



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIOAMBIENTALES

CARRERA DE ARQUITECTURA SOSTENIBLE

**DISEÑO DE UNA EDIFICACIÓN DEMOSTRATIVA COMBINANDO
ECOMATERIALES**

Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de:

ARQUITECTO SOSTENIBLE

AUTOR:

JAIRO VINICIO VILLALVA BENAVIDES

Tena – Ecuador

2024



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIOAMBIENTALES

CARRERA DE ARQUITECTURA SOSTENIBLE

**DISEÑO DE UNA EDIFICACIÓN DEMOSTRATIVA COMBINANDO
ECOMATERIALES**

Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de:

ARQUITECTO SOSTENIBLE

AUTOR: JAIRO VINICIO VILLALVA BENAVIDES

TUTOR: Ing. MSc. ANGEL FABIAN CHICAIZA ORTIZ

COTUTOR: PhD. JORGE ALEJANDRO BATRES QUEVEDO

Tena – Ecuador

2024

DECLARACIÓN DE DERECHO DE AUTOR, AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

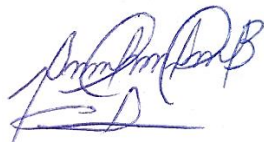
Tena, 30 de agosto de 2024

De mi consideración:

Yo, Jairo Vinicio Villalva Benavides con documento de identidad 1600669202, declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento en este documento final, previo a la obtención del título Arquitecto Sostenible, son absolutamente inéditos, originales, auténticos y personales.

En virtud de lo cual, el contenido, criterios, opiniones, resultados, análisis, interpretaciones, conclusiones, recomendaciones y todos los demás aspectos vertidos en el presente documento, son de mi autoría y de mi absoluta responsabilidad.

Por la favorable atención a la presente, suscribo de usted,



Jairo Vinicio Villalva Benavides

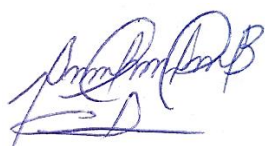
CI: 1600669202

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Tena, 30 de agosto de 2024

Yo, Jairo Vinicio Villalva Benavides, con documento de identidad 1600669202 en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “DISEÑO DE UNA EDIFICACIÓN DEMOSTRATIVA COMBINANDO ECOMATERIALES”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, reconozco a favor de la Universidad Regional Amazónica Ikiam una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Así mismo autorizo a la Universidad Regional Amazónica Ikiam para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.



Jairo Vinicio Villalva Benavides

CI: 1600669202

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Tena, 30 de agosto de 2024

Certifico que el trabajo de titulación: “DISEÑO DE UNA EDIFICACIÓN DEMOSTRATIVA COMBINANDO ECOMATERIALES”, aprobado bajo el mecanismo de titulación de: tesis, fue realizado por Jairo Vinicio Villalva Benavides, bajo mi dirección.

El mismo ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad Regional Amazónica Ikiam, para su entrega y defensa.



Firmado electrónicamente por:
**ANGEL FABIAN
CHICAIZA ORTIZ**

Angel Fabian Chicaiza Ortiz

C.I: 1500724768



Firmado electrónicamente por:
**JORGE ALEJANDRO
BATRES QUEVEDO**

Jorge Alejandro Batres Quevedo

C.I: 1756536148

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la sabiduría y perseverancia para lograr esta meta en mi vida.

Agradezco por el apoyo fundamental a mis padres Mario Villalva y Fanny Benavides por comprenderme con amor y paciencia, al apoyo económico brindada de su parte para darme la educación.

A mi tutor Angel Chicaiza Ortiz y a mi cotutor Jorge Batres Quevedo por la orientación y conocimiento que me han impartido para culminar mi trabajo de titulación.

A mis grandes amigos Jhoel, Esnaider, Santiago que a lo largo de la carrera han estado presentes y prestos a ayudarme.

A los arquitectos Pablo Maita, Andrea Jaramillo y José Carranco, por apoyarme con su aporte y criterio constructivo en los procesos de preparación de esta tesis.

A los ingenieros Andrés Robalino, Jholaus Ayala, Carlos Ruiz quienes desinteresadamente han aportado sus conocimientos para el desarrollo de este proyecto.

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada esencialmente a Dios.

A mis queridos padres Mario y Fanny quienes siempre creyeron en mí, dándome su apoyo incondicional para llegar a culminar esta etapa de mi vida con su esfuerzo y ejemplo de superación.

A mis hermanos Geimy, Fernando y Byron por el aliento y apoyo constante.

A Jenifer Rivadeneira que a lo largo de toda mi carrera me ha brindado todo su apoyo inquebrantable con su cariño y amor para lograr este objetivo en mi vida.

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA

DECLARACIÓN DE DERECHO DE AUTOR, AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD	i
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL.....	ii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIA.....	v
TABLA DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema	6
1.3. Justificación de la investigación.....	8
1.4. Objetivos de la investigación.....	12
1.4.1. General.....	12
1.4.2. Específicos.....	12
1.5. Alcance de la investigación	12
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....	15
2.1. Marco metodológico.....	15
2.2. Marco conceptual	19
2.2.1. Estudio de edificación demostrativa de ecomateriales	19

2.2.2.	Ecomateriales.....	23
2.2.3.	Pertinencia de uso sostenible.....	26
2.2.4.	Factibilidad de los ecomateriales.....	28
2.3.	Marco teórico	30
2.3.1.	Sistemas constructivos.....	30
2.3.2.	Cimentación	37
2.3.3.	Estructura	39
2.3.4.	Cubierta	41
2.3.5.	Envolvente	43
2.3.6.	Propiedades y características de los ecomateriales	45
2.4.	Marco normativo	78
2.4.1.	Normativas Aplicadas	79
2.5.	Marco de referentes	84
2.5.1.	Casos de estudio.....	84
2.6.	Análisis y diagnóstico	96
2.6.1.	Revisión bibliográfica (recursos del ACS - 2020).....	96
2.6.2.	Clasificación de ecomateriales.....	97
2.6.3.	Preselección de ecomateriales a usar.....	99
2.6.4.	Selección de ecomateriales a usar	101
2.6.5.	Evaluación de caracterizaciones físico mecánicas de la ESPOL.....	102
2.6.6.	Ensayos en laboratorio de biomasa	111
2.7.	Diseño aplicado	119
2.7.1.	Características del terreno	120
2.7.2.	Análisis del sitio.....	123
	CAPÍTULO III: RESULTADOS	132
3.1.	Propuesta de diseño arquitectónico	132
3.1.1.	Programa	132

3.1.2. Estrategias constructivas y materialidad	133
3.1.2.1. Hormigón.....	133
3.1.2.2. Madera	134
3.1.2.3. GAK	138
3.1.2.4. Cubierta de tejamaniles de bambú.....	143
3.1.2.5. Piedra bola.....	144
3.1.2.6. Cuarzo.....	145
3.1.3. Estrategias bioclimáticas	145
3.1.3.1. Orientación solar	145
3.1.3.2. Ventilación.....	150
3.1.3.3. Envolvente.....	150
3.1.3.4. Espejo de agua.....	152
3.1.4. Planimetría arquitectónica y constructiva	152
3.1.4.1. Plantas	153
3.1.4.2. Cortes	156
3.1.4.3. Fachadas	157
3.1.4.4. Detalles	158
3.1.5. Renders.....	160
3.1.6. Comprobaciones de diseño	163
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN	164
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	166
5.1 Conclusiones	166
5.2 Recomendaciones	167
REFERENCIAS	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2. Beneficios sostenibles de los ecomateriales.....	27
Tabla 2-2. Ventajas del sistema tradicional.....	31
Tabla 3-2. Desventajas del sistema tradicional	32
Tabla 4-2. Ventajas de sistema constructivo con estructura metálica	32
Tabla 5-2. Desventajas de sistema constructivo con estructura metálica	33
Tabla 6-2. Ventajas clave de la construcción liviana en seco	34
Tabla 7-2. Ventajas del sistema constructivo Steel Framing.....	35
Tabla 8-2. Desventajas del sistema constructivo Steel Framing.....	36
Tabla 9-2. Exigencias fundamentales de una estructura(sostenibilidad).....	40
Tabla 10-2. Conceptos de uso en la tesis	67
Tabla 11-2. Normativas consideradas en la edificación demostrativa	82
Tabla 12-2. Datos de microbiblioteca Warak Kayu.....	84
Tabla 13-2. Datos de Jungle Keva.....	90
Tabla 14-2. Relaciones de referentes con la tesis	94
Tabla 15-2. Grupo de ecomateriales identificados.....	98
Tabla 16-2. Listado de ecomateriales relevantes de la RBCCH.....	98
Tabla 17-2. Ecomateriales disponibles a usar.....	100
Tabla 18-2. Ecomateriales a usar.....	101
Tabla 19-2. Especies maderables caracterizadas por la ESPOL	102
Tabla 20-2. Códigos y cálculos de especies maderables seleccionadas.....	113
Tabla 21-2. Pesos y densidades en húmedo de las especies maderables seleccionadas	114
Tabla 22-2. Pesos y densidades en seco de las especies maderables seleccionadas	115
Tabla 23-2. Pesos promedio y contenido de humedad de las especies maderables.....	115
Tabla 24-2. Categorías de densidades de las maderas.....	116
Tabla 25-2. Categorías de especies maderables seleccionadas en base a la densidad	117
Tabla 26-2. Usos en base a la categoría de las maderas	118
Tabla 27-2. Análisis resultante.....	118
Tabla 28-3. Programa de la edificación combinando ecomateriales.....	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2. Ecomateriales	23
Figura 2-2. Cumbre de Río 1992	24
Figura 3-2. Ecomateriales y características.....	26
Figura 4-2. Cargas sobre una cimentación superficial	38
Figura 5-2. Estructura desarrollada de la clasificación de cubiertas.....	43
Figura 6-2. Esfuerzos	46
Figura 7-2. Esfuerzo compresión	47
Figura 8-2. Esfuerzo de corte paralelo.....	49
Figura 9-2. Esfuerzo de flexión	50
Figura 10-2. Higroscopicidad	53
Figura 11-2. Fibrosidad de las maderas	54
Figura 12-2. <i>Guadua Angustifolia Kunth</i>	72
Figura 13-2. Partes de la GaK.....	74
Figura 14-2. Piedra bola o canto rodado	76
Figura 15-2. Cuarzo.....	78
Figura 16-2. Perspectiva de la microbiblioteca Warak Kayu	85
Figura 17-2. Estrategia bioclimática de microbiblioteca Warak Kayu	86
Figura 18-2. Planta de microbiblioteca Warak Kayu.....	86
Figura 19-2. Espacios de microbiblioteca Warak Kayu	87
Figura 20-2. Ensamble de columna de madera de Warak Kayu	88
Figura 21-2. Análisis Warak Kayu.....	89
Figura 22-2. Hotel Jungle Keva	90
Figura 23-2. Planta hotel Jungle Keva.....	91
Figura 24-2. Materiales aplicados en el hotel Jungle Keva	91
Figura 25-2. Vista desde el interior del hotel Jungle Keva.....	92
Figura 26-2. Espacio interno del hotel Jungle Keva	92
Figura 27-2. Análisis Jungle Keva	93
Figura 28-2. Resultados. Ensayo de compresión de maderable Tocota (22 - 8159).....	103
Figura 29-2. Resultados. Ensayo de compresión de maderable Tamburo (22 - 8160)	103
Figura 30-2. Resultados. Ensayo de compresión de maderable Pigüe (22 - 8161).....	103
Figura 31-2. Resultados. Ensayo de flexión de especie maderable Tocota (22 - 8159).....	104

