de que es una planta de rápido crecimiento que produce en promedio 20 toneladas por hectárea por año y puede llegar a producir hasta 57 toneladas por hectárea por año dependiendo de los nutrientes del sustrato en donde se desarrolla (De Lange et al., 2008). Esto ha permitido que varias comunidades a lo largo de la historia aprovechen sus propiedades y sustenten sus estilos de vida basándose en la aplicación de los diferentes usos de la planta, construyendo islas flotantes, embarcaciones, utensilios, viviendas y artesanías.

Esta larga tradición en el uso de esta planta indica la versatilidad y otras propiedades deseables para un material de construcción como el corto tiempo de renovación, ligereza, trabajabilidad, durabilidad, entre otras. (Rondón, Banack y Díaz-Huamanchumo, 2003). Sin embargo, su uso implica un constante aprovisionamiento de totora para renovar sus embarcaciones y viviendas, no se observa un deterioro de su entorno de intervención, pues el rápido proceso natural de renovación de la totora ha permitido sostener este ciclo productivo en el tiempo (ADESU, 2001; Hidalgo Cordero, 2007; PELT & ADESU, 2003).

Tal como lo menciona Simbaña (2003), en la provincia de Imbabura, en el lago San Pablo, el tejido de las esteras es una importante fuente de

ingresos para varias familias locales, que trabajan en conjunto en una especie de cooperativa productiva. Solamente en esta comunidad en el año 2013 la producción de esteras semanales fue de 2392 unidades, y el ciclo productivo involucró a más de 3000 familias, incluyendo recolectores y tejedores. Existe registro de que los tejedores de esta comunidad artesanal han colaborado también en proyectos innovadores de interés como en el caso del Cubo de Totora desarrollado por Archquid en donde se utilizan diferentes técnicas de tejido de totora tradicional de la comunidad local de San Rafael de la Laguna, usándolo como material arquitectónico para formar una estructura cúbica multifuncional, así como también desarrollado una colaboración con la empresa comunitaria Totora Sisa, para hacer una serie de tapetes que son utilizados como envoltentes de una estructura cúbica arquitectónica (Franco, 2016).

Considerando que actualmente las condiciones del mercado artesanal en San Rafael de la laguna, no tiene las condiciones idóneas para la exhibición y comercialización de productos locales, el planteamiento del diseño del mercado busca dar una solución a la falta de condiciones adecuadas para la comercialización de los productos de totora, es importante solucionar esta necesidad pues la materia prima que se usa es la más común en la zona y también la más accesible económicamente, un diseño apropiado mejorará las condiciones comerciales de las personas y por ende un mejor nivel de vida al fortalecer la identidad de la comunidad artesana. Se pretende generar puestos de comercialización utilizando un sistema constructivo de columnas mediante prototipos de totora, y vigas secundarias no estructurales, obteniendo una suma de equipamientos menores que albergaran distintos usos como comercialización de productos artesanales, venta de frutas - legumbres, comedores, entre otros.

Este estudio nos permite entender características y condiciones físicas de la fibra totora, y compararlos con bases técnicas como la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC – SE – MD, la norma ASTM D4761-02a. Así mismo realizar un análisis comparativo con otras investigaciones aplicadas al uso de totora que sirvan como eje de incentivo para el uso y aplicación, a la vez que motiven a la continuación de nuevos estudios en base a los resultados que se obtengan.

Ha sido necesario también revisar los estudios prácticos sobre el tema que se han encontrado dentro de la academia, debemos precisar que generalmente al no considerar a la totora como un elemento constructivo ha requerido varios estudios de ensayos de resistencia mecánica que se han realizado en distintos momentos con diferentes consideraciones, como por ejemplo: Juan Fernando Hidalgo realiza estas pruebas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica de Madrid y en el Laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad de Cuenca, en donde, fabrica cilindros de totora con 4 kg de tensión de amarre y pegamento de contacto para crear adherencia entre las totoras, ningún cilindro llegó a la rotura, por lo que se considera que soporta carga hasta que se obtiene una deformación aproximada del diámetro de la probeta para los ensayos de flexión y una media de 80 mm para los ensayos de compresión. Durante la prueba se pudo comprobar la alta capacidad regenerativa de los cilindros de totora, pues después de retirar la carga aplicada, vuelven casi por completo a su forma original (Hidalgo et al., 2019).

En otra investigación, Mejía Echeverría considera que es importante a futuro realizar pruebas del material compuesto con la fibra de totora eliminando la estructura interna, para así poder analizar el cambio en el comportamiento mecánico utilizando varias láminas de material. En su estudio mostró que la fibra de totora por su estructura interna no permite el paso de fluidos viscosos por lo que fue necesario presionar previamente la fibra para poder eliminar los orificios internos (Echeverría, 2017).

Martha Zambrano en su investigación realiza ensayos de compresión y flexión a probetas de totora en 2 etapas, utilizando distintos aglomerantes mediante inmersión a través de sus fibras, logra determinar que, a mayor diámetro, la resistencia a las cargas es mayor, sin embargo, al retirar la carga, las fibras vuelven a su estado natural. Los resultados de los ensayos a flexión son variables, debido a la configuración natural de las fibras que vuelven a su estado natural, imposibilitando la obtención de datos certeros, siendo su valor máximo de carga 436 kgf.

Finalmente, Zambrano realiza comparaciones de los resultados obtenidos en la fibra totora con fibras de similar procedencia como lo es la madera, la caña guadua y el bambú; permitiendo generar parámetros cualitativos en relación a estas fibras que sí poseen normas técnicas ya aplicadas (Zambrano, 2018).

Por otro lado, Hugo Merchán (2018) en su investigación desarrolla estudios dentro de los laboratorios de la Universidad Católica de Cuenca en donde usa muestras de resina utilizando la totora, con ello llega a la conclusión de que se obtiene un esfuerzo de flexión máximo promedio de 8,92 MPa, debido a que la totora forma cavidades que actúan como vacíos disminuyendo así 12 veces la resistencia a la flexión. Estas pruebas se realizaron únicamente con materiales compuestos con fibras de totora perpendiculares a la dirección del panel, con una relación de material de matriz del 85% y una carga del 15%, lo que resultó en una disminución de las propiedades mecánicas de la resina de poliéster.

Dichas investigaciones dejan algunas vías alternativas para futuras aplicaciones, analizar diferentes niveles de compresión de la fibra, pero también sirven de guía para comprender la resistencia de la fibra y así direccionar de mejor manera la planificación de su uso como elemento constructivo (Hugo Merchán, 2018).

De esta manera, se pretende realizar prototipos comprimidos de totora utilizando prensas de madera, variando la sección y distancia de separación entre las mismas; dichas prensas se comprimen mediante la aplicación de un torquímetro hasta conformar espesores de entre: 5, 10 y 20 cm; para su posterior análisis en el laboratorio de la Universidad de Cuenca aplicando ensayos de compresión y flexión. Siendo estos resultados aplicados en un módulo de puesto de comercialización de productos que pueda ser replicable en una propuesta para el mercado artesanal San Rafael de la Laguna.





# Diagnóstico Parroquia San Rafael

---

## Capítulo I

## 1.1 Antecedentes generales

### 1.1.1 Históricos

El cantón de Otavalo, se encuentra ubicado en la provincia de Imbabura, en Ecuador. Este cantón posee una rica historia que se remonta desde las épocas prehispánicas, su antigüedad data de al menos unos 28.000 años atrás (Plan de vida de Otavalo, 2001).

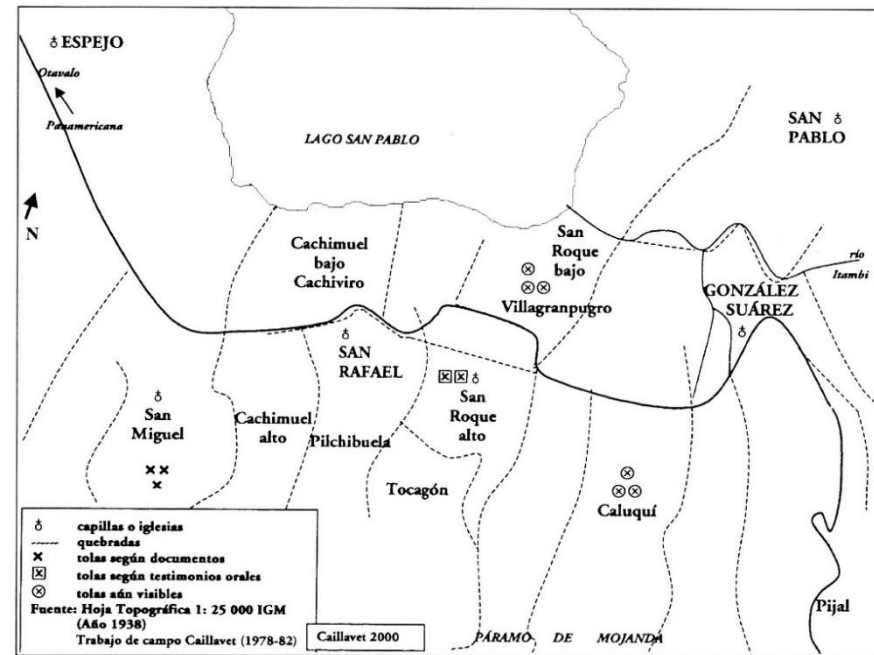
La palabra Otavalo tiene varias interpretaciones, basados en el idioma Chaima (Caribe-Antillano), proviene de OTO-VA-L-O que significa "el lugar de los antepasados", sin embargo, para el pueblo panzaleo OTAGUALÓ, GUALO o TAGUALO se lo interpreta como "casa". Mientras que el idioma Chibcha le daría el significado de "en lo alto de la laguna grande" y por último en la lengua natal de los indígenas de la zona significaría como "cobija de todos" o "el pueblo que vive de pie" (GAD Otavalo, 2023).

Figura 1. Primeros Asentamientos, lago San Pablo



Fuente: GAD Municipal del Cantón Otavalo.  
Elaboración: Desconocido.

Figura 2. Asentamientos originarios de Otavalo



Fuente: Etnias del norte del Ecuador.  
Elaboración: Chantal Caillavet.

Los primeros asentamientos humanos en Otavalo surgen a las orillas del lago San Pablo, actualmente ubicado en las parroquias San Rafael de la Laguna, San Pablo del Lago y la parroquia Gonzáles Suárez, donde se han encontrado algunos vestigios arquitectónicos y arqueológicos.

En la época prehispánica, mucho antes de la llegada de los españoles, esta región estaba habitada por comunidades indígenas del pueblo kichwa, desarrollaron una importante actividad agrícola, ganadera y textil. En el siglo XVI con la llegada del imperio español, la región de Otavalo fue colonizada y se establecieron las haciendas, durante este tiempo se construyeron plazas e iglesias y se promulgo la evangelización de las comunidades indígenas (GAD Otavalo, 2023).

# UCUENCA

Durante el siglo XVI existieron los "indios mercaderes" que se dedicaban al intercambio de productos, estos se denominaron mindaláes, ellos no vivían en comunidades, sino que se encontraban ubicados en sitios estratégicos para el intercambio comercial, esto les permitió ubicarse en puntos privilegiados de la zona.

En el siglo XIX Otavalo tuvo un cambio significativo, debido a la erupción del volcán Imbabura y un fuerte terremoto en Ibarra, destruyó casi en su totalidad a la ciudad de Otavalo, quedando únicamente el molino, el puente de Peguche y el baño del Socavón, sin embargo, con la ayuda del pueblo se dio a cabo su reconstrucción (Plan de vida de Otavalo, 2001).

Figura 3. Plaza de Otavalo 1902



Fuente: Instituto Nacional de Patrimonio Cultural.  
Elaboración: Colección Hans Meyer.

Según lo indica González Suárez (1910) en su libro "Los aborígenes de Imbabura y Carchi", sostiene que las tribus que habitaban Imbabura y una gran parte del territorio que hoy en día es Ecuador tienen sus orígenes en Antillana, proveniente del Caribe. Suárez señala que los pobladores llegaron a estas tierras por medio del río Marañón y el río Napo.

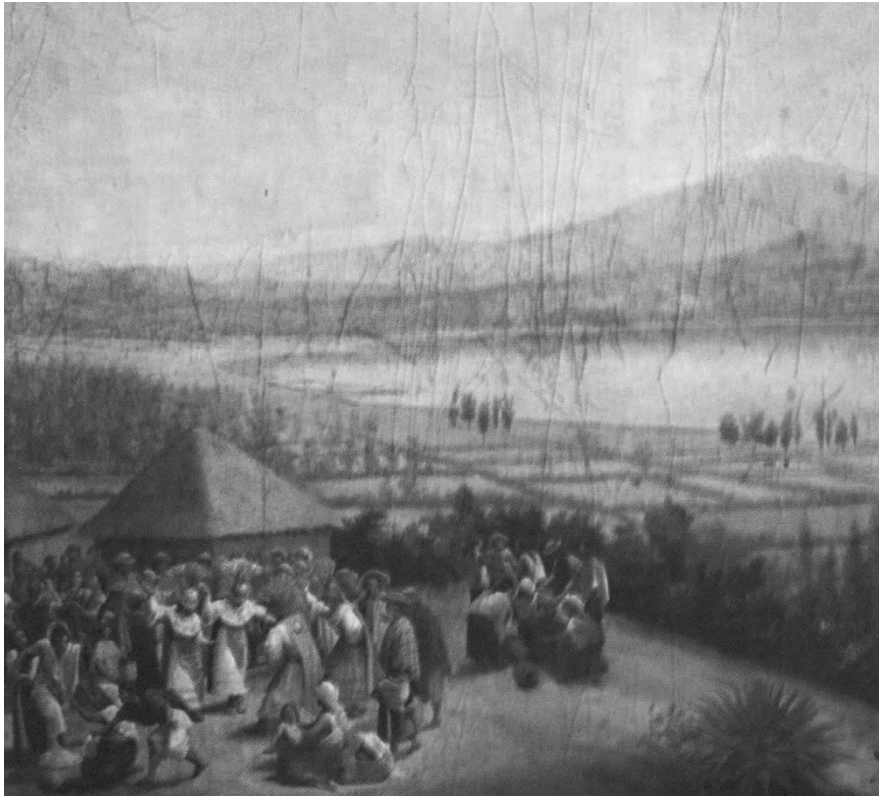
El siglo XX fue importante para los pobladores de Otavalo, debido que se fundan las diferentes parroquias, se presencia la llegada del sistema férreo a San Rafael, se crean las primeras escuelas femeninas, se inaugura el servicio de sistema de energía eléctrica y comienza la expansión urbana en el cantón Otavalo (GAD Otavalo, 2023).

A principio del siglo XXI Otavalo se destaca en el ámbito comercial y artesanal, esto contribuyó al desarrollo económico y al reconocimiento del Otavalo como un importante centro turístico de comercialización.

Desde el año 2000 hasta hoy en día se han mejorado en su totalidad la cobertura de servicios básicos como agua potable, alcantarillado, vialidad y alumbrado público en Otavalo, también se realizó la ampliación de la vía Otavalo-Ibarra dotándola de seis carriles, además se construyen 11 plantas de tratamiento de aguas servidas en las cuatro parroquias aledañas a la cuenca del lago San Pablo, con el propósito de conservar la fuente hídrica del cantón (PDOT de San Rafael 2011).

En la actualidad Otavalo es considerado uno de los puntos turísticos y culturales más visitados del Ecuador, siendo comparada con lugares como Quito, Cuenca y Galápagos. Sus paisajes, cultura, tradiciones, artesanías y mercados siguen siendo un punto importante de atracción para los turistas y visitantes que desean experimentar la riqueza artística y cultural que Otavalo tiene para ofrecer.

Figura 4. Asentamiento ancestral de Otavalo en la actual Laguna de San Pablo



Fuente: Instituto Otavaleño de Antropología.  
Elaboración: Segundo Moreno Yanez.

## 1.1.2 Socio-culturales

Las costumbres son una manera de abarcar varios aspectos de la vida cotidiana de una comunidad, como podría ser, la vestimenta, leyendas y rituales, fiestas ceremoniales, gastronomía, y otras formas de interacción social. Muchas de estas prácticas son compartidas de generación en generación y reflejan la identidad colectiva.

### Vestimenta

En cuanto a la vestimenta, los hombres otavaleños utilizan un sombrero de paño largo sobre su larga y trenzada cabellera, junto con un amplio pantalón blanco a la altura de los tobillos, usan también una camisa de algodón, terminando con un grueso poncho de lana de color azul oscuro, que les ayuda a protegerse del frío y el sol, terminando con su calzado unas alpargatas blancas.

Mientras que las mujeres visten una blusa de lienzo blanca adornada con bordados multicolores florales, utilizan dos faldas de lana superpuestas una de la otra y enrolladas a la cintura, en sus cuellos adornan collares conocidos como walkas, por encima llevan un chal ondulado, y de igual manera que los hombres su calzado son unas alpargatas blancas (Fors Ecuador, 2018).

Sin embargo, con el paso de los años las nuevas generaciones de otavaleños quienes viven en comunidades cercanas al área urbana han dejado de utilizar las vestimentas tradicionales, evitando el uso de los sombreros, el poncho y las alpargatas, sustituyendo por chaquetas, pantalones jeans y zapatos de lona.

Figura 6. Vestimenta tradicional Otavalo



Fuente: Otavalo – Fotografía.  
Elaboración: Desconocido.

Figura 5. Lago San Pablo y volcán Imbabura



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## Mitos y leyendas

La leyenda del Taita Imbabura, narra la historia de un joven llamado Imbabura, quien vivía cerca de Otavalo, este se sentía solo y triste así que decidió ir en busca de amigos, conoció a los volcanes Cotopaxi, Cayambe y Chimborazo, con los que salía a caminar en ocasiones. Sin embargo, Imbabura sentía que algo le faltaba y sus amigos le aconsejaron buscar una novia, así que visitó un cerro llamado Cotacachi del cual se enamoró.

Con el paso del tiempo, se convirtió en el guardián y protector de la naturaleza, cuidaba el agua, el viento y la vegetación, contrajo matrimonio con Cotacachi y tuvieron un hijo llamado Yana Urku o Cerro Negro.

A medida que Imbabura envejecida, comenzó a enfermarse y sufrir de dolores de cabeza, pero Cotacachi lo acompañaba y cuidaba amorosamente, ella le vendaba la cabeza para así alivianar sus dolores, cuando la gente lo miraba desde sus casas exclamaban "son los dolores de cabeza de nuestro Taita Imbabura".

Cuenta la leyenda de Imbacocho que hace mucho tiempo donde hoy en día está ubicado el lago San Pablo, no existía ningún rastro de agua, solamente las llanuras de una gran hacienda.

Era un día caluroso, y una joven llevaba consigo una vasija llena de agua por un largo camino, ella cansada decidió tomar un descanso y colocó la vasija en el suelo. De repente miró la vasija y el agua empezaba a desbordarse de manera abundante, sorprendida la joven corrió a contarle a su mamá lo que estaba sucediendo.

Al regresar al lugar el agua había aumentado formando un gran charco que crecía con el tiempo, cuando la tierra de la hacienda estuvo cubierta totalmente por el agua huyeron del lugar, desde el alto de un cerro observaban como la laguna se iba conformando hasta que quedó todo inundado, desde ese entonces existe el lago que hoy conocemos como "San Pablo" (Rueda, 2022).

## Gastronomía

La gastronomía tradicional es la herencia de un pueblo, es un testimonio de mestizaje y sabores que identifican a una región y ofrecen el reconocimiento de un pasado en común; como testimonio, los platillos de una región muestran el medio en el que fueron creados, los ingredientes que había en ese momento y con los cuales se creaba la comida todos los días (Guerra, 2013).

- Colada de churos

La colada de churos o sopa de churos es un platillo típico de la sierra norte ecuatoriana, consiste en una preparación espesa elaborada a base de tres granos, el maíz, la arveja y el haba, se lo sirve acompañado de churos o caracoles nativos, limón y perejil. Esta preparación toma alrededor de cinco horas en realizarse, debido al tiempo de cocción de los distintos granos.

- Fritada y cuy asado

La fritada es otro de los platos típicos de la sierra ecuatoriana, se trata de una preparación a base de carne de cerdo, realizada en pailas, donde la carne se fritada en su propia grasa hasta quedar crujiente y dorada, esta se la cocina durante horas a fuego lento con condimentos como el ajo, comino, sal y diferentes especies locales. Se lo sirve acompañado de papas, mote, plátano maduro y ensalada fresca.

La preparación del cuy o conocido también como conejillo de indias, consiste en una preparación la cual se marina al cuy con una mezcla de distintas especias como es el ajo, comino, sal y jugo de limón. Luego de esto se lo asa hasta que su piel quede dorada y crujiente y su carne esté tierna y jugosa, se lo suele servir en partes o entero, acompañado de papas cocidas, mote y ensalada fresca.

Figura 7. Colada de churos



Fuente: Adobe Stock.  
Elaboración: Jopstock.

Figura 8. Fritada



Fuente: IStock.  
Elaboración: JJ P.

- Chicha de Jora

La chicha de jora es una bebida tradicional de Otavalo y otras regiones andinas, generalmente se la consume en festividades como lo es la fiesta del yamor celebrada los meses de septiembre y octubre. La preparación consiste en dejar fermentar el maíz, permitiendo que los azúcares se conviertan en alcohol, el resultado después de unos días de reposo es una refrescante bebida, de color dorado ligeramente dulce y con un leve grado alcohólico.

Figura 9. Chicha de Jora



Fuente: Goraymi.  
Elaboración: Desconocido.

## Festividades y ceremonias

- Fiesta del Coraza

La fiesta del Coraza se lleva a cabo en honor a la siembra y cosecha del maíz, por lo que antiguamente se celebraba en el marzo y agosto como agradecimiento a la Pachamama, esta celebración tenía una duración de cinco días. Actualmente se lo realiza en el mes de junio, conmemorando también la fundación de la parroquia.

Esta festividad se la realiza en la parroquia San Rafael, el Coraza es un personaje vestido de atuendo blanco, decorado con encajes y lentejuelas coloridas, el rostro lo lleva cubierto con una máscara de la cual adornan joyas y adornos brillantes, sobre su cabeza se coloca un penacho de plumas coloridas.

Para la representación del Coraza generalmente se escoge al vecino con mayores posibilidades económicas, este se transporta sobre un caballo, usa un paraguas negro y viaja acompañado de músicos y danzantes, los cuales parten desde la casa del prioste hasta la iglesia central, donde rinden una ceremonia religiosa, seguidamente el Coraza y sus invitados van a su casa para ser alimentados.

Durante todo el desfile y la fiesta se sirve mucha comida, y alcohol, acompañada de danzas tradicionales, siendo así un espectáculo lleno de tradiciones, folklore, religiosidad y rituales (La hora, 2016).

Figura 10. Fiesta del Coraza



Fuente: GAD Municipal del Cantón Otavalo.  
Elaboración: Desconocido.

- Fiesta del Yamor

La fiesta del Yamor se celebra a principios de septiembre, esta celebración es homenaje y veneración de la virgen de Monserrat, patrona de la ciudad, y también en agradecimiento a la Pachamama, es considerada como una de las fiestas más alegres de Otavalo.

La palabra Yamor proviene de los vocablos "Yak" que significa sabio, y "Mur" que significa grano, de esta manera se lo puede traducir al Yamor como la "Chicha de la sabiduría"

El Yamor es una bebida sagrada que da nombre a la festividad y es considerada también como un símbolo de vida y prosperidad, esta bebida es elaborada a base de maíz fermentado, llamada chicha. Durante la ceremonia se realizan varias actividades, donde destacan los bailes folclóricos, las competencias deportivas, exposición de productos artesanales y la elección de la reina del yamor (Narváez, 2006).

Figura 11. Fiesta del Yamor



Fuente: El Universo.  
Elaboración: Desconocido.



- Fiesta de los Pendoneros

Como lo indica Hernán Jaramillo (2006), la fiesta de los Pendoneros es una celebración conmemorada en la comunidad de San Miguel Alto, se la celebra el 29 de septiembre y se lo lleva a cabo en la capilla de San Miguel ubicada en Cuchiloma. El sacerdote es elegido por la propia comunidad y es su compromiso el organizar la ceremonia religiosa, contratar a los músicos y dotar de comida y bebida a los invitados presentes.

El sacerdote parte desde su casa, llevando consigo un pañuelo de color azul o amarillo, además de llevar imágenes religiosas de la Virgen, el Espíritu Santo y de San Miguel. Sus acompañantes o llamados también pendoneros caminan en zigzag delante del sacerdote portando banderas de color rojo que llevan la imagen de San Miguel Arcángel.

Delante de los pendoneros, acompaña el grupo de músicos indígenas, generalmente tamboreros y pingulleros. Una vez llegado a la capilla, el sacerdote deposita las imágenes religiosas dentro de la capilla y esperan la llegada del sacerdote quien dará inicio a la misa. Los pendoneros permanecen afuera de la iglesia hasta que finalice la ceremonia, al terminar la procesión estos enrollan las banderas, todos se acomodan alrededor del sacerdote y comparten una gran comida acompañada de chicha y aguardiente.

Figura 12. Fiesta de los Pendoneros



Fuente: Otavalo.org.  
Elaboración: César Cotacachi.

## Idioma

Según indica el PDOT de San Rafael (2011), en el pueblo otavaleño como en algunos lugares de la sierra norte ecuatoriana se hablan dos idiomas, el nativo kichwa y el castellano. Siendo el kichwa hablado en su mayor parte por los indígenas, sin embargo, hoy en día esto afectado a las actuales generaciones que poco a poco han ido olvidando la lengua materna, llegando al caso de que muchos niños no hablan ni entienden el kichwa.

Tabla 1. Quichuismos comunes

Palabra kichwa	Significado
Achachay	Sensación de frío
Atatay	Sensación de asco
Astaray	Sensación de quemadura, ardor o calor
Cancha	Recinto o terreno destinado al juego
Cushqui	Expresión que atribuye al dinero
Chiro	Expresión que atribuye a la falta de dinero
Chuchaqui	Malestar de resaca
Guano	Excremento utilizado como abono
Minga	Trabajo realizado a voluntad
Mishi	Referido al felino doméstico el gato
Ñaño	Hermano o compañero
Ñeque	Fuerza, valor, actitud
Pupo	Parte del cuerpo el ombligo
Pucho	Cigarro o colilla de cigarro
Shungo	Órgano vital del cuerpo el corazón
Shunsho	Referido a una persona torpe
Taita	Padre o papá
Yapa	Añadido de bienes sin costo extra

Fuente: Foros Ecuador.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## Educación y salud

El sistema de educación en la parroquia de San Rafael es bilingüe e hispana, este abarca desde nivel inicial, básico y bachillerato. La población beneficiaria de este servicio es alrededor de mil personas, actualmente existen 4 escuelas dos de ellas bilingües y dos hispanas, y un jardín de infantes, siendo estas instituciones fiscales y privadas (PDOT San Rafael, 2015).

Tabla 2. Escuelas y unidades educativas

Unidad educativa	Oferta académica	Sustento	N° alumnos	N° docentes
Florencio O'Leary	Inicial a 9no Básica	Fiscal	309	14
José Pedro Maldonado	Inicial a 3ero Bachillerato	Fiscal	410	25
Juan Francisco Cevallos	Inicial a 7mo Básica	Fiscal	120	5
Julio María Matovelle	1ero a 7mo Básica	Particular	133	9
Princesa Toa	Maternal a jardín	Particular	50	2
<b>Total</b>			<b>1022</b>	<b>55</b>

Fuente: PDOT San Rafael 2015.

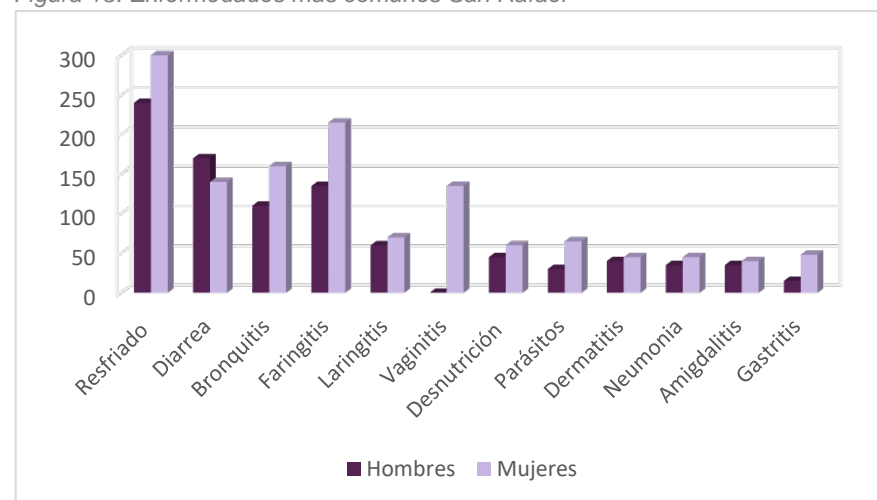
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

El cantón de Otavalo cuenta con 14 centros de salud distribuidas en las diferentes parroquias y un hospital general ubicado en la cabecera cantonal. La parroquia San Rafael cuenta con un subcentro de salud ubicado en la cabecera parroquial, brinda atención a todos los barrios y comunidades con atención permanente en horarios de 8h00 a 16h30.

La distribución del centro de salud cuenta con un consultorio odontológico, 2 consultorios de medicina general, área de curaciones y además de una farmacia. Sin embargo, el centro de salud no abastece la demanda de la población de la parroquia, además de que no cuenta con los equipos necesarios y la infraestructura de encuentra en deterioro.

Según el PDOT San Rafael de la Laguna (2019) el promedio de pacientes al día es de 42 usuarios, siendo el 60% enfocado en la prevención de enfermedades y el 40% restante a la atención a pacientes con morbilidad, siendo el índice de mortalidad de la parroquia del 3,5%, siendo la causa de muerte problemas respiratorios y gastrointestinales.

Figura 13. Enfermedades más comunes San Rafael



Fuente: PDOT San Rafael 2019.

Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## Organizaciones Sociales

Según indica el PDOT de San Rafael (2011), la parroquia se encuentra organizada en nueve comunidades rurales indígenas y un grupo poblacional mestiza minoritaria asentada en el sector urbano de la parroquia, siendo la unidad social elemental la familia o el ayllu. Cada una de las comunidades está representada por un líder sea hombre o mujer, el cual es elegido a través de asambleas democráticas.

El orden social y la gobernanza están regidas por la justicia ancestral, así como las normas de conducta, la moralidad y los códigos sociales altamente influenciados por la comunidad quienes observan y son garantes de preservar este orden social.

La organización de productores de totora ha permitido la ejecución de varios proyectos para la mejora de producción que beneficia directamente a 1360 familias de distintas comunidades que son: Tocagón, Cuatro Esquinas, Cachiviro y Huaycopungo.

Tabla 3. Organizaciones Sociales

Organización social	Actividad	Función
Asociación Sumak Muyu	Agrícola	Producción de Frutillas
Asociación Mushuk Sisa	Agrícola	Producción de Frutillas
Asociación de Frutilleros Huaycopungo	Agrícola	Producción de Frutillas
Asociación Makipurashun	Artesanal	Elaboración de artesanías
Asociación Integral La Estera	Artesanal	Elaboración de artesanías
Asociación El Coraza	Artesanal	Comercialización de artesanías
Asociación Agrícola Cachimuel	Agrícola	Producción tubérculos
Asociación Rumiñahui	Agrícola	Producción de cereales
Asociación Totora Sisa	Artesanal	Elaboración y comercialización de artesanías

Fuente: PDOT San Rafael 2011.

Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

### 1.1.3 Económicos

El antecedente económico contempla un análisis minucioso y conjunto de los elementos que influyen en el desarrollo económico de la parroquia. Se realiza un análisis de los procesos productivos, de intercambio y turísticos desde una perspectiva territorial, lo que implica comprender la ubicación geográfica de las principales actividades económicas y sus características.

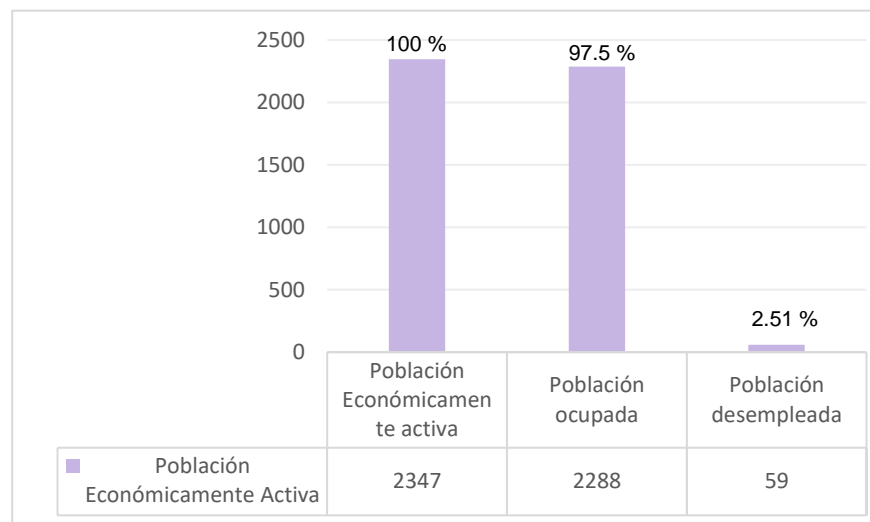
Este enfoque permite comprender la dinámica económica de la parroquia San Rafael de la Laguna en su conjunto. Se exploran las diversas actividades productivas y su contribución al crecimiento económico local, brindando una visión global de cómo la interacción entre los procesos de producción, intercambio y turísticos influye en el desarrollo económico de la comunidad. Además, se identifican las potencialidades económicas que pueden ser aprovechadas para fomentar un mayor desarrollo y bienestar en la parroquia.

#### Población Económicamente activa

La parroquia cuenta con una población económicamente activa de 2347 residentes, siendo el 97.5% parte de la población con empleo, mientras que el 2.51% se encuentra desempleada (INEC, 2010).

Es relevante destacar que dentro de la población con empleo se incluyen aquellos que han trabajado al menos una hora, así como aquellos que desempeñan labores en el hogar con fines remunerativos, incluso si estas actividades no siguen las convenciones típicas del empleo asalariado o independiente. Esto contrasta con la población desempleada, compuesta por aquellos que no tienen empleo o están en búsqueda activa de trabajo y disponibles para trabajar (PDOT San Rafael, 2015).

Figura 14. Población económicamente activa



Fuente: INEC 2010.

Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

#### Población económicamente activa por rama de actividad

La agricultura y la ganadería destacan como las principales actividades en la parroquia, constituyendo el 38.81% de la participación económica. La actividad agrícola mantiene su relevancia arraigada en la parroquia, donde la tradición de sembrar, cosechar e intercambiar ha perdurado a lo largo del tiempo. En las áreas elevadas como San Miguel Alto, Tocagon y Cachimuel, se cultivan tradicionalmente alimentos como maíz, frejol, arveja, cebada y trigo, destinados principalmente al consumo interno de la comunidad. El excedente producido se comercializa principalmente en Otavalo.

En contraste, en las zonas bajas como Huaycopungo, Cuatro Esquinas, San Miguel Bajo y Cachiviro, la presencia de agua ha permitido la implementación de cultivos no tradicionales, como la frutilla y el tomate de

árbol, en sus parcelas. Además, en estas comunidades, el cultivo de totora genera una actividad productiva significativa en las orillas del Lago San Pablo (PDOT San Rafael, 2011).

Según indica el PDOT de San Rafael (2011), el 26.35% de la población se involucra en la industria manufacturera, generalmente practicada como actividad complementaria en el hogar. Esta actividad manufacturera ha evolucionado gracias a la integración y organización comunitaria de un grupo de hombres y mujeres emprendedores que decidieron agregar valor a la producción tradicional de totora.

Una destacada entidad en este ámbito artesanal es la Asociación "MAQUIPURASHUN", que cuenta con 25 socios activos dedicados principalmente a proveer artesanías a la empresa Totora Sisa. Esta última fue creada por iniciativa de actores clave en la parroquia, como la Junta Parroquial de San Rafael de la Laguna, los artesanos de comunidades como Cachiviro, Huayco Pungo, Cuatro Esquinas, Tocagón, y la Unión de Comunidades Indígenas de San Rafael de la Laguna (UNCISA), con el respaldo de diversos organismos nacionales. Totora Sisa se encarga de comercializar los productos a nivel nacional, especialmente en ciudades como Quito, Guayaquil, Machala, Babahoyo y en algunas partes del sur de Colombia (PDOT, 2011).

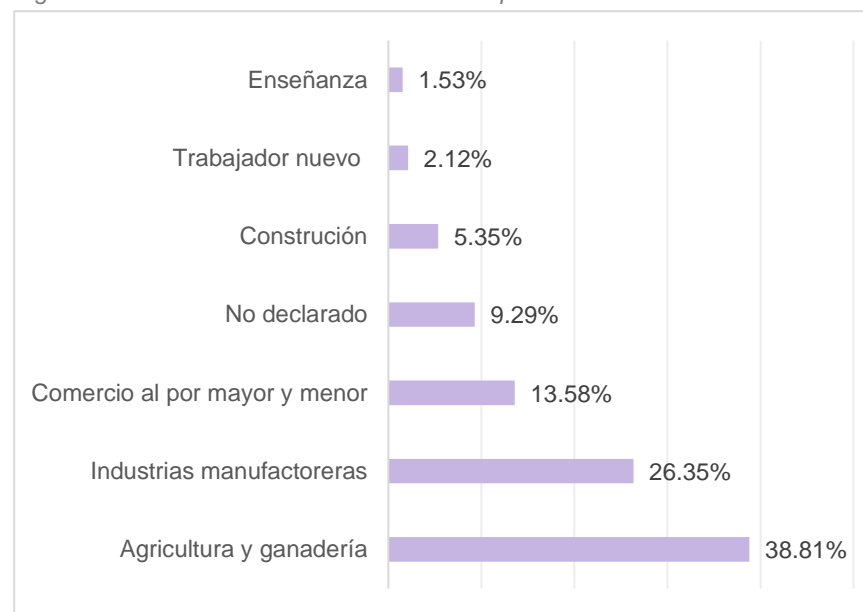
La microempresa comunitaria Totora Sisa agrupa a más de 50 productores que trabajan de manera colaborativa y bajo demanda. Esta asociación ha estado operando por más de tres años, ofreciendo productos que varían en precio desde 1 dólar, como los llaveros, hasta 980 dólares por un juego completo de muebles. La diferencia de precio radica en el material adicional utilizado para fabricar los muebles, ya que incorporan hierro como soporte, siendo este el componente más costoso junto con la mano de obra (PDOT, 2011).