Figura 32-2. Resultados. Ensayo de flexión de especie maderable Tamburo (22 - 8160)	104
Figura 33-2. Resultados. Ensayo de flexión de especie maderable Pigüe (22 - 8161)	105
Figura 34-2. Resultados. Ensayo de cizalla de especie maderable Tocota (22 - 8159)	105
Figura 35-2. Resultados. Ensayo de cizalla de especie maderable Tamburo (22 - 8160)	106
Figura 36-2. Resultados. Ensayo de cizalla de especie maderable Pigüe (22 - 8161)	106
Figura 37-2. Resumen de resultados de las 3 especies maderables	107
Figura 38-2. Balanza de precisión y horno del laboratorio de biomasa de URAI	112
Figura 39-2. Dimensiones de probeta maderable	112
Figura 40-2. Mapa de la propiedad perteneciente a la zona de intervención	121
Figura 41-2. Mapa de ubicación con respecto a URAI	122
Figura 42-2. Mapa de ubicación de la zona de estudio	123
Figura 43-2. Mapa de curvas de nivel en lugar de intervención	124
Figura 44-2. Fotografía de la vía de acceso y la entrada al terreno	125
Figura 45-2. Temperatura media mensual en la estación Tena (°C)	126
Figura 46-2. Humedad relativa en la estación Tena	127
Figura 47-2. Precipitaciones media mensual estación Tena (mm)	128
Figura 48-2. Mapa de soleamiento en el lugar de intervención	129
Figura 49-2. Mapa de vientos en el lugar de intervención	130
Figura 50-2. Mapa de edificaciones existentes en el lugar de intervención	130
Figura 51-2. Visual en el lugar de intervención	131
Figura 52-2. Visual en el lugar de intervención	131
Figura 53-3. Estructura de hormigón de la edificación demostrativa.	134
Figura 54-3. Estructura de columnas de madera de la edificación demostrativa.	134
Figura 55-3. Columna de madera de Tocota de la edificación demostrativa.	135
Figura 56-3. Estructura de envoltantes madera de Pigüe de la edificación demostrativa.....	135
Figura 57-2. Módulo de madera de Pigüe la edificación demostrativa.	136
Figura 58-3. Sistema giratorio de los paneles de Pigüe.	136
Figura 59-3. Envoltante lateral equis de madera de Pigüe la edificación demostrativa.....	137
Figura 60-3. Circulación vertical de madera de la edificación demostrativa.	138
Figura 61-3. Estructura de bambú de la edificación demostrativa.....	138
Figura 62-3. Estructura portante de bambú de la edificación demostrativa.....	139
Figura 63-3. Arriostramientos de GAK de la edificación demostrativa.....	139
Figura 64-3. Estructura con arriostramientos de GaK de la edificación demostrativa.	140
Figura 65-3. Diagonales de GAK de la edificación demostrativa.	140

Figura 66-3. Estructura de diagonales de GaK de la edificación demostrativa.	141
Figura 67-3. Vista paralela de la edificación demostrativa.....	141
Figura 68-3. Estructura portante de bambú de la edificación demostrativa.....	142
Figura 69-3. Espacios verdes de la edificación demostrativa.	142
Figura 70-3. Estrategia de doble altura de la edificación demostrativa.	143
Figura 71-3. Cubierta de tejamaniles de bambú de la edificación demostrativa.	144
Figura 72-3. Mobiliario fijo tipo gaviones de piedra bola de la edificación demostrativa.....	144
Figura 73-3. Jardineras con cuarzo de la edificación demostrativa.	145
Figura 74-3. Esquema de aprovechamiento solar de la edificación demostrativa.	146
Figura 75-3. Solsticio de verano 09h00 de la edificación demostrativa.	146
Figura 76-3. Solsticio de verano 12h00 de la edificación demostrativa.	147
Figura 77-3. Solsticio de verano 15h00 de la edificación demostrativa.	147
Figura 78-3. Solsticio de invierno 09h00 de la edificación demostrativa.	148
Figura 79-3. Solsticio de invierno 12h00 de la edificación demostrativa.	149
Figura 80-3. Solsticio de invierno 15h00 de la edificación demostrativa.	149
Figura 81-3. Esquema de ventilación cruzada de la edificación demostrativa.....	150
Figura 82-3. Envolvente de madera de la edificación demostrativa.	151
Figura 83-3. Esquema de incidencia solar directa de la edificación demostrativa.	151
Figura 84-3. Esquema espejo de agua de la edificación demostrativa.....	152
Figura 85-3. Esquema de ubicación de la edificación demostrativa.....	153
Figura 86-3. Esquema de emplazamiento de la edificación demostrativa.	155
Figura 87-3. Esquema subestructura de cubierta de la edificación demostrativa.	156
Figura 88-3. Fachada frontal de la edificación demostrativa.	157
Figura 89-3. Fachada posterior de la edificación demostrativa.....	157
Figura 90-3. Fachada lateral derecha de la edificación demostrativa.....	157
Figura 91-3. Fachada lateral izquierda de la edificación demostrativa	158
Figura 92-3. Esquema de detalles de bambú GaK de la edificación demostrativa	158
Figura 93-3. Esquema de detalles de madera de la edificación demostrativa	159
Figura 94-3. Esquema de detalles de pisos de la edificación demostrativa.....	159
Figura 95-3. Render fachada de la edificación demostrativa	160
Figura 96-3. Render perspectiva de la edificación demostrativa	160
Figura 97-3. Render lateral de la edificación demostrativa.....	161
Figura 98-3. Render de la edificación demostrativa.....	161
Figura 99-3. Render interno de la edificación demostrativa	162

Figura 100-3. Render interno la edificación demostrativa	162
---	-----

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO 01:** PLANO DE UBICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN DEMOSTRATIVA
- ANEXO 02:** PLANTA BAJA DE LA EDIFICACIÓN DEMOSTRATIVA
- ANEXO 03:** PLANTA ALTA DE LA EDIFICACIÓN DEMOSTRATIVA
- ANEXO 04:** EMPLAZAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN DEMOSTRATIVA
- ANEXO 05:** PLANTA DE SUBESTRUCTURA DE CUBIERTA
- ANEXO 06:** SECCIONES A – A' Y B – B'
- ANEXO 07:** FACHADAS DE LA EDIFICACIÓN DEMOSTRATIVA
- ANEXO 08:** DETALLES DE BAMBÚ GAK DE LA EDIFICACIÓN DEMOSTRATIVA
- ANEXO 09:** DETALLES DE MADERA
- ANEXO 10:** DETALLES DE PISOS DE LA EDIFICACIÓN DEMOSTRATIVA
- ANEXO 11:** FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE PIGÜE
- ANEXO 12:** FICHA CARACTERIZACIÓN DE GUADÚA ANGUSTIFOLIA
- ANEXO 13:** GUÍA EN INFORME DE SALIDA DE CAMPO DE PIEDRA BOLA
- ANEXO 14:** GUÍA EN INFORME DE SALIDA DE CAMPO DE TOCOTA
- ANEXO 15:** TOTAL DE ESPECIES MAPEADAS EN LAS SALIDAS DE CAMPO
- ANEXO 16:** COMPROBACIONES DE DISEÑO

RESUMEN

El presente estudio aborda el diseño de una edificación demostrativa en la zona de amortiguamiento de la Reserva Biológica Colonso Chalupas, cercana a la Universidad Regional Amazónica Ikiam. La investigación se centró en la clasificación y selección de ecomateriales identificados en la comunidad kichwa de Alto Tena, priorizando aquellos con mínimo impacto ambiental. Mediante un análisis detallado de las condiciones del sitio, se establecieron estrategias constructivas y bioclimáticas que fundamentaron el diseño arquitectónico. La edificación, denominada Pabellón EcoTena, incorpora bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), madera y otros recursos locales, demostrando su viabilidad y eficacia en la construcción sostenible. Los resultados del proyecto incluyen la planimetría arquitectónica y constructiva completa, aplicando los hallazgos de la investigación en un modelo tangible que sirve como referencia para futuros desarrollos en arquitectura sostenible. Esta edificación no solo muestra la utilidad de los ecomateriales, sino que también promueve la conservación cultural y ambiental en la región amazónica.

Palabras clave: Arquitectura sostenible, Diseño arquitectónico, Ecomateriales, Kichwa Alto Tena, Reserva Biológica Colonso Chalupas.

ABSTRACT

This study addresses the design of a demonstrative building in the buffer zone of the Colonso Chalupas Biological Reserve, near the Universidad Regional Amazónica Ikiam. The research focused on classifying and selecting eco-materials identified in the Kichwa community of Alto Tena, prioritizing those with minimal environmental impact. Through a detailed site condition analysis, constructive and bioclimatic strategies were established, forming the basis of the architectural design. The building, named Pabellón EcoTena, incorporates bamboo (*Guadua angustifolia Kunth*), wood, and other local resources, demonstrating their feasibility and effectiveness in sustainable construction. The project's outcomes include complete architectural and construction plans, applying research findings into a tangible model that serves as a reference for future developments in sustainable architecture. This building not only showcases the utility of eco-materials but also promotes cultural and environmental conservation in the Amazon region.

Keywords: Sustainable architecture, Architectural design, Eco-materials, Kichwa Alto Tena, Colonso Chalupas Biological Reserve.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Materiales industrializados

La producción y el uso eficiente de los limitados recursos naturales a menudo se llevan a cabo de manera no técnica o informal. Esto implica que el empleo de materiales locales de construcción en edificaciones puede adoptar enfoques no convencionales, ya que su adaptación en el proceso constructivo puede desviarse de los estándares de arquitectura convencionales (Bamba & González, 2018).

Por otro lado, la arquitectura moderna se ha caracterizado, a nivel internacional, por la tendencia hacia la industrialización y racionalización de procesos constructivos, con el objetivo de estandarizar y optimizar la construcción en diversas regiones del mundo. Esta tendencia busca alcanzar una igualdad en los estándares constructivos y la eficiencia en el uso de recursos, promoviendo un enfoque que puede percibirse como rígido. Según León et al. (2022), esta industrialización de materiales y tecnologías de construcción inició en el siglo XX, llevando a la obsolescencia de sistemas de regulación pasiva a favor de sistemas electromecánicos y al uso extensivo de materiales energéticos.

Materiales ecológicos

En respuesta a estas tendencias, los materiales ecológicos han surgido como una alternativa viable. Según Bamba et al. (2018), en respuesta a las demandas de la sociedad contemporánea, los materiales ecológicos ofrecen un nuevo panorama que permite reconsiderar el valor de lo artesanal en la producción industrial. En un contexto de creciente desigualdad social, que implica injusticias, falta de equidad y oportunidades

limitadas para muchas personas, surge la necesidad de establecer conexiones entre lo urbano y lo rural, la construcción y la agricultura, así como lo artesanal y la industria.

Estas conexiones, a su vez, se han convertido en una herramienta políticamente relevante para abordar lo que se ha denominado el nuevo problema urbano. La desigualdad social se manifiesta en la distribución inequitativa de recursos y oportunidades, lo que perpetúa la pobreza y la marginalización de ciertos grupos. Por lo tanto, establecer conexiones entre distintas áreas puede contribuir a mitigar estas disparidades, promoviendo una integración más equitativa y sostenible (Abanto Sánchez, 2023).

Con el objetivo de desarrollar una industria de la construcción respetuosa con el medio ambiente, los arquitectos han mostrado un creciente interés en el uso de materiales reciclados y/o locales. Este enfoque busca minimizar los residuos y la reducción del consumo de recursos no renovables, todo ello con el objetivo de mitigar el impacto negativo de la industria de la construcción en los ecosistemas. Este enfoque se conoce como construcción sostenible (Lee Saltos & Llor Zambrano, 2024).

Ecomateriales

En este contexto, los ecomateriales se presentan como una solución innovadora. Definidos como materiales de construcción económicos y ecológicos, surgen como una alternativa a la producción tradicional de materiales de construcción. Además, se caracterizan por ser fabricados a pequeña escala, con tecnologías adecuadas como la bioconstrucción, el uso de energías renovables y la implementación de procesos de reciclaje y reutilización de materiales. Estas tecnologías se ajustan a las condiciones locales y a las necesidades específicas del entorno. Además, emplean recursos y materias primas locales, principalmente desechos de la producción agroindustrial (Garzon & Acuña, 2022).

Por consiguiente, los ecomateriales se utilizan en la construcción de una edificación con un enfoque sostenible; estos reducen el impacto ambiental en su obtención y utilización de una manera racional. Pueden ser empleados de acuerdo a la disponibilidad de la zona y a su eficiencia en obra, ya que promueven la construcción ecológica con eficiencia y calidad. Además, los ecomateriales suelen ser biodegradables, lo que contribuye a minimizar los residuos y facilita su reincorporación al ciclo natural sin causar daño ambiental (Guerrero D, 2021).

Construcción en Ecuador

En Ecuador, diversas técnicas artesanales tradicionales se emplean en la construcción, como la construcción en bahareque, tapial, bambú, entre otras. Estas técnicas provienen de una tradición de uso heredada en comunidades que utilizan los recursos naturales en los sistemas constructivos de la arquitectura de la zona (Arteaga Criollo, 2024).

Particularmente, las construcciones de bambú muestran una notable resistencia a los efectos sísmicos en comparación a construcciones convencionales. Esto se evidenció en el terremoto del 16 de abril de 2016 que sacudió la región costera de Manabí en Ecuador, con una magnitud de 7.8 en la escala de Richter. Las viviendas construidas con este ecomaterial registraron una menor incidencia de colapso, demostrando que el bambú posee una capacidad de absorber y soportar los impactos del sismo (Hernández et al., 2021).

Amazonía Ecuatoriana

Por otra parte, en la región amazónica ecuatoriana, que abarca las provincias de Napo, Pastaza y Morona Santiago, se encuentran múltiples materiales naturales propios de una arquitectura vernácula que han resuelto históricamente los problemas específicos de la vivienda. Estas tres áreas albergan a ocho de las once nacionalidades y comunidades indígenas presentes en la región. Como resultado, estas regiones desempeñan un papel crucial en el desarrollo de políticas y medidas que fomenten la

conservación y restauración de este bosque, a través de la implementación de soluciones basadas en la naturaleza a nivel local (E. E. A. López, 2023).

Específicamente, ciertos materiales como el bambú han comenzado a utilizarse técnicamente desde hace relativamente poco tiempo en comparación con materiales tradicionales como el hormigón. Esta reciente adopción técnica del bambú se debe a sus propiedades físicas y mecánicas, que han sido reconocidas y aprovechadas en aplicaciones estructurales y de construcción sostenible (Gavilanes, 2020).

Universidad Regional Amazónica Ikiam (URAI)

Por último, la Universidad Regional Amazónica Ikiam (URAI) ha reflejado la importancia de la academia en el interés y formación de profesionales sostenibles. En la región amazónica, específicamente en la provincia de Napo, la URAI se ha comprometido con el ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles. En la carrera Arquitectura Sostenible, el grupo de investigación Arquitectura y Construcción Sostenible en el Proyecto código ACS-002-2020 (*Estudio exploratorio de caracterización y uso de ecomateriales amazónicos para su aplicación en edificaciones sostenibles*) pretende contribuir a estos objetivos mediante el estudio y la identificación de ecomateriales. pretende contribuir a estos objetivos mediante el estudio y la identificación de ecomateriales. Estos materiales clasificados por el grupo de investigación, que incluyen opciones geológicas, vegetales y recicladas, serán valorados para diseñar una edificación demostrativa que promueva la sostenibilidad (Moran, 2024).

Proyecto ACS-002-2020

Las primeras estrategias implementadas en la comunidad kichwa de Alto Tena del proyecto ACS-002-2020 pretenden identificar y clasificar ecomateriales forestales clasificados en maderables y no maderables, ecomateriales geológicos que incluyen una gama de minerales, rocas, sedimentos y sustancias aglutinantes, y ecomateriales reciclados, formados por una amplia gama de productos que ya han cumplido su primer

ciclo de uso, pero que con un esfuerzo mínimo pueden ampliar o agotar su ciclo de vida útil (Doris & Alexandra, 2017).

Y ecomateriales reciclados, formados por una amplia gama de productos que ya han cumplido su primer ciclo de uso, pero que con un esfuerzo mínimo pueden ampliar o agotar su ciclo de vida útil, incorporándose de nuevo a una edificación (Batres, s.f).

Ecomateriales forestales

Dentro de los ecomateriales forestales, específicamente en los maderables, la *Guadua angustifolia* es un material ecomaterial con propiedades físico-mecánicas notables y beneficios para la conservación del medio ambiente ya que su firmeza a compresión y resistencia al corte destaca por su extraordinaria firmeza a compresión y buena resistencia al corte paralelo, lo que la hace adecuada para diversas aplicaciones estructurales (Bedoya, 2011).

El bambú como material de construcción, es un material innovador que posee muchas aplicaciones como es el caso de la *Guadua Angustifolia* Kunth, endémica de países como: Colombia, Ecuador y Venezuela, es uno de los materiales considerado como el de los pobres, pero viene siendo uno de los más resistentes y duraderos que se conoce a lo largo de la historia como menciona Morán (2015), se han documentado ejemplos de construcciones de bambú con más de cien años de antigüedad en el eje cafetero de Colombia y en ciudades como Guayaquil y Montecristi en Ecuador (De la Rosa et al., 2019).

Ecomateriales Geológicos

Dentro de los ecomateriales geológicos, específicamente en los pétreos, se encuentran realizan los gaviones de piedra, estos representan una alternativa de uso sostenible en la construcción, ya que implican la utilización de piedras locales como estructura. Además, son usados como muros de contención de taludes que soportan grandes cargas

laterales, construyendo estructuras eficientes y económicas, con un aporte al medio ambiente en el campo constructivo (Herrera, 2017).