La comunidad de San Rafael de la Laguna se ha fortalecido estratégicamente en su economía al utilizar los cultivos de totora a orillas de la laguna de San Pablo. Según datos Obtenidos del PDOT de Otavalo, el 70% de los grupos sociales indígenas que viven en la parroquia, su

economía se da a partir de la producción de esteras y artesanías con la fibra natural totora.

Dentro de las diversas actividades económicas, el comercio mayor y menor destaca con un 13.58% de la población económicamente activa, seguido por actividades no declaradas con un 9.29%, englobando actividades informales o esporádicas. Además, se observa que la construcción representa el 5.35%, mayormente llevada a cabo fuera de la parroquia a través de contratos eventuales en ciudades cercanas como Ibarra y Otavalo. En cuanto a otras categorías, el 2.12% corresponde a trabajadores nuevos, mientras que el 1.53% está involucrado en actividades de enseñanza (PDOT San Rafael, 2015).

Figura 15. Población económicamente activa por rama de actividad



Fuente: PDOT San Rafael 2015.

Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## Actividad turística

El principal atractivo turístico de la parroquia es el Lago San Pablo, aunque no se aprovecha al máximo este recurso debido a la falta de infraestructura adecuada para recibir a turistas nacionales y extranjeros. Las comunidades locales han tenido dificultades para desarrollar iniciativas turísticas debido a esta limitación.

Con el objetivo de impulsar esta actividad, se busca fortalecer el turismo a través de la formación de la Mancomunidad del Lago San Pablo, que agrupa a las parroquias de González Suárez, San Pablo, San Rafael y Eugenio Espejo. Esta iniciativa busca crear circuitos turísticos que conecten los pueblos ubicados en las orillas del lago.

Existen varios atractivos turísticos en la zona, siendo la fiesta del Coraza y las artesanías elaboradas con totora los más reconocidos. Sin embargo, estas actividades no están debidamente coordinadas entre sí.

A pesar de que el turismo representa solo el 4% de las actividades desarrolladas en San Rafael, genera ingresos significativos. Aunque, estos beneficios se concentran en manos de unos pocos, ya que las empresas privadas son las únicas que cuentan con los recursos necesarios para brindar seguridad y comodidad a los turistas (Plan de desarrollo turístico Otavalo, 2020).

Figura 16. Productos artesanales de totora



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 17. Productos agrícolas



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## 1.1.4 Paisajísticos

La parroquia de San Rafael de la Laguna, situado en el cantón de Otavalo, en Ecuador, es una riqueza natural de gran valor y diversidad ecológica. Gracias a su ubicación geográfica y su amplio rango altitudinal, este lugar se distingue por ofrecer un paisaje de excepcional belleza que atrae tanto a locales como a visitantes de otras regiones. Al recorrer las zonas rurales del cantón, se tiene la oportunidad de sumergirse en la vida cotidiana de su gente y al mismo tiempo deleitarse con la maravilla del entorno natural que lo rodea (Plan de desarrollo turístico Otavalo, 2020).

Cabe destacar que los atractivos naturales no se limitan solo a la parroquia de San Rafael de la Laguna, en las proximidades del cantón de Otavalo, a distancias relativamente cortas, se encuentran otros destinos de gran importancia y belleza. La laguna de Cuicocha, con su impresionante cráter y aguas cristalinas, cautiva a quienes la visitan, ofreciendo una experiencia única de contemplación y conexión con la naturaleza.

El volcán Cotacachi, majestuoso y poderoso, se alza imponente en el horizonte, brindando un espectáculo visual incomparable y una oportunidad para los aventureros de explorar sus rutas de senderismo. La zona de Intag, con su exuberante vegetación y biodiversidad, invita a los amantes de la naturaleza a sumergirse en una experiencia enriquecedora. Por último, la laguna de Yahuarcocha, con su historia y leyendas, ofrece un lugar de tranquilidad y serenidad donde es posible disfrutar de actividades acuáticas y disfrutar de sus alrededores.

La riqueza natural y ecológica del cantón, sumada a su ubicación estratégica y los destinos cercanos de gran relevancia, convierten a esta región en un paraíso para aquellos que buscan conectar con el entorno natural y disfrutar de paisajes incomparables. Ya sea explorando las comunidades locales, o maravillándose con sus atractivos naturales cerca del cantón. San Rafael de la Laguna y sus alrededores prometen una experiencia inolvidable para los amantes de la naturaleza.

Figura 18. Laguna de Cuicocha



Fuente: Wikimedia Commons.  
Elaboración: Arabsalam.

Figura 19. Volcán Imbabura



Fuente: Wittmann Tours.  
Elaboración: Christian Wittmann.

## Atractivos naturales

- Laguna San Pablo

La laguna es de origen glaciar y esta abastecida por pequeños arroyos y manantiales, tiene una extensión aproximada de 7 km<sup>2</sup>. El agua de la laguna presenta un tono turbio y mantiene una temperatura promedio de alrededor de 11°C. Situada en la parte inferior del Volcán Imbabura, la laguna se encuentra rodeada por diversas parroquias y sus respectivas comunidades, además de contar con la presencia de establecimientos hoteleros. Este lugar es reconocido por su impresionante belleza paisajística, aunque en algunas áreas dicha belleza se ve afectada por un desarrollo urbano desordenado. La laguna ofrece un entorno propicio para la realización de actividades recreativas, ecoturismo, fotografía, deportes acuáticos, turismo de aventura y turismo místico. (Plan de desarrollo turístico Otavalo, 2020)

- Bosque protector - Cascada de Peguche

Este brinda a los visitantes la oportunidad de apreciar la belleza natural en su máximo esplendor. Los senderos bien cuidados permiten explorar y descubrir la diversidad de flora y fauna que habita en esta área. Es un lugar perfecto para realizar actividades como caminatas, observación de aves, fotografía de la naturaleza.

El principal atractivo de este bosque protector es la cascada de Peguche, cuyas aguas provienen del lago San Pablo y forman dos impresionantes saltos. El primero tiene una altura de 6 metros, mientras que el segundo alcanza los 23 metros. El agua de la cascada es de tonalidad turbia y mantiene una temperatura promedio de 12°C. El entorno se caracteriza por un relieve montañoso cubierto con plantaciones forestales de eucalipto.

Figura 20. Laguna San Pablo



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 21. Bosque protector – Cascada de Peguche



Fuente: Adobe Stock.

Elaboración: David Gramal.

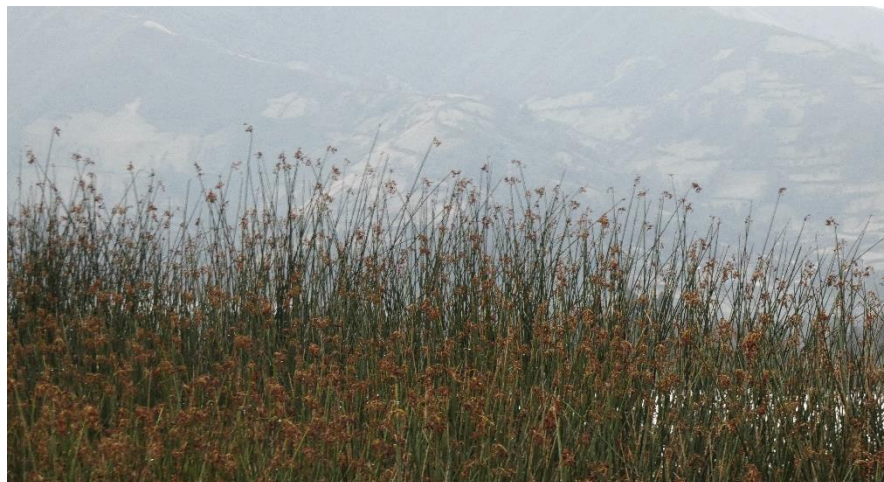


En la actualidad es utilizado principalmente como espacio recreativo y es considerado, una visita importante. Fue declarado como Bosque y Vegetación Protectora de cuencas hidrográficas por el Ministerio del Ambiente en el año 2000 y tiene una superficie de 40 has. (Plan de desarrollo turístico Otavalo, 2020)

## Biodiversidad

San Rafael de la Laguna alberga tres formaciones ecológicas según la clasificación de Holdridge. Los humedales, que ocupan 65.7 hectáreas, equivalente al 5% de la parroquia; el páramo, extenso en 631 hectáreas, representando el 35.2% del territorio; y los bosques, con una extensión total de 41 hectáreas, divididos en 27 hectáreas naturales y 14 hectáreas plantadas, abarcando el 2.3% de la parroquia. Además, se identifican tres zonas de vida distintas: muy húmedo sub-temperado, húmedo temperado y páramo lluvioso (PDOT San Rafael de la Laguna, 2011).

Figura 22. Humedales



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## Flora y fauna

De acuerdo con el PDOT San Rafael (2011) indica que el plan de Manejo Integral de Cuencas (MICI) desarrollado por el Centro de Estudios y Promoción del Campesinado (CEPCU) en 2001, así como la Intervención Integral del Lago San Pablo y áreas adyacentes, y los planes de acción realizados por el Gobierno Provincial de Imbabura en 2010, se identificaron en la parroquia de San Rafael de la Laguna diversas especies de flora y fauna de gran importancia, las cuales se detallan a continuación.

Tabla 4. Flora

Nombre común	Nombre científico
Mortiño	Vaccinium Floribundum
Colca	Miconia Papillosa
Uña De Gato	Mimosa Guitensis
Matico	Piper Angustifolium
Chilca	Baccharis Spp
Guanto	Brugmansia Sp
Valeriana	Valeriana Sp
Totora	Schoenoplectus Californicus

Fuente: PDOT San Rafael 2011.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 23. Mortiño - *Vaccinium Floribundum*



Fuente: Wikimedia Commons.  
Elaboración: Franz Xaver.

Figura 25. Uña De Gato - *Mimosa Guitensis*



Fuente: Plantnet.  
Elaboración: Subia John.

Figura 24. Colca - *Miconia Papillosa*



Fuente: Wikimedia Commons.  
Elaboración: Sylvain.

Figura 26. Matico - *Piper Angustifolium*



Fuente: Useful Tropical Plants.  
Elaboración: Ahmad Fuad Morad.

Figura 27. Chilca - *Baccharis* Spp



Fuente: Wikimedia Commons.  
Elaboración: Stan Shebs.

Figura 29. Valeriana - *Valeriana* Sp



Fuente: Wikimedia Commons.  
Elaboración: Meneerke bloem.

Figura 28. Guanto - *Brugmansia* Sp



Fuente: Wikimedia Commons.  
Elaboración: Christer T Johansson.

Figura 30. Totorá - *Schoenoplectus Californicus*



Fuente: Wikimedia Commons.  
Elaboración: Forest and Kim Starr.

Tabla 5. Fauna

Nombre común	Nombre científico
Lagartija	Pholidobolus Montium
Preñadillas	Astroblepus Ubidiai
Quilico	Falco Sparverius
Pájaro Brujo	Phecticus
Gorrión	Notiochelidon Sp
Garza (Ave Migratoria)	Bubulcus Ibis
Lobo Andino	Lycalopex Culpaeus
Venado	Cervidae Odocoileus
Colibrí	Trochilidae
Pato	Anas Flavirostris

Fuente: PDOT San Rafael 2011.  
 Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 31. Lagartija - Pholidobolus Montium



Fuente: iNaturalist.  
 Elaboración: Paul Freed.

Figura 32. Preñadillas - Astroblepus Ubidiai



Fuente: Quito Habitat Silvestre.  
 Elaboración: Finding Species.

Figura 33. Quilico - *Falco Sparverius*



Fuente: American Kestrel.  
Elaboración: Gregory Smith.

Figura 35. Gorrión - *Notiochelidon Sp*



Fuente: Wikimedia Commons.  
Elaboración: Fernando da Rosa.

Figura 34. Pájaro Brujo - *Phecticus*



Fuente: Wikimedia Commons.  
Elaboración: John Harrison.

Figura 36. Garza (Ave Migratoria) - *Bubulcus Ibis*



Fuente: Wikimedia Commons.  
Elaboración: Stiq Nygaard.

Figura 37. Lobo Andino - *Lycalopex Culpaeus*



Fuente: Wikimedia Commons.  
Elaboración: Alexey Yakovlev.

Figura 39. Pato - *Anas Flavirostris*



Fuente: Wikimedia Commons.  
Elaboración: Peterwchen.

Figura 38. Venado - *Cervidae Odocoileus*



Fuente: Wikimedia Commons.  
Elaboración: Amfeli.

Figura 40. Colibrí - *Trochilidae*



Fuente: Pixabay.  
Elaboración: jjlaurentjj.

## 1.2 Delimitación y área de influencia

### 1.2.1 Ubicación geográfica

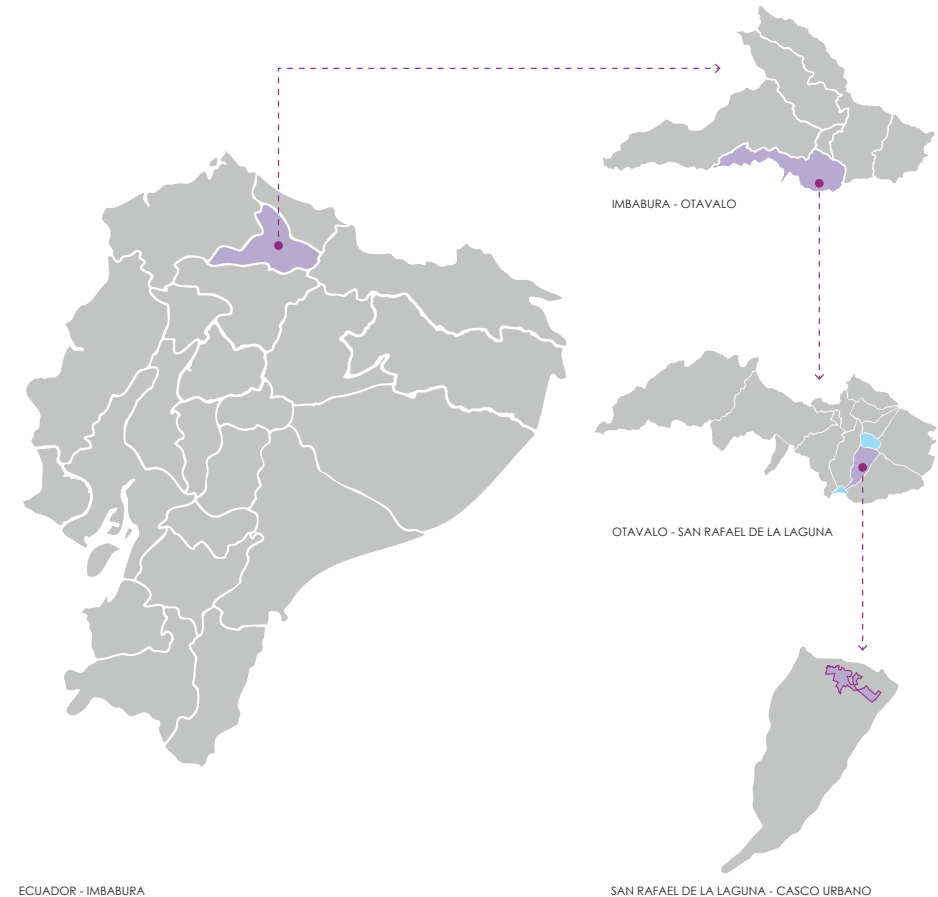
La parroquia rural de San Rafael de la Laguna está situada en el cantón Otavalo, es una de las nueve parroquias de esa zona. Según los límites que consta en el Consejo Nacional de Límites, se encuentra al sur de la provincia de Imbabura, a 7.5 km al este de la ciudad de Otavalo y a 34.3 km al sur de la ciudad de Ibarra, la capital provincial.

El centro de la parroquia está aproximadamente a una altitud de 2.790 metros sobre el nivel del mar, en las siguientes coordenadas: 0° 11' 24.55" de latitud norte y 78° 13' 30.79" de longitud oeste.

La extensión total de la parroquia es de 19,5 kilómetros cuadrados según los mapas del Instituto Geográfico Militar. La parroquia está compuesta por nueve comunidades indígenas: Tocagón, Capillapamba, Huaycopungo, Cachiviro, Cuatro Esquinas, Cachimuel, Mushuk Ñan, San Miguel Alto y San Miguel Bajo.

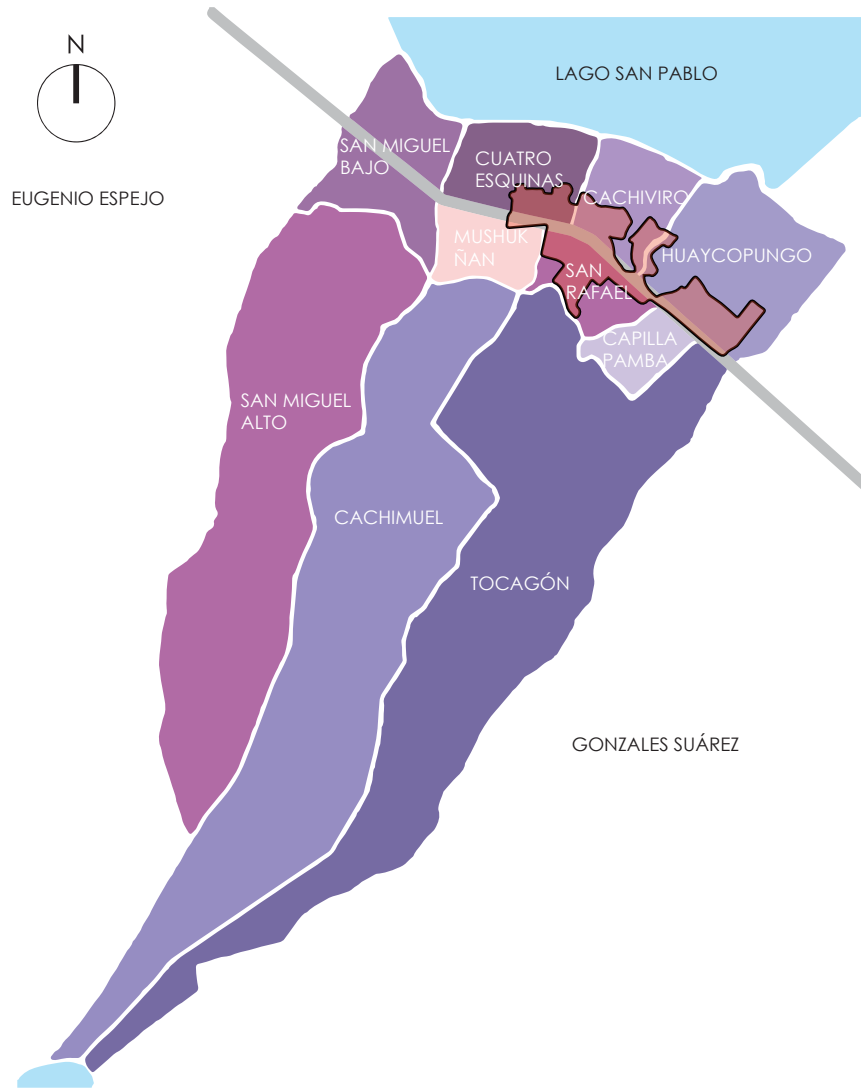
El territorio de San Rafael de la Laguna se extiende desde los 2,660 metros sobre el nivel del mar en las orillas del lago San Pablo hasta los 4,080 metros sobre el nivel del mar en los páramos del volcán Mojanda. Debido a su ubicación geográfica, la parroquia es una de las cuatro cabeceras que se encuentran dentro de la cuenca hidrográfica del lago San Pablo. Está enmarcada por los imponentes volcanes Imbabura, Mojanda y Cusín, así como por montañas y lomas más pequeñas como el Cubilche y Reyloma, que configuran y delimitan la cuenca hidrográfica. La estratégica ubicación de San Rafael de la Laguna brinda una vista panorámica de toda la cuenca hidrográfica del lago San Pablo, ofreciendo un impresionante escenario natural y cultural (PDOT San Rafael, 2011).

Figura 41. Mapa de ubicación geográfica



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 42. División política territorial Parroquia San Rafael



Fuente: PDOT San Rafael 2011.

Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## 1.2.2 Componentes del área de estudio

Se ha realizado una aproximación del área específica y del área inmediata de la parroquia de San Rafael. Siendo el área específica la zona urbana de la parroquia, mientras que el área inmediata abarca 500 metros de radio de influencia al predio, se analizarán elementos importantes de la zona como: infraestructura, equipamientos, sistema vial, transporte, topografía, uso de suelo, medio físico, entre otros.

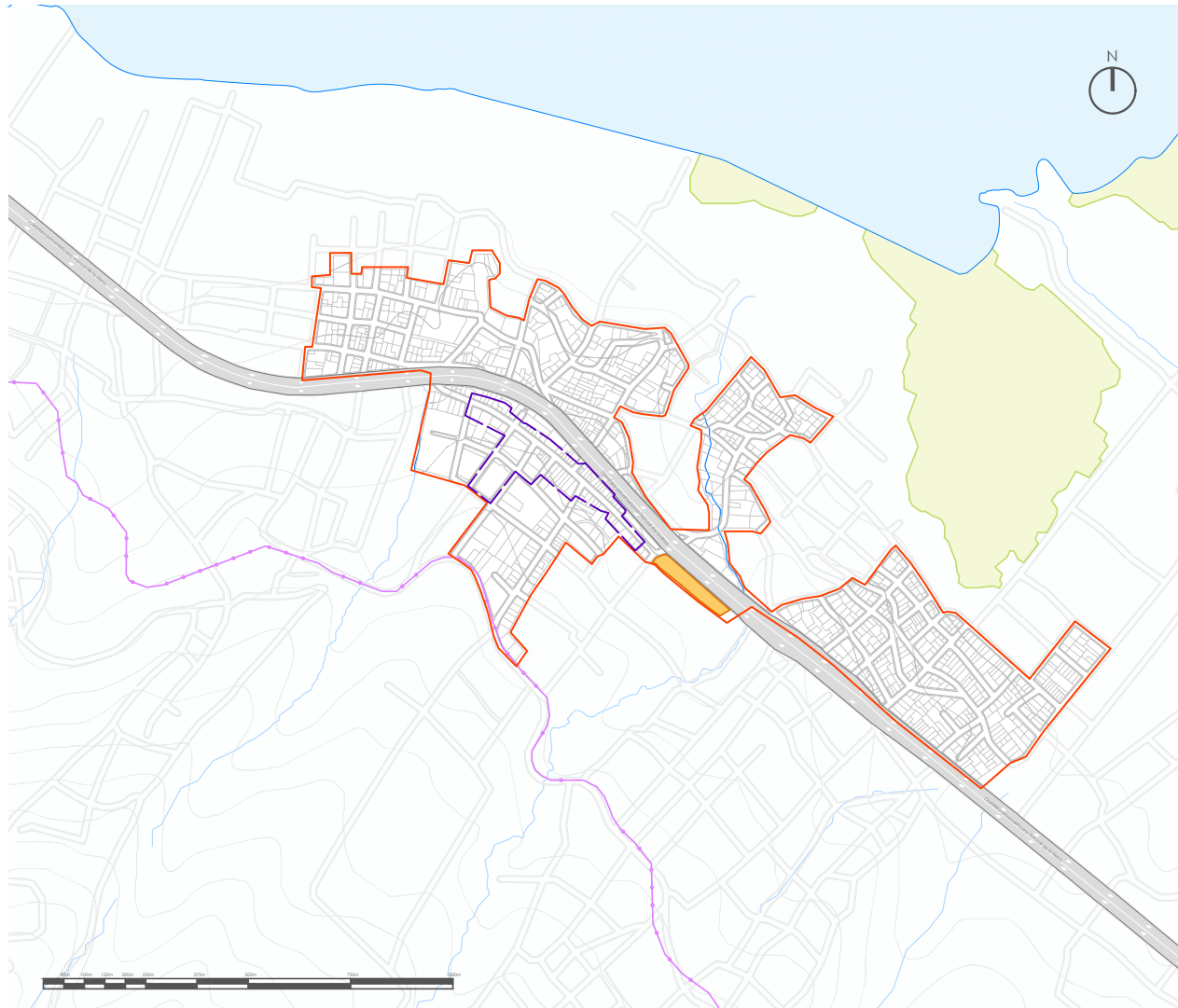
Mediante el análisis específico e inmediato del área de estudio se puede comprender los beneficiarios directos del proyecto, así también, la influencia e importancia de este nuevo equipamiento para la comunidad, además de entender los lineamientos funcionales del sector que ayudaran para definir una propuesta arquitectónica acorde a las necesidades que requiere la parroquia de San Rafael, mejorando características visuales, físicas, paisajísticas, culturales, económicas y sociales del sitio a intervenir.

Según el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Otavalo en su ordenanza del Plan de Uso y Gestión del Suelo (2020-2021) en el artículo 32. Uso de suelo comercio y servicio, en el literal (C) Comercial y de servicios zonal: son aquellas actividades que se generan en centros, subcentros o corredores urbanos, dentro de esta clasificación se encuentran los centros de comercio, estos son considerados mercados tradicionales y centro de comercio popular que no superan los 5000 m<sup>2</sup> de área útil, donde su alcance es zonal centralidad, estos establecimientos demandan alto tráfico vehicular y peatonal, por lo que su accesibilidad se realizará mediante vías arterias principales.



## 1.2.3 Delimitación área específica y área inmediata de intervención

Figura 43. Área específica de intervención



La delimitación del área urbana de la parroquia de San Rafael de la Laguna se determina a través de la actualización catastral llevada a cabo en colaboración entre la Asociación de Municipalidades del Ecuador y el Gobierno Municipal de Otavalo en el año 2004. Este proceso define el uso y ocupación del suelo, así como los distintos niveles de ocupación urbana. La extensión total de esta área es de 65.29 hectáreas, lo que equivale al 3.4% de la superficie total de la parroquia, según lo establecido en PDOT San Rafael (2011).

También se delimita un área de sitio de interés patrimonial, donde cualquier intervención realizada deberá considerar e integrar los lineamientos de constitución y composición que guarden unidad, versatilidad, densidad y continuidad para alcanzar los estándares urbanísticos necesarios para el correcto desarrollo social, económico y ambiental.

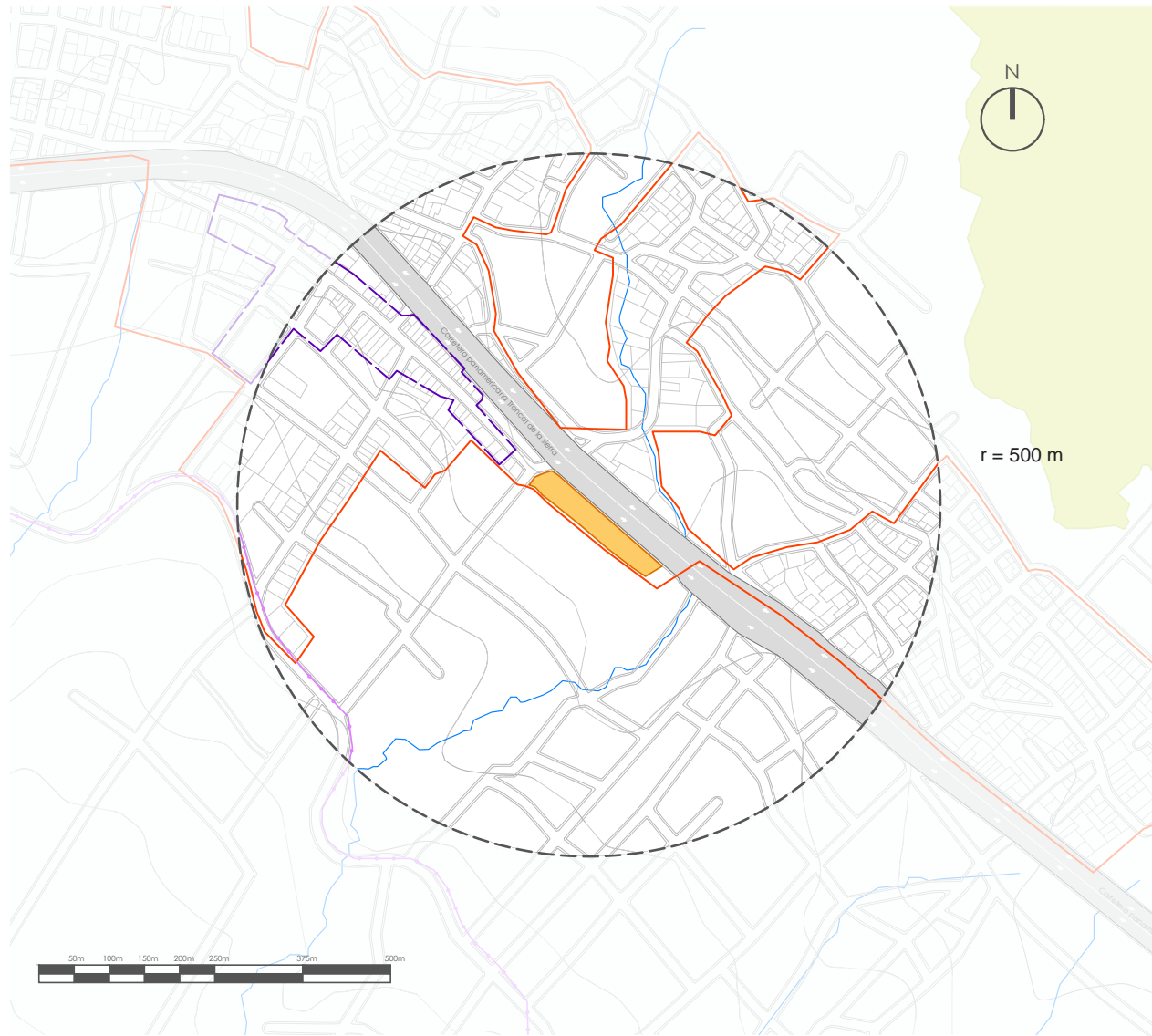
### SIMBOLOGÍA

- Limite Urbano Parroquia San Rafael
- - - Área de interés Patrimonial
- - - Línea Férrea
- Predios
- Lago San Pablo
- Sitio

ESCALA 1:15000

Fuente: PDOT San Rafael 2011 - 2014. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 44. Área inmediata de intervención



La delimitación del área inmediata de radio 500m de es fundamental para comprender el contexto inmediato y las condiciones del entorno en el que se desarrollara el proyecto arquitectónico.

Tiene la finalidad de analizar los elementos urbanos cercanos al predio, como las calles, parques, plazas, servicios, infraestructura, señalización entre otras. Esta información es necesaria para poder determinar las vías de acceso al predio, las conexiones de servicios, densidad urbana y las posibles delimitaciones y oportunidades que el entorno ofrece para el proyecto.

Por otra parte, la evaluación de la normativa es importante para asegurar que el proyecto se ajuste a las regulaciones urbanísticas de construcción vigentes en la localidad.

SIMBOLOGÍA

- Limite Urbano Parroquia San Rafael
- Área de interés Patrimonial
- Línea Férrea
- Predios
- Lago San Pablo
- Sitio

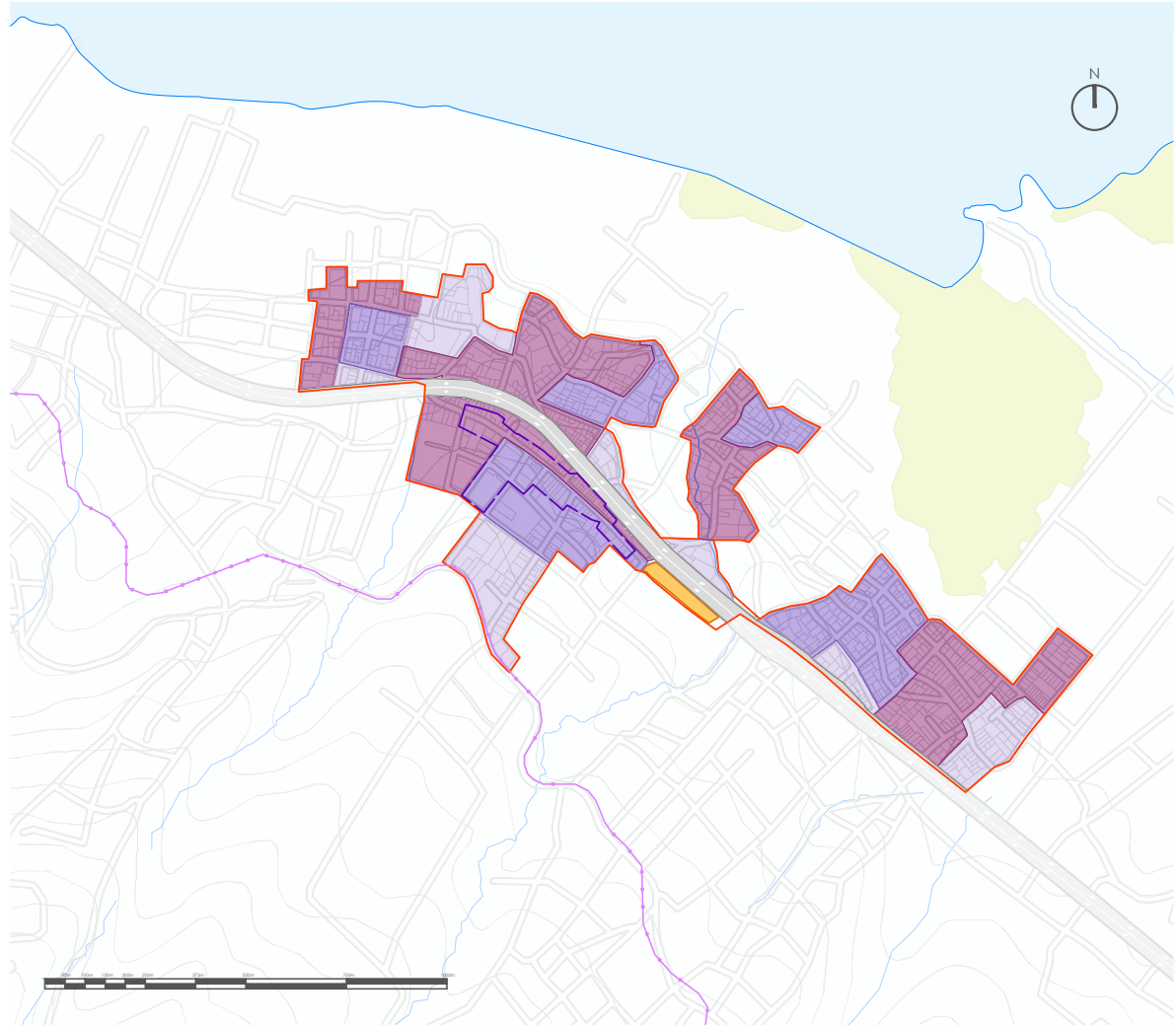
ESCALA 1:8500

Fuente: PDOT San Rafael 2011 - 2014. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## 1.3 Usos de suelo, vialidad y equipamientos

### 1.3.1 Normativa y uso de suelo

Figura 45. Normativa y uso de suelo área específica



Según indica el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Otavalo, en la ordenanza del Plan de Uso y Gestión del Suelo 2020 - 2021. Los asentamientos humanos en la parroquia rural San Rafael de la Laguna se dividen en tres grupos:

MRC. Mixto Residencial de centralidad.

MR. Mixto Residencial.

RAP. Residencial Agrícola Productivo en suelo urbano.

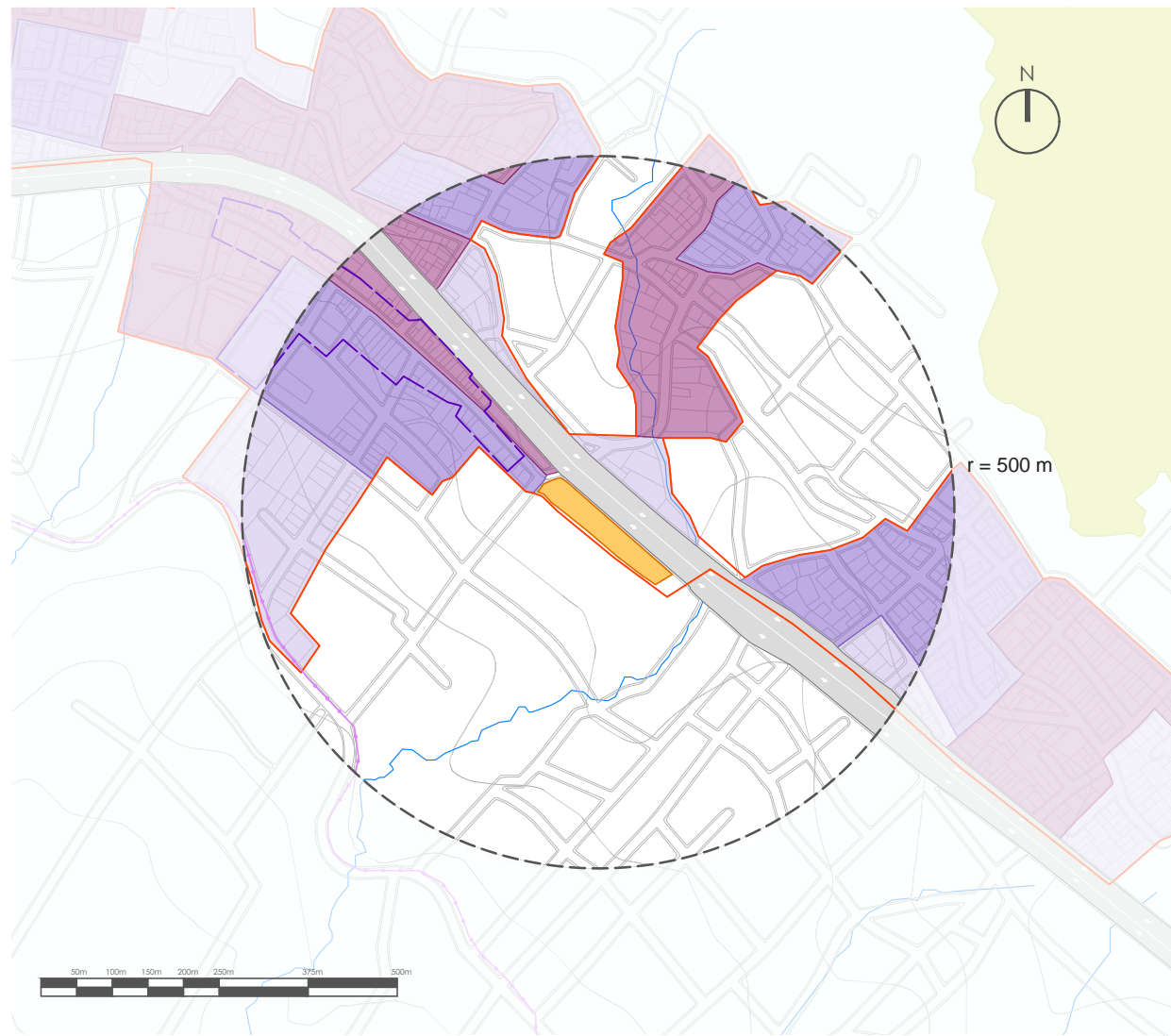
#### SIMBOLOGÍA

- Limite Urbano Parroquia San Rafael
- - - Área de interés Patrimonial
- Línea Férrea
- Predios
- Mixto residencial (MR)
- Residencial agrícola productivo en suelo urbano (RAP)
- Mixto residencial de centralidad (MRC)

ESCALA 1:15000

Fuente: PDOT San Rafael 2011 - 2014. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 46. Normativa y uso de suelo área inmediata



Mixto Residencial de centralidad, continua sobre la línea de fabrica; lote mínimo 250 m<sup>2</sup>, altura máxima de edificaciones 3 pisos, COS planta baja 60%, CUS 180%. Se podrá utilizar la totalidad del COS PB para actividades económicas compatibles.