Edificación demostrativa

El interés por desarrollar edificaciones demostrativas, que son construcciones o estructuras diseñadas para mostrar de manera visual y práctica cómo se lleva a cabo una técnica o proceso, ha llevado a promover el uso de nuevos materiales. Esto es especialmente evidente en grupos de investigación que adoptan una cultura de construcción sostenible como su principal objetivo (Arango Vásquez, 2017).

Propósito de la investigación

Este estudio tiene como propósito identificar diversas problemáticas globales asociadas a la construcción y los impactos que estas generan. Adicionalmente, pretende proponer una alternativa de construcción sostenible que contribuya a minimizar el impacto ambiental. Para alcanzar este objetivo, se investigará la combinación de ecomateriales que sean adecuados para la localidad de Alto Tena, buscando soluciones que armonicen con las condiciones específicas del entorno.

1.2. Planteamiento del problema

En el campo de la construcción, se observa un uso excesivo de hormigón y otros materiales industrializados, especialmente en las ciudades, lo que implica un gran consumo de recursos naturales no renovables y una alta generación de emisiones de CO₂ (Muñoz & Muñoz, 2023). Esta situación se ve exacerbada por la sustitución de materiales tradicionales por materiales modernos, generando lo que se conoce como "ciudades grises" y afectando negativamente el entorno urbano y la calidad de vida de los habitantes (Herrera, 2017).

Actualmente, en las ciudades amazónicas, esta tendencia hacia el uso intensivo de concreto y otros materiales industrializados ha resultado en un desarrollo constructivo que ignora las particularidades del entorno natural amazónico. Esto no solo refleja una pérdida de conocimientos ancestrales en técnicas constructivas, sino que también provoca un impacto ambiental significativo (Párraga & Peñafiel, 2016).

Adicionalmente, en la comunidad kichwa de Alto Tena, el uso de materiales forestales en las edificaciones convencionales enfrenta limitaciones en diseño y acabados, así como un desinterés por parte de los habitantes en preservar la cultura ancestral. Aunque algunos intentan utilizar materiales locales, su desempeño es a menudo limitado y no alcanzan los estándares deseados (Ruiz, 2020).

En este contexto, el bambú emerge como una alternativa prometedora para la construcción sostenible, dada su resistencia y capacidad de absorber impactos sísmicos. Sin embargo, el bambú tiene una vida útil más corta en comparación con el hormigón, lo que representa una desventaja significativa. No obstante, gracias a las nuevas tecnologías de diseño y construcción, es posible extender la vida útil del bambú mediante tratamientos adecuados, haciendo que pueda durar hasta 50 años y convertirse en una opción viable a largo plazo (Bello-Zambrano & Villacreses-Viteri, 2021; Adams & Co, 2024).

Para asegurar la viabilidad del bambú como material de construcción, es crucial verificar los valores de sus propiedades físicas y mecánicas, específicamente de la especie *Guadua angustifolia* Kunth (GaK), conforme a la Norma Técnica de Construcción en Caña Guadúa del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador. Además, se deben realizar chequeos de resistencia de esfuerzos para garantizar que el material pueda soportar las fuerzas aplicadas sin exceder sus límites de resistencia.

En base a lo anterior, se plantean las siguientes preguntas de investigación para guiar el presente estudio: ¿Cuáles son los ecomateriales del proyecto código ACS-002-2020 de Arquitectura Sostenible que pueden ser utilizados en la construcción de edificaciones

sostenibles sin generar un gran impacto ambiental en la comunidad kichwa de Alto Tena?, ¿Qué estrategias constructivas serán determinantes en el diseño arquitectónico aplicando ecomateriales y respondiendo a las condicionantes del lugar?, ¿Cuál será el diseño de la edificación demostrativa que pueda generar y promover el interés en la utilización de ecomateriales en la comunidad kichwa de Alto Tena?

1.3. Justificación de la investigación

Contaminación

Arias Carabali (2023) afirma que la industria de la construcción, incluyendo las fases de uso y disposición de los edificios, consume aproximadamente el 50% de los recursos naturales del planeta, el 40% de su energía y genera el 50% de sus residuos totales a nivel mundial. Esta afirmación subraya la magnitud del impacto ambiental de la construcción tradicional.

Además, Monjo Carrió (2005) explica que esta tendencia se inició con la industrialización de los materiales y tecnologías de la construcción en el siglo XX, lo que llevó a la obsolescencia de los sistemas de regulación pasiva a favor de los sistemas electromecánicos y al uso extensivo de materiales energéticos. Simultáneamente, el desperdicio de recursos va en aumento debido a la falta de planes para reciclar los componentes de los edificios o desecharlos una vez que hayan completado su vida útil (Ortega, 2020).

En los últimos años, la arquitectura ha evolucionado hacia soluciones ambientalmente responsables que consideran la necesidad de reducir el impacto medioambiental y promover la sostenibilidad social y económica en la construcción de edificios. Esto ha llevado a una toma de conciencia sobre el impacto generado por la explotación de materias primas en la industrialización de materiales, buscando un equilibrio en los sistemas constructivos con criterios de sostenibilidad en el ámbito económico, social y arquitectónico (Zábala, 2023).

Es por esto que la responsabilidad de la contaminación y los perjuicios al medio ambiente recae en todos, independientemente del nivel de desarrollo de un país. Es fundamental que el diseño y los profesionales a cargo estén en sintonía con las circunstancias y el entorno de su época, ya que cada diseño constituye una expresión educativa (Palacios et al., 2023). Además, la Amazonía, uno de los biomas más importantes a nivel mundial, alberga la mayor biodiversidad biológica del planeta. Allí, las comunidades indígenas han desarrollado hábitats con materiales locales para su comodidad en la vida cotidiana, evitando el uso de materiales industrializados y reduciendo así el impacto ambiental (Florindez et al., 2021).

Reserva Biológica Colonso Chalupas (RBCCH)

La zona de amortiguamiento de la Reserva Biológica Colonso Chalupas (RBCCH) desempeña un papel crucial en la protección y conservación del entorno natural. Al establecer una zona de amortiguamiento, se busca minimizar los impactos negativos de actividades humanas cercanas al área protegida, como la urbanización o la agricultura intensiva. Además, al considerar la misión de la Carrera de Arquitectura Sostenible y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Universidad Regional Amazónica Ikiam en Ecuador, se reconoce la necesidad de integrar prácticas sostenibles en la planificación y diseño de edificaciones.

Este análisis de la zona de amortiguamiento permitirá identificar oportunidades para promover la sostenibilidad y la coexistencia armoniosa entre las comunidades locales y el entorno natural. En resumen, comprender y evaluar la zona de amortiguamiento es fundamental para garantizar la preservación de la Reserva Biológica Colonso Chalupas y su biodiversidad, al tiempo que se fomenta un desarrollo sostenible en la región.

Primeras acciones

En el contexto del proyecto ACS-002-2020, se han llevado a cabo las primeras acciones en la zona de la RBCCH. Estas acciones se centran en la delimitación de tres tipos de

ecomateriales: vegetales, geológicos y reciclados. En cuanto a los vegetales, se ha optado por utilizar madera reciclada y bambú, específicamente la especie *Guadua angustifolia* Kunth, común en la zona de interés. El canto rodado o piedra bola, como se le conoce en esta región, ha sido seleccionado como material geológico. En el campo de los reciclados, se ha decidido incorporar contenedores a la estructura, aprovechando su creciente popularidad en la arquitectura contemporánea.

Alternativas de materiales

Basándose en lo anterior, la propuesta de investigación aplicada para el diseño de la edificación demostrativa adoptará varios de los ecomateriales seleccionados por el proyecto ACS-002-2020. Específicamente, se conservará la *Guadua angustifolia* Kunth en la categoría de materiales vegetales, se mantendrá la piedra bola como material geológico, y se optará por el plástico reciclado en la categoría de materiales reciclados.

La razón para esta preselección radica en la posibilidad de combinar estos materiales con otros ecomateriales en etapas posteriores. Por ejemplo, se considerarán el cuarzo, maderas locales y fibras naturales. Esta combinación permitirá explorar soluciones sostenibles y eficientes en el diseño de edificaciones, contribuyendo al conocimiento y práctica en este campo.

En conclusión, la utilización de materiales locales ha sido empleada tradicionalmente en la arquitectura vernácula por las comunidades kichwas de la región amazónica ecuatoriana, con la finalidad de lograr una combinación en edificaciones que reduzca el uso de materiales industrializados. Es necesario que todos los involucrados en el desarrollo de la construcción tomen conciencia de la importancia de la preservación del planeta y, de la misma manera, reduzcan los impactos ambientales, una de las causas intrínsecas del campo de la construcción y operación de edificaciones (Pinto, 2022).

Una alternativa de construcción mecanizada y simple es la que se puede combinar con otros materiales. Es importante explorar y validar científicamente las propiedades y

capacidades de resistencia de los ecomateriales, específicamente el bambú, en el contexto de la construcción de edificaciones demostrativas. La evidencia recopilada respalda la necesidad de investigar y promover activamente el uso de estos materiales sostenibles y resilientes en la construcción de viviendas y estructuras públicas en áreas vulnerables a desastres naturales.

El bambú posee características físicas y mecánicas que lo hacen apto para el uso estructural y la construcción de viviendas. Su forma circular hueca lo convierte en un material liviano, fácil de transportar y permite una construcción rápida y económica. Su rigidez y elasticidad, que evita su ruptura al curvarse, lo hacen ideal para construcciones sismo-resistentes. Además, el bambú puede ser combinado con otros materiales de construcción y su mecanización es simple, requiriendo solo herramientas habituales.

Finalmente, la capacidad de la Guadua *Angustifolia* Kunth para resistir esfuerzos admisibles se relaciona con su aptitud para soportar cargas sin superar los límites considerados seguros. En investigaciones como la determinación de los valores de esfuerzos admisibles de la Guadua *angustifolia* Kunth, se analizan las características mecánicas para establecer cuánta carga puede soportar de manera segura sin poner en riesgo su integridad estructural (Silvestre & Peruana, 2021).