Mixto Residencial, continua sobre la línea de fabrica; lote mínimo 250 m<sup>2</sup>, altura máxima de edificaciones 2 pisos, COS planta baja 40%, CUS 80%. Se podrá utilizar el 50% del COS PB para realizar actividades económicas compatibles.

Residencial Agrícola Productivo en suelo urbano, continua sobre la línea de fábrica; lote mínimo 500 m<sup>2</sup>, altura máxima de las edificaciones 2 pisos, COS planta baja 20%, CUS 40%.

**SIMBOLOGÍA**

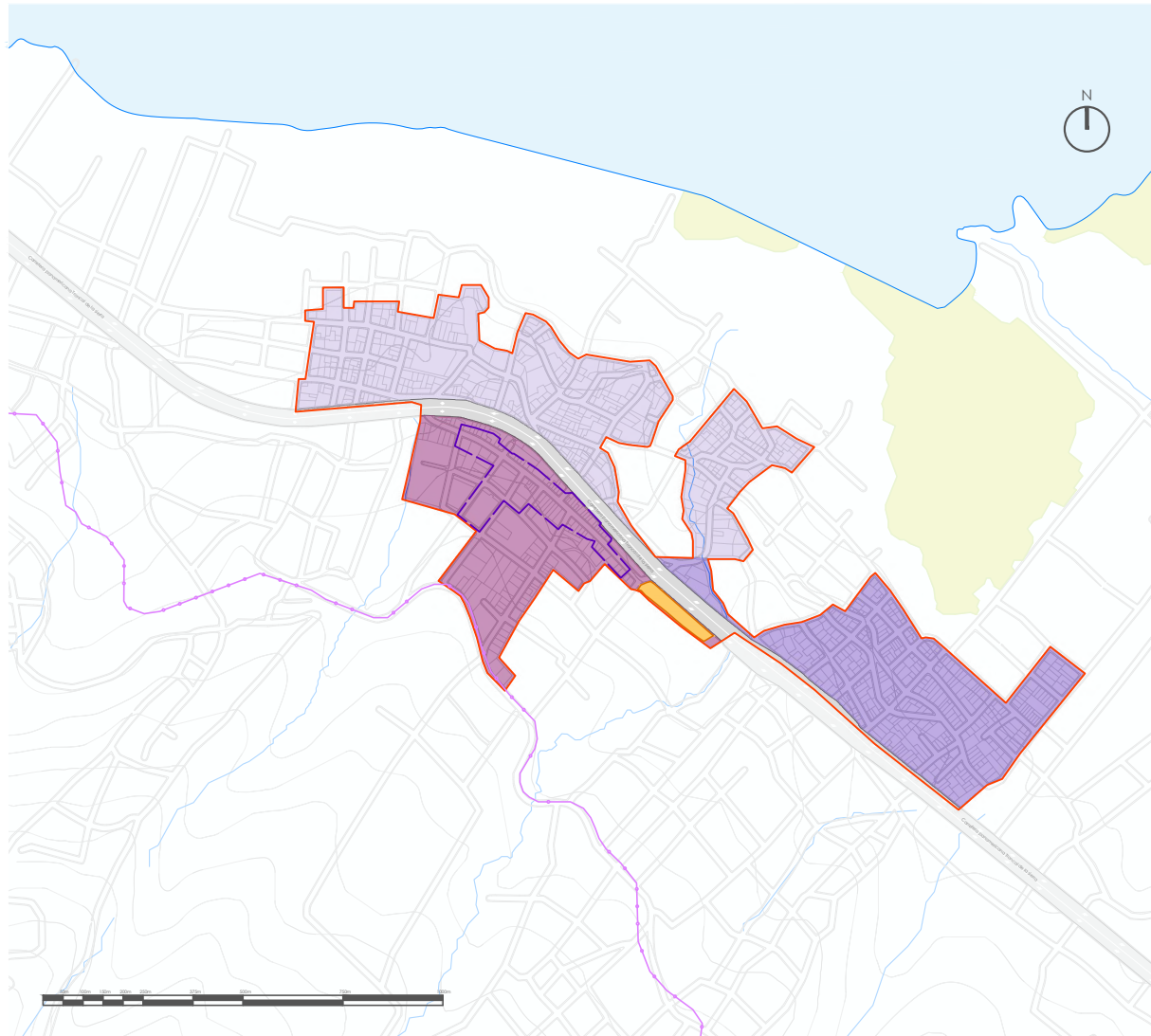
- Limite Urbano Parroquia San Rafael
- Área de interés Patrimonial
- Línea Férrea
- Predios
- Mixto residencial (MR)
- Residencial agrícola productivo en suelo urbano (RAP)
- Mixto residencial de centralidad (MRC)

ESCALA 1:8500

Fuente: PDOT San Rafael 2011 - 2014. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## 1.3.2 Sectorización urbana

Figura 47. Sectorización urbana área específica



El sector urbano está definido territorialmente por tres sectores barriales:

Sector 1: Barrio Central y La Estación, en esta área existen actualmente 253 predios, conformada por 54 manzanas, se establece que el 95% de las edificaciones está destinada a la vivienda.

Sector 2: Barrio nuevo, 4 esquinas y Cachiviro, dicha área comprende de 656 predios, conformada por manzanas irregulares debido a la geometría irregular del terreno y a la cercanía de los humedales de la laguna San Pablo.

Sector 3: Barrio Huaycopungo, conformada por 382 predios, que corresponden a 31 manzanas, el 90% de los lotes comparte las actividades de agricultura y vivienda.

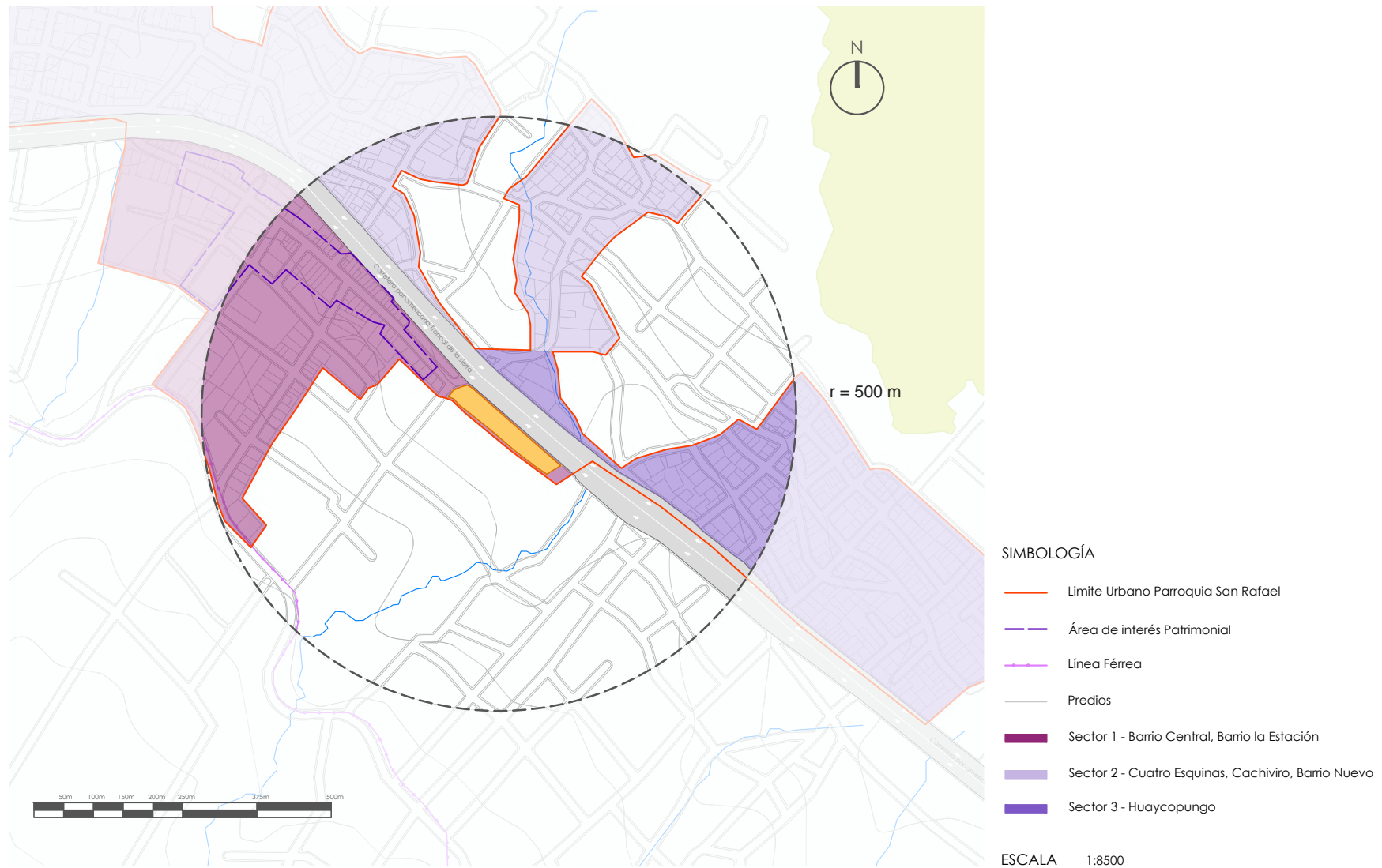
**SIMBOLOGÍA**

- Límite Urbano Parroquia San Rafael
- Área de interés Patrimonial
- Línea Férrea
- Predios
- Sector 1 - Barrio Central, Barrio la Estación
- Sector 2 - Cuatro Esquinas, Cachiviro, Barrio Nuevo
- Sector 3 - Huaycopungo

ESCALA 1:15000

Fuente: PDOT San Rafael 2011 - 2014. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

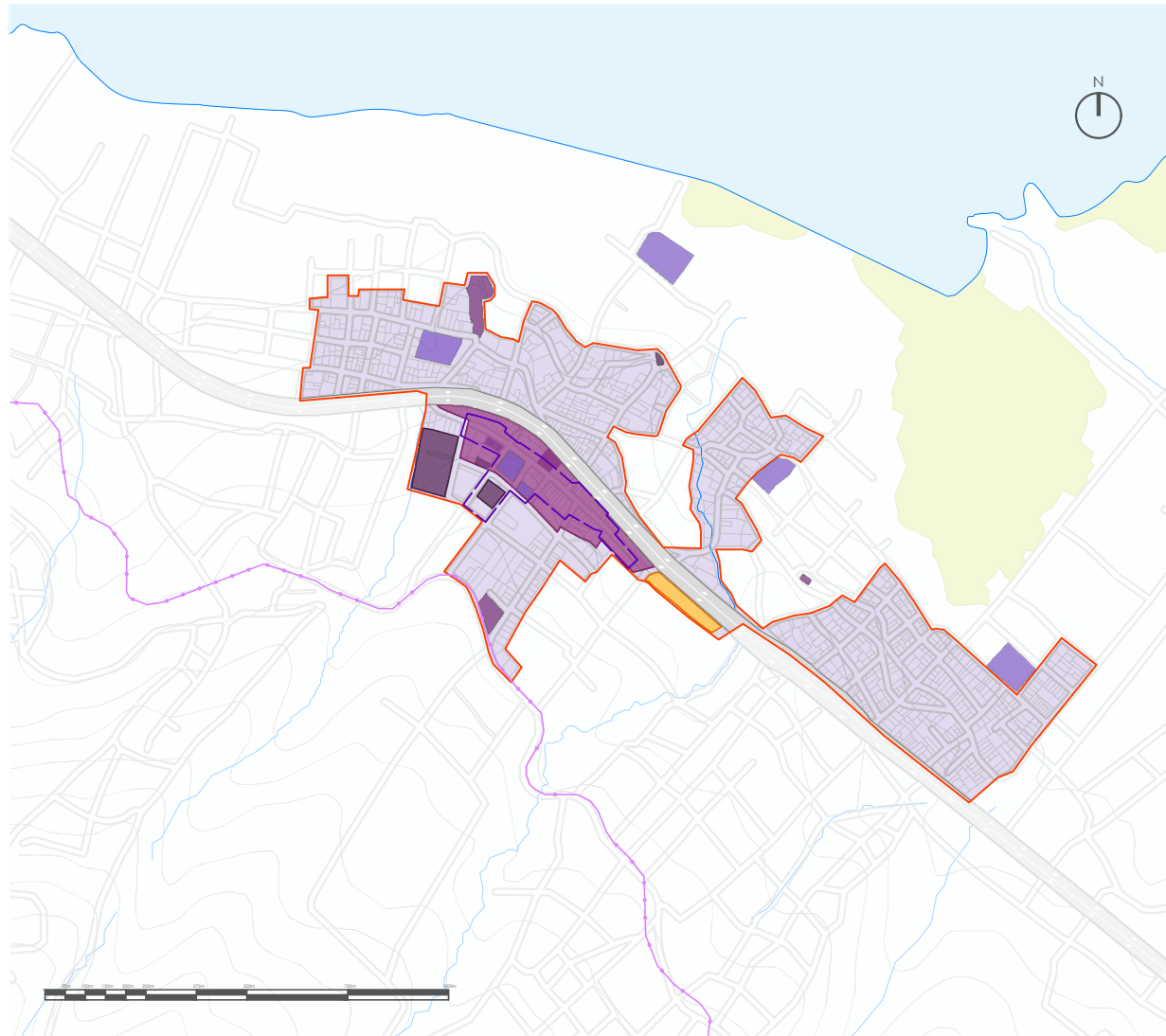
Figura 48. Sectorización urbana área inmediata



Fuente: PDOT San Rafael 2011 - 2014. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## 1.3.3 Equipamientos

Figura 49. Equipamientos área específica



En el barrio central se concentran los principales servicios para la población del área urbana, existe un centro de salud, teniendo un radio de influencia de 800m. También se dispone de cuatro centros de educación, con un radio de influencia de 400m.

El equipamiento recreativo como lo son las canchas deportivas o estadios barriales, áreas verdes y plazas.

Los equipamientos administrativos incluyen la junta parroquial, el GAD parroquial, entre otros se ubican en el Barrio Central.

En su mayoría abarca la residencia-agrícola, y la residencia-comercio abarcando un comercio menor o barrial.

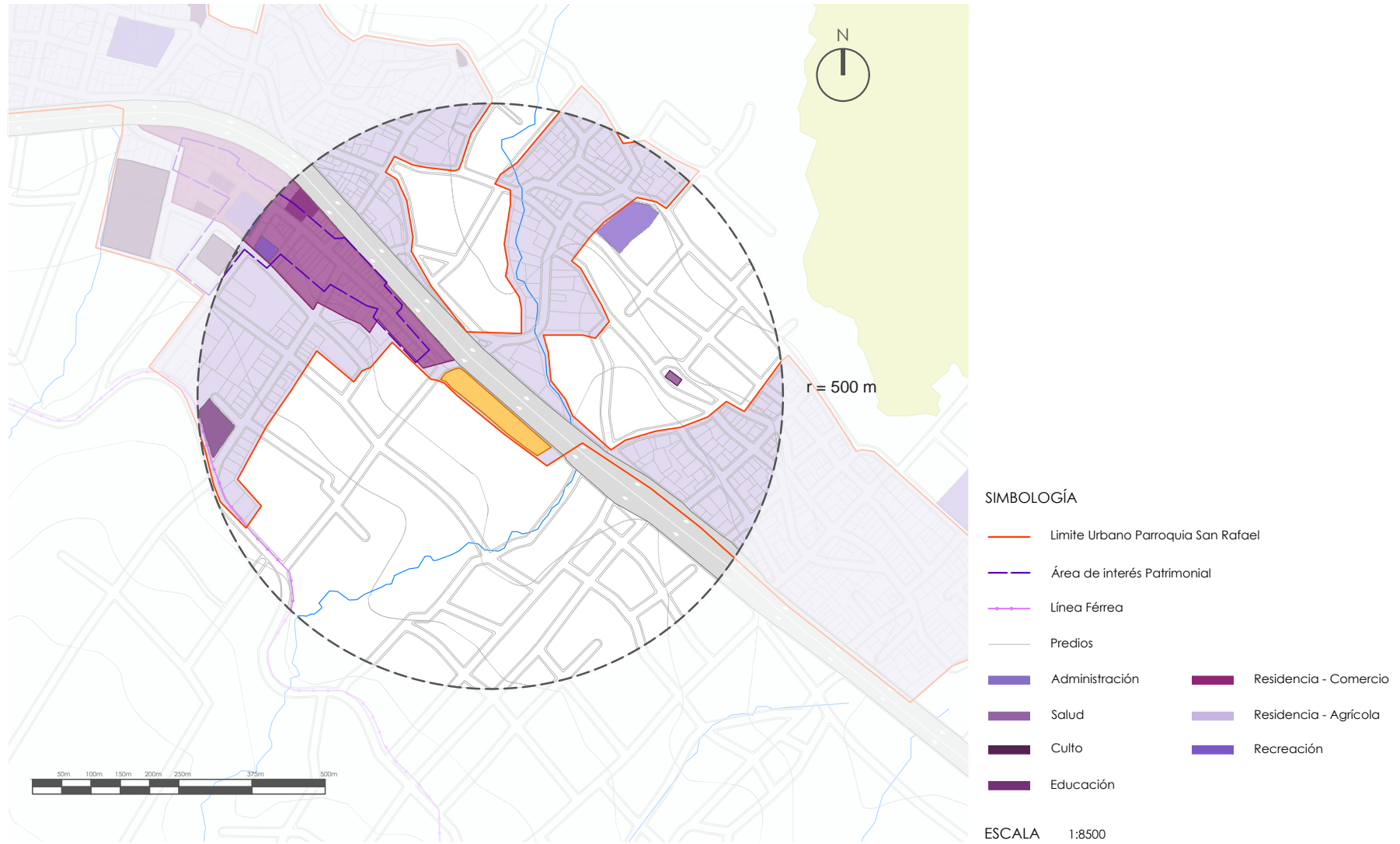
### SIMBOLOGÍA

- Limite Urbano Parroquia San Rafael
- - - Área de interés Patrimonial
- Línea Férrea
- Predios
- Administración
- Salud
- Culto
- Educación
- Residencia - Comercio
- Residencia - Agrícola
- Recreación

ESCALA 1:15000

Fuente: PDOT San Rafael 2011 - 2014. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 50. Equipamientos área inmediata

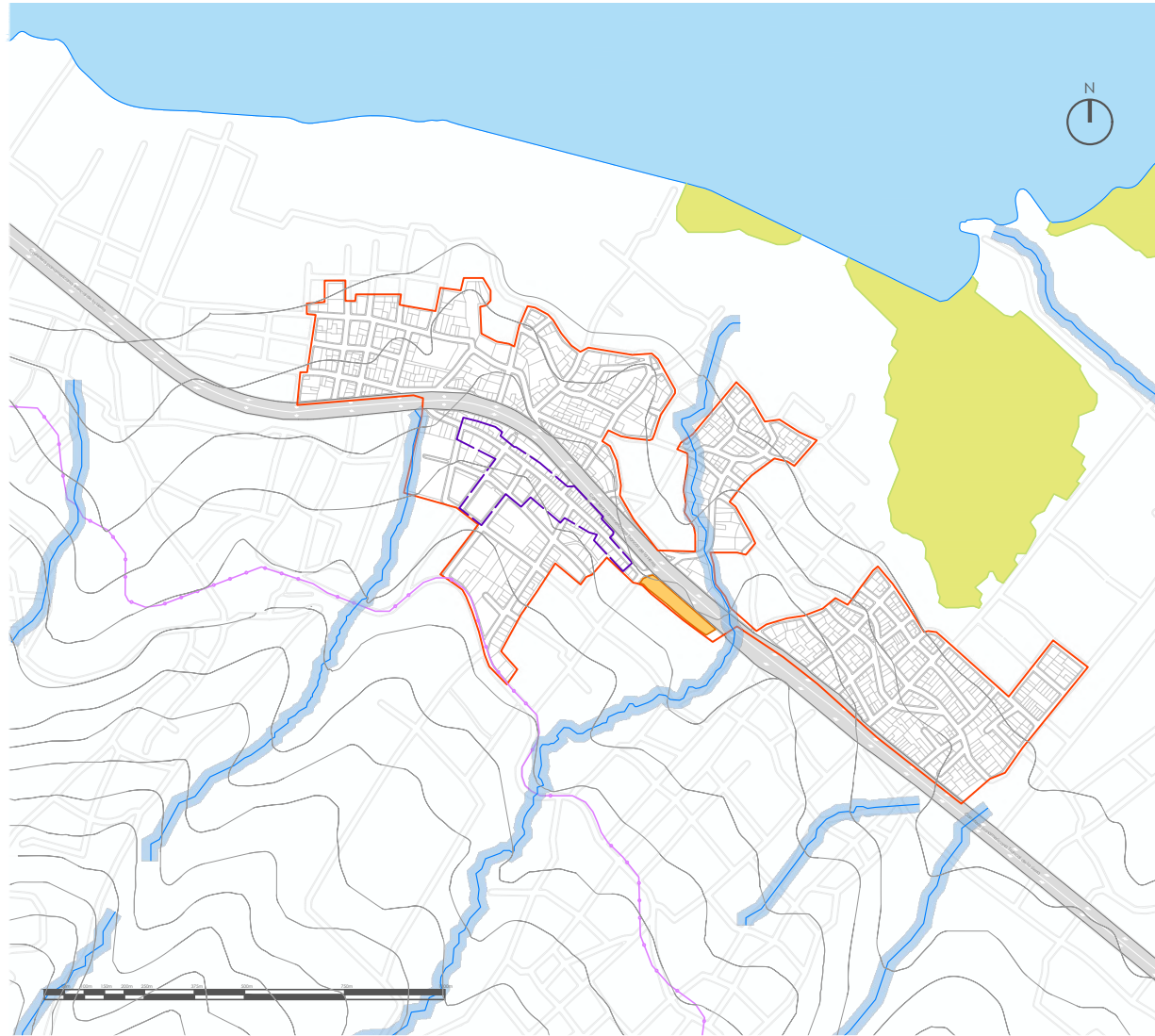


Fuente: PDOT San Rafael 2011 - 2014. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.



## 1.3.4 Medio Físico

Figura 51. Medio físico área específica

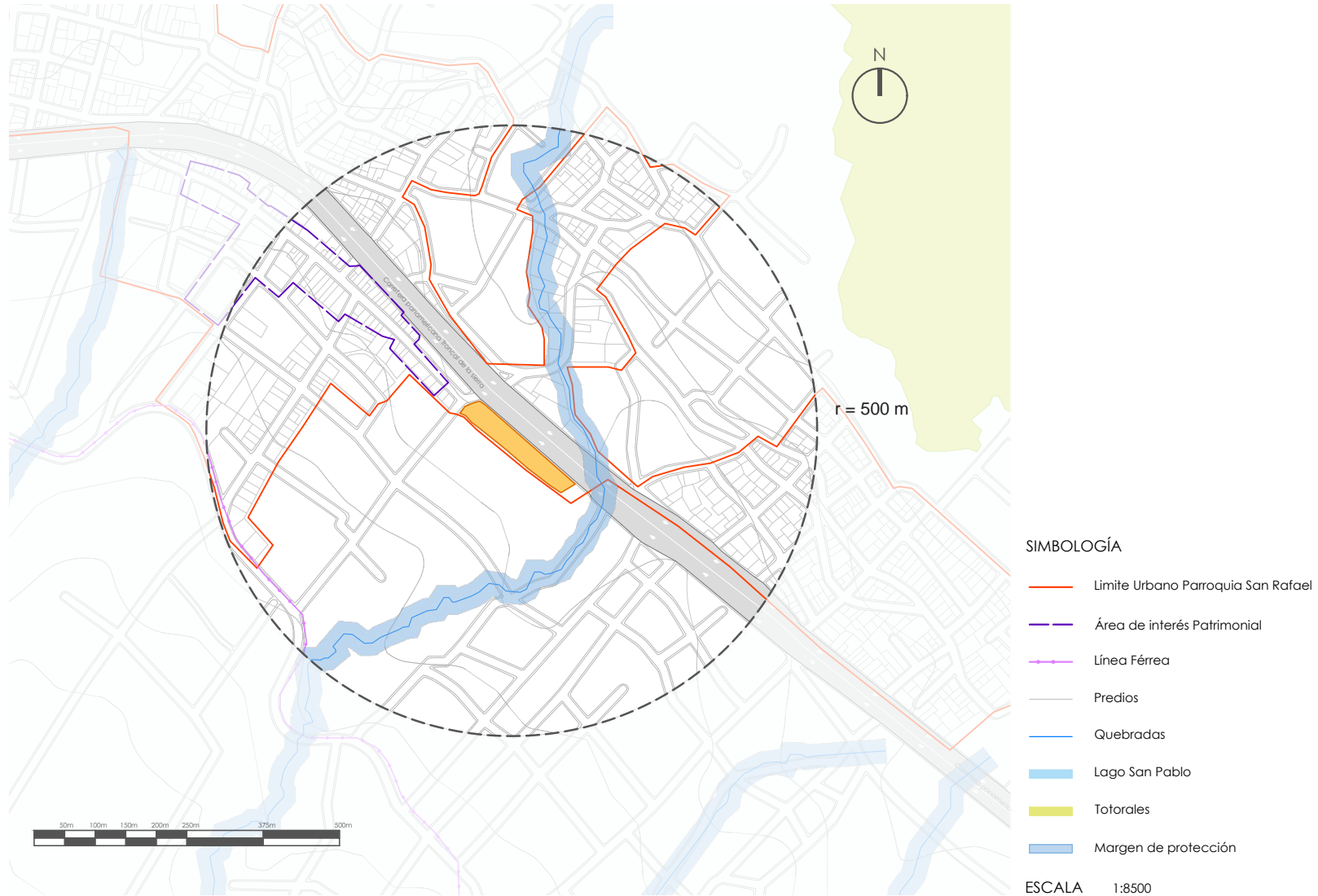


El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Otavalo, en la ordenanza del Plan de Uso y Gestión del Suelo indica que el área de protección de quebrada se acoge a las orientaciones y lineamiento generales estipulados en el código orgánico de ordenamiento territorial, autonomía y descentralización a espacios de protección de accidentes geográficos.

En el Art. 430 indica que los usos de ríos, playas y quebradas. Los gobiernos autónomos descentralizados metropolitanos y también municipales, formularán ordenanzas para delimitar, regular, autorizar y controlar el uso de las playas de mar, riberas y lechos de ríos, lagos y lagunas, de acuerdo a lo dispuesto en la Constitución y la ley.

Fuente: PDOT San Rafael 2011 - 2014. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

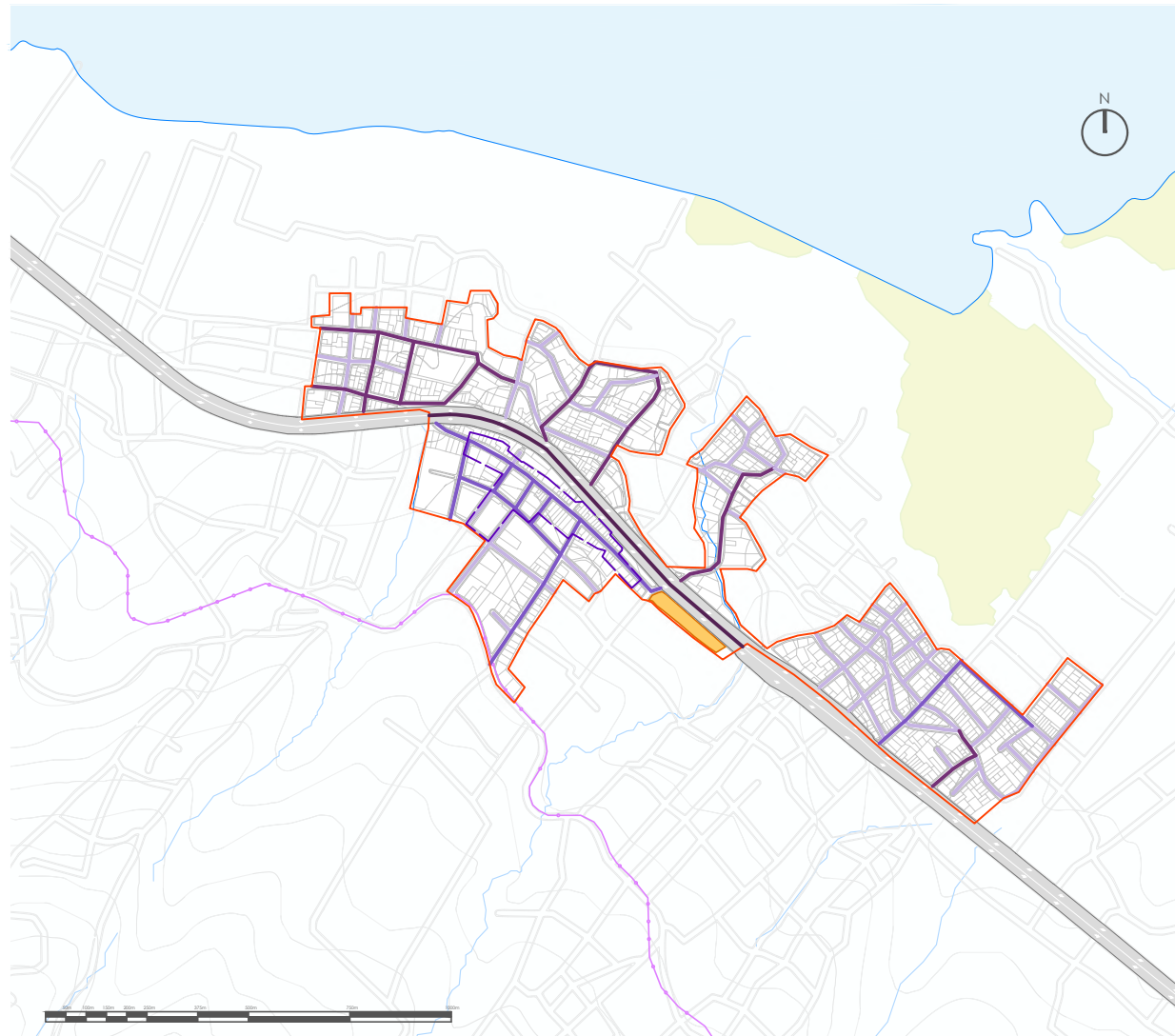
Figura 52. Medio físico área inmediata



Fuente: PDOT San Rafael 2011 - 2014. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## 1.3.5 Vialidad

Figura 53. Vialidad área específica











El área urbana de la parroquia se encuentra atravesada por la vía Panamericana, la cual cumple un eje principal fundamental que conduce en sentido este-oeste hacia Otavalo y demás ciudades de la provincia, esta vía cuenta actualmente con 6 carriles.

El PDOT (2011) indica que la vialidad urbana cuenta con aproximadamente un desarrollo de 8.69 km, donde se identifican calles de tierra, adoquinadas y empedradas.

En el Sector 1, el 80% de las vías son adoquinadas, mientras que en el Sector 2 y 3 el 80% de las vías son de tierra y el restante empedradas y adoquinadas.

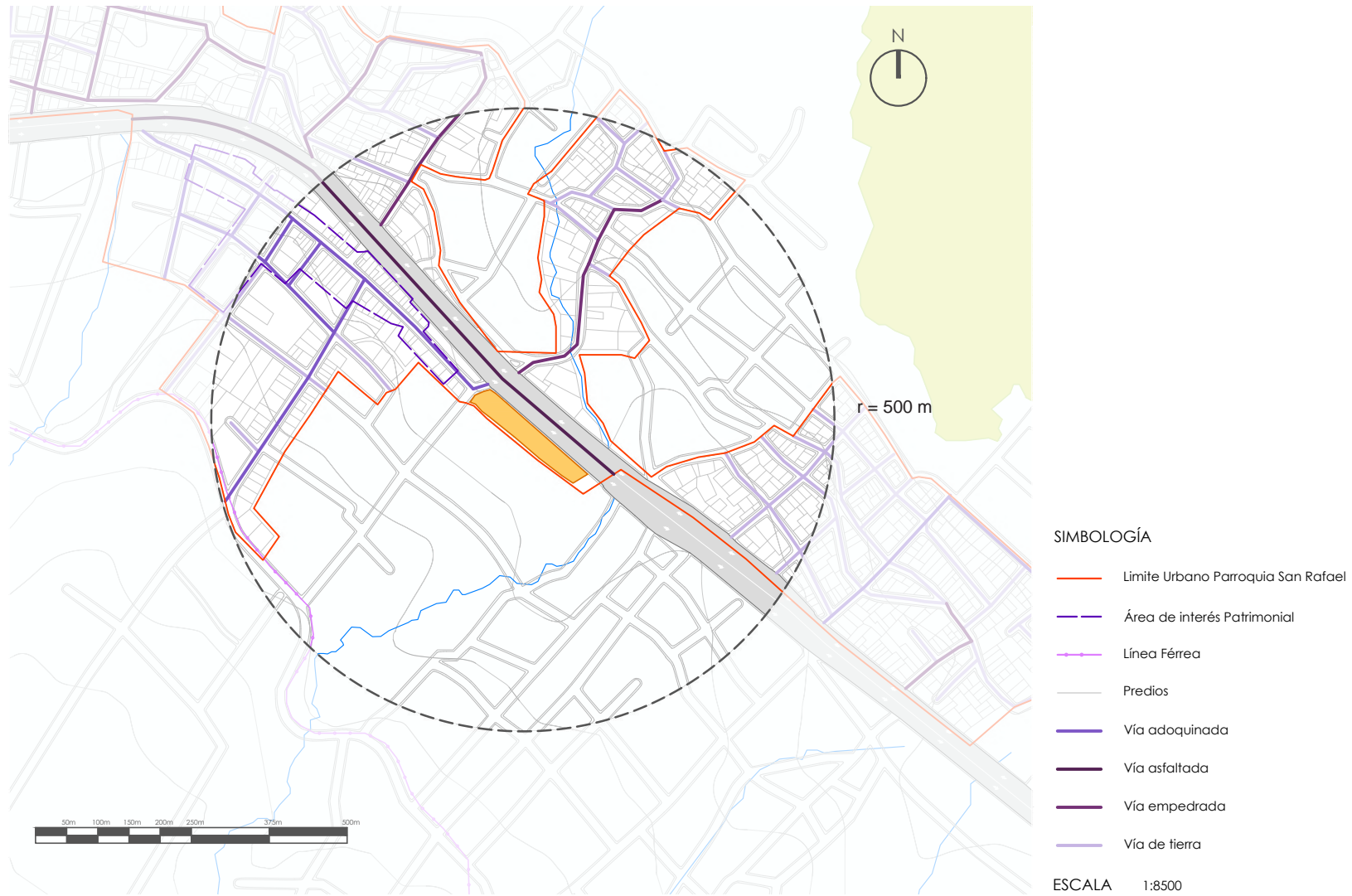
### SIMBOLOGÍA

-  Limite Urbano Parroquia San Rafael
-  Área de interés Patrimonial
-  Línea Férrea
-  Predios
-  Vía adoquinada
-  Vía asfaltada
-  Vía empedrada
-  Vía de tierra

ESCALA 1:15000

Fuente: PDOT San Rafael 2011 - 2014. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

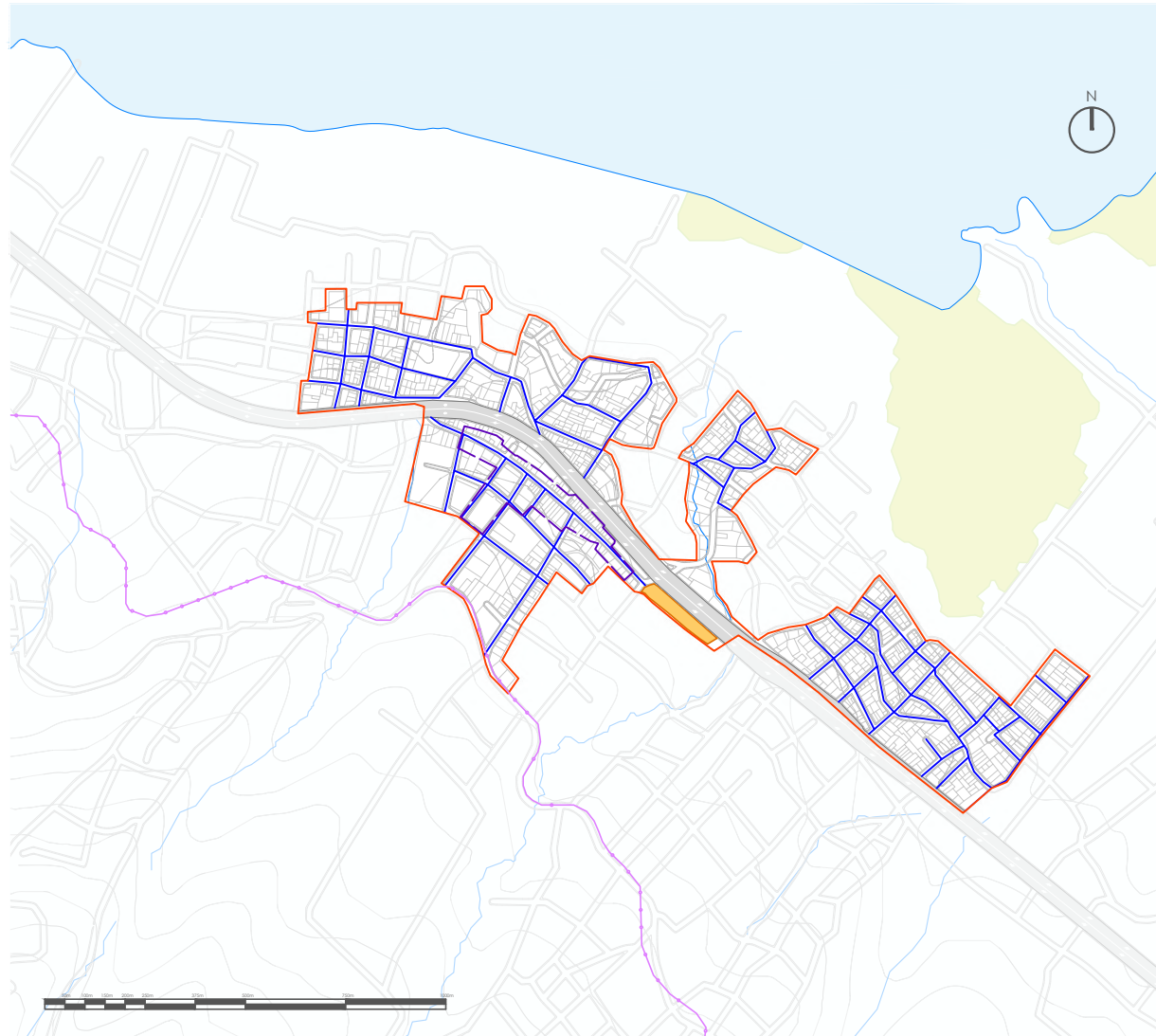
Figura 54. Vialidad área inmediata



Fuente: PDOT San Rafael 2011 - 2014. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## 1.3.6 Infraestructura de servicios red de agua

Figura 55. Red de agua área específica



Conforme PDOT (2011), el sistema de suministro de agua en la parroquia tiene su origen en la captación de las laderas y páramos del volcán Mojanda. Desde allí, el agua se distribuye a las viviendas a través de una tubería sencilla, aunque se enfrenta a desafíos en áreas elevadas de la parroquia, donde la distribución es problemática, y la disponibilidad de agua para riego es limitada.