Beneficios de la Guadua *Angustifolia* Kunth:

Estos beneficios, junto con su rápido crecimiento y capacidad para generar empleo, hacen de la Guadua *angustifolia* Kunth una opción atractiva para diversas aplicaciones en la construcción sostenible. Su versatilidad y sostenibilidad destacan en la creación de estructuras que no solo son respetuosas con el medio ambiente, sino también económicamente viables y culturalmente significativas (Quispe, 2023; Mucha, 2020). Además, la Guadua *angustifolia* Kunth es ampliamente reconocida por su alta resistencia, lo que le confiere un valor significativo para una variedad de aplicaciones. En términos de sostenibilidad, la guadua destaca por ser una elección respetuosa con el

medio ambiente, gracias a sus propiedades renovables y biodegradables, contribuyendo de manera notable a la construcción sostenible y a la conservación del entorno natural.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. General

Emplear los ecomateriales en el diseño de una edificación demostrativa en la zona de amortiguamiento de la Reserva Colonso Chalupas.

1.4.2. Específicos

- Clasificar y preseleccionar los ecomateriales ya identificados en el proyecto de investigación de ecomateriales de la comunidad kichwa de Alto Tena que puedan ser utilizados sin generar un gran impacto ambiental próximo e inmediato en la construcción de edificaciones sostenibles.
- Analizar las condicionantes del lugar para establecer estrategias constructivas del diseño arquitectónico que permitan el desarrollo de la edificación demostrativa.
- Diseñar la edificación demostrativa en la comunidad kichwa de Alto Tena que inspire el uso de ecomateriales.

1.5. Alcance de la investigación

Es fundamental delimitar el alcance de la investigación para enfocar y profundizar el trabajo de esta tesis, conforme a los objetivos planteados. Esto asegura que el estudio se mantenga coherente y dirigido hacia la resolución de las preguntas de investigación, proporcionando un marco claro para evaluar los resultados y conclusiones.

El análisis de las condicionantes del lugar, conforme al segundo objetivo específico, se centrará exclusivamente en el sitio del predio y su contexto inmediato ubicado al frente de la comunidad kichwa de Alto Tena dentro de la Reserva Biológica Colonso Chalupas

(RBCCH). Este lugar, previamente seleccionado por el proyecto de investigación ACS-002-2020, ha sido destinado específicamente para esta investigación. El objetivo es evaluar las características ambientales, topográficas y climáticas del área directa de intervención para establecer estrategias constructivas y de diseño arquitectónico adecuadas para la edificación demostrativa propuesta. Aunque el predio abarca una extensión de 5 hectáreas, el análisis se realizará solo en un área específica y su contexto inmediato, y no en toda la extensión de las 5 hectáreas ni en toda la Reserva Colonso Chalupas. Esta delimitación asegura que el estudio se mantenga alineado con las metas del proyecto y las necesidades del entorno natural.

El alcance del programa arquitectónico de esta tesis va más allá de un programa convencional; se enfoca en crear espacios flexibles y multifuncionales para diversas actividades requeridas por el usuario. La investigación se guiará por directrices innovadoras que incluyen el uso de ecomateriales, estrategias bioclimáticas y consideraciones culturales, asegurando sostenibilidad y eficiencia. Este enfoque garantiza que la edificación sea funcional, sostenible y promueva la conservación cultural y ambiental, diferenciándose así de los programas arquitectónicos tradicionales. Aunque el planteamiento es más amplio, guarda similitudes con el programa arquitectónico desarrollado por Santiago Naranjo en el diseño del Centro de Interpretación del Agua y Páramos, especialmente en su enfoque multifuncional y sostenible. La comparación y el análisis detallado de ambos programas se profundizarán más adelante en este estudio.

En el diseño de la edificación demostrativa (tercer objetivo específico), los cálculos estructurales servirán de apoyo para implementar estrategias constructivas sostenibles. Este diseño se beneficiará de las metodologías y estrategias desarrolladas en el marco del método MARISCO (Manejo Adaptativo de Riesgo y Vulnerabilidad en Sitios de Conservación), que enfatiza una planificación resiliente al riesgo y basada en ecosistemas. La RBCCH, gestionada en colaboración con la Universidad Regional Amazónica Ikiam, se convierte así en un laboratorio vivo para la aplicación de

ecomateriales locales, promoviendo la conservación y el uso sostenible de recursos naturales.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Marco metodológico

Esta investigación aplicada tiene como objetivo resolver problemas específicos mediante la búsqueda y consolidación del conocimiento, enriqueciendo el desarrollo cultural y científico (Cevallos, Polo, Salgado, Vergara, & Stayner, 2017). La presente tesis aborda problemáticas identificadas en un área poblada de la comunidad kichwa de Alto Tena, próxima a Ikiám. El uso de alternativas industrializadas en la construcción, resultado del desarrollo urbano local y la transición hacia materiales industrializados, ha provocado aculturación en los pobladores. Por tanto, se propone diseñar una edificación demostrativa que muestre la viabilidad de utilizar materiales locales combinándolos con valor cultural, generando una tipología constructiva de bajo impacto ambiental sin necesidad de introducir grandes cantidades de materiales industrializados. Este enfoque promueve el uso sostenible de recursos locales, conservando la identidad cultural y ambiental de la comunidad, y sirve como modelo inspirador para futuras construcciones en la Reserva Biológica Colonso Chalupas.

Para la fundamentación teórica, se revisarán fuentes clave, como el grupo de investigación Arquitectura y Construcción Sostenible y el Proyecto Código: ACS-002-2020 (fichas de caracterización, guías de informe y listas de ecomateriales identificados). Este proyecto se centra en la caracterización y uso de ecomateriales amazónicos para edificaciones sostenibles, utilizando técnicas de recolección de datos en la RBCCH. Además, su objetivo es promover modelos de construcción adaptados al entorno natural y seguros, considerando las necesidades de las comunidades kichwas en la zona de amortiguamiento de la Reserva Biológica Colonso Chalupas, ubicada en el bosque siempreverde piemontano del norte de la cordillera Oriental de los Andes (MAATE, 2014).

El proceso de investigación conlleva cuatro pasos, los cuales se describen a continuación:

Paso 1: Clasificación y preselección

Inicialmente, se utilizaron las listas existentes de los levantamientos realizados durante las tres salidas de campo del grupo de investigadores del estudio de ecomateriales. Los materiales identificados se clasificaron según su origen y localización. Posteriormente, se llevó a cabo una preselección de estos ecomateriales para elaborar un listado de aquellos disponibles que puedan ser utilizados en la construcción de edificaciones sostenibles sin afectar el entorno natural. Esta preselección fue fundamental para identificar la combinación de ecomateriales que mejor se adapten a su función constructiva, considerando los materiales más conocidos y usados en la comunidad kichwa de Alto Tena.

Para concluir este primer paso, se detalló una lista definitiva de los ecomateriales seleccionados, basada en su uso y función, para su posterior proceso de caracterización en laboratorio. En el caso donde no había la información de resistencia de los ecomateriales seleccionados, se procedió a realizar los análisis correspondientes en laboratorio para obtener la información necesaria.

Paso 2: Ensayos en laboratorio

Con los datos obtenidos de la evaluación de caracterizaciones físico-mecánicas del Informe 22-416 - IKIAM- OT-3026-22 de los ecomateriales, realizada en la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), se calcularon factores de seguridad en relación a los resultados obtenidos. Estos factores se compararon con los de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (Estructuras de Madera Código NEC - SE – MD) para obtener rangos de seguridad, los cuales sirvieron para el cálculo del porcentaje de resistencia de las especies maderables caracterizadas.

Además, de las tres especies maderables caracterizadas en la ESPOL, se realizaron ensayos adicionales en el laboratorio de biomasa de la URAI. Estos ensayos tenían como objetivo obtener la densidad de las especies, lo cual permitió determinar su uso aplicativo en la construcción, específicamente en el diseño de la edificación demostrativa. La densidad de las especies maderables es un factor crucial, ya que determina la categoría estructural a la que corresponden según el Manual de Diseño de Estructuras de Madera del Grupo Andino (1984).

Paso 3: Observación directa y análisis ambiental

En el paso 3, mediante una observación directa y un análisis ambiental, se procedió a analizar el sitio elegido por el proyecto ACS-002-2020. El análisis de las condicionantes del lugar se centrará exclusivamente en un área específica y su contexto inmediato ubicado al frente de la comunidad kichwa de Alto Tena, y no en toda la extensión de las 5 hectáreas ni en toda la Reserva Colonso Chalupas. El objetivo de esta delimitación es realizar varios análisis, como el de las condicionantes del lugar, para establecer estrategias constructivas y bioclimáticas que sirvan como puntos de partida para el diseño de la edificación demostrativa. Estos análisis se llevarán a cabo mediante el levantamiento de información topográfica del lugar, visitas de campo y el apoyo de software de sistemas de información geográfica (QGIS). Simultáneamente, se realiza el estudio de la orientación solar y la dirección de los vientos, considerando las manchas vegetales existentes para aprovechar la sombra y obtener el adecuado emplazamiento de la edificación. Este enfoque asegura que los resultados sean precisos y directamente aplicables al contexto inmediato de la comunidad, alineándose con los objetivos específicos de la investigación.

Una vez completado el estudio climático, se procederá con la identificación de la accesibilidad y los flujos para determinar los ingresos pertinentes que se puedan plantear en el diseño, mientras se definen las visuales que se deben aprovechar y potenciar en el proyecto propuesto. Además, se llevará a cabo un estudio de sitio para identificar las construcciones circundantes al área en cuestión. Finalmente, con base en

la información obtenida de estos análisis, se elaborará un programa arquitectónico que tenga en cuenta todos los parámetros de diseño necesarios para el desarrollo del proyecto.

Con base en la información de los análisis ambientales, topográficos y climáticos, se elaborará un programa arquitectónico integral. Este programa, que va más allá de un enfoque convencional, creará espacios flexibles y multifuncionales para diversas actividades del usuario. El diseño garantizará que la edificación sea funcional, sostenible y promueva la conservación cultural y ambiental, diferenciándose de los programas arquitectónicos tradicionales.