En el área urbana, la cobertura del sistema de agua es del 100%, y el tratamiento se realiza mediante el uso de cloro. La extensión total de la tubería de agua potable en la zona urbana de la parroquia es de 8.69 km. No se ha identificado concesiones ni caudales asignados específicamente para la parroquia.

En cuanto al caudal disponible de agua para consumo humano, se registra un total de 33.5 litros por segundo, lo que satisface las necesidades de 1715 familias en la parroquia (PDOT, 2011).

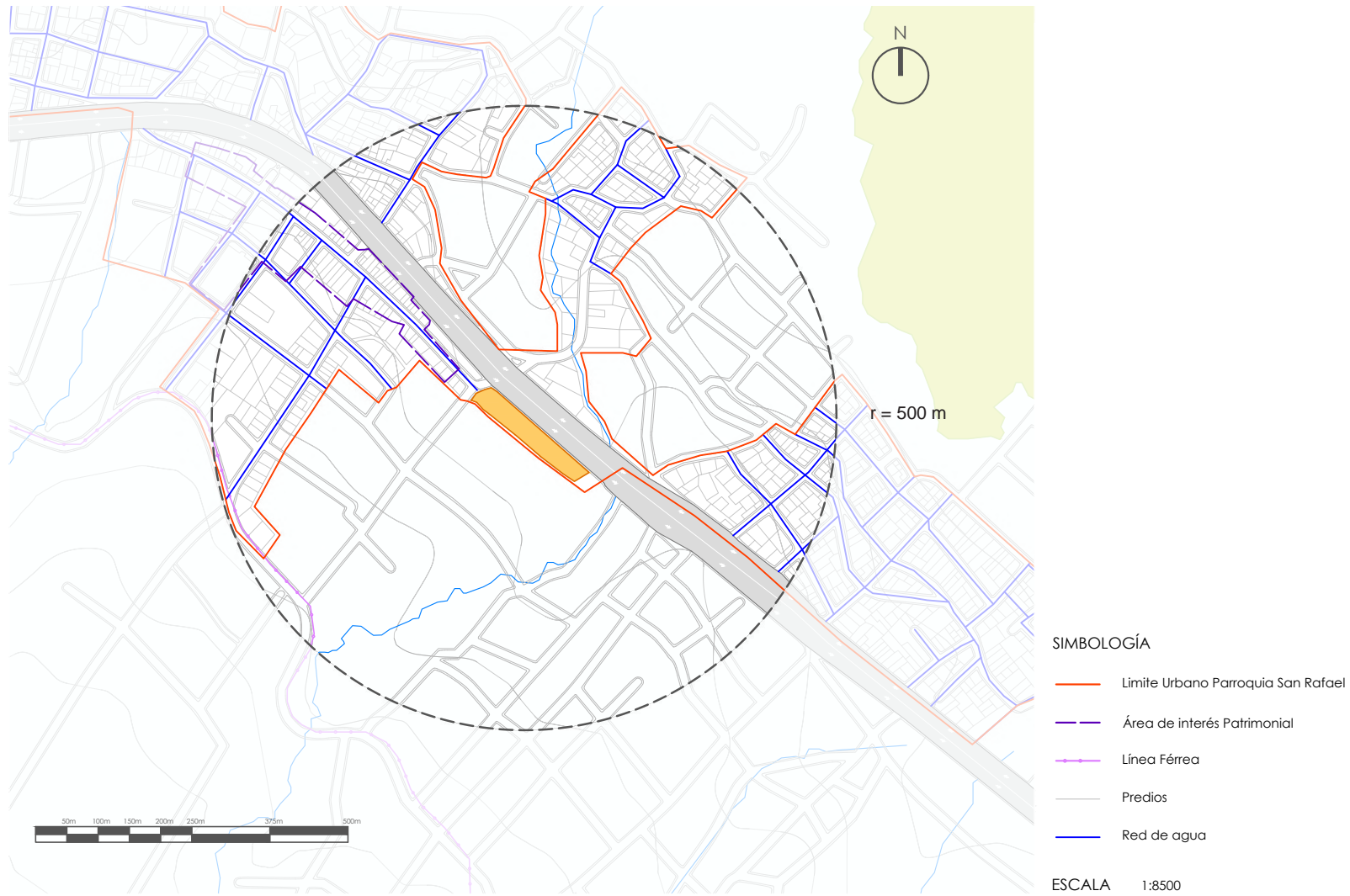
### SIMBOLOGÍA

- Límite Urbano Parroquia San Rafael
- Área de interés Patrimonial
- Línea Férrea
- Predios
- Red de agua

ESCALA 1:15000

Fuente: PDOT San Rafael 2011 - 2014. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

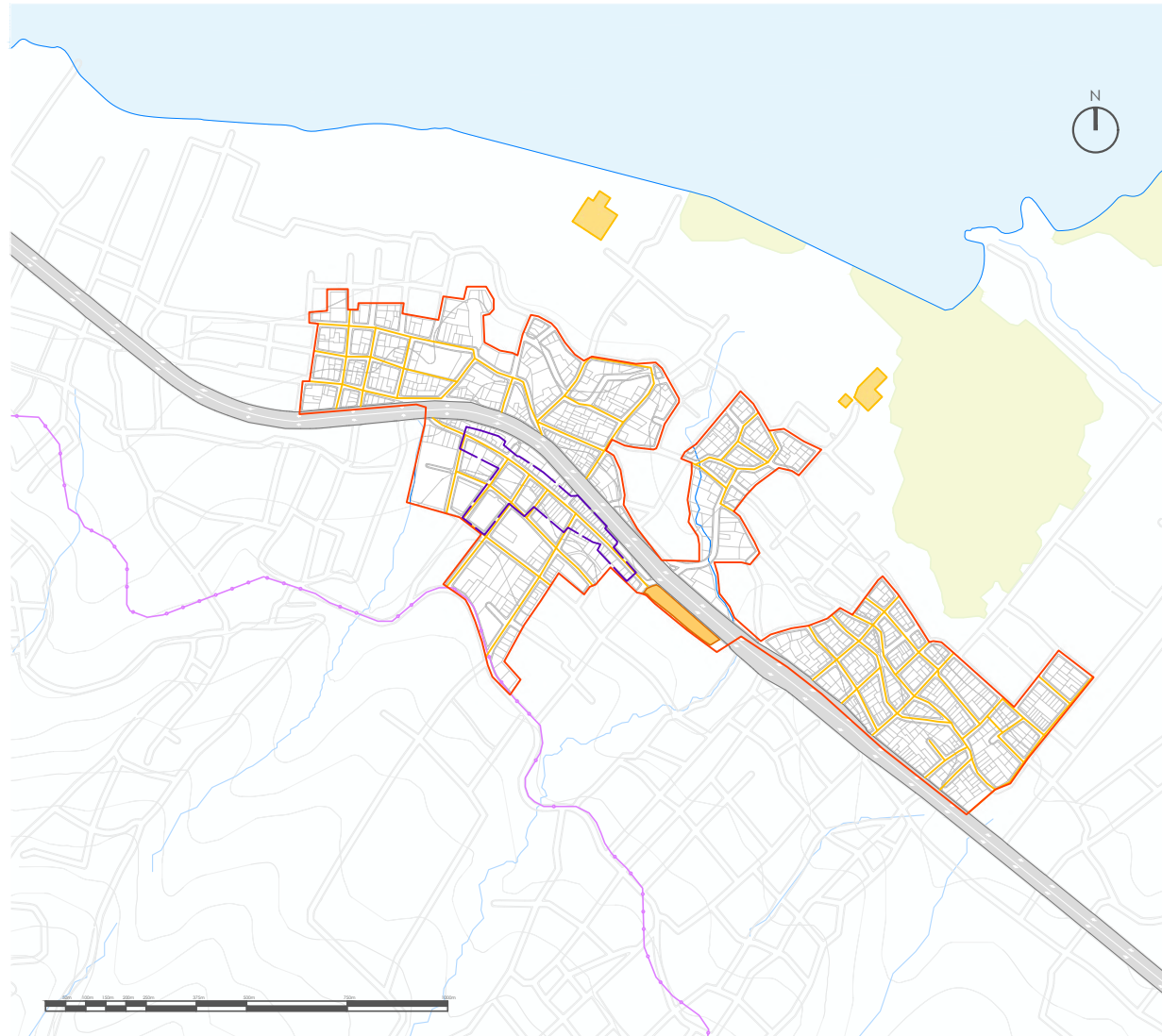
Figura 56. Red de agua área inmediata



Fuente: PDOT San Rafael 2011 - 2014. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## 1.3.7 Infraestructura de servicios alcantarillado

Figura 57. Alcantarillado área específica



Fuente: PDOT San Rafael 2011 - 2014. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

De acuerdo con el PDOT (2011), aproximadamente el 20% del área urbana de la parroquia no cuenta con cobertura de servicio de alcantarillado. Además, de la longitud total de 8.5 km del sistema de alcantarillado, solo el 30% se encuentra en buen estado.

En la parroquia, 449 familias disponen de alcantarillado, siendo el 33% de ellas ubicadas en las comunidades de Cachiviro, Cuatro Esquinas, San Miguel y la cabecera parroquial. El 87% de las familias en la parroquia cuentan con medios sanitarios como alcantarillado, pozo séptico, pozo ciego o letrinas.

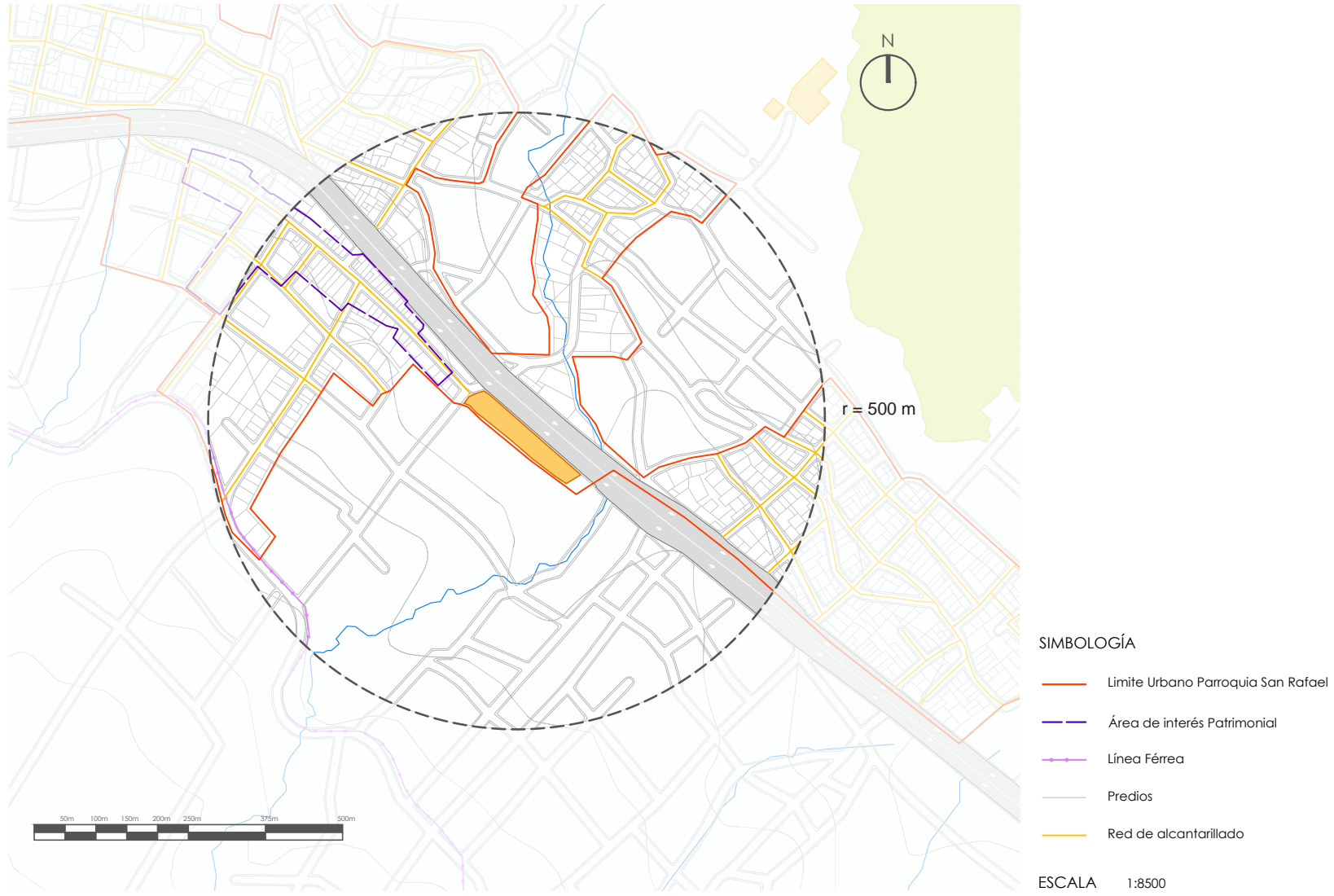
Adicionalmente, se destaca la presencia de cuatro plantas de tratamiento para las aguas servidas en la parroquia. Estas plantas, ubicadas en el sector de Cachiviro, Huaycupungo y San Miguel Bajo en el Lago San Pablo, se encuentran en funcionamiento y contribuyen al tratamiento de las aguas residuales en la zona (PDOT, 2011).

### SIMBOLOGÍA

- Límite Urbano Parroquia San Rafael
- Área de interés Patrimonial
- Línea Férrea
- Predios
- Red de alcantarillado

ESCALA 1:15000

Figura 58. Alcantarillado área inmediata



Fuente: PDOT San Rafael 2011 - 2014. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

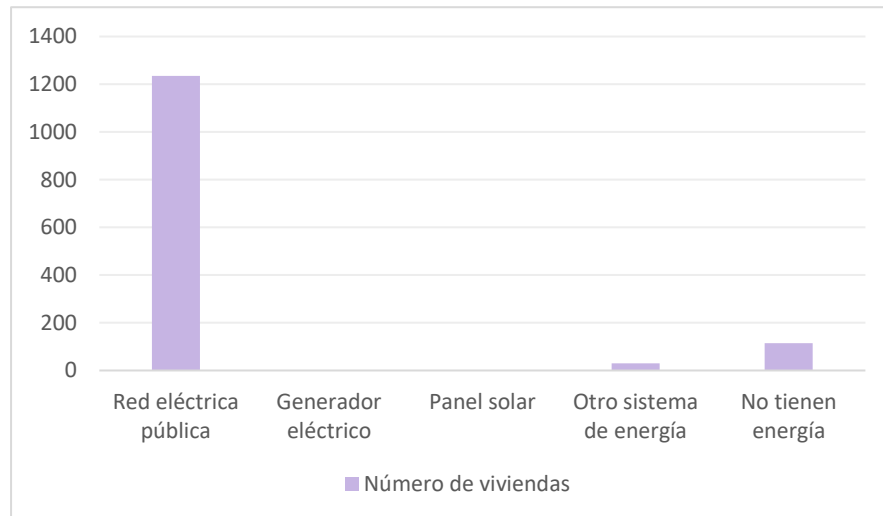


### 1.3.8 Infraestructura de servicios energía eléctrica

Según el PDOT de la Parroquia San Rafael, basado en el censo del año 2010, aproximadamente el 92% de las viviendas en la parroquia cuentan con suministro de energía de la red de la empresa eléctrica EMELNORTE. Sin embargo, el 8% restante no dispone de este servicio, ya que estas viviendas son construcciones más recientes.

A pesar de la alta cobertura de suministro eléctrico en las viviendas, se identifica un déficit significativo en cuanto al alumbrado público en las calles de las comunidades y en la cabecera parroquial. De acuerdo con la información recabada en reuniones comunitarias, se estima que alrededor del 50% de las zonas carece de cobertura de alumbrado público (PDOT, 2011).

Figura 59. Servicio de energía eléctrica



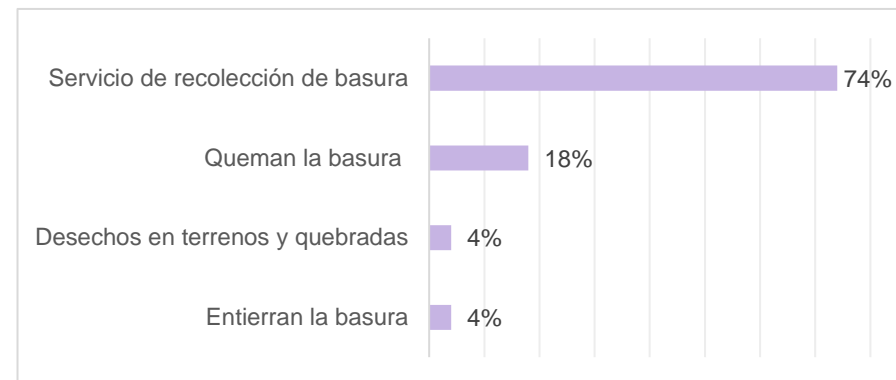
Fuente: INEC 2010.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

### 1.3.9 Recolección de desechos sólidos

Según datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) en el año 2010, aproximadamente el 74% de las familias en la parroquia cuentan con el servicio de recolección de basura. Sin embargo, se evidencia un déficit del 26% en la prestación de este servicio, concentrándose principalmente en las comunidades más distantes al centro parroquial. La recolección de desechos sólidos es responsabilidad del GAD Cantonal de Otavalo y se lleva a cabo dos veces a la semana en todas las comunidades y en el centro parroquial.

A pesar de estos esfuerzos, la información recopilada en reuniones comunitarias sugiere que la recolección actual es considerada inadecuada. Del 26% de desechos que no son recogidos, el 4% de las familias opta por arrojar sus desechos en terrenos baldíos o quebradas, el 18% los quema y el 4% los entierra. Este escenario se agrava debido a la ausencia de un sitio de disposición final de la basura y la falta de un tratamiento adecuado de residuos sólidos en la parroquia (INEC, 2010).

Figura 60. Recolección de desechos sólidos



Fuente: INEC 2010.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## 1.4 Levantamiento del Mercado "San Rafael"

### 1.4.1 Levantamiento topográfico

Mediante el grupo de investigación Virtual Tec, y con la participación de estudiantes de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca, se efectuó una visita técnica al sitio ubicado en la parroquia San Rafael, con el objetivo principal de realizar un detallado levantamiento topográfico del sitio a intervenir.

Para llevar a cabo esta tarea se utilizaron herramientas y equipos de medición, entre ellos una estación total y prismas de alta precisión, esto permitió obtener datos topográficos que son fundamentales para el desarrollo del proyecto arquitectónico. Se levantaron puntos relevantes del sitio, incluyendo distancias, límites, alturas y pendientes, de las condiciones físicas del lugar.

El terreno se encuentra integrado por un transformador trifásico en un poste con número N. 21540, de la empresa eléctrica EMELNORTE de 13.8 kV, este transformador tiene una potencia de 30.00 kva, con una fase de conexión ABC que dota de energía a 17 luminarias, la distancia del transformador al límite del terreno es de 127.30 m.

La empresa que ofrece servicio de agua y alcantarillado es EMAPAO, el alcantarillado utiliza un mismo sistema de drenaje para recolección de agua lluvia y agua residual, desde su fase inicial hasta su descarga final en fuentes hídricas, la distancia del punto de alcantarillado es de 20.52 m al límite del terreno, mientras que, la acometida de agua se encuentra a una distancia de 28.30 m del límite del terreno.

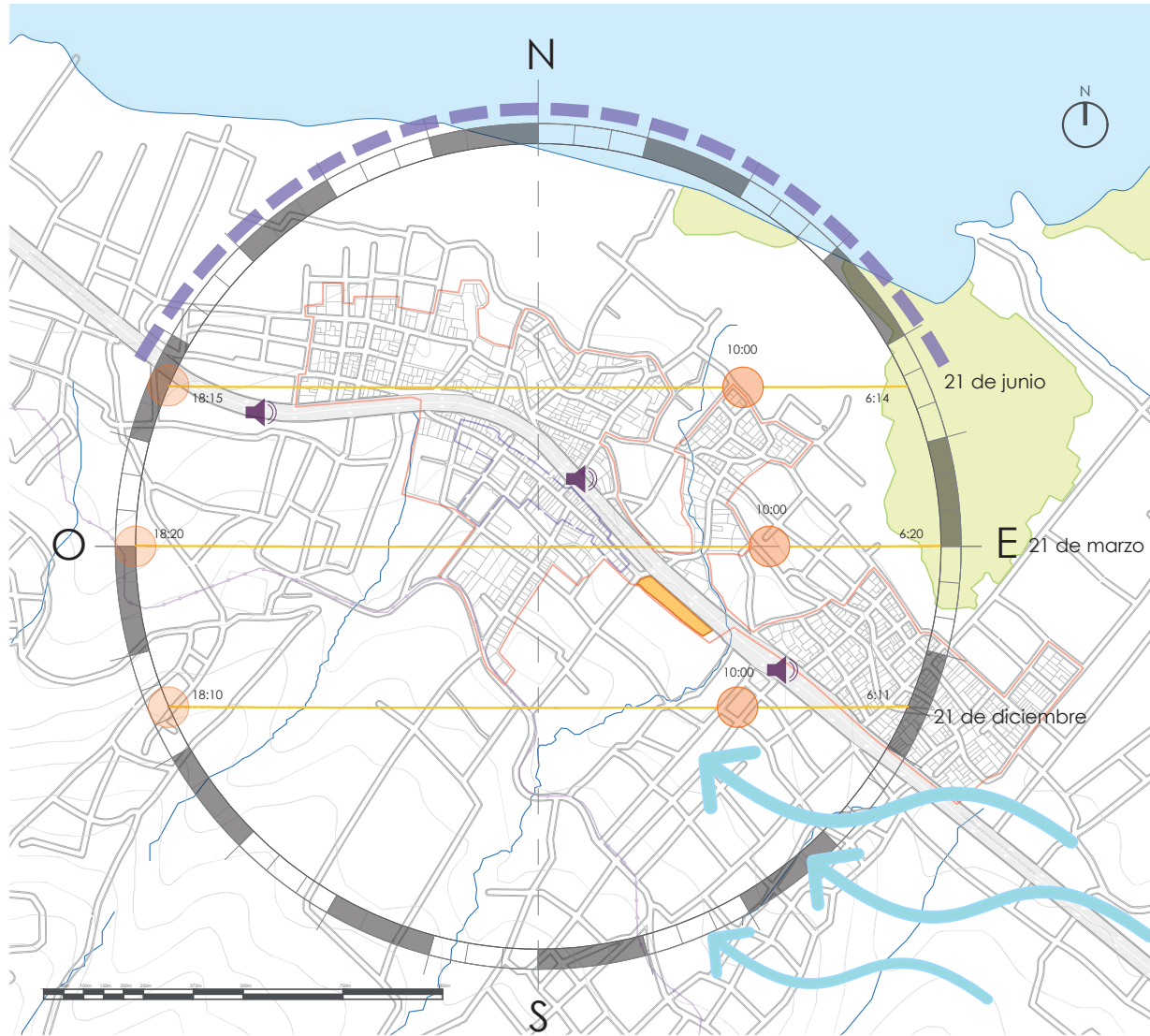
Figura 61. Levantamiento topográfico mercado San Rafael



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## 1.4.2 Análisis de sitio

Figura 62. Análisis de sitio mercado San Rafael



El análisis solar en los solsticios proporciona información valiosa para determinar la correcta orientación y ubicación para el desarrollo de la edificación, tomando en cuenta la trayectoria del sol a lo largo del año.

Al comprender la trayectoria del sol se puede diseñar adecuadamente los voladizos, aleros, ventanas y aberturas para controlar entrada de luz y calor al interior de las edificaciones.

Según el PDOT (2011), San Rafael de la Laguna presenta tres pisos climáticos distintos: humedales, páramo y bosque, los cuales influyen en las condiciones climáticas del área. La cantidad de precipitación anual oscila entre 890 y 1064 mm, siendo los meses de diciembre a junio los de mayor precipitación. En cuanto a la temperatura, el clima varía entre 6°C y 13°C en la zona.

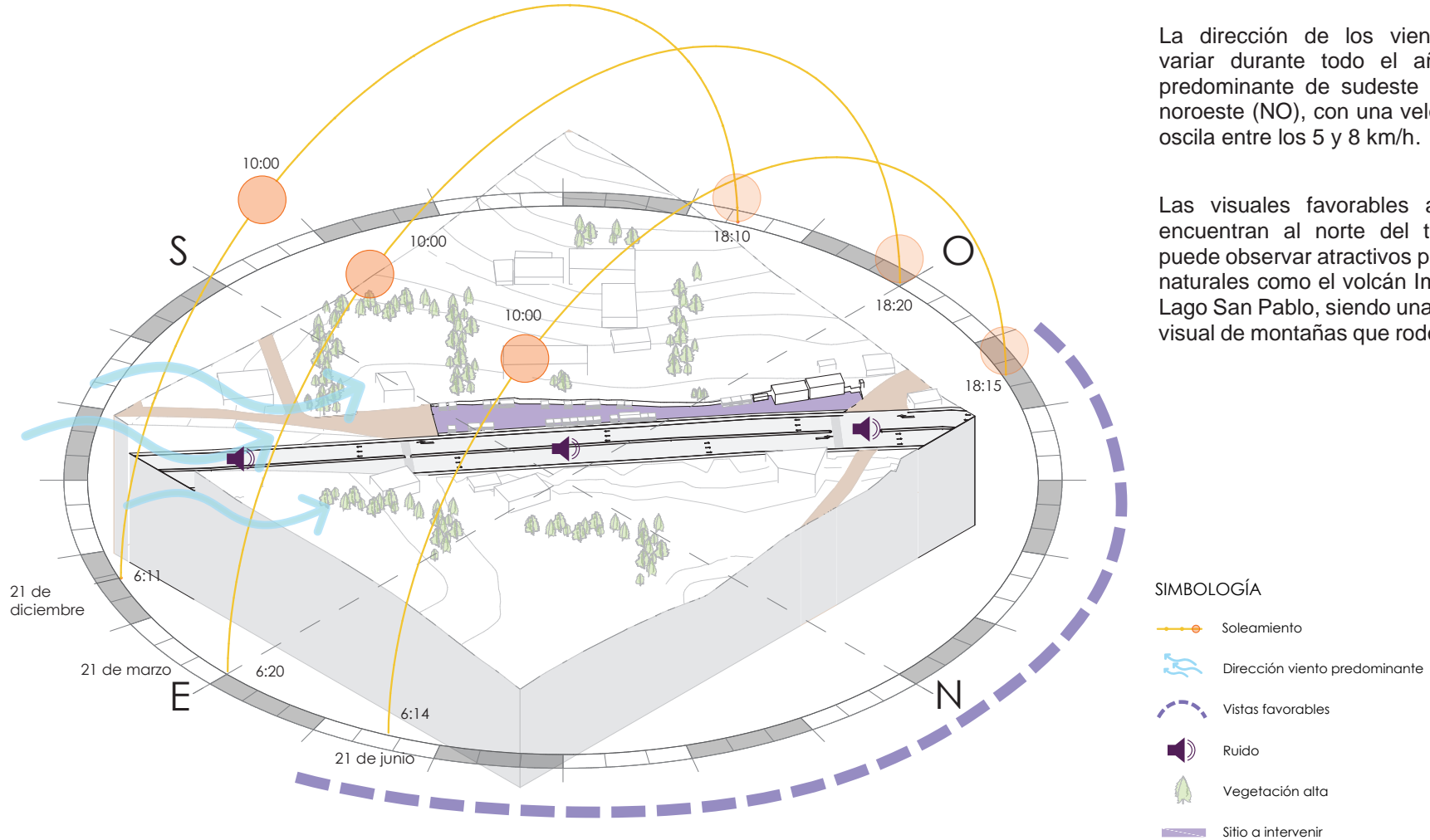
### SIMBOLOGÍA

- Limite Urbano Parroquia San Rafael
- - - Área de interés Patrimonial
- Soleamiento
- ~ Dirección viento predominante
- - - Vistas favorables
- 🔊 Ruido
- Totorales
- ~ Lago San Pablo
- Sitio

ESCALA 1:15000

Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 63. Análisis de sitio axonométrico mercado San Rafael



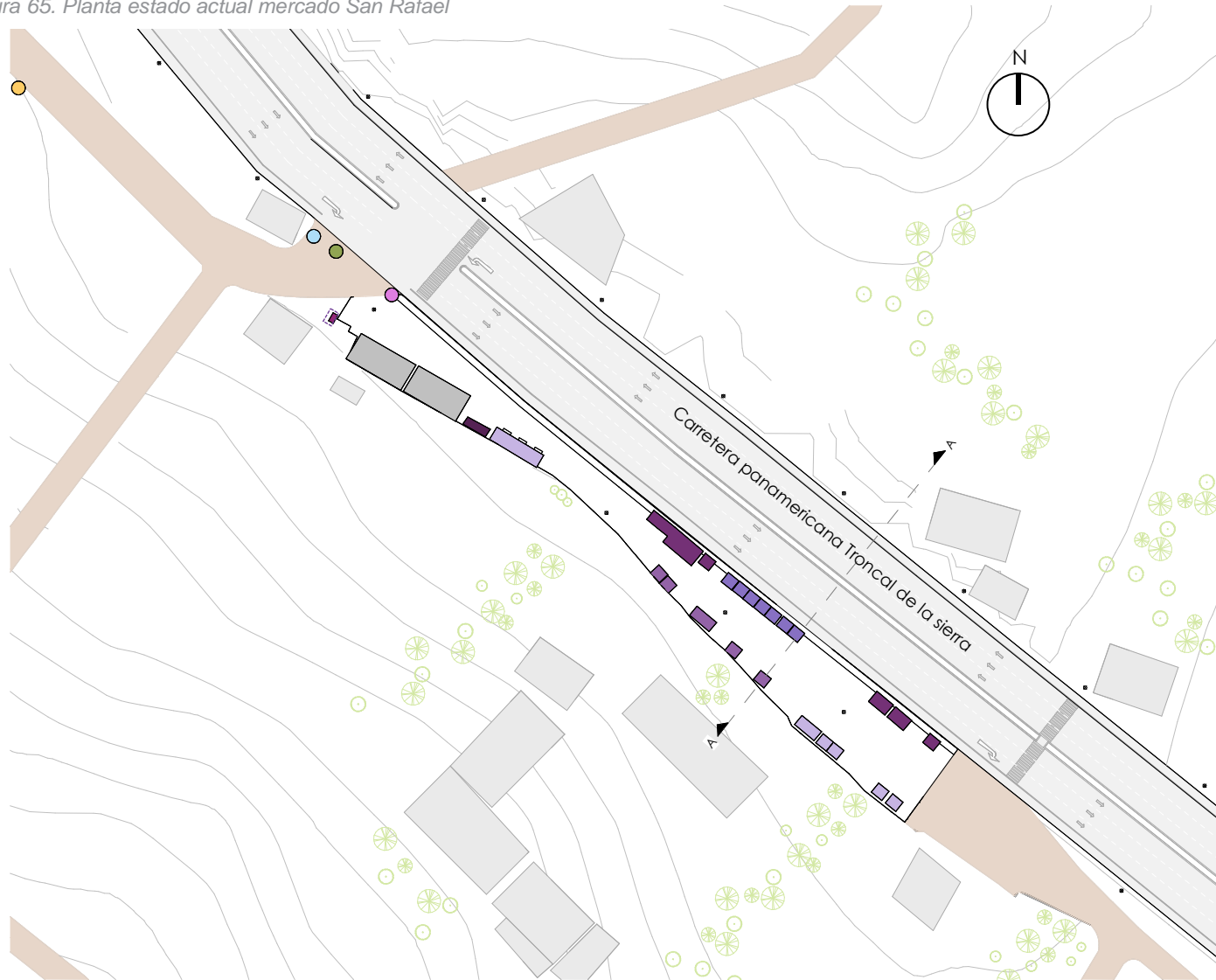
La dirección de los vientos puede variar durante todo el año, siendo predominante de sudeste (SE) hacia noroeste (NO), con una velocidad que oscila entre los 5 y 8 km/h.

Las visuales favorables al sitio se encuentran al norte del terreno, se puede observar atractivos paisajísticos naturales como el volcán Imbabura, el Lago San Pablo, siendo una secuencia visual de montañas que rodean al sitio.

Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## 1.4.3 Planta estado actual

Figura 65. Planta estado actual mercado San Rafael



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 64. Monumento del Coraza



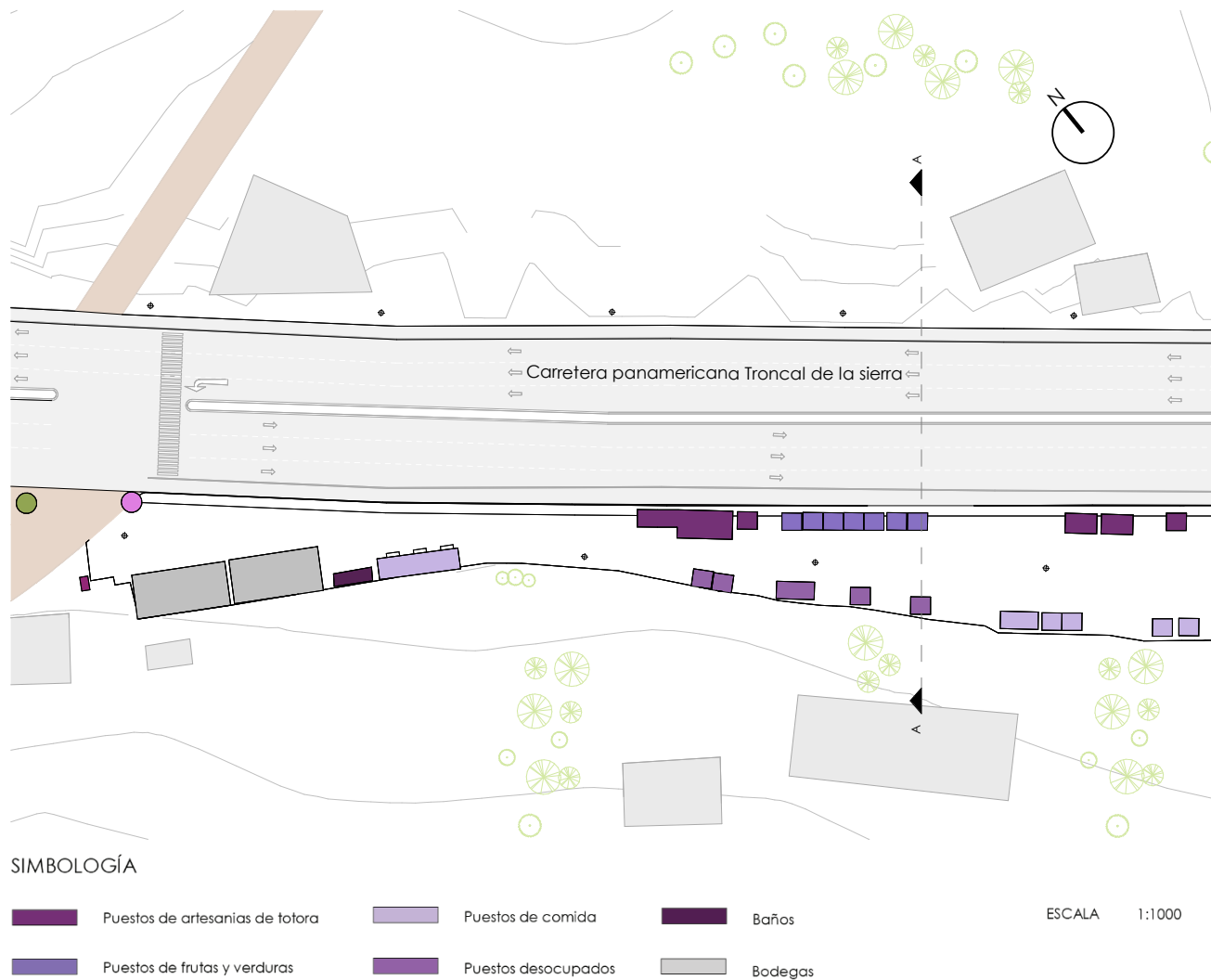
Fuente: Autores.  
Elaboración: Autores.

### SIMBOLOGÍA

- Puestos de artesanías de totora
- Puestos de frutas y verduras
- Puestos de comida
- Puestos desocupados
- Baños
- Monumento del coraza
- Bodegas
- Punto referencia sitio
- Alcantarillado
- Agua
- Transformador

ESCALA 1:1500

Figura 66. Planta estado actual Mercado San Rafael



El proyecto se ubica junto a la Carretera panamericana Troncal de la sierra, en un terreno de un área aproximada a 4600 m<sup>2</sup>, con una superficie construida total de 500 m<sup>2</sup>.

En el sitio se alberga una variedad de comercios que ofrecen productos locales, desde la venta de artesanías y mobiliario hasta alimentos como frutas, verduras y lácteos. Es importante destacar la presencia del Monumento del Coraza, siendo un punto de referencia significativo para los habitantes de la comunidad de San Rafael de la Laguna.

No obstante, es crucial señalar que algunos de estos puestos de ventas carecen de un espacio adecuado. Esto se debe a que muchas de estas estructuras han surgido de manera espontánea, sin una planificación eficiente y funcional.

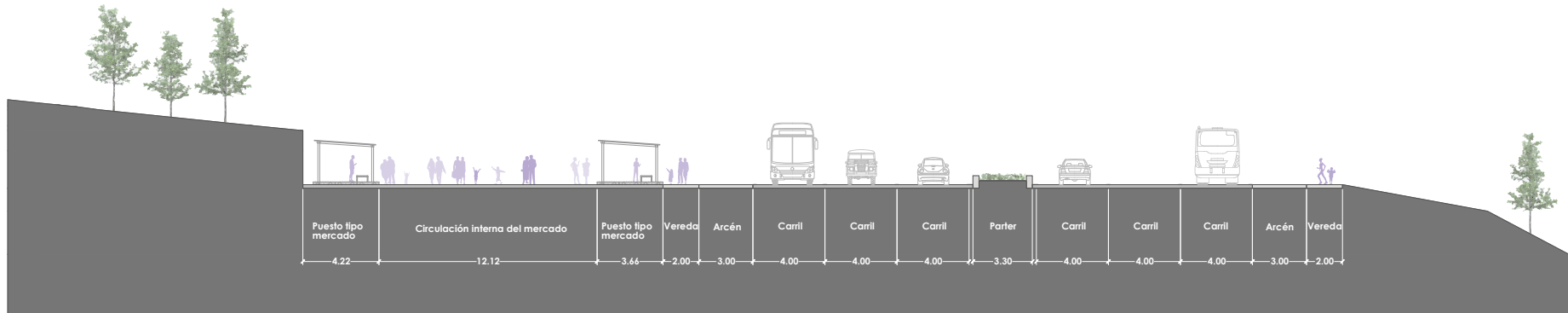
Este aspecto plantea la necesidad de abordar la planificación y organización de estos espacios de comercialización, con el fin de mejorar y contribuir a un diseño adecuado para la plaza.

Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

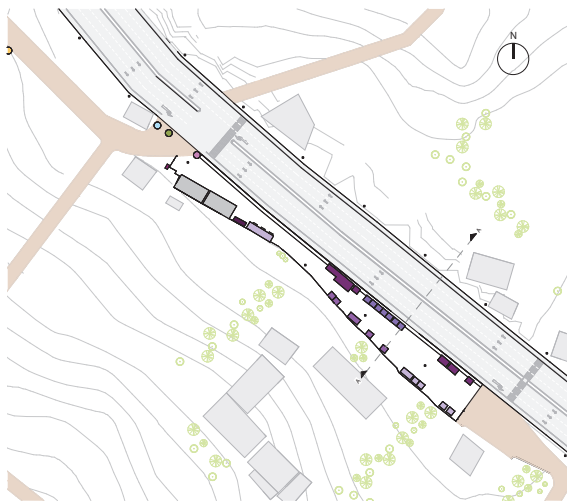
## 1.4.4 Secciones y alzados

Figura 67. Sección estado actual mercado San Rafael

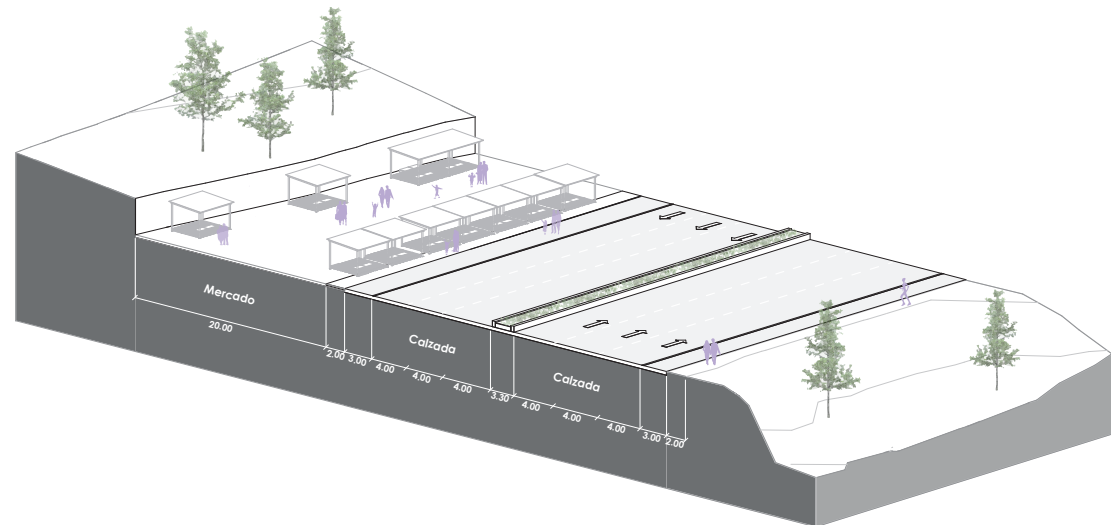
Corte A - A



Planta



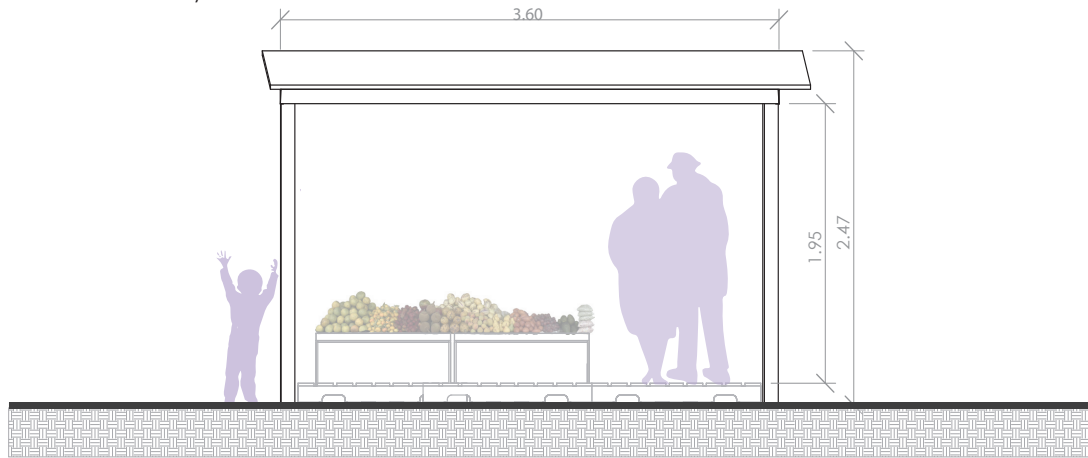
Corte axonométrico



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 68. Elevación tipo, estado actual mercado San Rafael

Elevación tipo:  
Puesto frutas y verduras



Elevación tipo:  
Puesto artesanías de totora



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.



Figura 69. Estado actual puesto artesanías mercado San Rafael



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 70. Estado actual puesto artesanías mercado San Rafael



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 71. Estado actual puesto venta de comida mercado San Rafael



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.



Casos de Estudio

**Capítulo II**

## 2.1 Casos de estudio: Sitio y contexto

La correcta selección de los casos de estudio permite adquirir una comprensión a profundidad de las distintas problemáticas, soluciones y oportunidades que podrían ser aplicadas en el proyecto. Se trata de proyectos arquitectónicos existentes con el propósito de identificar aspectos importantes como: el contexto urbano, la integración con el entorno natural, la funcionalidad de espacios interiores, materialidad, sostenibilidad, espacio público, accesibilidad, emplazamiento, entre otros.

La recopilación de información implica una investigación y análisis riguroso, donde es importante consultar planos arquitectónicos, secciones, axonometrías, fotografías, así también, como datos del desempeño del proyecto, se busca una práctica reflexiva con visión crítica para abordar un proyecto de las mismas características con una base sólida de información.

Para la selección de los casos de estudio se tomaron en cuenta proyectos que sean en su mayoría mercados artesanales y proyectos realizados con la fibras vegetales y totora. Mediante una tabla de valoraciones se realizará un análisis puntual teniendo en cuenta cinco criterios de valoración, los cuales son:

- Contexto y conectividad urbana
- Accesibilidad
- Materialidad
- Estructura y modulación
- Adaptabilidad y eficiencia

A continuación, se observan las puntuaciones para los criterios seleccionados, siendo la puntuación máxima 5 considerada como excelente, 4 bueno, 3 aceptable, 2 regular, 1 deficiente, mientras que el valor mínimo es de 0 como inexistente.

Figura 72. Caso de estudio: Plaza Rotary



Fuente: Arquitectura Panamericana.  
Elaboración: Desconocido.

Figura 73. Caso de estudio: Plaza San Francisco



Fuente: Cuenca High Life.  
Elaboración: Desconocido.

Figura 74. Caso de estudio: Centro productivo comunitario Las Tejedoras



Fuente: Archdaily.  
Elaboración: JAC Studio.

Figura 76. Caso de estudio: Mercado Yusuvara



Fuente: Archdaily.  
Elaboración: Takumi Ota Photography.

Figura 75. Caso de estudio: El Cubo de Totora



Fuente: Archdaily.  
Elaboración: Federico Lerner.

Figura 77. Caso de estudio: Isla flotante los Uros



Fuente: Archdaily.  
Elaboración: Photogirados.

## 2.2 Plaza Rotary

**Diseño:** Boris Albornoz - Arquitectura

**Ubicación:** Cuenca, Ecuador

**Año:** 2009

**Área de intervención:** 1 947 m<sup>2</sup>

La Plaza Rotary se encuentra en el centro histórico, entre las calles Sangurima y Vargas Machuca. Forma parte de un conjunto comercial que incluye diversas plazoletas cercanas y el Mercado 9 de Octubre.

Antes de la intervención, este espacio público no ofrecía las garantías necesarias para la circulación, exposición y venta de artesanías. Había casetas ubicadas de manera desordenada, con estructuras frágiles y distribución caótica, lo que afectaba la saturación y la seguridad del área.

El objetivo del proyecto era mejorar la calidad del espacio en general y, especialmente, de los puestos de venta. Se buscaba lograr una distribución eficiente de la plaza, optimizando el espacio y proporcionando una infraestructura de calidad. Los puestos de venta representaron un desafío significativo, y su diseño se desarrolló mediante un proceso participativo con las vendedoras.

El proyecto incluye 96 puestos de venta, organizados en unidades de 4 puestos para garantizar una visibilidad y circulación adecuadas. Además, incorpora tres plazoletas dispuestas en diagonal, conectándose con el pasaje Rotary y la plaza cívica del Mercado 9 de Octubre.

La concepción de la plaza permite su reversibilidad de usos. Aunque actualmente funciona como una plaza de artesanías, se diseñó con la flexibilidad necesaria para adaptarse a las necesidades cambiantes de la ciudadanía en el futuro. (Albornoz, 2009)

Figura 78. Plaza Rotary estado original



Fuente: Arquitectura Panamericana.

Elaboración: Desconocido.

Figura 79. Plaza Rotary estado actual



Fuente: Arquitectura Panamericana.

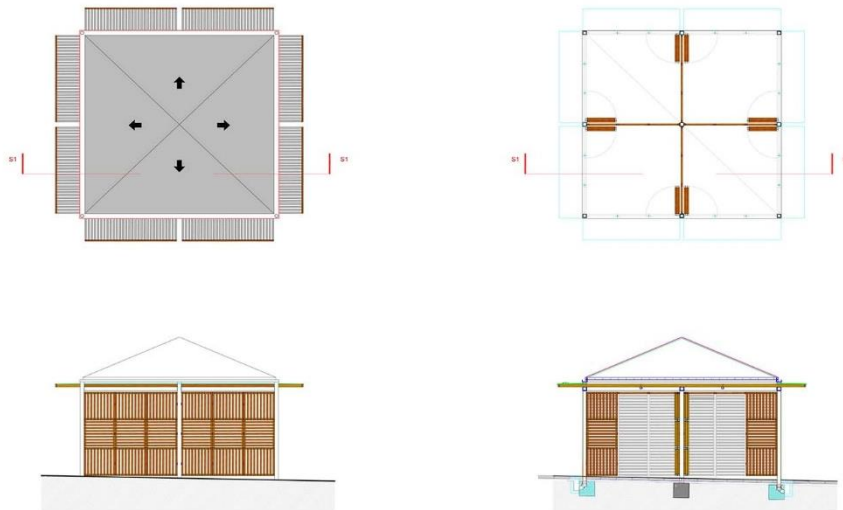
Elaboración: Desconocido.

Figura 80. Emplazamiento Plaza Rotary



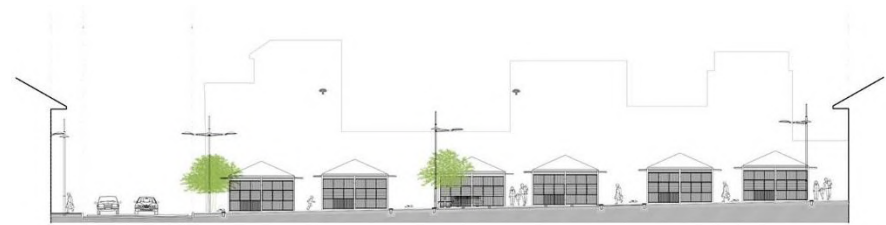
Fuente: Boris Albornoz - Arquitectura.  
Elaboración: Boris Albornoz - Arquitectura.

Figura 81. Puestos de comercialización Plaza Rotary



Fuente: Arquitectura Panamericana.  
Elaboración: Boris Albornoz - Arquitectura.

Figura 82. Sección Plaza Rotary



Fuente: Arquitectura Panamericana.  
Elaboración: Boris Albornoz - Arquitectura.

Tabla 6. Cuadro de valoraciones Plaza Rotary

Valoración	Descripción	Pto
Contexto y conectividad urbana	El proyecto se encuentra emplazado en un contexto histórico urbano, en un lote esquinero, genera espacios abiertos, fomentando el encuentro.	5/5
Accesibilidad	El proyecto marca una clara diagonal mediante el uso de tres plazas, a su vez vincula el piso a nivel de la vereda brindando un correcto acceso.	5/5
Materialidad	En el piso se utiliza adoquines y delimita los puestos de comercialización con piedra andesita, se emplea el acero y madera en las fachadas.	5/5
Estructura y modulación	Los módulos se conforman por cuatro puestos de comercialización los cuales llegan a medir 5 x 5 metros, esta modulación permite liberar área generando espacio público.	5/5
Adaptabilidad y eficiencia	Cada puesto cuenta con dos frentes, las paredes, techos y puertas sirven como soporte para la exposición de artesanías siendo flexibles a las necesidades de los comerciantes.	5/5

Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## 2.3 Plaza San Francisco

**Ubicación:** Cuenca, Ecuador

**Año de creación:** 1563

**Área de intervención:** 4.300 m<sup>2</sup>

La Plaza de San Francisco, situada en el Centro Histórico de Cuenca, tiene sus orígenes en 1558 cuando Gil Ramírez Dávalos decidió construir un espacio público destinado al intercambio comercial de productos agrícolas, llamándolo inicialmente "Plaza la Feria", según señala Ricardo Márquez Tapia en su obra "Cuenca Colonial" (1980).

En los primeros años del siglo XVIII, la plaza empezó a destacarse por la presencia de numerosas personas dedicadas a actividades comerciales. Con el tiempo, el comercio se consolidó y, hacia mediados del siglo XIX, la plaza se encontraba repleta de tiendas, marcando así el inicio de una vida comercial establecida. A medida que los comerciantes ocupaban el espacio público, construcciones improvisadas surgieron, funcionando como un complemento de la plaza al expandirse hacia su interior. (González 2012).

La situación anterior mostraba un desorden dentro de la plaza debido a la presencia de vendedores y puestos poco seguros e inestables. Sin embargo, con la intervención llevada a cabo en 2016, la plaza se presenta como un espacio completamente abierto, con una disposición ordenada de los puestos comerciales. La comercialización de productos es predominante en la plaza, destacando la venta de vestimenta proveniente del cantón Otavalo, entre otros productos manufacturados. El adoquín es el material principal del suelo, con algunos sectores revestidos de cerámica. Aunque carece de mobiliario, presenta una vegetación mínima, una pileta en el centro y un par de basureros. La plaza alberga 96 puestos distribuidos en 9 módulos, instalados para el uso de los comerciantes, con estructuras metálicas y revestimiento de madera. (Rodas y Toledo 2021)

Figura 83. Plaza San Francisco estado original



Fuente: Cuenca Architecture.

Elaboración: Desconocido.

Figura 84. Plaza San Francisco estado original



Fuente: Trabajo de titulación "Espacio Público Comercial".

Elaboración: Bustamante L. y Villavicencio E.

Figura 85. Emplazamiento Plaza San Francisco



Fuente: Trabajo de titulación “Espacio Público Comercial”.  
Elaboración: Román E.

Figura 86. Plaza San Francisco estado actual



Fuente: Cuenca High Life.  
Elaboración: Desconocido.

Figura 87. Plaza San Francisco estado actual



Fuente: Trabajo de titulación “Espacio Público Comercial”.  
Elaboración: Rodas P. y Toledo J.

Tabla 7. Cuadro de valoraciones Plaza San Francisco

Valoración	Descripción	Pto
Contexto y conectividad urbana	La plaza conserva su contexto comercial y complementa con una vinculación urbana complementando actividades culturales y sociales, enlazándose a la tradición del sector.	4/5
Accesibilidad	El proyecto marca una clara organización del espacio, marcando recorridos con la disposición del adoquín, la accesibilidad es buena vinculándose al nivel de la vereda.	4/5
Materialidad	Predomina el adoquín con ciertos espacios con cerámica. No cuenta con mobiliario y la vegetación es mínima.	3/5
Estructura y modulación	Existen 9 módulos instalados, distribuidos en 96 puestos para el uso de los comerciantes, con estructura metálica y recubrimiento de madera.	4/5
Adaptabilidad y eficiencia	Se aprecia un espacio totalmente abierto, con una buena adaptabilidad de los puestos de comercio y organización.	4/5

Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.



## 2.4 Centro productivo comunitario Las Tejedoras

**Diseño:** Juan Carlos Bamba, Natura Futura Arquitectura

**Ubicación:** Chongón, Ecuador

**Año:** 2023

**Área de intervención:** 665 m<sup>2</sup>

En la periferia de la parroquia Chongón, se encuentra el centro productivo comunitario "Las Tejedoras", hogar de aproximadamente 4.900 personas, en su mayoría mujeres que no forman parte de la fuerza laboral activa de la comunidad.

Desde 2009, la Fundación Young Living, dedicada al desarrollo comunitario a través de la educación y el emprendimiento, ha establecido la Academia Young Living en este lugar. Esta academia ofrece educación a alrededor de 150 niños provenientes de familias de bajos recursos, cuyas madres participan en talleres artesanales locales.

Con el crecimiento de la comunidad, se ha identificado la necesidad de un nuevo espacio. La propuesta incluye la construcción de un patio rodeado por dos naves laterales y una central. Una nave albergará aulas, una cafetería y servicios, mientras que la otra contendrá talleres de aprendizaje, áreas para descanso, bodegas y una tienda para la venta de productos artesanales.

La fachada principal cumplirá una función como galería de exposición y filtro hacia la calle. Las paredes de ladrillo se trabajarán con un tejido de espina de pez para brindar rigidez, mientras que las puertas abatibles de madera permitirán controlar la ventilación, iluminación y conexión con el entorno exterior. (Natura Futura Arquitectura, 2023)

Figura 88. Centro productivo comunitario Las Tejedoras



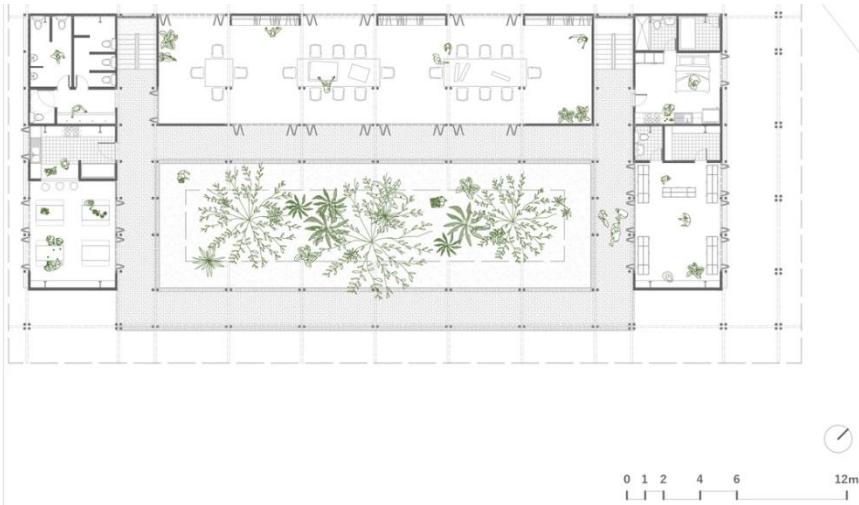
Fuente: Arquitectura Viva.  
Elaboración: JAG Studio.

Figura 89. Centro productivo comunitario Las Tejedoras



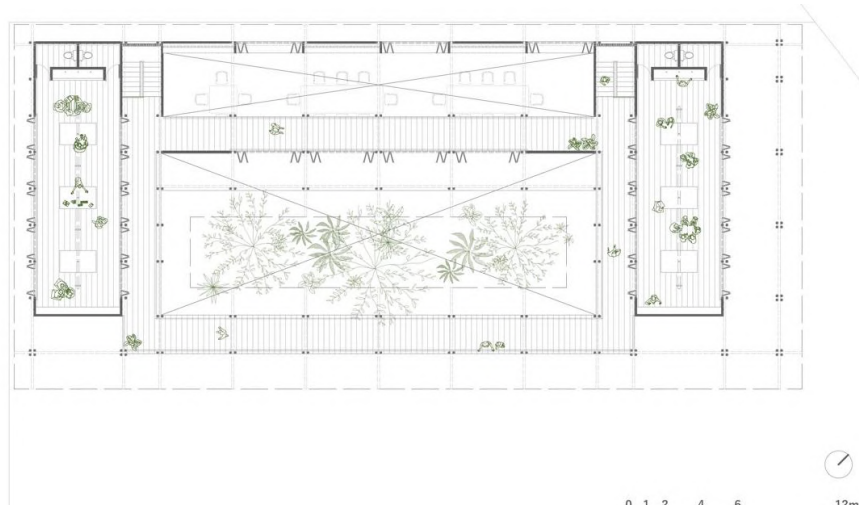
Fuente: Arquitectura Viva.  
Elaboración: JAG Studio.

Figura 90. Planta baja



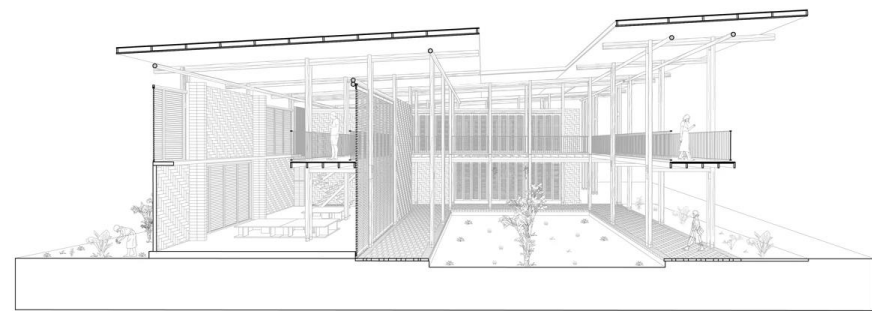
Fuente: Arquitectura Viva.  
Elaboración: Juan Carlos Bamba, Natura Futura Arquitectura.

Figura 91. Planta alta



Fuente: Arquitectura Viva.  
Elaboración: Juan Carlos Bamba, Natura Futura Arquitectura.

Figura 92. Sección transversal



Fuente: Arquitectura Viva.  
Elaboración: Juan Carlos Bamba, Natura Futura Arquitectura.

Tabla 8. Cuadro de valoraciones Centro Productivo Las Tejedoras

Valoración	Descripción	Pto
Contexto y conectividad urbana	El frente principal es una galería productiva-expositiva que sirve como filtro del patio y como elemento para generar urbanidad hacia la calle.	4/5
Accesibilidad	El proyecto no tiene una correcta accesibilidad universal, este no cuenta con rampas en ninguno de sus niveles.	1/5
Materialidad	Predomina la madera teca rolliza, las paredes son de ladrillo trabajadas con tejido de espina de pez y puertas de chazas abatibles de madera.	5/5
Estructura y modulación	Se plantea el uso de madera de teca rolliza como estructura principal por su dureza y durabilidad, soportando la cubierta y el piso en planta alta.	5/5
Adaptabilidad y eficiencia	El proyecto es un espacio de procesos de desarrollo productivo, vinculando a mujeres mediante la participación activa, la potencialización de las técnicas artesanales locales y el aprendizaje.	5/5

Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## 2.5 Mercado Yusuhara

**Diseño:** Kengo Kuma & Associates

**Ubicación:** Yusuhara, Japón

**Año:** 2010

**Área de intervención:** 1 132 m<sup>2</sup>

Yusuhara Machino-eki es un mercado de productos locales que incluye un pequeño hotel con 15 habitaciones; estas dos funciones distintas están conectadas mediante un atrio.

La ciudad de Yusuhara es famosa por su calle principal. A lo largo de esta vía, se encontraban varios "Cha Do" para los viajeros, que cumplían funciones tanto de servicios sanitarios como de salones culturales que ofrecían té de manera gratuita. Con el objetivo de honrar esta historia, se optó por utilizar la paja como material, vinculándolo estrechamente con los salones "Cha Do" y estableciendo así un puente entre el pasado y el presente.

En la parte inferior del edificio se emplean accesorios de vidrio que pueden abrirse en cualquier momento del día. Sobre esta base, se apilan unidades de paja en módulos de 20 x 9.80 cm, adoptando una forma sin precedentes para un muro cortina.

A diferencia de un techo de paja convencional, donde la paja se fija verticalmente a la base con los extremos cortados hacia afuera, en este edificio, el montón de paja se une horizontalmente a la fundación. Esto protege los extremos cortados de la exposición directa a la lluvia, prolongando su durabilidad. Se incorporaron pivotes en ambos extremos de cada unidad de paja, fijados al soporte vertical de acero, permitiendo que estas unidades puedan girar y abrirse al aire fresco desde el interior, facilitando el mantenimiento de la paja. (Franco, 2012)

Figura 93. Mercado Yusuhara



Fuente: Archdaily.

Elaboración: Takumi Ota Photography.

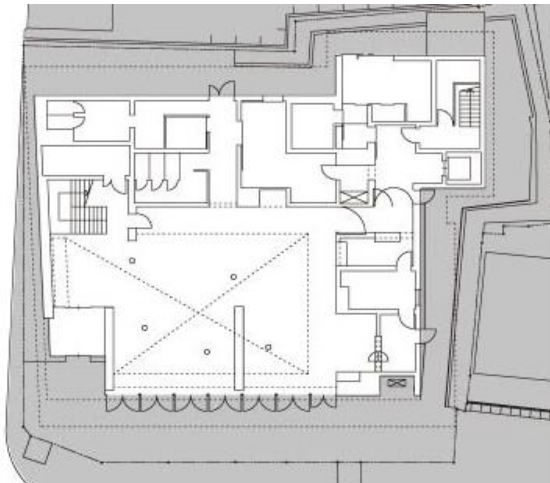
Figura 94. Mercado Yusuhara



Fuente: Archdaily.

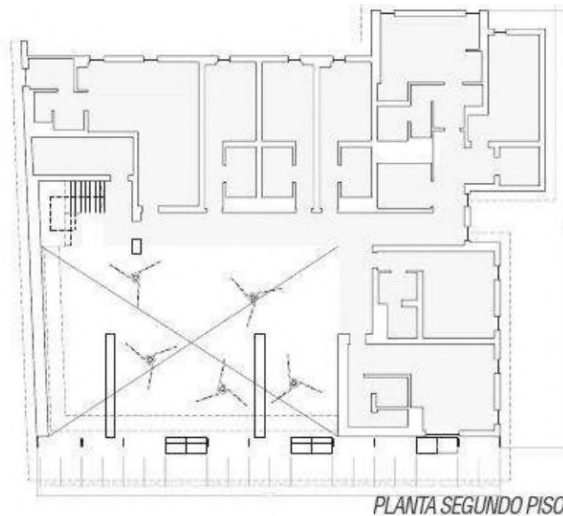
Elaboración: Takumi Ota Photography.

Figura 95. Planta baja



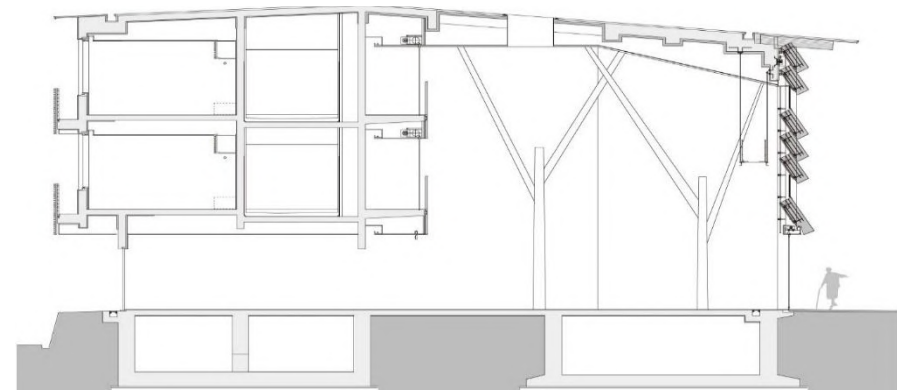
Fuente: Arquitectura Viva.  
Elaboración: Kengo Kuma & Associates.

Figura 96. Planta alta



Fuente: Arquitectura Viva.  
Elaboración: Kengo Kuma & Associates.

Figura 97. Sección transversal



Fuente: Arquitectura Viva.  
Elaboración: Kengo Kuma & Associates.

Tabla 9. Cuadro de valoraciones Mercado Yusuhara

Valoración	Descripción	Pto
Contexto y conectividad urbana	El equipamiento se ubica en un predio esquinero, frente a la calle principal utiliza una planta baja libre de vidrio, siendo este la entrada al mercado.	4/5
Accesibilidad	La planta baja se conecta a nivel de vereda permitiendo un acceso adecuado, sin embargo, los distintos niveles no disponen de rampas.	2/5
Materialidad	La fachada se conforma por madera, vidrio y muro cortina de módulos prefabricados de paja y bambú simulando los Cha Do tradicionales de la zona.	5/5
Estructura y modulación	Los módulos de paja de 20 x 9.80 cm se fijan en modo vertical a la base fijando pivotes al muro cortina de acero permitiendo girar y abrirse al exterior.	5/5
Adaptabilidad y eficiencia	Se utiliza materiales locales y tecnologías agrícolas basadas en tradiciones locales, los módulos de paja se pueden sustituir y dar mantenimiento constante.	4/5

Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## 2.6 Cubo de Totora

**Diseño:** Archquid think-act tank

**Ubicación:** San Rafael de la Laguna - Otavalo, Ecuador

**Año:** 2016

**Área de intervención:** 9 m<sup>2</sup>

Desarrollado por los arquitectos del think-act tank Archquid, en colaboración con la comunidad indígena y otras instituciones de la parroquia de San Rafael de la Laguna, este proyecto se centra en la investigación material de la Totora, implicando un profundo entendimiento del arte y oficio con los que se han trabajado estas fibras desde tiempos preincaicos.

El resultado es un módulo experimental cúbico de 3 metros de lado, compuesto por 9 paneles en cada una de sus caras, que conforman un catálogo experiencial de los diversos tejidos elaborados por los artesanos. Una aplicación única de la totora permite lograr una interioridad específica y significativa, filtrando la luz y cambiando su carácter de manera constante.

Puede abrirse de distintas maneras según el clima o las necesidades de los artesanos. El proyecto posibilita un crecimiento modular y, además, tiene un propósito práctico: cada panel puede servir como soporte para que artistas locales exhiban su obra.

La estructura principal está hecha de madera, compuesta por dos vigas con una platina de sujeción y ensamblajes diseñados para conectar los elementos. El plano inferior simplemente se apoya sobre una platea de hormigón, donde el cubo queda anclado por su propio peso. Una estructura secundaria permite la instalación de los paneles de totora. (Franco, 2016)

Figura 98. Cubo de totora



Fuente: Archdaily.

Elaboración: Federico Lerner.

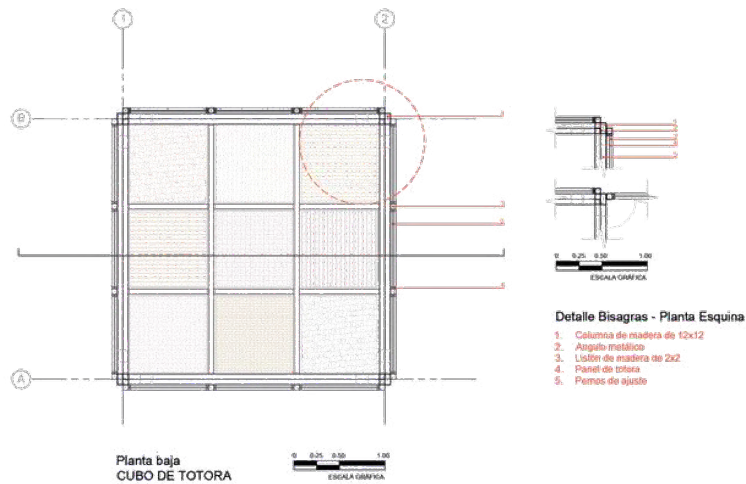
Figura 99. Tejido artesanal de totora



Fuente: Archdaily.

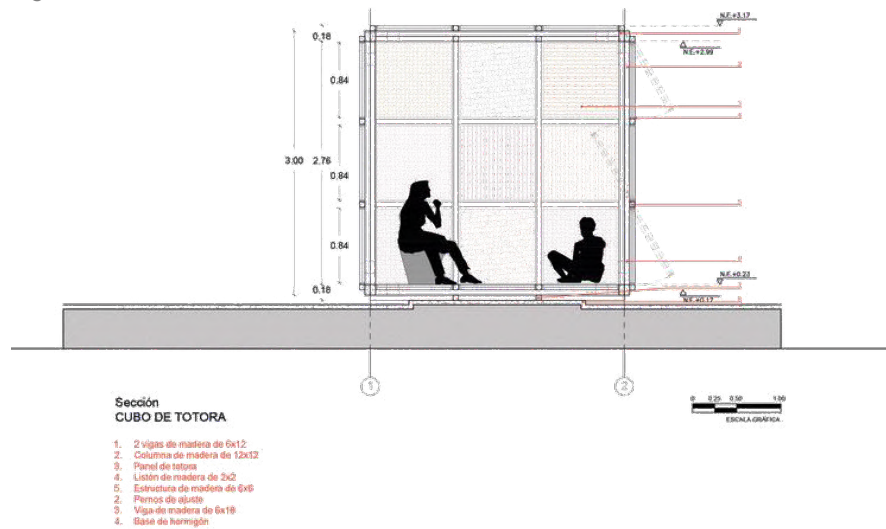
Elaboración: Federico Lerner.

Figura 100. Planta baja



Fuente: Archdaily.  
Elaboración: Archquid think-act tank.

Figura 101. Sección



Fuente: Archdaily.  
Elaboración: Archquid think-act tank.

Figura 102. Adaptabilidad y configuraciones



Fuente: Archdaily.  
Elaboración: Archquid think-act tank.

Tabla 10. Cuadro de valoraciones Cubo de Totora

Valoración	Descripción	Pto
Contexto y conectividad urbana	El proyecto se manifiesta como un hito altamente visible desde una vía muy transitada, en un contexto geográfico particular de laguna y volcán.	4/5
Accesibilidad	El cubo de totora tiene una correcta accesibilidad universal.	4/5
Materialidad	La materialidad combina el uso de la madera con los tejidos tradicionales de totora, con diferentes tintes naturales en tonos terracotas.	5/5
Estructura y modulación	Módulo de 3 metros de lado, estructura de madera, conformada por dos vigas con una platina de sujeción. Se apoya sobre una platea de hormigón donde el cubo queda anclado por su propio peso.	5/5
Adaptabilidad y eficiencia	La estructura propicia diferentes configuraciones y combinaciones, permitiendo el cambio de programa. Puede ser abierto de diversas formas, dependiendo del clima o las necesidades de los artesanos.	5/5

Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## 2.7 Isla flotante los Uros

**Diseño:** Comunidad andina los Uros

**Ubicación:** Puno, Perú

**Año:** Época preincaica alrededor de 1000 a 1500 años atrás

**Área de intervención:** 72 012 km<sup>2</sup> más de 80 islas

Los Uros conforman una etnia originaria del altiplano, establecida hace aproximadamente 300 años sobre las aguas del lago Titicaca, a una altitud de 3,200 metros y cercana a la Ciudad de Puno, la capital folclórica de Perú y principal urbe del lado peruano del Titicaca. Las Islas de los Uros albergan una cultura rica en paisajes debido a su peculiar sistema constructivo basado en la totora.