Paso 4:

Basado en el programa arquitectónico elaborado en el paso 3, se procedió a desarrollar el paso 4, cuyo objetivo fue diseñar y generar una edificación demostrativa próxima a Ikiam que promoviera la combinación de ecomateriales. Se llevó a cabo toda la planimetría arquitectónica y constructiva, aplicando los resultados de la investigación. Además, se consideraron los procesos de cálculo y análisis de datos de ingeniería para garantizar la viabilidad estructural y funcional del diseño. Se desarrolló un modelado 3D para visualizar y refinar el diseño, y se validó con la aprobación del tutor encargado. Basado en esta retroalimentación, se realizaron los ajustes necesarios para mejorar la funcionalidad, sostenibilidad y adaptación cultural del proyecto. Todo el proceso fue documentado para asegurar una referencia clara en la etapa final del diseño y construcción. Esta edificación demostrativa sintetizó y fundamentó el proyecto de fin de carrera, mostrando de manera visual y práctica el uso de ecomateriales. Además, sirvió como un muestrario para estudiantes de Arquitectura Sostenible, investigadores y la sociedad en general.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Estudio de edificación demostrativa de ecomateriales

Para entender la relevancia y aplicación del concepto de edificación demostrativa, es crucial vincularlo con otros conceptos y estudios similares. Un ejemplo notable es el proyecto arquitectónico desarrollado por Santiago Naranjo, que aborda el diseño del Centro de Interpretación del Agua y Páramos en el sector Martha Bucaram. Este proyecto comparte varios aspectos relevantes con la edificación demostrativa, como la integración de ecomateriales, el diseño sostenible y la educación ambiental.

El concepto de edificación no es universal y puede variar significativamente según el contexto cultural, ambiental y social. Para explorar estas variaciones, esta investigación se vincula con el estudio de Santiago Naranjo, quien demuestra cómo las edificaciones pueden integrar ecomateriales y estrategias bioclimáticas, adaptándose al entorno y la cultura local. Su proyecto enfatiza la importancia de crear espacios que no solo sean funcionales, sino que también sirvan como plataformas educativas y de sensibilización. En su proyecto, se destacan elementos como la organización programática, que incluye laboratorios interactivos y zonas de exposición diseñados para educar a los visitantes sobre la sostenibilidad y la conservación del medio ambiente (Naranjo Nazate, 2018).

La vinculación de estos conceptos permite una comprensión más profunda del papel que juegan las edificaciones demostrativas en la promoción de prácticas sostenibles y la educación ambiental. Este análisis servirá de introducción a los siguientes apartados, donde se explorarán en detalle las similitudes entre ambos proyectos.

2.2.1.1. Definición y objetivos del centro de interpretación

Un centro de interpretación se dedica a proporcionar al visitante información sobre aspectos artísticos, culturales y ambientales, ayudándole a comprender la importancia de la naturaleza y su conservación. Estos centros promueven una interacción activa y

educativa entre los visitantes, permitiendo una experiencia didáctica que enfatiza el respeto y la protección del medio ambiente (Naranjo Nazate, 2018).

2.2.1.2 Educación ambiental y sensibilización

La educación ambiental debe ser útil, práctica y complementaria, aplicándose en contextos formales e informales (Naranjo Nazate, 2018). Este enfoque coincide con el proyecto de esta tesis, que implementa espacios multifuncionales para diversas actividades, fomentando la conciencia ambiental a través de talleres, charlas y exposiciones sobre ecomateriales y técnicas sostenibles.

Los centros de interpretación sensibilizan sobre la conservación ecológica y el uso sostenible de recursos naturales, destacando el equilibrio entre economía y naturaleza, tal como lo hacen las culturas ancestrales (Naranjo Nazate, 2018). La edificación demostrativa incluirá jardines con especies locales, incentivando el uso y conservación de recursos naturales, preservando así la cultura ancestral de la comunidad kichwa de Alto Tena.

2.2.1.3. Relación de definiciones

Educación y Demostración

Al igual que un centro interpretativo, una edificación demostrativa educa al usuario sobre prácticas sostenibles, mostrando cómo se pueden implementar tecnologías y métodos de construcción respetuosos con el medio ambiente, aplicados desde la academia hasta la comunidad local.

Conservación y Uso Sostenible

Ambos tipos de edificaciones promueven la conservación del entorno y el uso sostenible de recursos, sirviendo como modelos de cómo se puede vivir y construir en armonía con la naturaleza.

Participación Comunitaria

La participación de la comunidad es vital en ambos casos, asegurando que las prácticas y conocimientos adquiridos se difundan y apliquen ampliamente, fomentando un cambio de comportamiento que beneficie al medio ambiente y a las generaciones futuras (Naranjo Nazate, 2018). Esto ayuda a conservar la cultura de las construcciones ancestrales que se va perdiendo con la implementación de materiales industrializados adaptados a las comunidades amazónicas.

Es necesario adoptar estas definiciones, ya que el diseño de la edificación se sitúa en un entorno amazónico, utilizando ecomateriales locales en la zona de amortiguamiento de la Reserva Biológica Colonso Chalupas. Este proyecto busca promover un enfoque cultural y ambiental, enfatizando la conservación del medio ambiente. Al igual que un centro de interpretación, fomentará una interacción activa y educativa, mostrando prácticas de construcción sostenibles. Así, se establece un concepto único de edificación demostrativa de ecomateriales, que sirve como un ejemplo tangible de la conservación cultural y ambiental.

2.2.1.4. Concepto propio de edificación demostrativa de ecomateriales

Una edificación demostrativa de ecomateriales es una construcción diseñada para mostrar de manera práctica y visual cómo integrar prácticas de construcción sostenibles, tecnologías innovadoras y el uso de ecomateriales. Sirve como un ejemplo tangible de la aplicación de consideraciones ambientales en el diseño y la construcción, permitiendo a los visitantes observar directamente el uso de materiales ecológicos locales. Además,

estas edificaciones ofrecen información sobre aspectos culturales y ambientales, fomentando la interacción activa y educativa entre los visitantes. Con un fuerte enfoque en el respeto y la protección del medio ambiente, estas edificaciones también promueven la conservación cultural y ambiental, y la participación comunitaria en la difusión y aplicación de prácticas sostenibles.

Programa Arquitectónico: Relación entre Edificación Demostrativa y Centro de Interpretación

Derivado del concepto de edificación demostrativa de ecomateriales, se desarrolló un programa arquitectónico que se enfoca en crear espacios flexibles y multifuncionales. Estos espacios utilizan ecomateriales, estrategias bioclimáticas y consideraciones culturales para asegurar sostenibilidad y eficiencia, promoviendo la conservación cultural y ambiental de la comunidad.

Como referente, se estudió el "Diseño Arquitectónico del Centro de Interpretación del Agua y Páramos" de Santiago Naranjo, que también enfatiza la educación y sensibilización ambiental mediante espacios sostenibles y la integración de ecomateriales y estrategias bioclimáticas, conceptos centrales en esta tesis.

Ambos proyectos valoran la participación comunitaria para difundir y aplicar prácticas sostenibles. Naranjo destaca la necesidad de involucrar a la comunidad en la planificación, al igual que esta tesis propone un enfoque participativo con la comunidad kichwa de Alto Tena para respetar y conservar su cultura local.

Esta comparación resalta la importancia de edificaciones funcionales, educativas y culturales. La edificación demostrativa de esta tesis, al igual que el proyecto de Naranjo, busca ser un modelo de sostenibilidad y conservación cultural, proporcionando un espacio para que la comunidad, estudiantes e investigadores aprendan y apliquen prácticas ambientales responsable

2.2.2 Ecomateriales

Los Eco Materiales, también conocidos como materiales ecológicos, se caracterizan por su capacidad para mejorar la calidad ambiental en todas las etapas de su ciclo de vida, al mismo tiempo que mantienen un rendimiento responsable. Estos materiales desempeñan un papel fundamental en la ciencia y tecnología de los materiales, ya que buscan minimizar los impactos ambientales, fomentar el reciclaje y aumentar la eficiencia energética (Velasco Espín y Liberio Espinoza, 2018).



Figura 1-2. Ecomateriales

Fuente: Parenthetical (Label, n.d.)

En la era de la reproductibilidad técnica, los ecomateriales plantean un nuevo enfoque que invita a reflexionar sobre el valor de lo artesanal cuando se lleva a cabo su producción a nivel industrial, en respuesta a las necesidades de la sociedad. En un contexto de crecientes desigualdades sociales, surge la importancia de establecer una relación entre el campo y la ciudad, la agricultura y la arquitectura, lo artesanal y lo industrial, como un instrumento político relevante para abordar los desafíos de la "nueva cuestión urbana" (Bamba y González, 2018)

2.2.2.1 Historia de los ecomateriales

El uso de eco-materiales tiene sus raíces en antiguas prácticas de construcción que datan de hace 4.000 años AC en China. Según registros históricos, los chinos utilizaban cenizas de cáscara de arroz mezcladas con arcilla para fabricar cemento. En la última década, se ha acuñado el término ecomateriales para referirse a materiales que son económicamente viables y causan un mínimo daño al medio ambiente (Lira Olivares, 2023).

El concepto de materiales ecológicos surgió en la Cumbre de Río en 1992. Desde entonces, las conferencias internacionales han ido adquiriendo forma e importancia, y el interés por el desarrollo de este tipo de materiales ha aumentado constantemente. El término ecomateriales se utiliza para referirse a aquellos materiales que se han desarrollado en respuesta a las preocupaciones ambientales, con el objetivo de abordar la crisis de contaminación y promover el bienestar humano (Velasco Espín y Liberio Espinoza, 2018).



Figura 2-2. Cumbre de Río 1992

Fuente: Memoria, 2022

En los últimos años, se registra un incremento global en el uso de materiales ecológicos en la construcción de viviendas, especialmente en las Viviendas de Interés Social (VIS). Estas viviendas, diseñadas con materiales ecológicos o eco-materiales bajo los principios de la arquitectura bioclimática, demuestran su capacidad para reducir la contaminación ambiental y contribuir al entorno urbano. En general, las construcciones sostenibles buscan establecer una relación armoniosa entre el entorno natural y el construido, con el objetivo de mejorar el hábitat urbano (Moreira Macías et al., 2019).

2.2.2.2 Características de los ecomateriales

El término ecomateriales se refiere principalmente a los materiales de construcción que se caracterizan por ser económicos, naturales y que demandan un consumo energético reducido. Sin embargo, en la actualidad, el concepto se ha ampliado y ahora se refiere a la "Producción Limpia". Este término ha adquirido relevancia a raíz de la firma del Protocolo de Kyoto por parte de 141 países, donde los países industrializados se comprometen a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 5% para volver a los niveles de 1990. Es importante destacar que Estados Unidos no ha firmado dicho protocolo, a pesar de ser uno de los mayores emisores de estos gases. Además, las naciones con un alto desarrollo industrial tienen la opción de comprar reducciones de emisiones a países menos desarrollados que generan menos contaminación (Lira Olivares, 2023).

Los eco-materiales se caracterizan por ser viables, accesibles y respetuosos con el medio ambiente, ya que generalmente utilizan materias primas locales, que son renovables y se emplea tecnología tanto tradicional como tecnología moderna y responsable que se adapta a los avances tecnológicos (Velasco Espín y Liberio Espinoza, 2018).



Figura 3-2. Ecomateriales y características
Fuente: Evalcrisadmin, 2020

2.2.3 Pertinencia de uso sostenible

La pertinencia sostenible del uso de ecomateriales se refiere a la evaluación de su adecuación y viabilidad en términos de sostenibilidad ambiental, social y económica. En esta evaluación se consideran aspectos como la disponibilidad y renovabilidad de los recursos utilizados en la producción de los ecomateriales, su impacto ambiental a lo largo de todo su ciclo de vida, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, la minimización de residuos y la promoción de la economía circular (Velasco Espín y Liberio Espinoza, 2018).

La utilización de ecomateriales puede proporcionar diversos beneficios sostenibles, entre ellos:

Tabla 1-2. Beneficios sostenibles de los ecomateriales.

Conservación de recursos naturales	Reducción de emisiones y huella ecológica	Mejora de la eficiencia energética	Promoción de la economía circular	Beneficios sociales y locales
Elaborados a partir de fuentes renovables y recicladas, reducen la dependencia de materiales no renovables	Generan menos emisiones de gases de efecto invernadero durante su producción y utilización, mitigando el cambio climático	Con buenas propiedades de aislamiento térmico, reducen la demanda energética de los edificios, disminuyendo el consumo de energía y las emisiones de CO2	Fomentan la reutilización, reciclaje y valorización de residuos, contribuyendo a una economía circular más sostenible y reduciendo la generación de desechos	Generan empleo local en su producción y distribución, promoviendo el desarrollo económico y mejorando la calidad de vida de los ocupantes de los edificios

Fuente: Hernández Zamora et al., 2021.

2.2.3.1. Estado de conservación de las especies (peligro de extinción)

El estado de conservación de las especies maderables seleccionadas para este trabajo de titulación se evalúa basándose en la información proporcionada por López y Morales (2022). Estas especies, esenciales para la construcción sostenible en la región amazónica ecuatoriana, han sido cuidadosamente seleccionadas no solo por sus propiedades físicas y mecánicas, sino también por su disponibilidad y sostenibilidad ecológica. Es fundamental asegurar que el uso de estas especies no contribuya a su declive ni a la degradación de sus hábitats naturales.

Las tres especies seleccionadas, que incluyen *Guadua angustifolia Kunth* (bambú), *Vochysia Leguiana* (Tamburo) y *Guarea Kunthiana* (Tocota), se encuentran actualmente en un estado de conservación estable y no están en peligro de extinción. *Guadua angustifolia* es especialmente reconocida por su rápido crecimiento y alta capacidad de regeneración, lo que la convierte en una opción sostenible y renovable. Su explotación controlada y manejo adecuado no presentan un riesgo significativo para su conservación a largo plazo (Condit, 2021).

Por otro lado, la *Vochysia leuana* y la *Guarea kunthiana* también muestran estabilidad en sus poblaciones. Estas especies de madera dura son predominantes en los bosques amazónicos y han sido utilizadas tradicionalmente por las comunidades locales. La gestión sostenible de estas maderas implica prácticas de reforestación y manejo forestal que aseguren su disponibilidad futura. Es crucial que los planes de uso de estas especies incluyan estrategias para minimizar el impacto ambiental, promover la biodiversidad y garantizar que su explotación no amenace su supervivencia (Lopez & Morales, 2022).

La estabilidad en el estado de conservación de estas especies maderables es un factor decisivo en su selección para proyectos de construcción sostenible. La Red List of Threatened Species proporciona una evaluación periódica de estas especies, lo que permite a los investigadores y profesionales del sector de la construcción mantenerse informados sobre cualquier cambio en su estado de conservación. Esta información es vital para asegurar que las prácticas constructivas no solo sean sostenibles en términos de recursos materiales, sino también en términos de conservación de la biodiversidad y los ecosistemas locales (Condit, Piptocoma discolor, 2019).

2.2.4. Factibilidad de los ecomateriales

La viabilidad de su reciclaje se fundamenta en su capacidad para ser utilizado como materia prima en la producción de nuevos materiales de construcción, los cuales son empleados en la construcción sostenible (Instituto Tecnológico Superior Eurodiseño, 2020).

2.2.4.1. Facilidad de plantabilidad y cosechabilidad

Los bosques desempeñan un papel importante en la lucha contra el calentamiento global, ya que tienen la capacidad de mitigar y adaptarse al cambio climático al reducir las emisiones de carbono causadas por la deforestación y la degradación forestal. Estas actividades que afectan la cobertura boscosa, tanto a pequeña como a gran escala,

como la extracción de madera o leña, o el cambio de uso del suelo, se consideran las principales causas que impactan negativamente en la conservación de la biodiversidad (Paredes Ulloa et al., 2020).

2.2.4.2. Bosques primarios

Los bosques primarios se refieren a aquellos bosques en su estado natural original, donde no se observan evidencias de ninguna actividad humana que haya alterado su estructura ecológica. Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura), y el CDB (Convenio sobre la Diversidad Biológica), estos bosques se definen como aquellos que no han sido talados y han evolucionado a través de procesos y perturbaciones naturales. Esto incluye también a los bosques donde existen comunidades indígenas que utilizan prácticas tradicionales para promover su conservación y cuidado (Graziati, 2023).

Para que un bosque sea clasificado como primario, se requiere que haya experimentado un proceso de regeneración natural sin intervención humana. En caso de que haya ocurrido alguna alteración, es necesario que haya transcurrido un período suficiente de tiempo para que cualquier impacto humano se haya eliminado por completo (Graziati, 2023).

Los bosques primarios se caracterizan por ser formaciones naturales compuestas por árboles de diferentes tamaños, desde grandes hasta pequeños, y se perciben como una mezcla aparentemente desordenada. Estos bosques albergan una gran variedad de especies animales. Por otro lado, los bosques secundarios son aquellos que han sido intervenidos o plantados por el ser humano, y en ellos predominan árboles de tamaño reducido. Estos bosques suelen presentar una apariencia más ordenada y albergan menos especies animales (Cristancho, 2020).

Los bosques primarios desempeñan un papel insustituible en la biodiversidad, ya que protegen y brindan refugio a numerosas especies en la Tierra. Además, contribuyen a

regular los climas extremos, previniendo desastres naturales. Estos bosques actúan como sumideros de carbono, ayudando a reducir los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera. También juegan un papel fundamental en la conservación de fuentes de agua limpias y puras, preservando la cobertura del suelo. Asimismo, proveen alimentos y refugio para una amplia variedad de especies, incluyendo a los seres humanos (Cristancho, 2020).

2.2.4.3. Bosques secundarios

Los bosques secundarios son aquellos que se formaron a partir de la década de 1980, cuando se abandonaron miles de hectáreas de pastizales debido a la disminución de la rentabilidad de la ganadería y la degradación del suelo. Este abandono permitió la recuperación de estas áreas. Aunque los bosques secundarios tienen un potencial considerable como proveedores de recursos y servicios para la sociedad, su desarrollo como fuente de madera sigue siendo una alternativa viable y ampliamente utilizada (Villalobos Chacón, 2022).

Después de 40 años de recuperación, se ha observado que los bosques secundarios presentan una menor diversidad de especies y un menor almacenamiento de carbono en comparación con los bosques primarios no perturbados. Sin embargo, los científicos enfatizan que los bosques secundarios, es decir, aquellos que crecen en áreas previamente deforestadas, siguen siendo de vital importancia para la conservación de la biodiversidad y el almacenamiento de carbono (Agencia Iberoamericana para la difusión de la ciencia y tecnología, 2018).

2.3. Marco teórico

2.3.1. Sistemas constructivos

Los sistemas constructivos pueden clasificarse según los materiales utilizados en sus estructuras, como el concreto o el acero, y también según los materiales empleados en

el revestimiento exterior, como bloques, tabiques, concreto, piedra u otros. Además, los sistemas constructivos varían en función de los materiales utilizados en el interior, como paneles de yeso, aplanados, entre otros. Otro criterio de clasificación puede ser las técnicas de construcción, las cuales son diversas y variadas (Construcción Digital Keobra, 2019).

Los sistemas constructivos tradicionales se caracterizan por emplear estructuras de hormigón armado o muros portantes, complementados con cerramientos realizados con bloques de concreto, ladrillos, piedra o enjarres. Estos sistemas requieren el uso de mezclas de cemento y herramientas como palas, y se llevan a cabo en el lugar de construcción. Los sistemas constructivos tradicionales son ampliamente utilizados y están dominados por albañiles con experiencia.