Alrededor de 80 islas son el hogar de aproximadamente 2000 Uros, cada una con su propio nombre y presidente. Este paisaje se presenta como un archipiélago verde, que sustenta a más de 70 especies de aves alimentándose de truchas, pejerreyes y carachis en las aguas de la Reserva Nacional del Titicaca. La totora, una planta abundante en la zona, no solo se utiliza para construir las islas, sino que también se transforma en suelo, abrigo, alimento y artesanía. Este material no solo ha permitido la construcción de viviendas o "chukllas", sino que ha tejido una intrincada red de pequeñas infraestructuras y actividades, incluyendo escuelas, miradores, cocinas, restaurantes y una iglesia.

El Kilhi, la raíz de la totora, mezclada con la base de tierra del lago, forma una capa natural sobre la cual las raíces se entrelazan, creando una especie de corcho que flota y es esencial para la base de las islas. Una vez en el agua, se inicia el anclaje de los bloques utilizando anclas hechas con troncos de eucalipto atados a los bloques mediante cuerdas de paja reforzadas con piedras.

Cuando los bloques están estables, se colocan capas largas de totora seca en una posición de cruz, revistiendo toda la superficie hasta alcanzar un grosor de 1.30 metros. Esta combinación de capas de totora y kilhi, con un grosor final de 2.80 metros, constituye el suelo de las islas. Para su conservación, los habitantes trabajan constantemente arrojando plantas de totora cada uno o dos meses, evitando así la desintegración de las islas, que se hundan aproximadamente entre 50 y 70 cm cada año.

Una vez completada la capa final del suelo, se procede a la construcción de las viviendas o "chukllas". Se coloca una capa adicional de kilhi y totora sobre el suelo, que actúa como base o sobrecimiento de 45 cm de espesor para contrarrestar la humedad. Cada vivienda consta de una sola habitación y se estructura con marcos de madera y tejidos de totora para las paredes y las cubiertas inclinadas. La cocina se encuentra en el exterior para prevenir incendios, y los baños están ubicados en una isla independiente de las viviendas. (Vergara, 2022)

Figura 103. Isla flotante los Uros



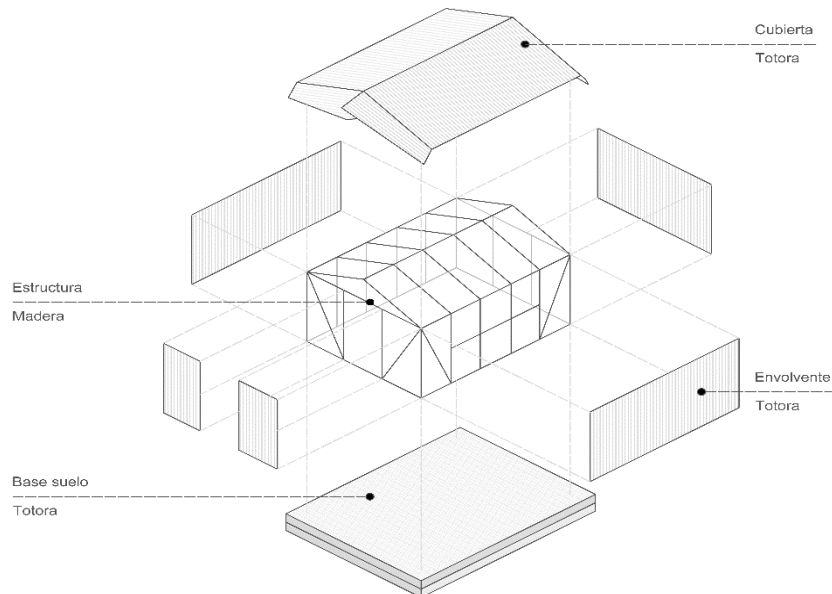
Fuente: Archdaily.  
Elaboración: Mathew Knott.

Figura 104. Vivienda tipo



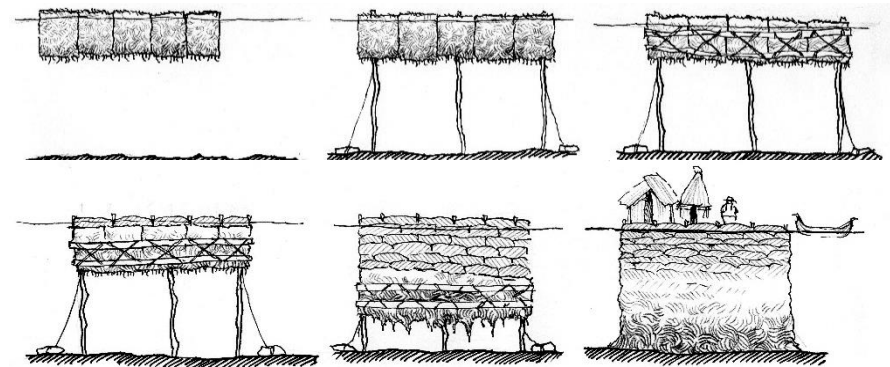
Fuente: Archdaily.  
Elaboración: Chaskiventura Latino América

Figura 105. Axonometría proceso de construcción



Fuente: Prisco, Valencia y Vasilyeva, 2015.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 106. Construcción y evolución de las islas flotantes



Fuente: Tectónica Archi.  
Elaboración: Nelson Moraga.

Tabla 11. Cuadro de valoraciones Isla flotante los Uros

Valoración	Descripción	Pto
Contexto y conectividad urbana	Presenta un contexto histórico importante, aplicando tradiciones preincaicas, en su cotidianidad y en la vida comunitaria, sin embargo, no existe una correcta conectividad urbana entre islas.	3/5
Accesibilidad	Para el acceso de las islas únicamente es por medio de embarcaciones impidiendo el acceso universal.	0/5
Materialidad	El material utilizado tanto en la construcción de las islas y los equipamientos son realizados con materiales locales como la madera y la totora.	5/5
Estructura y modulación	El módulo de viviendas utiliza estructura de madera siendo la planta típica de 3 x 6 m, con una altura promedio de 3 m hasta el cumbre.	5/5
Adaptabilidad y eficiencia	El uso de materiales locales como la totora permite que los módulos puedan ser remplazados, a su vez las islas se pueden levantar y desplazar hacia otros sitios.	5/5

Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.





Elaboración y ensayos prototipos de Totorá

---

**Capítulo III**

## 3.1 Marco Referencial

### 3.1.1 Conceptos técnicos

**Prototipo:** Es una representación funcional de un producto preliminar, utilizado para realizar pruebas y ensayos controlados en laboratorio. Tiene el objetivo de validar su funcionalidad, comprender los rendimientos del objeto de estudio y propiedades de diseño antes de una producción o implementación final.

**Prensa mecánica:** Es un molde diseñado para aplicar una fuerza en una sola dirección mediante un mecanismo de palanca o sistema mecánico.

**Torquímetro:** Es una herramienta digital de medición y ajuste mecánico, se utiliza en apriete de pernos y tuercas de un componente de ensamble. Aplica una fuerza rotacional alrededor del eje de un objeto de manera precisa y controlada mediante una pantalla digital o escala asignada.

**Ensayos mecánicos:** Son aquellos procedimientos realizados a prototipos, probetas o componentes estructurales con el fin de evaluar, medir y determinar las propiedades físicas y mecánicas. Permite la obtención de datos cualitativos y cuantitativos para comprender el rendimiento de los productos con la aplicación controlada de cargas, fuerzas o tensiones. Los resultados obtenidos son propiedades como la resistencia, elasticidad, rigidez, esfuerzos, entre otros. Los ensayos deberán seguir estándares y normativas validadas y verificadas.

**Ensayo de flexión:** Permite determinar las propiedades mecánicas relacionadas con la flexión y deformaciones, durante el ensayo la muestra se somete a una carga perpendicular a su eje longitudinal, entre el medio de dos apoyos específicos, provocando la deformación, se registra la relación entre la carga y deformación. Los datos se utilizan para determinar módulos de elasticidad, esfuerzos máximos y deformaciones.

**Ensayo de compresión:** Permite evaluar su capacidad de resistir cargas o esfuerzos aplicadas en dirección opuesta a su eje longitudinal, durante el ensayo la muestra se somete a una carga axial que aplasta al material. Permite medir parámetros como la resistencia a la compresión, esfuerzos, deformaciones, entre otros.

**Carga Axial:** Son aquellas fuerzas aplicadas en la misma dirección del eje longitudinal o central de un objeto o estructura, estas fuerzas pueden ser de compresión o tensión, dependiendo del sentido en el que se aplica.

**Carga puntual:** Es una fuerza aplicada en un punto específico de un objeto o estructura. El análisis con cargas puntuales implica considerar deformaciones y comportamientos del objeto de estudio.

**Deflexión:** Es la medida o magnitud de la deformación que experimenta un objeto o estructura debido a la aplicación de cargas externas. Se mide en términos de cantidad de desplazamiento vertical o angular en un punto específico de un elemento sometido a carga.

**Deformación:** Se refiere a la alteración del estado físico de un objeto, debido a la aplicación de fuerzas o cargas externas. Una deformación puede ser plástica o elástica.

**Rigidez:** Es la propiedad que tiene un elemento para soportar cargas sin sufrir deformaciones o desplazamientos, la rigidez está influenciada por varios factores como: la geometría del elemento, materiales y las cargas aplicadas. En análisis estructurales la rigidez se presenta como el módulo de elasticidad.

**Módulo de elasticidad:** Se lo conoce también como coeficiente de elasticidad longitudinal. Es una propiedad característica de cada material que indica la respuesta a una carga aplicada en temas de deformación, se expresa como una curva que indica cuánto se deforma un material en relación del esfuerzo aplicado.

**Esfuerzo admisible:** Es el máximo nivel de esfuerzo que un objeto o estructura puede soportar de manera segura bajo condiciones específicas de diseño y operación, está diseñado para evitar las fallas de la estructura bajo cargas normales.

**Esfuerzo máximo:** Es aquel esfuerzo de valor más alto de compresión o flexión que experimenta un objeto o estructura en un punto específico, antes de la ruptura o falla. Por lo general el esfuerzo máximo suele ocurrir en los puntos más críticos de la estructura.

**Límite de proporcionalidad:** Se refiere al punto antes de la curva del gráfico esfuerzo-deformación, en donde la relación se mantiene proporcional y lineal, en este lapso el elemento se comporta de manera elástica.

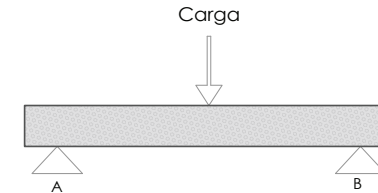
**Límite de elasticidad:** Se refiere al punto donde empieza la curva del gráfico esfuerzo-deformación, en este punto el objeto experimenta deformaciones permanentes. El límite de elasticidad puede ser igual o ligeramente mayor que el límite de proporcionalidad.

**Punto de ruptura:** Se refiere al punto crítico en donde el objeto o estructura colapsa o falla bajo la aplicación de cargas, marca el límite final de la capacidad de carga de una estructura, siendo clave en el análisis de resistencia y seguridad.

**Coefficiente de seguridad:** Es un factor que se utiliza para determinar la relación entre la carga máxima que un objeto o estructura y la carga prevista que puede soportar. Se calcula dividiendo la carga máxima que puede soportar entre la carga máxima requerida en condiciones normales.

**Diagrama esfuerzo – deformación:** Es una representación en forma de diagrama que indica la relación entre el esfuerzo y la deformación de un objeto en respuesta a la aplicación de cargas externas. El eje horizontal representa la deformación, mientras el vertical el esfuerzo, la curva resultante muestra el comportamiento bajo a diferentes niveles de carga.

Ensayo de Flexión



Ensayo de Compresión

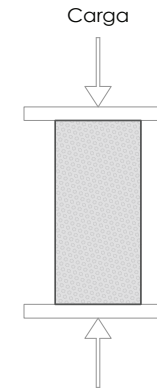
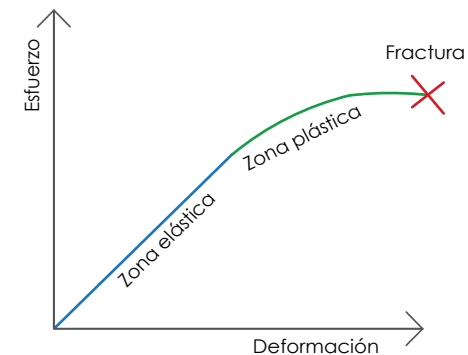


Diagrama esfuerzo - deformación



### 3.1.2 Aspectos generales de la Totora

#### Totora

Tal como lo menciona Hidalgo (2007) la totora es una planta que crece en entornos acuáticos como lagos y humedales, alcanzando una longitud promedio de 3.5 metros y un diámetro de 2.5 centímetros. Su estructura interna es porosa, compuesta por cámaras de aire que la hacen extremadamente ligera y con propiedades aislantes, similar a una esponja.

Esta fibra ha sido aprovechada en diversas aplicaciones, como la construcción de barcos de pesca y transporte, la creación de artesanías, la utilización en viviendas y como fuente de alimentación, entre otros usos. La variedad más reconocida como "totora" es la Schoenoplectus o Scirpus Californicus, en realidad hay varias plantas con raíces acuáticas que comparten características similares y han sido empleadas de manera semejante. Siendo la Sch. Californicus la especie que crece en la región de Otavalo. Para un mejor entendimiento se resume la taxonomía y las diferentes propiedades de esta especie.

- **Género Schoenoplectus**

Las especies pertenecientes al género Schoenoplectus o Scirpus se caracterizan por ser plantas acuáticas con semillas pequeñas y oscuras. Sus tallos tienen una sección triangular, que en algunos casos es muy definida y en otros se suaviza hasta asemejarse a óvalos o círculos. En algunas especies, las hojas se presentan solo como pequeñas vainas en la base del tallo, mientras que en otras son claramente distinguibles. Las flores, siempre ubicadas en la punta de los tallos, están formadas por muchas flores pequeñas, ya sea agrupadas en capullos o dispersas (Hidalgo, 2007).

Tabla 12. Género Schoenoplectus o Scirpus

#### Schoenoplectus o Scirpus

Reino	Vegetal
Subreino	Plantas vasculares
Superdivisión	Plantas con semilla
División	Plantas con flor
Clase	Monocotiledónea
Subclase	Commelinidae
Orden	Cyperales
Familia	Cyperaceae
Genero	Schoenoplectus o Scirpus
Especies	- - -

Fuente: Hidalgo, 2007.

Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

- **Schoenoplectus californicus**

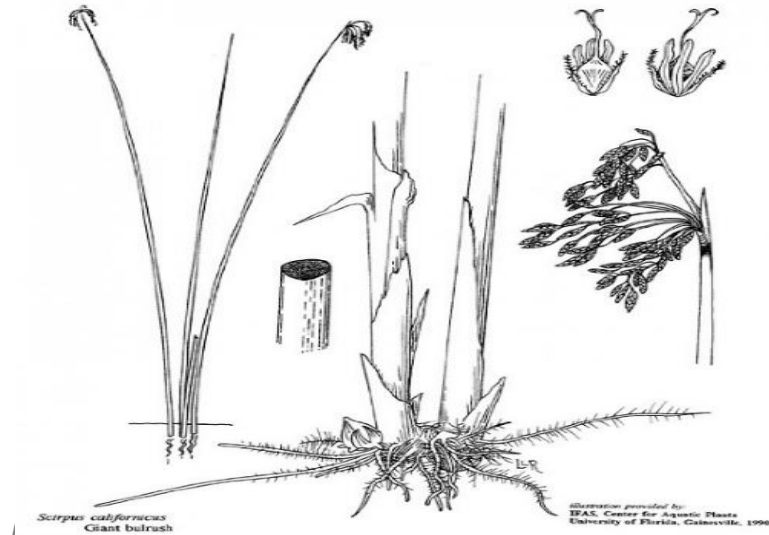
**Tamaño:** Varía entre 2.50 - 3.50 metros.

**Tallo:** Presenta una sección triangular suavizada.

**Floración:** Ocurre en la punta del tallo, abierta, seguida por una pequeña bráctea puntiaguda que sobresale, aparentando ser una continuación del tallo.

**Hojas:** Son pequeñas y se encuentran envolviendo la base.

Figura 107. Género *Schoenoplectus californicus*



Elaboración: Curtis Clark.

Figura 108. Floración de la *Schoenoplectus californicus*.



Fuente: Wikimedia Commons.  
Elaboración: Curtis Clark.

### 3.1.3 Propiedades físicas de la totora

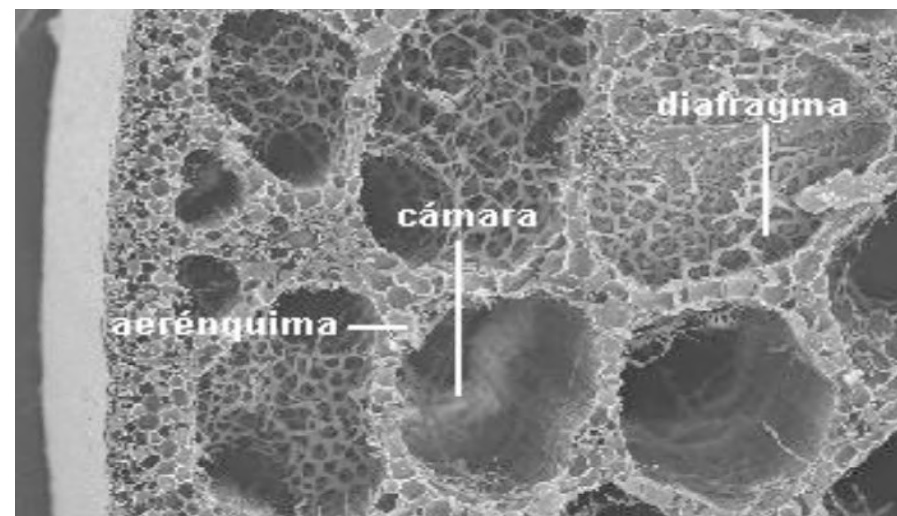
La especie tiene características significativas, siendo parte del grupo de plantas vasculares acuáticas. Esta clasificación influye en la estructuración de las hojas y tallos, que están formados por tejido especializado conocido como aerénquima (Hidalgo, 2007).

Según González, (2001), en el documento "Morfología de plantas vasculares", señala que el aerénquima juega un papel crucial al facilitar la oxigenación de órganos presentes en entornos acuáticos o suelos inundados. Desde el punto de vista estructural, este tejido exhibe una eficiencia notable, permitiendo la flotación de ciertos órganos y logrando su fortaleza con una mínima cantidad de células.

Este tejido aerénquima se compone de células con diversas formas, a menudo estrelladas o lobuladas, creando espacios intercelulares de gran tamaño conocidos como lagunas o cámaras, que pueden representar hasta el 70% del volumen del órgano. La limitación de estas cámaras puede deberse a la proliferación de células, ya que, una vez que comienzan los espacios intercelulares, las células se dividen en ángulo recto, expandiéndolos.

Estas cámaras se distribuyen a lo largo del tallo y del pecíolo y son atravesadas perpendicularmente por diafragmas, placas transversales con pocas células de espesor. Estos diafragmas, además de proporcionar mayor resistencia a la estructura, actúan como barreras preventivas contra daños por inundación (González, 2001).

Figura 109. Corte de tallo de *Schoenoplectus californicus*



Fuente: <http://www.biologia.edu.ar>.  
Elaboración: Ana María González.

Figura 110. Sección tallo *Schoenoplectus californicus*



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Se conocen algunos datos importantes sobre la totora gracias al estudio realizado por el Servicio De Información Agropecuaria del Ministerio De Agricultura Y Ganadería del Ecuador que son los siguientes:

- **Fenología y utilización**

Tabla 13. Fenología y utilización de la totora

Floración	Inicia a mediados de la época lluviosa y seca.
Cosecha	Su periodo de fructificación es cada 6 meses (2 cosechas al año).
Tiempo de secado	Entre 8 – 15 días hasta que la fibra haya transpirado su humedad hasta un 90%
Utilización	Artesanías: esteras, aventadores, carteras, construcción de botes

- **Características morfológicas y composición química**

Tabla 14. Morfología y composición química de la totora

Altura de planta	3,20 a 4,20 metros
Espesor	0,5 a 5,0 cm de diámetro
Densidad	280 tallos aéreos/m <sup>2</sup>
Composición química	Hemicelulosa:30.71% x-celulosa 66.79% Lignina27.8 %”

Fuente: Andrés Simbaña Villarreal, 2001.

Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Según Hidalgo, 2007, en su investigación "Totora material de construcción parte 1", obtiene los siguientes datos:

Tabla 15. Características tallo atado de totora

Densidad	Un grupo de totora atada con presión mediana, que no altere su volumen, pero mantenga estable el conjunto, tiene un peso de 180Kg/m <sup>3</sup> .
Absorción	La totora atada con poca presión, saturada de agua (24 horas sumergida), aumenta en promedio un 50% su peso seco inicial.
Velocidad de absorción	La velocidad inicial de absorción, tomada en los primeros 20 min de inmersión, es de 3.8% de aumento de su peso/min; y la velocidad de absorción general, hasta su saturación, es de 0.18%/min.
Velocidad de pérdida de humedad	La velocidad inicial de pérdida de peso al secarse, tomada en los primeros 20 min, es de 0.3% de pérdida de su peso/min; y la velocidad de secado general, hasta su estado seco original, es de 0.1%/min.
Aumento de volumen	En su estado de saturación, la muestra aumentó un 16.6% su volumen seco, ocasionado por el ensanchamiento de los tallos, su longitud varió en muy poco porcentaje.
Tensión	La resistencia a la tensión de un tallo de totora llegó hasta los 38Kg/cm <sup>2</sup> . La sección promedio de los tallos es de 0.433cm <sup>2</sup> .
Compresión	Un tallo de totora aislado, resiste alrededor de 15kg/cm <sup>2</sup> . La resistencia a la compresión aumenta si se trabaja con grupos de tallos de totora juntos y aumentará aún más si este grupo es sujetado con presión para conseguir un volumen compacto, pudiendo llegar hasta resistencias de 40kg/cm <sup>2</sup> o más.

Fuente: Juan Fernando Hidalgo, 2007.

Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

### 3.1.4 Descripción de la normativa

En el presente trabajo de titulación se utilizará como marco referencial la Norma Ecuatoriana de la Construcción, Estructuras de madera Código NEC–SE-MD. Su enfoque abarca: clasificación y propiedades físicas y mecánicas de la madera, lineamientos de criterios de diseño en elementos de compresión y flexión. Su aplicación y consideraciones contribuirá validez a los resultados y conclusiones obtenidos a lo largo de este estudio.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC–SE-MD, 2014). incorpora una serie de lineamientos de diseño estructural, las cuales son expuestas a continuación:

#### Apartado 2.3.1. – Consideraciones para el diseño:

En el análisis y diseño de las estructuras de madera deberán respetarse los principios básicos de la mecánica estructural. Se utilizarán procedimientos convencionales de análisis lineal y elástico.

Los esfuerzos producidos por las cargas aplicadas serán calculados considerando el material como homogéneo, isotrópico y de comportamiento lineal, y con las hipótesis habituales de la teoría de vigas.

En el diseño de estructuras de madera todos los cálculos se harán con base en las dimensiones reales de los elementos utilizados, teniendo en cuenta las reducciones.

En ningún caso se deben utilizar estructuras de madera cuando la temperatura a la cual van a estar sometidas excede 65°C. (NEC-SE-MD, 2014, p. 21)

#### Apartado 2.3.2. – Requisitos de diseño:

Todos los elementos de una estructura deberán ser diseñados, contruidos y empalmados para resistir los esfuerzos producidos por las combinaciones de cargas de servicio consignadas en la NEC-SE-CG.

El diseño de los elementos de madera debe hacerse por el método de esfuerzos admisibles, que exige como mínimo que:

- Los elementos estructurales sean diseñados para que los esfuerzos resultantes de la aplicación de las cargas de servicio sean menores o iguales a los esfuerzos admisibles del material.
- Las deformaciones en los elementos con la aplicación de las cargas de servicio sean menores o iguales a las deformaciones admisibles. Sin embargo, debe tomarse en cuenta las deformaciones diferidas debido a cargas permanentes, para que la deformación total sea adecuada. (NEC-SE-MD, 2014, p. 22)

#### Apartado 3.5.4. – Preservación:

Para evitar el ataque de organismos biológicos degradantes, la madera sin durabilidad natural, puede ser tratada mediante la impregnación de sustancias preservantes, y mediante un buen diseño.

La durabilidad natural se puede aumentar mediante procedimientos artificiales, mediante un simple secado o por tratamientos preservadores especiales. (NEC-SE-MD, 2014, p. 36)



## Apartado 4.3.1. – Protección ante la humedad:

Por ser higroscópica y porosa la madera absorbe agua en forma líquida o de vapor. Si la humedad se acumula en la madera, afecta sus propiedades mecánicas, se convierte en conductora de electricidad y, sobre todo, queda propensa a la putrefacción por el ataque de hongos.

La madera puede humedecerse por capilaridad, por lluvia o por condensación, por lo que debe protegerse como se indica a continuación:

- La madera por contacto con el suelo o con alto riesgo de humedad debe ser preservada de acuerdo a la norma establecida.
- El diseño mismo puede evitar la exposición directa de la madera a la lluvia; si esto no se logra, debe protegerse con sustancias hidrófugas o con superficies impermeables.
- Todo elemento estructural expuesto a la intemperie debe apoyarse, con barreras anti capilaridad, sobre zócalos o pedestales de hormigón, metálicos o madera, de tal forma que no permanezcan en contacto con el agua estancada. (NEC-SE-MD, 2014, p. 45)

## Apartado 4.3.3. – Protección contra hongos:

Los hongos que atacan la madera son organismos parásitos de origen vegetal que se alimentan de las células que la componen, desintegrándola. Se reproducen sobre la madera húmeda bajo ciertas condiciones de temperatura, por esporas traídas a través del aire o por el contacto directo con otros hongos. La protección de la madera debe comenzar, desde que se corta. Sin embargo, en la obra debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- Debe desecharse la madera con muestras de putrefacción y hongos.
- Debe evitarse el uso de clavos y otros elementos metálicos que atraviesen la madera en las caras expuestas a la lluvia, salvo que se sellen las aberturas. Se recomienda el uso de clavos galvanizados.
- Cuando la madera se instala como enchape, cielo rasos o pisos, debe haber una buena ventilación entre ella y la superficie del material de base, de tal forma que se evite la formación de hongos. (NEC-SE-MD, 2014, p. 54)

## Apartado 4.3.4. – Protección contra insectos xilófagos:

La madera puede ser atacada, especialmente en climas húmedos y cálidos, por insectos que perforan su estructura en busca de nutrientes. Entre estos insectos están las termitas aladas, las termitas subterráneas y los gorgojos.

- En zonas donde existan termitas subterráneas, deben eliminarse los restos orgánicos alrededor de la construcción y establecerse barreras de tierra tratada con insecticidas hasta la profundidad de la cimentación.
- Donde existan termitas subterráneas y aladas, deben colocarse barreras o escudos metálicos sobre las superficies de la cimentación en forma completamente continua. (NEC-SE-MD, 2014, p. 54)

## Apartado 4.4. – Mantenimiento:

Toda edificación de madera, aunque está bien construida requiere de revisiones, ajustes y reparaciones durante su existencia.

Al poco tiempo de construida probablemente debe ser necesario arreglar fisuras en las uniones de las maderas, desajustes de puertas y ventanas y apretar tornillos o tuercas de pernos para corregir los desajustes debidos al asentamiento del terreno y a la acomodación de la madera a la humedad del ambiente. Posteriormente debe ser necesario efectuar revisiones periódicas y ejecutar los arreglos necesarios.

- Reclavar los elementos que, por la contracción de la madera, por vibraciones o por cualquier otra razón, se hayan desajustado; y, apretar las tuercas en uniones hechas con pernos y tornillos.
- Repintar las superficies deterioradas por efectos del viento, de la humedad y del sol.
- Fumigar por lo menos una vez al año para evitar la presencia de insectos domésticos y ratas.
- Inspeccionar posibles humedades que puedan propiciar el crecimiento de hongos y eliminar las causas.
- Limpiar y, si es necesario, arreglar canales y desagües de los techos.
- Verificar la integridad de la instalación eléctrica. (NEC-SE-MD, 2014, p. 58)

### Apartado 5.3.1. – Clasificación por densidad básica:

Se agruparon las 105 maderas tropicales estudiadas en 3 grupos estructurales, dependiendo de su densidad básica (DB): (NEC-SE-MD, 2014, p. 61)

Cuadro 1. Clasificación de las maderas por densidad y clase de uso (g/cm3)

Grupo	Densidad	Nombre común
<b>A</b>	0,71 - 0,90 g/cm3	Amarillo, Cabo de Hacha, Caimitillo, Caoba, Cuero de Sapo, Guayabillo, Guayacán, Machare, Roble
<b>B</b>	0,56 - 0,70 g/cm3	Caracolillo, Cedro, Chanul, Dormilón, Indio Hediondo, Laurel, Mascarey, Moral fino, Motilón, Pacora, Zapote
<b>C</b>	0,40 - 0,55 g/cm3	Colade, Ceibo, Copal, Chalviande, Cuángare, Guadaripo, Higuierón, Jiguas, Laguno, Palo Negro, Sande, Tangará, Tilo, Uva

Fuente: Norma NTE INEN 2580.

Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

### Apartado 5.3.2. – Esfuerzos admisibles:

Para el diseño estructural se deberá utilizar los esfuerzos admisibles que consta el Manual de Diseño de la JUNAC. Estos son consecuencia de un proceso de ensayos con maderas de la subregión. Los valores indicados están respaldados por un número grande de repeticiones.

El Manual de Diseño de la JUNAC constan tres grupos para madera estructural “A”, “B” y “C”. (NEC-SE-MD, 2014, p. 61-62)

Cuadro 2. Esfuerzos admisibles para maderas MPa

Grupo	Flexión	Tracción Paralela	Compresión Paralela	Compresión Perpendicular	Corte Paralelo
A	21	14,5	14,5	4	1,5
B	15	10,5	11	2,8	1,2
C	10	7,5	8	1,5	0,8

Fuente: Norma NEC–SE-MD.

Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

### Apartado 5.3.3. – Módulo de elasticidad:

Los valores del módulo de elasticidad o módulo de Young E para los tres grupos estructurales, que constan en el Manual, serán los que se usarán para el dimensionamiento de elementos en flexión, y para elementos en compresión y tracción paralelos a las fibras. (NEC-SE-MD, 2014, p. 62-63)

Cuadro 3. Módulo de elasticidad para madera MPa

Grupo	E <sub>min</sub> (E0.05)	E <sub>prom</sub>
A	9500	13000
B	7500	10000
C	5500	9000

Fuente: Norma NEC–SE-MD.

Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## 3.2 Metodología

### 3.2.1 Procedimientos preliminares

- **Cosecha**

La etapa de cosecha de la totora ocurre generalmente en los meses de verano, con el propósito de aprovechar la intensidad solar para el proceso de secado de la totora. El corte se realiza alrededor de 20cm desde la raíz de las fibras, pudiendo ser un corte recto o inclinado. La longitud final de las fibras va de 2.00 a 3.00 metros aproximadamente.

- **Secado**

Una vez completada la etapa de corte, comienza la fase de secado, la cual, en la mayoría de los casos, se realiza en el mismo lugar donde se realizó el corte. Durante esta fase, la totora se dispone de manera horizontal, evitando apilarla en exceso para permitir que los rayos solares la alcancen adecuadamente. El tiempo necesario para el secado varía, en su mayoría, alrededor de 15 días a 30 días, dependiendo de la intensidad del sol.

- **Almacenado**

Una vez que la totora ha alcanzado un estado de sequedad óptimo se procede a almacenarla en un lugar ventilado y con sombra. Se forman atados con un diámetro aproximado que va de 20cm a 30cm. Esto facilita su transporte y apilamiento eficiente. Es importante evitar lugares con altos niveles de humedad para su almacenamiento, ya que la presencia de humedad podría dar lugar a la formación de manchas provocadas por hongos, lo cual afectaría negativamente la calidad del material.

Figura 111. Cosecha totora en orillas del Lago San Pablo



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 112. Secado totora a orillas del Lago San Pablo



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

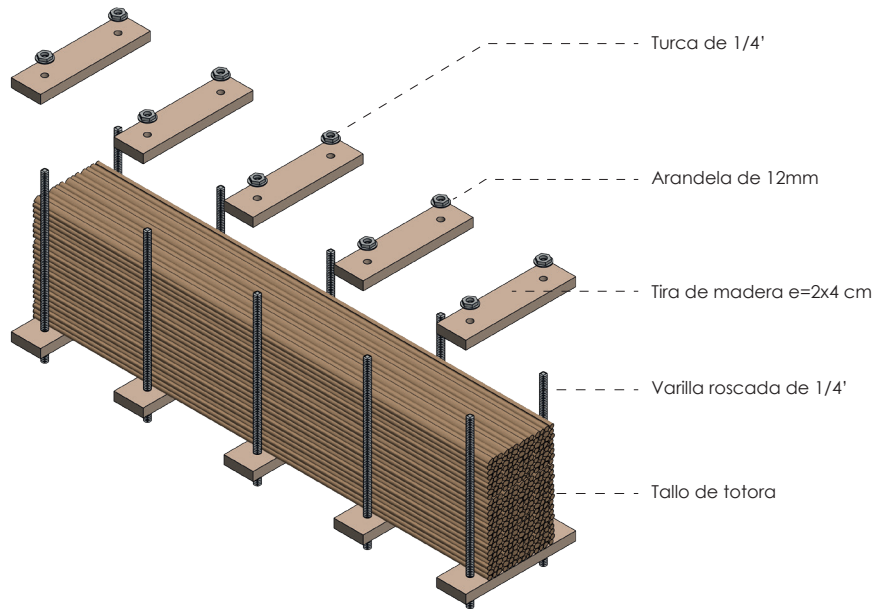
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## 3.2.2 Proceso constructivo de prototipos

### Propuesta de prototipo

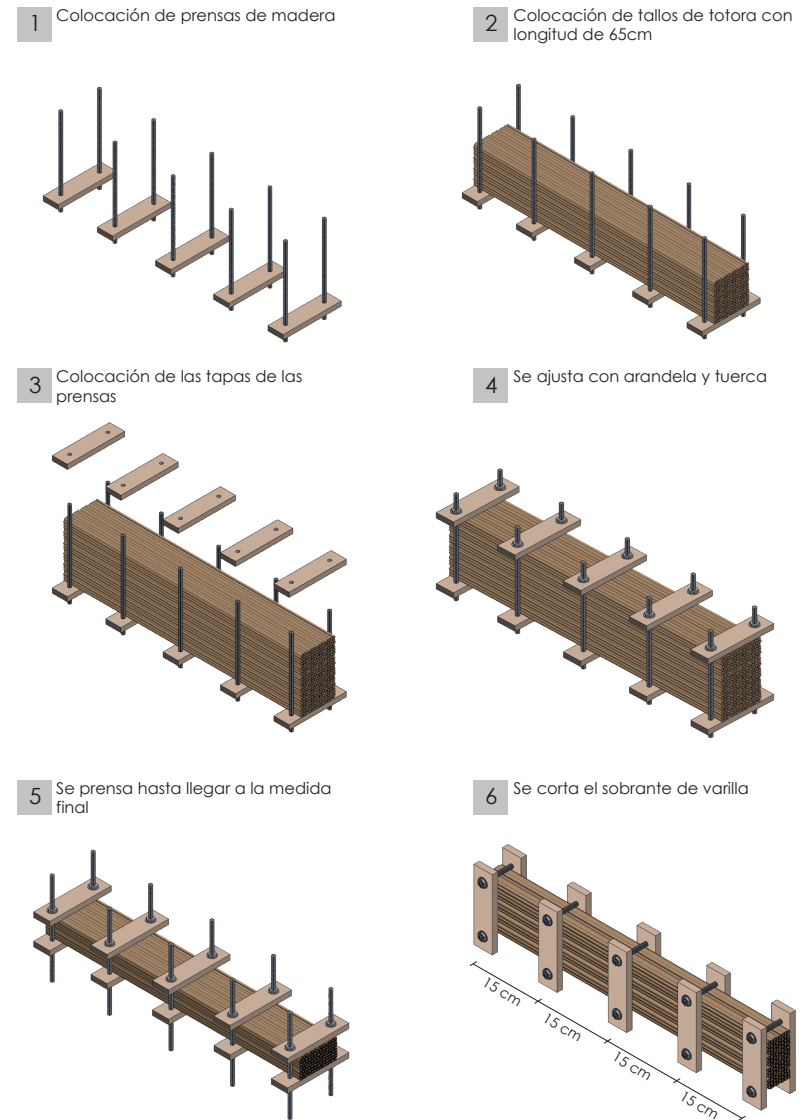
Para la elaboración de la propuesta constructiva se pretende mostrar el valor expresivo del material de la totora como un material que puede ser aplicado a la construcción. Se utiliza un sistema constructivo de prensas de madera formadas con varillas roscadas de acero, proponiendo un sistema eficiente de prensado que puede ser replicado por los artesanos que trabajan la totora. Como se explica en el siguiente gráfico.

Figura 113. Esquema detalle prototipo de totora



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 114. Esquema armado constructivo prototipo de totora



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## Preparación del material

Para la realización de los prototipos fue necesario trabajar la totora, la cual fue obtenida de lagunas y humedales ubicados en Paccha en la provincia del Azuay. Los atados una vez secos fueron almacenados en la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca, en un sitio con sombra y ventilación adecuada para garantizar la calidad del material.

Los atados varían su longitud, siendo un promedio de 2,70 metros, dichos atados fueron seccionados y marcados cada 70 cm, se descartaron sus raíces y flores, aproximadamente 30 cm. Mediante el uso de maquinarias en el taller de carpintería de la Facultad de Arquitectura, se realizaron cortes en los atados de totora teniendo secciones de 70 cm para su posterior uso en prototipos de totora.

Figura 115. Atados de totora de 70 cm



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 116. Señalización cada 70 cm



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 117. Totora obtenida de Paccha



Para la elaboración de las prensas de madera, se partió de una tira de eucalipto de 6 cm x 8 cm, la cual se cortó hasta obtener tirillas de 2 cm x 4 cm, variando la longitud según el prototipo en cuestión. A continuación, se procedió a perforar dichas tiras de madera con una broca de 1/4 plg, con el fin de colocar una varilla roscada entre los elementos de madera.

Se utilizó una varilla roscada de 1/4 plg de diámetro, la cual fue cortada mediante una amoladora a distintas longitudes dependiendo el prototipo, las longitudes de estas varillas oscilan entre 15 y 30 cm. Seguidamente se esmerilaron las puntas de la varilla para facilitar la colocación de turcas. Mediante el uso de un torquímetro se apretarán las tuercas generando una compresión de las fibras de totora.

Figura 118. Obtención tiras eucalipto



Figura 120. Tiras 2x4x12 cm



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 119. Tiras 8x4x12 cm



Figura 121. Perforación tiras



Figura 122. Varilla roscada 1/4 plg



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 123. Prensas de madera



Se realizaron un total de 6 prensas de madera, se utilizó una longitud de varilla mayor debido al aplastamiento por parte de las tuercas. Las dimensiones se describen a continuación:

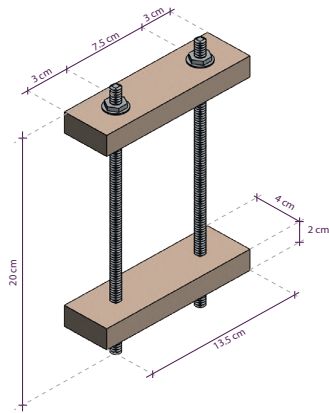
Tabla 16. Dimensiones de módulos prensas de madera

Prototipo	Tira madera (cm)	Dimensión Interna (cm)	Longitud varilla (cm)
P.01	2 x 4 x 13,5	7,5	20
P.02	2 x 4 x 16	10	25
P.03	2 x 4 x 26	20	30
P.04	2 x 4 x 11	5	15
P.05	2 x 4 x 13,5	7,5	25
P.06	2 x 4 x 13,5	7,5	30

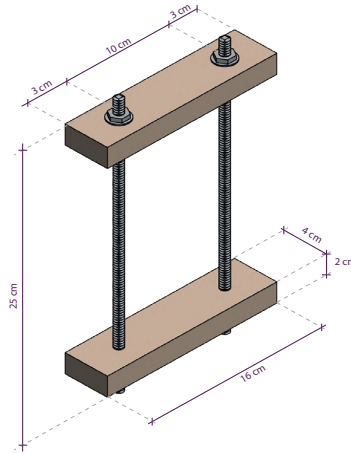
Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 124. Medidas de prensas utilizadas en los prototipos

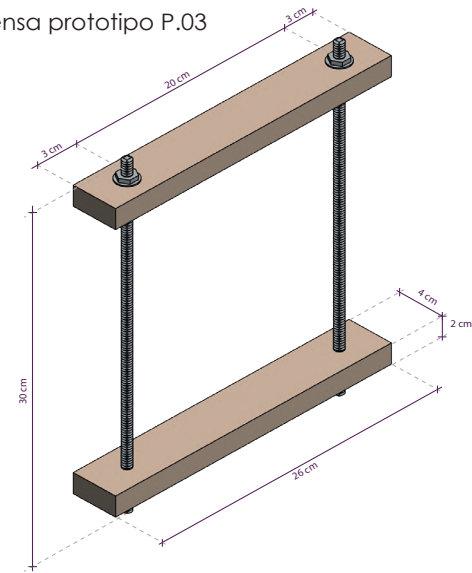
Prensa prototipo P.01



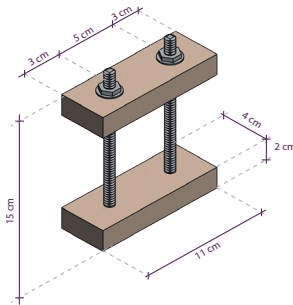
Prensa prototipo P.02



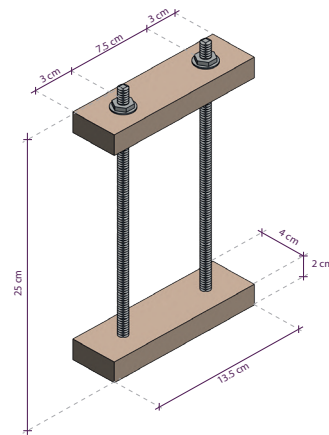
Prensa prototipo P.03



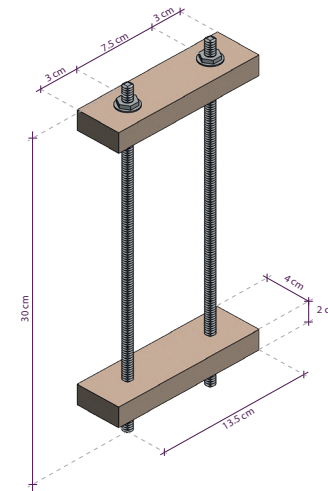
Prensa prototipo P.04



Prensa prototipo P.05



Prensa prototipo P.06



ente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.



## Armado de prototipos

Se realizaron tres variantes por cada prototipo, estas varían en la colocación y separación de las prensas de madera las cuales son de 10, 15 y 20 cm. Esto con la finalidad de analizar las diferentes configuraciones en los prototipos para así poder comparar sus resultados.

Para el armado de los prototipos se situaron las prensas sobre una mesa de trabajo a una altura fácil de manipular, seguidamente se colocaron los tallos de totora de 70cm dentro de las prensas, aproximadamente dos veces el volumen de la dimensión final debido a su posterior aplastamiento. Una vez colocados los tallos de totora se taparon las prensas con las maderas superiores y se ajustaron con arandelas de 12mm y tuercas de 1/4 plg. Por último, se cortó a la longitud final del prototipo que es de 65cm.

Figura 125. Colocación prensas de madera



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 126. Colocación de totora en prototipos



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

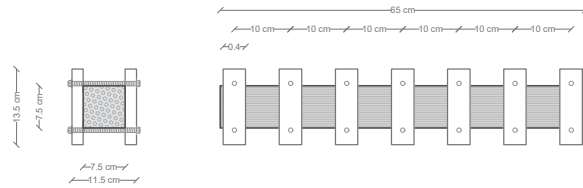
Figura 127. Armado y configuración de prototipos



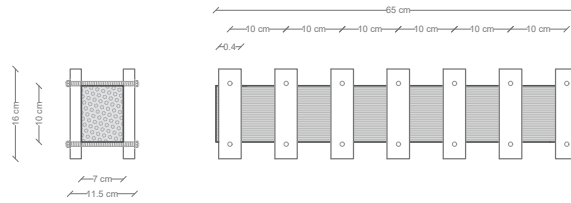
Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 128. Medidas y separación prototipos P.01 P.02 P.03

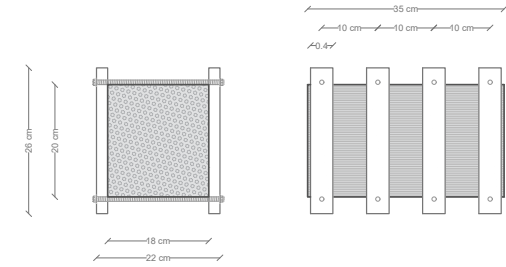
Prototipo P.01  
7.5x7.5 cm @ 10 cm



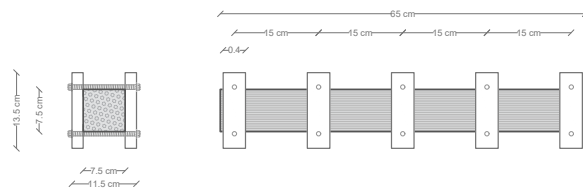
Prototipo P.02  
7x10 cm @ 10 cm



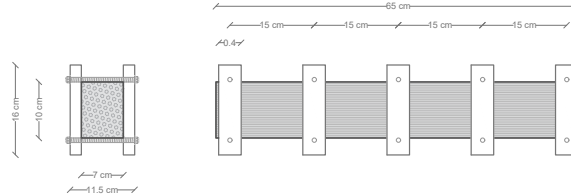
Prototipo P.03  
18x20 cm @ 10 cm



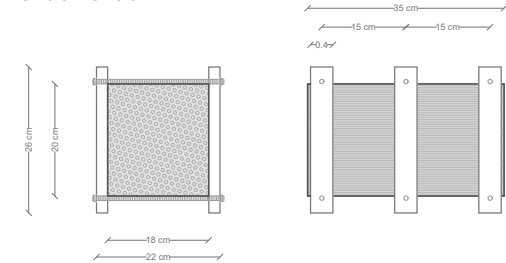
Prototipo P.01  
7.5x7.5 cm @ 15 cm



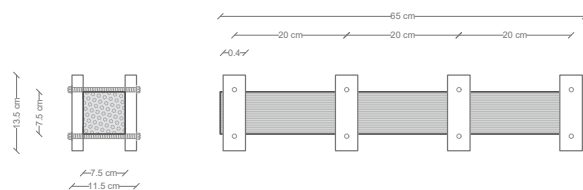
Prototipo P.02  
7x10 cm @ 15 cm



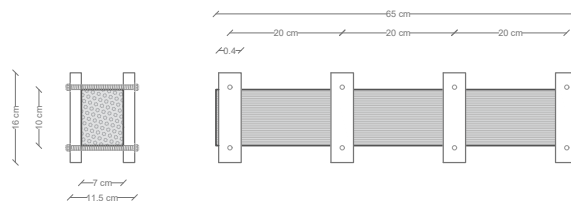
Prototipo P.03  
18x20 cm @ 15 cm



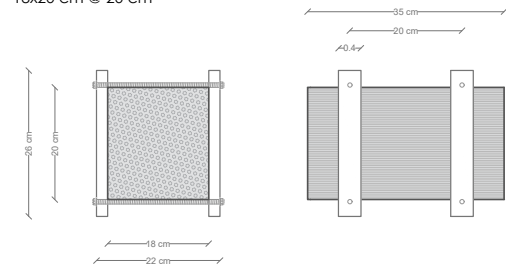
Prototipo P.01  
7.5x7.5 cm @ 20 cm



Prototipo P.02  
7x10 cm @ 20 cm



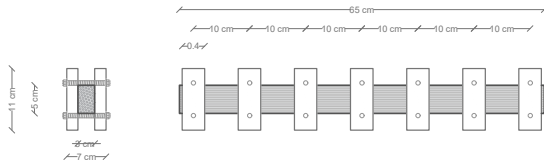
Prototipo P.03  
18x20 cm @ 20 cm



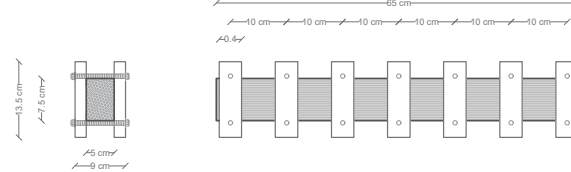
Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 129. Medidas y separación prototipos P.04 P.05 P.06

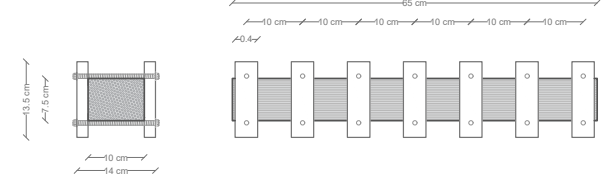
Prototipo P.04  
3x5 cm @ 10 cm



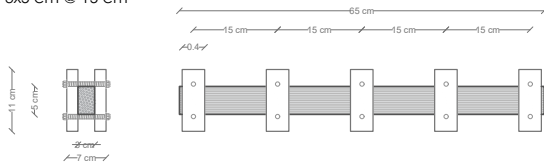
Prototipo P.05  
5x7.5 cm @ 10 cm



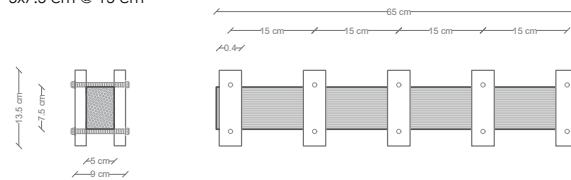
Prototipo P.06  
10x7.5 cm @ 10 cm



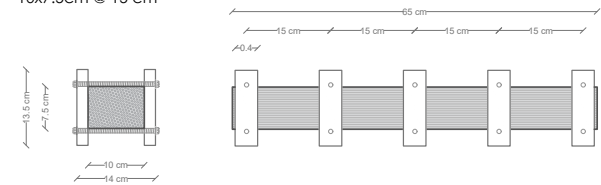
Prototipo P.04  
3x5 cm @ 15 cm



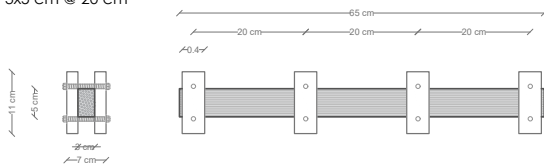
Prototipo P.05  
5x7.5 cm @ 15 cm



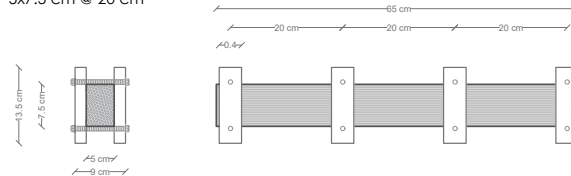
Prototipo P.06  
10x7.5 cm @ 15 cm



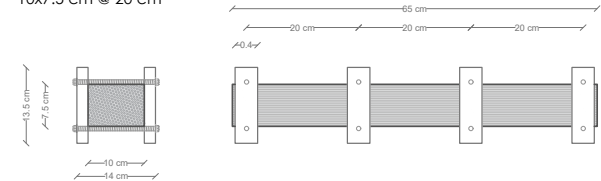
Prototipo P.04  
3x5 cm @ 20 cm



Prototipo P.05  
5x7.5 cm @ 20 cm



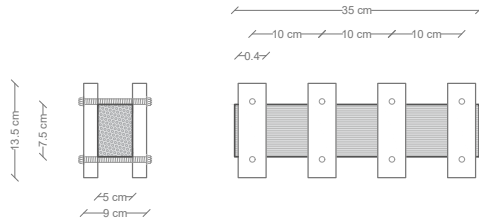
Prototipo P.06  
10x7.5 cm @ 20 cm



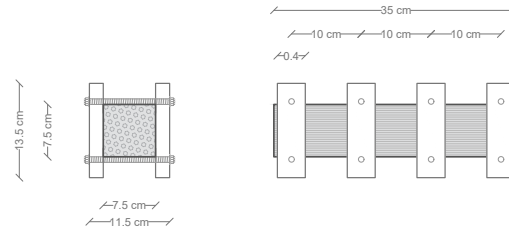
Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 130. Medidas y separación prototipos P.07 P.08 P.09

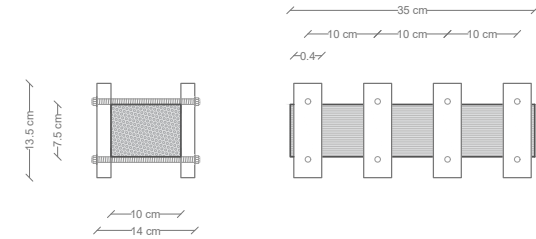
Prototipo P.07  
5x7.5 cm @ 10 cm



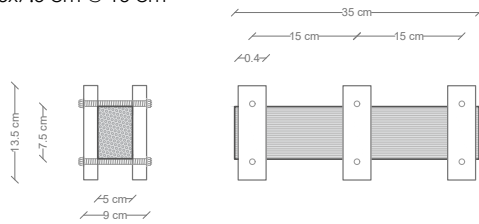
Prototipo P.08  
7.5x7.5 cm @ 10 cm



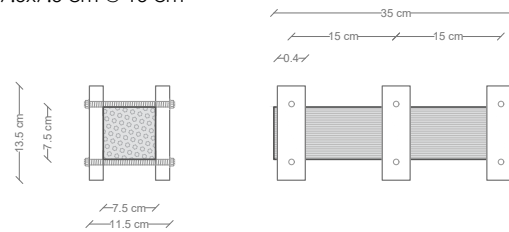
Prototipo P.09  
10x7.5cm @ 15 cm



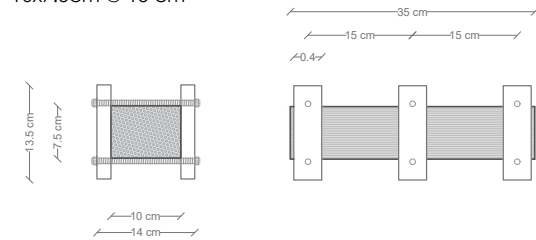
Prototipo P.07  
5x7.5 cm @ 15 cm



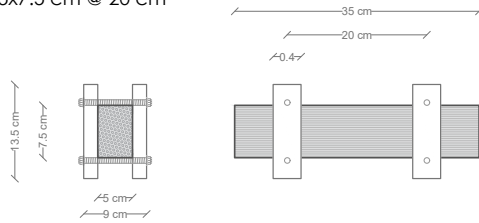
Prototipo P.08  
7.5x7.5 cm @ 15 cm



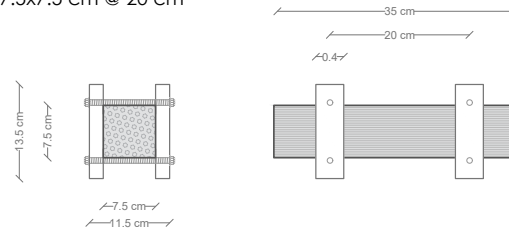
Prototipo P.09  
10x7.5cm @ 15 cm



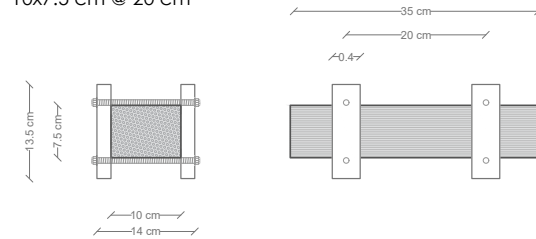
Prototipo P.07  
5x7.5 cm @ 20 cm



Prototipo P.08  
7.5x7.5 cm @ 20 cm



Prototipo P.09  
10x7.5 cm @ 20 cm

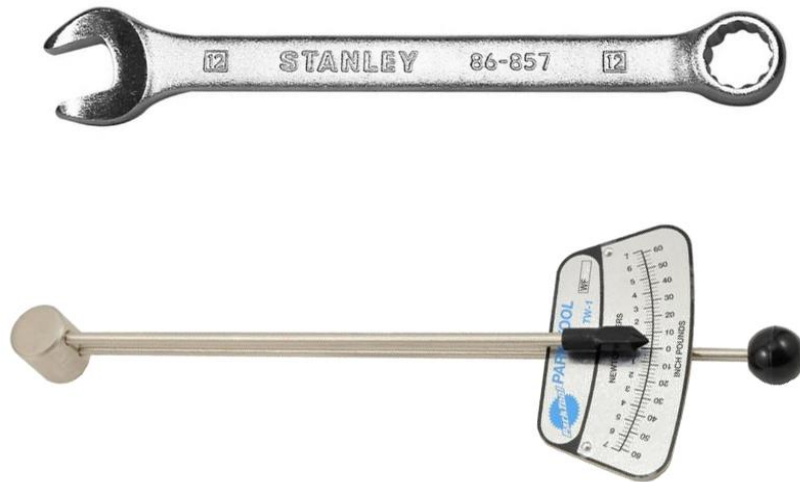


Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## Prensado

Una vez terminado el armado de prototipos se procede a prensarlo. Al inicio se prensó con llave para tuerca número № 12, seguidamente se utilizó una llave dinamométrica de tipo clic, de la marca ParkTool modelo TW-1. Se aplicó una fuerza de torque entre 5 kgf.cm hasta 20 kgf.cm. Esto ayudó a mantener una misma presión en las tuercas. Se pudo observar que el tamaño antes de ser prensado era aproximadamente dos veces el tamaño que se obtuvo al final. Este dato sirve para conocer la cantidad de totora que se utilizará en el proceso de armado, sabiendo que para una sección deseada se deberá utilizar aproximadamente dos veces el volumen final.

Figura 131. Llave № 12 y dinamómetro utilizado en el prensado



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 132. Prensado de prototipos mediante llave de tuerca



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 133. Prensado de prototipos mediante dinamómetro



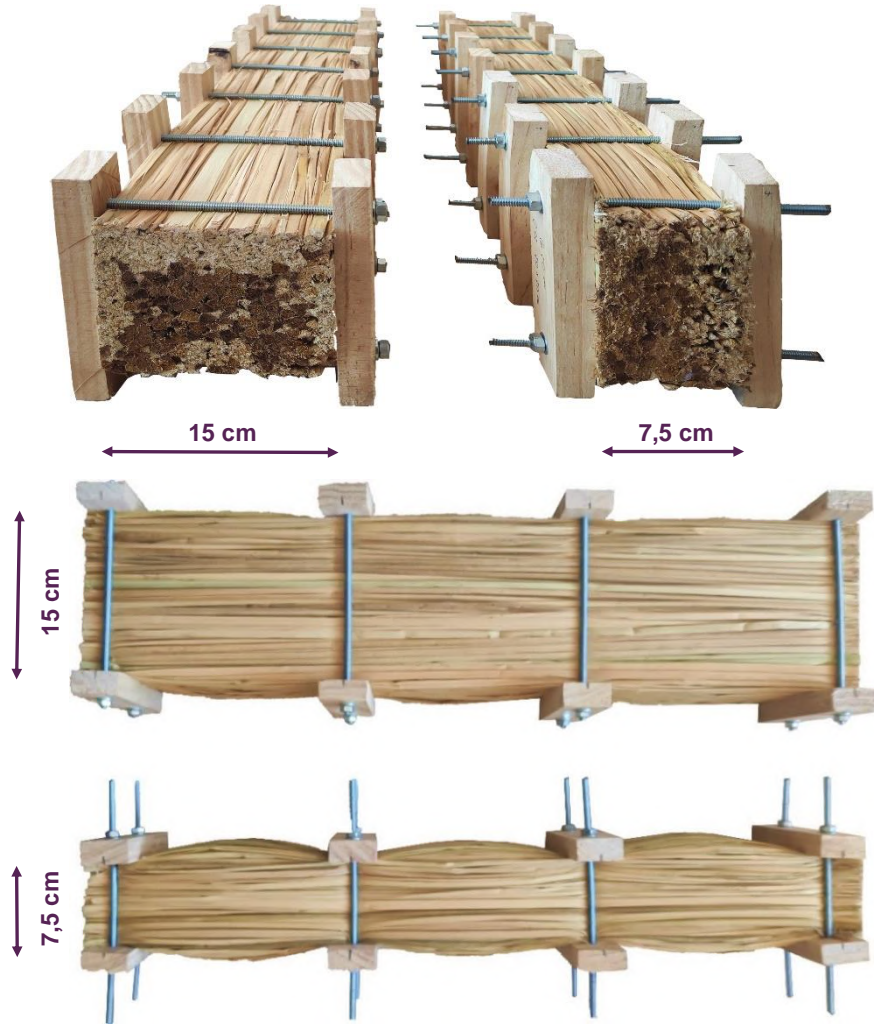
Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

- Prototipo P.01

Inicial: 15 x 7,5 cm

Final: 7,5 x 7,5 cm

Figura 134. Prensado prototipo P.01



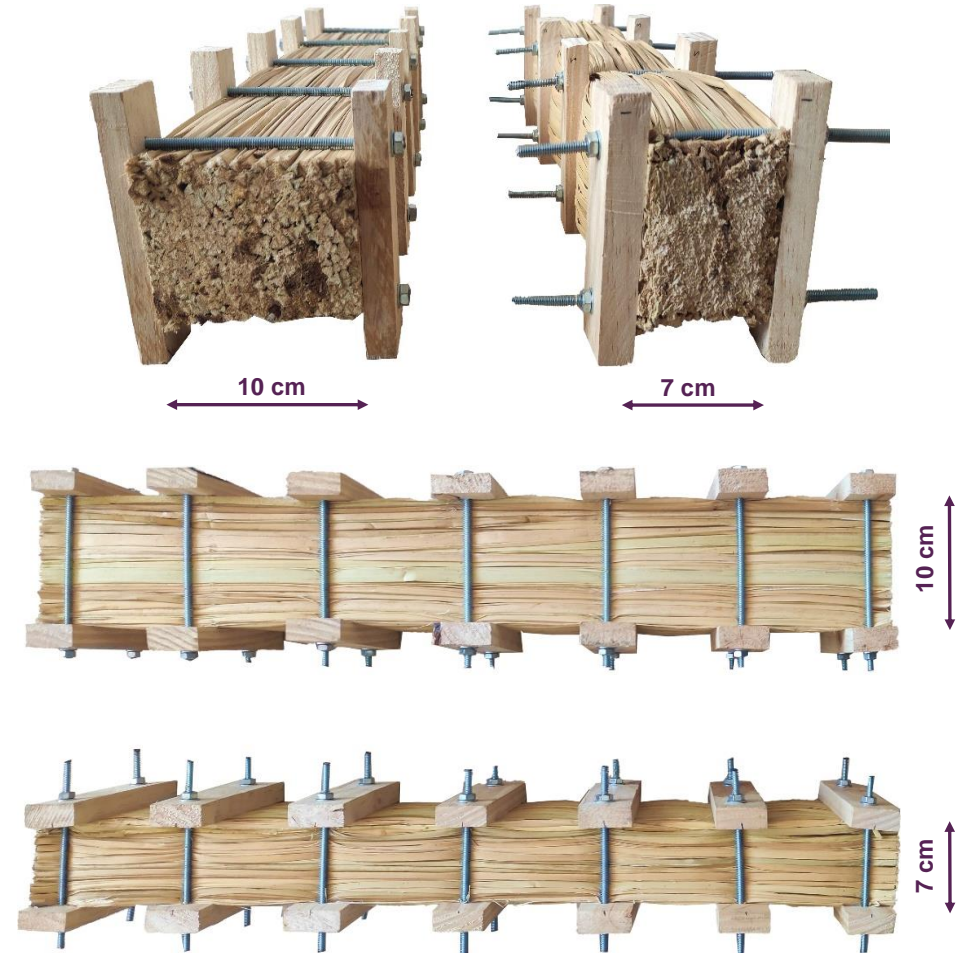
Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

- Prototipo P.02

Inicial: 10 x 10 cm

Final: 7 x 10 cm

Figura 135. Prensado prototipo P.02



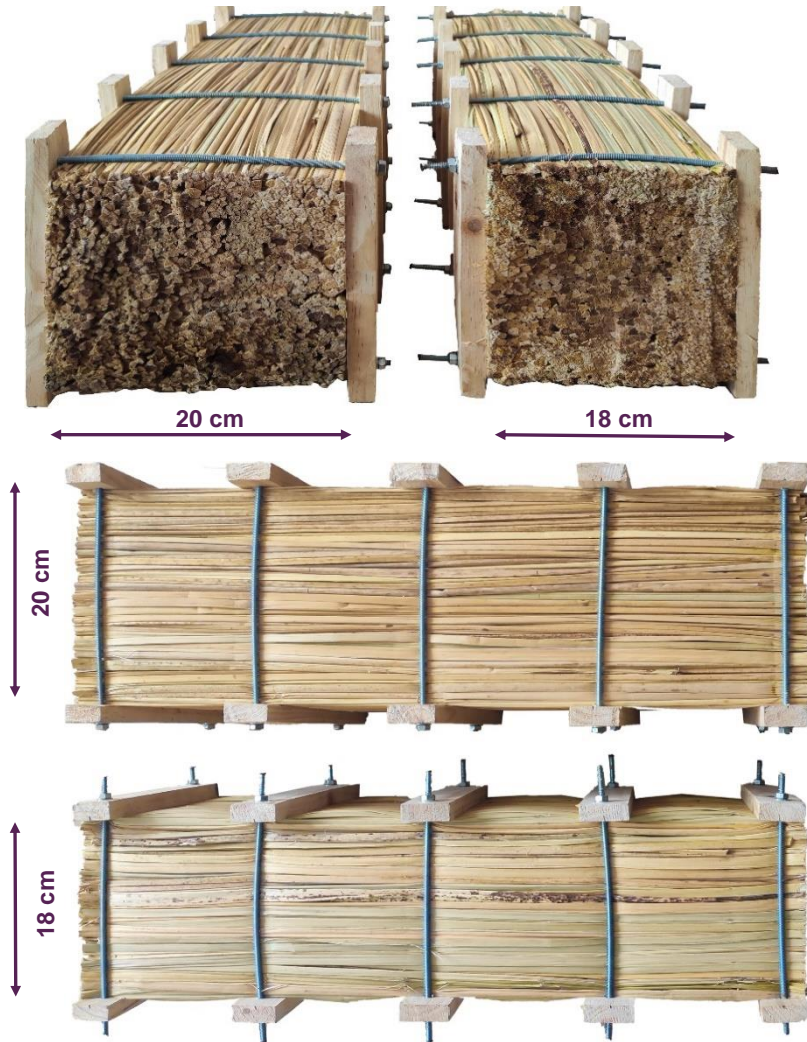
Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

- Prototipo P.03

Inicial: 20 x 20 cm

Final: 18 x 20 cm

Figura 136. Prensado prototipo P.03



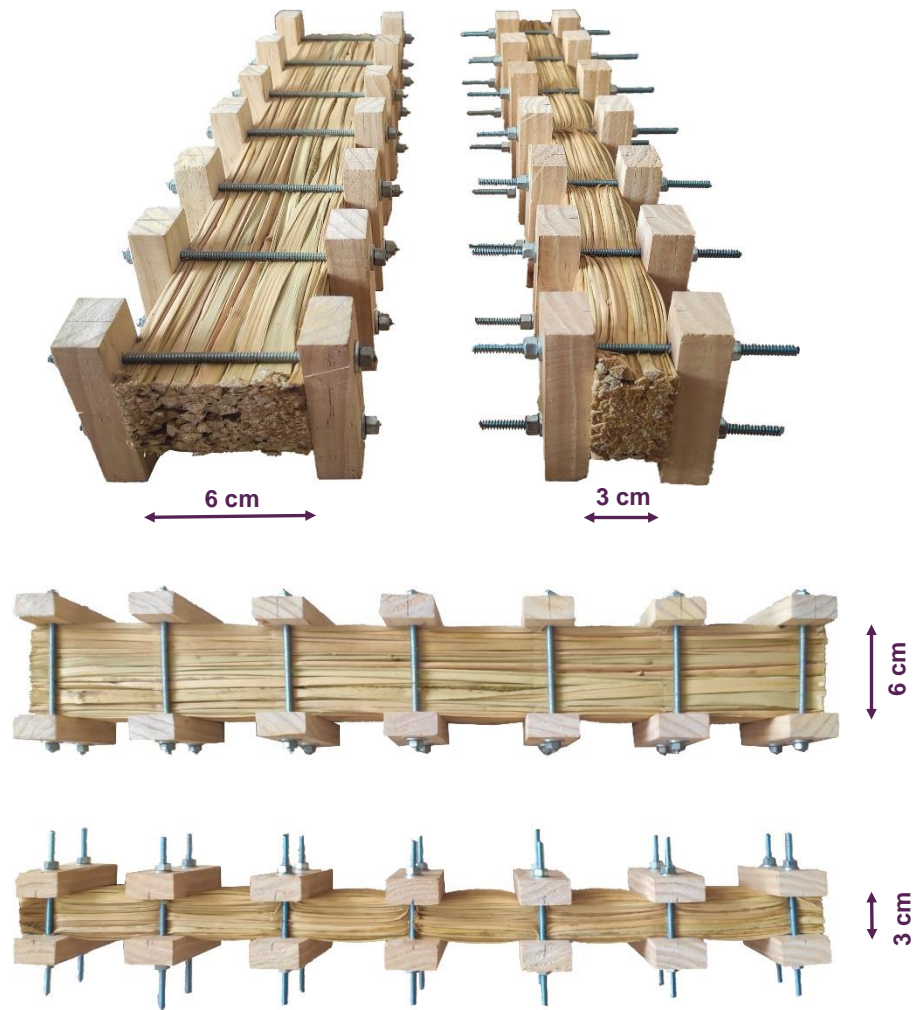
Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

- Prototipo P.04

Inicial: 6 x 5 cm

Final: 3 x 5 cm

Figura 137. Prensado prototipo P.04



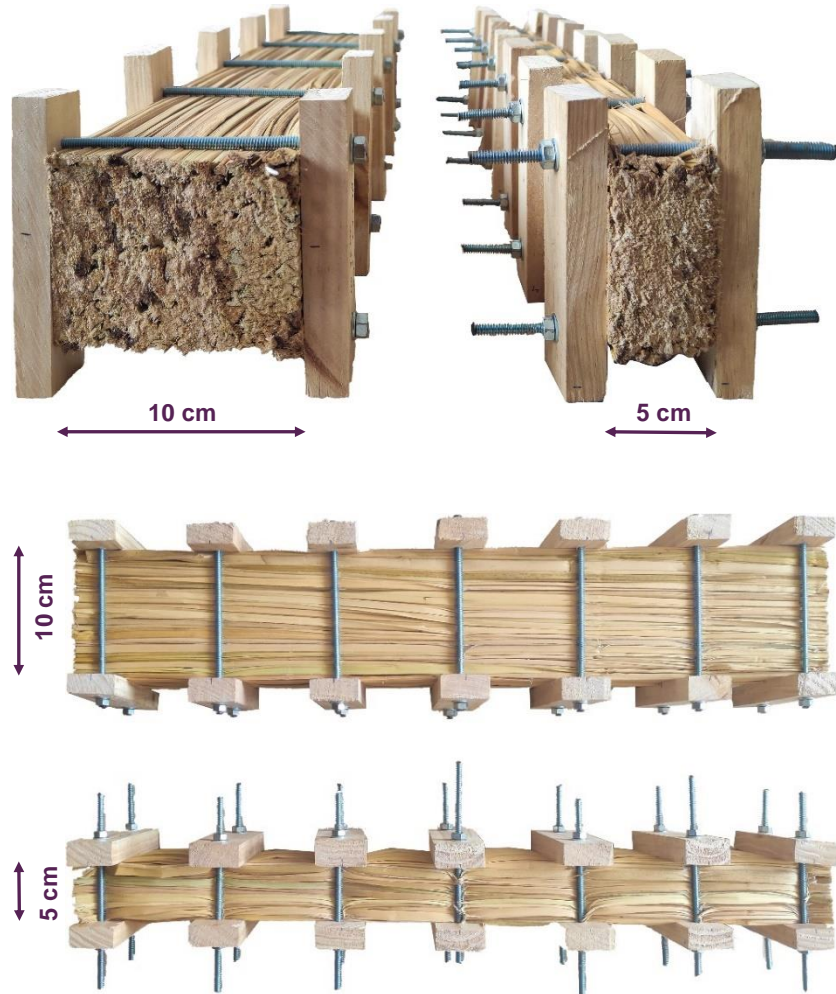
Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

- Prototipo P.05

Inicial: 10 x 7,5 cm

Final: 5 x 7,5 cm

Figura 138. Prensado prototipo P.05



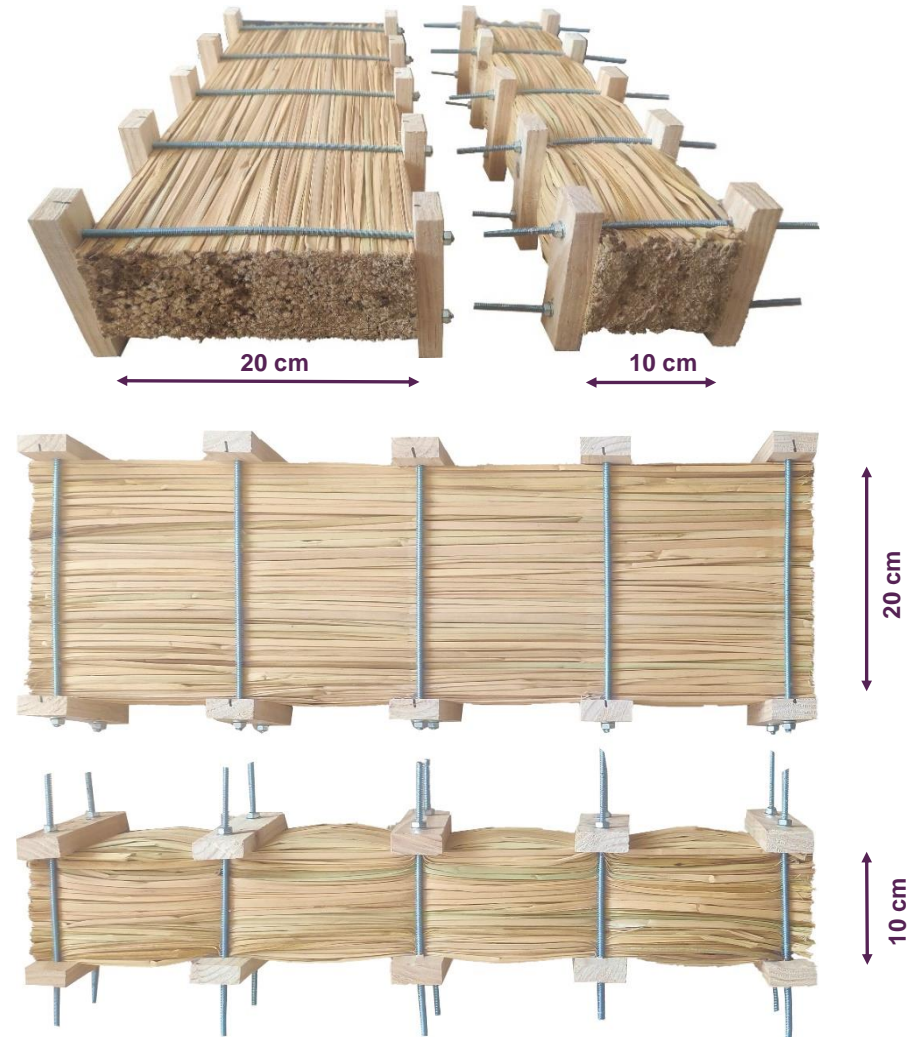
Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

- Prototipo P.06

Inicial: 20 x 7,5 cm

Final: 10 x 7,5 cm

Figura 139. Prensado prototipo P.06



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.



## Producto final

Figura 140. Prototipo final P.01 (7,5 x 7,5 cm @ 20, 15, 10 cm)



Figura 141. Prototipo final P.02 (7 x 10 cm @ 20, 15, 10 cm)



Figura 142. Prototipo final P.03 (18 x 20 @ 20, 15, 10 cm)



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 143. Prototipo final P.04 (3 x 5 cm @ 20, 15, 10 cm)



Figura 144. Prototipo final P.05 (5 x 7,5 cm @ 20, 15, 10 cm)



Figura 145. Prototipo final P.06 (10 x 7,5 cm @ 20, 15, 10 cm)



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 146. Prototipo final P.07 (5 x 7,5 cm @ 20, 15, 10 cm)



Figura 147. Prototipo final P.08 (7,5 x 7,5 cm @ 20, 15, 10 cm)



Figura 148. Prototipo final P.09 (10 x 7,5 cm @ 20, 15, 10 cm)



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

### 3.3 Ensayos mecánicos en laboratorio

Para analizar el comportamiento mecánico de los prototipos se realizaron ensayos de flexión y compresión. Estos ensayos se llevaron a cabo en las instalaciones de la Universidad de Cuenca, específicamente en el Laboratorio de Geología y Suelos de la Facultad de Ingeniería.

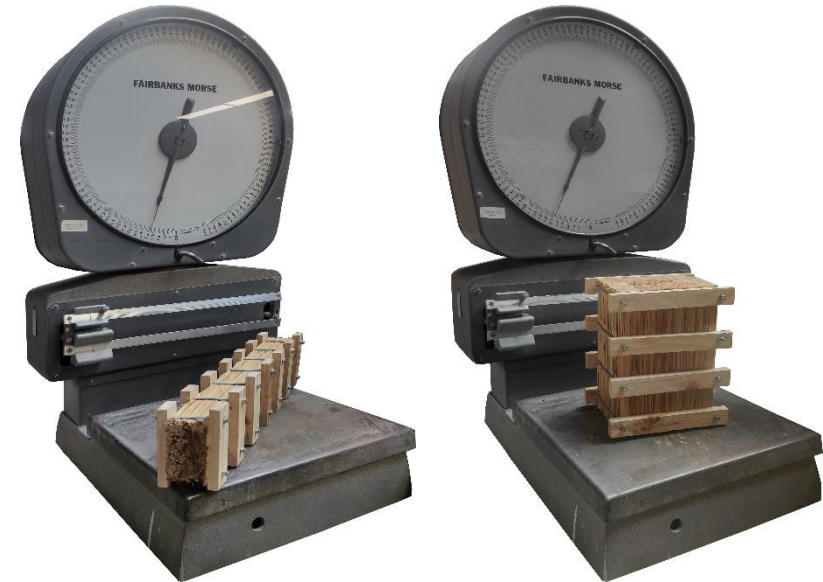
Los prototipos fueron previamente pesados en una báscula Fairbanks Morse del mismo laboratorio, conociendo el peso total del prototipo se procedió a restar el peso de los módulos de madera y varilla rosca para así conocer solo el peso de totora que fue utilizado en cada uno, en su mayoría los prototipos de cada tipo tenían pesos similares.

La maquinaria empleada para los ensayos de flexión y compresión fue una Shimadzu modelo Concreto 2000X, una máquina confiable y precisa en el ámbito de las pruebas de materiales. Esta máquina tiene una capacidad de prueba que oscila entre 40 y 2000 kN, y opera en un rango de 6 etapas, lo que garantiza la posibilidad de realizar pruebas con una amplia gama de cargas.

Se realizaron tres muestras de cada prototipo, la elección de utilizar tres muestras de cada prototipo fue fundamental para obtener resultados representativos y confiables. Al tomar un promedio de estos resultados, se logra una visión más precisa del comportamiento mecánico de los prototipos, lo que a su vez proporciona datos fundamentales para el análisis y la evaluación de su rendimiento estructural.

Esta metodología de prueba demuestra el compromiso con la calidad y la precisión en el estudio del comportamiento mecánico de los prototipos, contribuyendo así al estudio de este material en el campo de la arquitectura y la construcción.

Figura 149. Pesaje de prototipos



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 150. Prensa Shimadzu Concreto 2000X

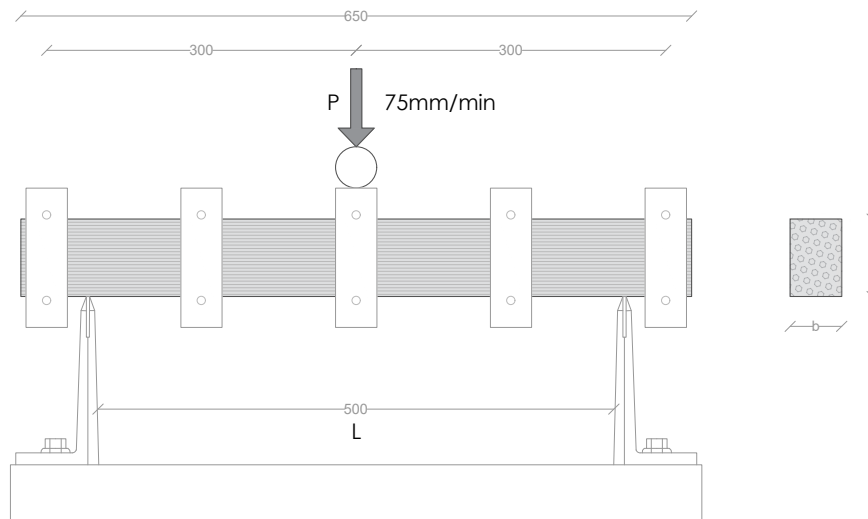


Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

### 3.3.1 Ensayos a flexión

El procedimiento llevado a cabo en los ensayos de flexión fue configurado según la normativa ASTM D4761-02a, empleando el método de 3 puntos, con una velocidad de carga constante de 75mm/min. La elección de una longitud constante de 65 cm para todos los prototipos se fundamentó en la intención de evaluar la influencia de la sección transversal en la resistencia de los elementos sometidos a prueba. Además, se mantuvo una distancia uniforme entre apoyos de 50 cm en todos los análisis, lo que proporciona coherencia en las condiciones del ensayo y facilita la comparación de resultados entre diferentes muestras. Es necesario aplicar la siguiente ecuación para determinar el esfuerzo a flexión.

Figura 151. Representación gráfica ensayos a flexión



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

$\sigma$  = Esfuerzo de flexión (N/mm<sup>2</sup>)

P = Carga máxima en el punto medio (N)

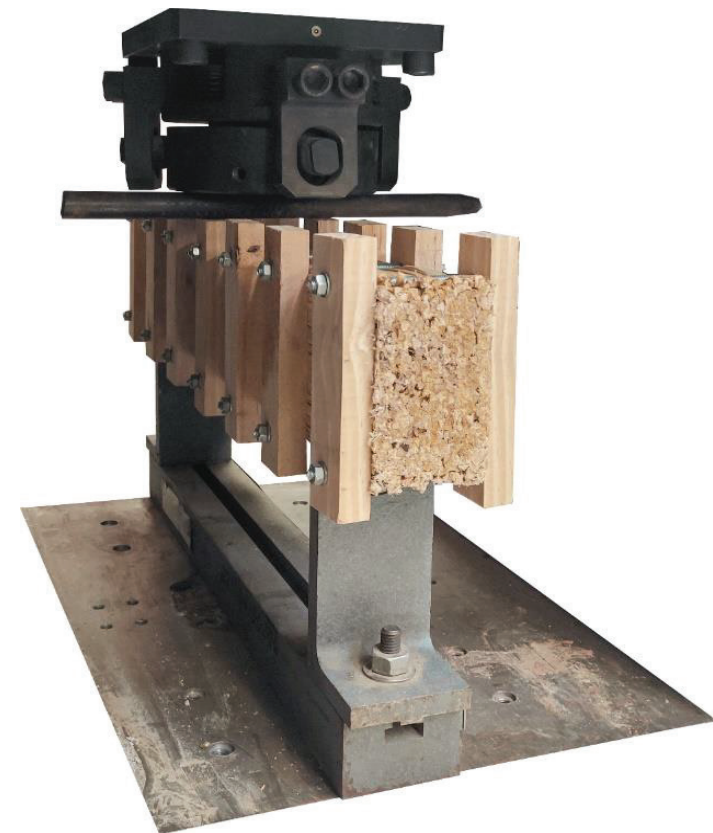
L = Distancia entre apoyos

b = Ancho del prototipo (mm)

d = Espesor del prototipo (mm)

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Figura 152. Ensayo mecánico de flexión



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

### 3.3.2 Ensayos a compresión

En la ejecución de los ensayos a compresión, se aplicó la normativa ASTM D4761-02a para compresión, utilizando una velocidad de carga constante de 75mm/min. Con el propósito de optimizar recursos y minimizar el desperdicio de material, se optó por reutilizar algunos prototipos previamente ensayados a flexión; específicamente los prototipos designados como P.01, P.04 y P.06. Para adaptarlos al nuevo ensayo, se realizaron cortes obteniendo longitudes de 35 cm, medida que se ajusta a las capacidades de la máquina para ensayos Shimadzu concreto 2000x. La longitud constante permite evaluar la influencia de las secciones en relación con la resistencia obtenida en los análisis. Se aplicó la siguiente ecuación para determinar el esfuerzo a compresión.

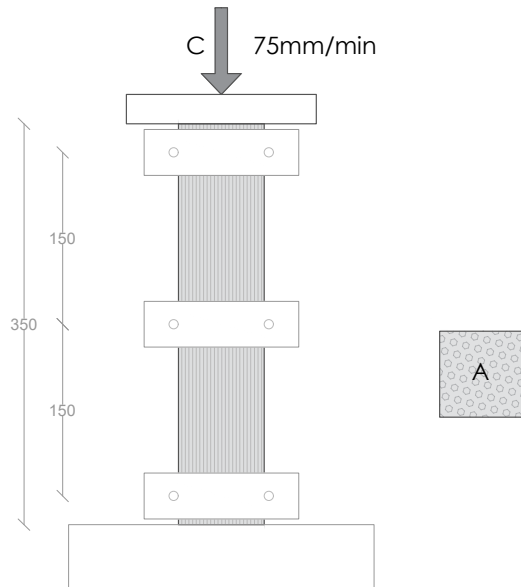
$\sigma$  = Esfuerzo de compresión (N/mm<sup>2</sup>)

C = Carga máxima (N)

A = Área de la superficie de contacto (mm<sup>2</sup>)

$$\sigma = \frac{C}{A}$$

Figura 153. Representación gráfica ensayos a compresión



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.







Figura 154. Ensayo mecánico de compresión



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.







### 3.3.3 Resultados esfuerzos máximos flexión y compresión

Tabla 17. Resultados cargas máximas aplicadas a flexión y compresión

Código Prototipo	Sección (mm)	Longitud (mm)	Torque (kg.cm)	Peso Total (kg)	Peso Totora (kg)	Flexión (N)	Flexión (N/mm <sup>2</sup> )	Compresión (N)	Compresión (N/mm <sup>2</sup> )	Fotografía
P.01.1 @ 20	75 x 75	650	12,5	1,8	1,2	1085,28	1,93	-	-	
<b>P.01.2 @ 20</b>	<b>75 x 75</b>	<b>650</b>	<b>12,5</b>	<b>2,0</b>	<b>1,4</b>	<b>1265,53</b>	<b>2,25</b>	-	-	
P.01.3 @ 20	75 x 75	650	10	1,7	1,1	953,992	1,70	-	-	
<b>P.01.1 @ 15</b>	<b>75 x 75</b>	<b>650</b>	<b>12,5</b>	<b>2,0</b>	<b>1,25</b>	<b>1193,37</b>	<b>2,12</b>	-	-	
P.01.2 @ 15	75 x 75	650	10	1,8	1,05	1045,23	1,86	-	-	
P.01.3 @ 15	75 x 75	650	12,5	2,0	1,25	1023,61	1,82	-	-	

Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.







Tabla 17. Resultados cargas máximas aplicadas a flexión y compresión

Código Prototipo	Sección (mm)	Longitud (mm)	Torque (kg.cm)	Peso Total (kg)	Peso Totoral (kg)	Flexión (N)	Flexión (N/mm <sup>2</sup> )	Compresión (N)	Compresión (N/mm <sup>2</sup> )	Fotografía
P.01.1 @ 10	75 x 75	650	12,5	2,4	1,35	1435,60	2,55	-	-	
P.01.2 @ 10	75 x 75	650	10	2,3	1,25	1361,21	2,42	-	-	
<b>P.01.3 @ 10</b>	<b>75 x 75</b>	<b>650</b>	<b>12,5</b>	<b>2,5</b>	<b>1,45</b>	<b>1550,67</b>	<b>2,76</b>	-	-	
P.02.1 @ 20	70x100	650	10	2,0	1,3	950,18	1,02	-	-	
P.02.2 @ 20	70x100	650	15	2,0	1,3	1480,42	1,59	-	-	
<b>P.02.3 @ 20</b>	<b>70x100</b>	<b>650</b>	<b>20</b>	<b>2,2</b>	<b>1,5</b>	<b>1499,49</b>	<b>1,61</b>	-	-	

Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.









Tabla 17. Resultados cargas máximas aplicadas a flexión y compresión

Código Prototipo	Sección (mm)	Longitud (mm)	Torque (kg.cm)	Peso Total (kg)	Peso Totora (kg)	Flexión (N)	Flexión (N/mm <sup>2</sup> )	Compresión (N)	Compresión (N/mm <sup>2</sup> )	Fotografía
P.02.1 @ 15	70x100	650	20	2,2	1,33	1539,23	1,65	-	-	
P.02.2 @ 15	70x100	650	15	2,2	1,33	1492,18	1,60	-	-	
P.02.3 @ 15	70x100	650	10	2,1	1,23	1043,00	1,12	-	-	
P.02.1 @ 10	70x100	650	7,5	2,4	1,18	1253,45	1,34	-	-	
P.02.2 @ 10	70x100	650	12,5	2,5	1,28	1497,59	1,60	-	-	
P.02.3 @ 10	70x100	650	10	2,5	1,28	1420,98	1,52	-	-	







Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Tabla 17. Resultados cargas máximas aplicadas a flexión y compresión

Código Prototipo	Sección (mm)	Longitud (mm)	Torque (kg.cm)	Peso Total (kg)	Peso Totora (kg)	Flexión (N)	Flexión (N/mm <sup>2</sup> )	Compresión (N)	Compresión (N/mm <sup>2</sup> )	Fotografía
P.03.1 @ 20	180x200	350	15	2,7	2,15	-	-	14519,4	0,40	
P.03.2 @ 20	180x200	350	12,5	2,4	1,85	-	-	5999,88 (Este valor no es válido, debido a que el ensayo se paró repentinamente)	-	
<b>P.03.3 @ 20</b>	<b>180x200</b>	<b>350</b>	<b>15</b>	<b>2,9</b>	<b>2,35</b>	-	-	<b>17109,2</b>	<b>0,48</b>	
P.03.1 @ 15	180x200	350	12,5	3,0	2,17	-	-	17787,0	0,49	
<b>P.03.2 @ 15</b>	<b>180x200</b>	<b>350</b>	<b>15</b>	<b>3,1</b>	<b>2,27</b>	-	-	<b>21147,4</b>	<b>0,59</b>	
P.03.3 @ 15	180x200	350	10	2,9	2,07	-	-	15409,2	0,43	







Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Tabla 17. Resultados cargas máximas aplicadas a flexión y compresión

Código Prototipo	Sección (mm)	Longitud (mm)	Torque (kg.cm)	Peso Total (kg)	Peso Totora (kg)	Flexión (N)	Flexión (N/mm <sup>2</sup> )	Compresión (N)	Compresión (N/mm <sup>2</sup> )	Fotografía
P.03.1 @ 10	180x200	350	12,5	3,4	2,3	-	-	20717,6	0,58	
P.03.2 @ 10	180x200	350	7,5	3,3	2,2	-	-	16383,2	0,46	
P.03.3 @ 10	180x200	350	10	3,2	2,1	-	-	14031,7	0,39	
P.04.1 @ 20	30 x 50	650	7,5	1,00	0,52	313,44	0,28 (Este valor no es válido, debido a que la carga es muy baja)	-	-	
P.04.2 @ 20	30 x 50	650	7,5	1,00	0,52	384,65	0,34 (Este valor no es válido, debido a que la carga es muy baja)	-	-	
P.04.3 @ 20	30 x 50	650	5	0,90	0,42	288,64	0,26 (Este valor no es válido, debido a que la carga es muy baja)	-	-	







Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Tabla 17. Resultados cargas máximas aplicadas a flexión y compresión

Código Prototipo	Sección (mm)	Longitud (mm)	Torque (kg.cm)	Peso Total (kg)	Peso Totora (kg)	Flexión (N)	Flexión (N/mm <sup>2</sup> )	Compresión (N)	Compresión (N/mm <sup>2</sup> )	Fotografía
P.04.1 @ 15	30 x 50	650	7,5	1,00	0,4	581,74	0,52 (Este valor no es válido, debido a que la carga es muy baja)	-	-	
<b>P.04.2 @ 15</b>	30 x 50	<b>650</b>	<b>10</b>	<b>1,20</b>	<b>0,6</b>	<b>678,70</b>	<b>0,60</b> (Este valor no es válido, debido a que la carga es muy baja)	-	-	
P.04.3 @ 15	30 x 50	650	10	1,20	0,6	654,22	0,58 (Este valor no es válido, debido a que la carga es muy baja)	-	-	
<b>P.04.1 @ 10</b>	30 x 50	<b>650</b>	<b>10</b>	<b>1,50</b>	<b>0,66</b>	<b>672,66</b>	<b>0,60</b> (Este valor no es válido, debido a que la carga es muy baja)	-	-	
P.04.2 @ 10	30 x 50	650	10	1,40	0,56	540,10	0,48 (Este valor no es válido, debido a que la carga es muy baja)	-	-	
P.04.3 @ 10	30 x 50	650	7,5	1,40	0,56	636,10	0,56 (Este valor no es válido, debido a que la carga es muy baja)	-	-	







Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Tabla 17. Resultados cargas máximas aplicadas a flexión y compresión

Código Prototipo	Sección (mm)	Longitud (mm)	Torque (kg.cm)	Peso Total (kg)	Peso Totora (kg)	Flexión (N)	Flexión (N/mm <sup>2</sup> )	Compresión (N)	Compresión (N/mm <sup>2</sup> )	Fotografía
P.05.1 @ 20	50 x 75	650	12,5	1,6	1,03	1018,84	2,72	-	-	
P.05.2 @ 20	50 x 75	650	15	1,6	1,03	1469,29	3,91	-	-	
<b>P.05.3 @ 20</b>	<b>50 x 75</b>	<b>650</b>	<b>15</b>	<b>1,5</b>	<b>0,93</b>	<b>1501,72</b>	<b>4,01</b>	-	-	
P.05.1 @ 15	50 x 75	650	10	1,7	0,98	1367,89	3,65	-	-	
P.05.2 @ 15	50 x 75	650	10	1,7	0,98	1149,50	3,07	-	-	
<b>P.05.3 @ 15</b>	<b>50 x 75</b>	<b>650</b>	<b>12,5</b>	<b>1,8</b>	<b>1,08</b>	<b>1478,83</b>	<b>3,94</b>	-	-	







Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Tabla 17. Resultados cargas máximas aplicadas a flexión y compresión

Código Prototipo	Sección (mm)	Longitud (mm)	Torque (kg.cm)	Peso Total (kg)	Peso Totora (kg)	Flexión (N)	Flexión (N/mm <sup>2</sup> )	Compresión (N)	Compresión (N/mm <sup>2</sup> )	Fotografía
P.05.1 @ 10	50 x 75	650	10	2,2	1,2	1501,40	4,01	-	-	
P.05.2 @ 10	50 x 75	650	10	2,1	1,1	1486,14	3,96	-	-	
<b>P.05.3 @ 10</b>	<b>50 x 75</b>	<b>650</b>	<b>12,5</b>	<b>2,1</b>	<b>1,1</b>	<b>1515,07</b>	<b>4,04</b>	-	-	
P.06.1 @ 20	100 x 75	650	15	2,3	1,67	1519,52	2,03	-	-	
P.06.2 @ 20	100 x 75	650	12,5	2,4	1,77	1461,98	1,95	-	-	
P.06.3 @ 20	100 x 75	650	15	2,2	1,57	1422,88	1,90	-	-	







Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Tabla 17. Resultados cargas máximas aplicadas a flexión y compresión

Código Prototipo	Sección (mm)	Longitud (mm)	Torque (kg.cm)	Peso Total (kg)	Peso Totora (kg)	Flexión (N)	Flexión (N/mm <sup>2</sup> )	Compresión (N)	Compresión (N/mm <sup>2</sup> )	Fotografía
P.06.1 @ 15	100 x 75	650	10	2,4	1,62	1536,69	2,05	-	-	
P.06.2 @ 15	100 x 75	650	15	2,5	1,72	1707,71	2,28	-	-	
<b>P.06.3 @ 15</b>	<b>100 x 75</b>	<b>650</b>	<b>15</b>	<b>2,6</b>	<b>1,82</b>	<b>1715,02</b>	<b>2,29</b>	-	-	
<b>P.06.1 @ 10</b>	<b>100 x 75</b>	<b>650</b>	<b>15</b>	<b>2,9</b>	<b>1,80</b>	<b>2057,39</b>	<b>2,74</b>	-	-	
P.06.2 @ 10	100 x 75	650	12,5	2,6	1,50	1496,95	2,00	-	-	
P.06.3 @ 10	100 x 75	650	15	2,8	1,70	1870,16	2,49	-	-	

Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.



Tabla 17. Resultados cargas máximas aplicadas a flexión y compresión

Código Prototipo	Sección (mm)	Longitud (mm)	Torque (kg.cm)	Peso Total (kg)	Peso Totora (kg)	Flexión (N)	Flexión (N/mm <sup>2</sup> )	Compresión (N)	Compresión (N/mm <sup>2</sup> )	Fotografía
P.07.1 @ 20	50 x 75	350	7,5	0,8	0,52	-	-	3080,69	0,82	
<b>P.07.2 @ 20</b>	<b>50 x 75</b>	<b>350</b>	<b>7,5</b>	<b>0,9</b>	<b>0,62</b>	-	-	<b>4048,98</b>	<b>1,08</b>	
P.07.3 @ 20	50 x 75	350	5	0,8	0,52	-	-	3308,61	0,88	
<b>P.07.1 @ 15</b>	<b>50 x 75</b>	<b>350</b>	<b>10</b>	<b>0,9</b>	<b>0,47</b>	-	-	<b>4542,35</b>	<b>1,21</b>	
P.07.2 @ 15	50 x 75	350	10	0,9	0,47	-	-	3021,24	0,81	
P.07.3 @ 15	50 x 75	350	7,5	1,0	0,57	-	-	3150,94	0,84	

Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.









Tabla 17. Resultados cargas máximas aplicadas a flexión y compresión

Código Prototipo	Sección (mm)	Longitud (mm)	Torque (kg.cm)	Peso Total (kg)	Peso Totora (kg)	Flexión (N)	Flexión (N/mm <sup>2</sup> )	Compresión (N)	Compresión (N/mm <sup>2</sup> )	Fotografía
P.07.1 @ 10	50 x 75	350	10	1,2	0,63	-	-	4533,77	1,21	
P.07.2 @ 10	50 x 75	350	10	1,1	0,53	-	-	3630,64	0,97	
<b>P.07.3 @ 10</b>	<b>50 x 75</b>	<b>350</b>	<b>12,5</b>	<b>1,3</b>	<b>0,73</b>	-	-	<b>5285,26</b>	<b>1,41</b>	
P.08.1 @ 20	75 x 75	350	12,5	1,0	0,7	-	-	4340,49	0,77	
<b>P.08.2 @ 20</b>	<b>75 x 75</b>	<b>350</b>	<b>12,5</b>	<b>1,1</b>	<b>0,8</b>	-	-	<b>5887,03</b>	<b>1,05</b>	
P.08.3 @ 20	75 x 75	350	10	1,0	0,7	-	-	4323,96	0,77	







Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Tabla 17. Resultados cargas máximas aplicadas a flexión y compresión

Código Prototipo	Sección (mm)	Longitud (mm)	Torque (kg.cm)	Peso Total (kg)	Peso Totora (kg)	Flexión (N)	Flexión (N/mm <sup>2</sup> )	Compresión (N)	Compresión (N/mm <sup>2</sup> )	Fotografía
P.08.1 @ 15	75 x 75	350	12,5	1,1	0,65	-	-	3889,72	0,69	
P.08.2 @ 15	75 x 75	350	10	1,0	0,55	-	-	3789,27	0,67	
<b>P.08.3 @ 15</b>	<b>75 x 75</b>	<b>350</b>	<b>12,5</b>	<b>1,1</b>	<b>0,65</b>	-	-	<b>4509,93</b>	<b>0,80</b>	
<b>P.08.1 @ 10</b>	<b>75 x 75</b>	<b>350</b>	<b>12,5</b>	<b>1,4</b>	<b>0,8</b>	-	-	<b>5909,6</b>	<b>1,05</b>	
P.08.2 @ 10	75 x 75	350	10	1,3	0,7	-	-	4196,49	0,75	
P.08.3 @ 10	75 x 75	350	12,5	1,4	0,8	-	-	5119,96	0,91	




Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Tabla 17. Resultados cargas máximas aplicadas a flexión y compresión

Código Prototipo	Sección (mm)	Longitud (mm)	Torque (kg.cm)	Peso Total (kg)	Peso Totorá (kg)	Flexión (N)	Flexión (N/mm <sup>2</sup> )	Compresión (N)	Compresión (N/mm <sup>2</sup> )	Fotografía
P.09.1 @ 20	100 x 75	350	15	1,2	0,9	-	-	4849,12	0,65	
P.09.2 @ 20	100 x 75	350	12,5	1,2	0,9	-	-	5669,59	0,76	
<b>P.09.3 @ 20</b>	<b>100 x 75</b>	<b>350</b>	<b>15</b>	<b>1,3</b>	<b>1,0</b>	-	-	<b>6675,40</b>	<b>0,89</b>	
P.09.1 @ 15	100 x 75	350	10	1,4	0,93	-	-	6437,94	0,86	
<b>P.09.2 @ 15</b>	<b>100 x 75</b>	<b>350</b>	<b>15</b>	<b>1,5</b>	<b>1,03</b>	-	-	<b>7171,31</b>	<b>0,96</b>	
P.09.3 @ 15	100 x 75	350	15	1,4	0,93	-	-	6678,90	0,89	

Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Tabla 17. Resultados cargas máximas aplicadas a flexión y compresión

Código Prototipo	Sección (mm)	Longitud (mm)	Torque (kg.cm)	Peso Total (kg)	Peso Totora (kg)	Flexión (N)	Flexión (N/mm <sup>2</sup> )	Compresión (N)	Compresión (N/mm <sup>2</sup> )	Fotografía
P.09.1 @ 10	100 x 75	350	7,5	1,2	0,57	-	-	6091,75	0,81	
P.09.2 @ 10	100 x 75	350	12,5	1,5	0,87	-	-	10491,4	1,40	
<b>P.09.3 @ 10</b>	<b>100 x 75</b>	<b>350</b>	<b>15</b>	<b>1,6</b>	<b>0,97</b>	-	-	<b>10941,8</b>	<b>1,46</b>	

Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## 3.4 Análisis promedio de resultados

Tabla 18. Resumen de resultados a flexión

Código Prototipo	Sección (mm)	Largo (mm)	Densidad (gr*cm3)	Flexión (N/mm2)	Código Prototipo	Sección (mm)	Largo (mm)	Densidad (gr*cm3)	Flexión (N/mm2)	Código Prototipo	Sección (mm)	Largo (mm)	Densidad (gr*cm3)	Flexión (N/mm2)
P.01 @ 10	75x75	650	0,37	2,58	P.04 @ 10	30x50	650	0,61	0,55	P.06 @ 10	100x75	650	0,34	2,41
P.01 @ 15	75x75	650	0,32	1,93	P.04 @ 15	30x50	650	0,55	0,57	P.06 @ 15	100x75	650	0,35	2,21
P.01 @ 20	75x75	650	0,34	1,96	P.04 @ 20	30x50	650	0,50	0,29	P.06 @ 20	100x75	650	0,34	1,96
P.02 @ 10	70x100	650	0,27	1,49	P.05 @ 10	50x75	650	0,46	4,00					
P.02 @ 15	70x100	650	0,28	1,46	P.05 @ 15	50x75	650	0,42	3,55					
P.02 @ 20	70x100	650	0,30	1,41	<b>P.05 @ 20</b>	<b>50x75</b>	<b>650</b>	<b>0,41</b>	<b>3,55</b>					

Tabla 19. Resumen de resultados a compresión

Código Prototipo	Sección (mm)	Largo (mm)	Densidad (gr*cm3)	Compresión (N/mm2)	Código Prototipo	Sección (mm)	Largo (mm)	Densidad (gr*cm3)	Compresión (N/mm2)
P.03 @ 10	180x200	350	0,17	0,48	P.08 @ 10	75x75	35	0,39	0,90
P.03 @ 15	180x200	350	0,17	0,50	P.08 @ 15	75x75	35	0,31	0,72
P.03 @ 20	180x200	350	0,17	0,44	P.08 @ 20	75x75	35	0,37	0,86
P.07 @ 10	50x75	350	0,48	1,20	P.09 @ 10	100x75	350	0,31	1,22
P.07 @ 15	50x75	350	0,38	0,95	P.09 @ 15	100x75	350	0,37	0,90
P.07 @ 20	50x75	350	0,42	0,92	<b>P.09 @ 20</b>	<b>100x75</b>	<b>350</b>	<b>0,36</b>	<b>0,77</b>

Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

### 3.5 Análisis matriz de correlación y regresión lineal

Se llevó a cabo un análisis estadístico con el objetivo de interpretar las relaciones entre diversas variables. Las variables independientes consistieron en parámetros predefinidos, tales como el área de sección, densidad, torque y distancia entre prensas. Por otro lado, las variables dependientes fueron la resistencia a compresión y flexión de los prototipos.

El método estadístico empleado fue la matriz de correlación y regresión lineal. Estos análisis fueron ejecutados mediante el programa SPSS.

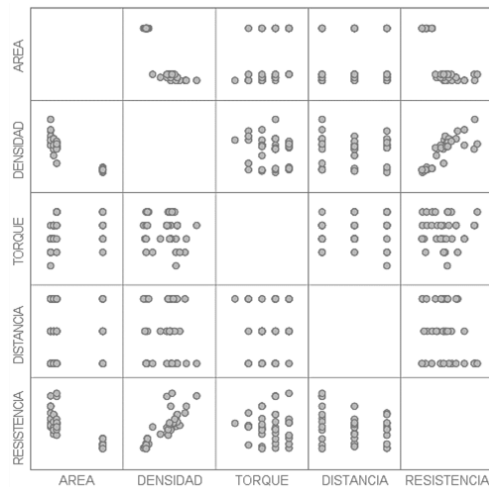
La matriz de correlación se utiliza para identificar patrones de asociación entre dos o más variables, lo cual es importante para comprender interdependencia entre diferentes variables. Por otro lado, la regresión lineal permite predecir o estimar el valor de la variable dependiente en función de los valores de las variables independientes.

Del análisis visual de la matriz de correlación (Figura 155), aparentemente se identifica que el área del prototipo cuando está es menor, tiene mayor resistencia, en cuanto a la densidad a mayor densidad mayor resistencia. Por otro lado, variables como torque y distancia presenta valores dispersos.

Si el valor de significancia en una regresión lineal es menor que 0.05, se considera que el coeficiente es significativamente diferente de cero. Esto proporciona evidencia de que hay una relación significativa entre la variable independiente y la variable dependiente.

De la prueba de ajuste del modelo de regresión lineal entre las variables y la resistencia a compresión (Tabla 20), se puede deducir que, existe una relación significativa entre la variable densidad, con un valor de significancia de 0.002 del modelo de regresión lineal, que indica que existe una relación significativa en su resistencia. Por otro lado, la variable distancia entre prensas, con un valor de significancia de 0.003 presenta también una relación significativa en su resistencia. Por último, la variable torque con una significancia de 0.098 tiene una influencia media en la resistencia.

Figura 155. Matriz de correlación de variables frente a compresión



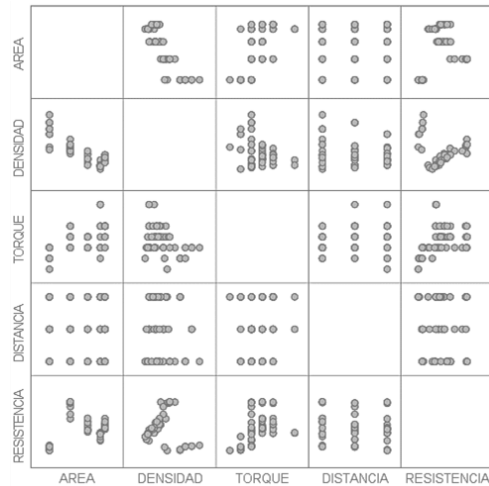
Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Tabla 20. Significancia de los coeficientes de regresión en resistencia a compresión

Coeficientes <sup>a</sup>		Coeficientes B	Error	t	Significancia
1	(Constante)	,424	,256	1,658	,107
	Área	,000	,000	-1,032	,310
	Densidad	1,724	,518	3,325	,002
	Torque	,017	,010	1,705	,098
	Distancia prensas	-,020	,006	-3,166	,003

Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Figura 156. Matriz de correlación de variables frente a flexión



Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
 Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

Del análisis visual de la matriz de correlación (Figura 156), aparentemente se identifica que, para el área del prototipo, cuando está es mayor, tiene mayor resistencia, en cuanto al torque a mayor torque mayor resistencia. Por otro lado, variables como densidad y distancia presenta valores dispersos.

De la prueba de ajuste del modelo de regresión lineal entre las variables y la resistencia a flexión (Tabla 21), se puede deducir que, existe una relación significativa entre la variable torque, con un valor de significancia de 0.009 del modelo de regresión lineal, que indica que existe una relación significativa en su resistencia. Por otro lado, la variable distancia entre prensas, con un valor de significancia de 0.074 tiene una influencia media en la resistencia.

Tabla 21. Significancia de los coeficientes de regresión en resistencia a flexión

Coeficientes <sup>a</sup>		Coeficientes B	Error	t	Significancia
1	(Constante)	3,727	2,050	1,818	,077
	Área	-,021	,017	-1,274	,210
	Densidad	-4,341	3,165	-1,372	,178
	Torque	,183	,067	2,751	,009
	Distancia prensas	-,074	,041	-1,835	,074

Fuente: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.  
 Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.

## 3.6 Comparación de resultados

Durante las pruebas realizadas en el laboratorio, se analizó el comportamiento de los prototipos frente a esfuerzos de flexión y compresión. Se obtuvo un promedio de los resultados de tres muestras de cada prototipo para lograr una evaluación más precisa de su comportamiento mecánico.

El prototipo seleccionado para ser utilizado como viga fue el P.05, con una separación de las prensas de 20 cm y una sección de 50x75 mm, alcanzando un esfuerzo a flexión de 3,55 MPa. La elección de este prototipo con una separación de 20 cm se basó en la eficiencia en la utilización de materiales y la reducción del tiempo de mano de obra.

En cuanto al prototipo destinado para ser utilizado como columna fue el P.09, con una separación entre las prensas de 20 cm y una sección de 100x75 mm, alcanzó un esfuerzo a compresión de 0,76 MPa. Al igual que el prototipo utilizado para vigas secundarias no estructurales, se optó por la separación de 20 cm debido a la eficiencia en la utilización de materiales y mano de obra.

En relación con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC – SE – MD Madera, se observó que ningún prototipo se encuentra dentro los esfuerzos admisibles a flexión y compresión para maderas, siendo el esfuerzo mínimo admisible de 10 MPa en flexión, y 8 MPa en compresión.

Además de comparar resultados con la Norma Técnica, es crucial comparar estos prototipos con otros elaborados a partir de fibras de totora. En este sentido, se llevaron a cabo comparaciones con los resultados obtenidos en diversas investigaciones sobre elementos construidos con totora, y los valores resultantes se resumen en la tabla 22.



Tabla 22. Datos de resistencia de la totora reportada por distintas fuentes

Descripción prototipo	Espesor (mm)	Aglomerante / Tensión	Resistencia a Flexión N/mm <sup>2</sup>	Resistencia a Compresión N/mm <sup>2</sup>	Referencia
Probeta de totora contralaminada	50	Polivinil acetato	0,81	-	(Culcay 2014)
Probeta de totora paralela	112	Polivinil acetato	0.16	-	(Culcay 2014)
Probeta de totora perpendicular al plano	125	Polivinil acetato	-	0.60	(Culcay 2014)
Probeta de totora triturada	13 ± 2	Adhesivos naturales	0,48 ± 0,16	-	(Aza-Medina, 2016)
Probeta de totora contralaminada	13 ± 2	Adhesivos naturales	7,46 ± 1,07	-	(Aza-Medina, 2016)
Prisma tubular totora	200	Amarre tallo hilacha + Pegamento bituminoso	-	6,9	(Molina-Jara, 2018)
Rollo de totora amarrado con tensión	100	Amarre con tensión media	-	3,70	(Hidalgo-Cordero, 2018)
Probeta de totora con aglomerante	265	Pegante para madera Q1K	-	2,34	(Zambrano, 2018)
Panel compuesto de totora y resina	30	Resina de poliéster	8,92	-	(Hugo, 2018)
Panel compuesto de totora y resina	40	Resina de poliéster	-	8,24	(Hugo, 2018)
Prisma tubular totora	150	Amarre tallo + Polialuminio	-	2,56	(Jara, 2020)
Probeta de totora prensada	75	Prensa mecánica de madera	4,00	-	(Zabala-Zabala,2024)
Probeta de totora prensada	100	Prensa mecánica de madera	-	1,22	(Zabala-Zabala,2024)

Fuente: Hidalgo Cordero & García Navarro, 2018. Elaboración: Zabala-Zabala. Universidad de Cuenca, 2024.