Este enfoque constructivo, también conocido como "in situ", se utiliza para la construcción de estructuras, instalaciones y acabados superficiales, así como para los cerramientos. En este tipo de construcción se emplean materiales en su estado original y el diseño estructural se realiza manualmente. Por lo tanto, es esencial contar con mano de obra especializada para llevar a cabo este proceso (Salvatierra y Villavicencio, 2017). Unas de las ventajas de un sistema tradicional se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 2-2. Ventajas del sistema tradicional

Libertad de diseño	Flexibilidad	Simplificación de planos	Adaptabilidad del diseño	Menor inversión en equipos
Permite personalizar la construcción según las preferencias del cliente	Facilita adaptarse a cambios durante la construcción, agilizando la obra	No requiere planos detallados, lo que acelera el proceso de diseño y construcción	Permite ajustar el diseño según el tipo de estructura, siendo versátil	Requiere menos herramientas y equipos, potencialmente reduciendo costos

Fuente: Villavicencio y Salvatierra y (2017).

Unas de las desventajas de un sistema tradicional se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 3-2. Desventajas del sistema tradicional

Falta de flexibilidad	Problemas de calidad	Impacto ambiental
El modelo de producción no se adapta fácilmente a cambios en las necesidades del proyecto	En producción masiva puede comprometer la calidad del proyecto que no considera las particularidades del entorno	Genera residuos y contribuye a la contaminación

Fuente: Villavicencio y Salvatierra y (2017).

2.3.1.2. Sistema Constructivo con Estructura Metálica

El sistema constructivo basado en estructuras metálicas ha experimentado un notable crecimiento en la sociedad debido a sus ventajas distintivas en comparación con el sistema constructivo tradicional. Una de las ventajas principales es su menor peso, lo que facilita tanto su transporte como su instalación en el sitio de construcción. Además, la construcción con estructuras metálicas es notablemente más rápida y requiere menos mano de obra en comparación con el sistema tradicional. Este enfoque constructivo también permite una mayor versatilidad en el diseño, ya que no se requiere la colocación de columnas en el centro de las áreas destinadas al edificio, lo que depende del diseño específico utilizado en cada caso (Salvatierra y Villavicencio, 2017).

Unas de las ventajas de un sistema constructivo con estructura metálica se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 4-2. Ventajas de sistema constructivo con estructura metálica

Alta resistencia	Uniformidad en la calidad de los materiales	Homogeneidad en las propiedades estructurales	Proceso de construcción rápido y eficiente
------------------	---	---	--

Soportan cargas pesadas y condiciones adversas debido a su resistencia superior	Fabricados de forma controlada, garantizando una calidad uniforme y confiable	Propiedades como resistencia y rigidez son consistentes y predecibles, facilitando diseño y construcción	Fabricación previa en taller y ensamblaje en sitio aceleran la construcción, reduciendo tiempos de ejecución
---	---	--	--

Fuente: Villavicencio y Salvatierra y (2017).

Unas de las desventajas de un sistema constructivo con estructura metálica se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 5-2. Desventajas de sistema constructivo con estructura metálica

Vulnerabilidad a la corrosión	Costos elevados	Requiere mano de obra especializada
Los elementos metálicos pueden corroerse en ambientes húmedos o agresivos, necesitando tratamiento y mantenimiento adecuados	La adquisición inicial y el mantenimiento son más costosos que otros sistemas debido a la protección contra corrosión y otros deterioros	La instalación necesita personal capacitado, lo que puede ser un desafío en términos de disponibilidad de mano de obra calificada

Fuente: Villavicencio y Salvatierra y (2017).

2.3.1.3. Sistemas Constructivos en seco

Los sistemas constructivos en seco son conocidos por su agilidad y ligereza durante el proceso de construcción. Estos sistemas se distinguen por utilizar componentes prefabricados en una fábrica, lo que garantiza su precisión y facilidad de instalación. A diferencia de otros métodos constructivos, no se requiere de mano de obra altamente especializada para su implementación. Esta característica los hace atractivos, ya que se reducen los costos asociados con la contratación de personal especializado. Además, los sistemas constructivos en seco generan menos residuos en obra, lo que contribuye a la sostenibilidad y los convierte en una opción cada vez más popular en la industria de la construcción (Manual Técnico Superboard, 2018). El Drywall y el Steel Framing son ejemplos reconocidos de este tipo de sistemas constructivos en seco.

2.3.1.4. Sistemas Constructivos en seco (Drywall)

La construcción liviana en seco, también conocida como Drywall, ha ganado popularidad en países desarrollados debido a sus numerosas ventajas en términos de versatilidad, economía, velocidad de montaje y seguridad (Manual Técnico Superboard, 2018).

Este método de construcción implica la creación de una estructura de soporte o tabique utilizando perfiles metálicos o de madera. Luego se instalan las instalaciones hidráulicas, eléctricas y sanitarias, así como aislamientos térmicos o acústicos. Finalmente, se cierra el conjunto con placas de cemento. Este proceso resulta en una construcción económica, limpia, rápida, resistente a los terremotos, duradera y eficiente (Manual Técnico Superboard, 2018).

A continuación, se resumen algunas de las ventajas clave de la construcción liviana en seco.

Tabla 6-2. Ventajas clave de la construcción liviana en seco

Racionalidad y economía	Durabilidad	Versatilidad	Seguridad
• Rápida instalación • Facilidad de manipulación • Mínimos desperdicios y máxima limpieza • Disposición ideal de instalaciones	• Resistencia a la intemperie • Inmunidad a hongos, plagas y roedores • Resistencia a la humedad	• Programación de los aislamientos • Fácil aplicación de acabados • Fácil y rápida remodelación y adecuación de espacios • Fácil de trabajar	• Sismo resistente • Resistencia al fuego

Fuente: Elaboración propia a partir de Manual Técnico Superboard (2018).

2.3.1.5. Sistemas constructivos livianos en seco (Steel Framing)

El sistema constructivo conocido como Steel Framing (SF) se utiliza ampliamente en la construcción de estructuras portantes en viviendas, entresijos, cerramientos exteriores y naves industriales, entre otros usos (Rodríguez y Ramiro, 2019). A pesar de ser un sistema liviano, los perfiles de acero galvanizado utilizados en el Steel Framing son capaces de soportar cargas estructurales significativas.

El Steel Framing es un sistema constructivo reconocido a nivel mundial, caracterizado por su concepción racional. Su estructura se compone principalmente de perfiles de acero galvanizado formados en frío. Estos perfiles se utilizan para construir paneles estructurales y no estructurales, vigas secundarias, vigas de piso, cabios del techo y otros componentes clave (Rodríguez y Ramiro, 2019).

Unas de las ventajas de un sistema constructivo con estructura metálica se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 7-2. Ventajas del sistema constructivo Steel Framing

Uniformidad	Resistencia	Sostenibilidad	Grandes luces	Fachadas ventiladas	Desempeño en terremotos
Elementos de perfilaría fabricados industrialmente, más uniformes que la madera.	Resistencia a condiciones extremas (terremotos, tifones, huracanes).	Material reciclado y reciclable, opción sostenible.	Alta resistencia y bajo peso permiten estructuras con mayor distancia entre muros y amplios ventanales.	Mejora bioclimática y aislamiento térmico, reduce consumo de energía.	Excelente desempeño en regiones propensas a terremotos (EE.UU., Chile, Turquía).

Fuente: Rodríguez y Ramiro, 2019.

Unas de las desventajas de un sistema constructivo con estructura metálica se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 8-2. Desventajas del sistema constructivo Steel Framing

Conductividad Térmica	Distribución del Peso en Steel Framing	Flexibilidad de Diseño	Vida Útil del Acero Galvanizado
Alta conductividad térmica del acero puede resultar en mayor pérdida de calor o frío, aumentando el gasto energético o requiriendo capas adicionales de aislamiento térmico.	El peso se distribuye entre los perfiles de la estructura, y los elementos de carga deben estar alineados. La desviación de este principio puede incrementar los costos de acero.	La construcción de escaleras puede requerir espacios mínimos específicos, limitando la flexibilidad de diseño en algunos casos.	Si la capa de zinc se daña, ya que esto puede acelerar la corrosión y reducir la durabilidad de la estructura

Fuente: Rodríguez y Ramiro, 2019.

2.3.1.6. Sistema constructivo de Ecomateriales

Los ecomateriales son aquellos que se producen de manera sostenible y tienen un menor impacto ambiental en comparación con los materiales de construcción convencionales. Estos materiales pueden ser renovables, reciclables o biodegradables, y su uso contribuye a la reducción de emisiones de carbono y al aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

La implementación de sistemas constructivos que utilicen ecomateriales permite la creación de estructuras que no solo son respetuosas con el medio ambiente, sino también económicamente viables y culturalmente significativas. Ejemplos de ecomateriales incluyen la guadua angustifolia, conocida por su alta resistencia y propiedades renovables y biodegradables, lo que la convierte en una opción ideal para la construcción sostenible.

En el vasto campo de la arquitectura, ciertos conceptos son esenciales. Estos conceptos, como la cimentación, la estructura y la cubierta, no solo sustentan los edificios físicamente, sino que también influyen en su funcionalidad, estética y sostenibilidad. A continuación, se definen estos conceptos como refuerzo teórico:

2.3.2. Cimentación

La cimentación de una estructura es el componente responsable de proporcionar soporte en el terreno. Por lo general, se encuentra enterrada y transmite el peso de la estructura y las cargas recibidas al terreno, asegurando la estabilidad de la estructura, limitando la presión transmitida y controlando los asentamientos (Figura 2). La cimentación consta de dos elementos principales: el cimiento, que es la parte estructural encargada de transferir las cargas al terreno, y el terreno de cimentación, que es la zona del terreno afectada por estas cargas. La cimentación debe ser capaz de resistir las cargas y proporcionar estabilidad a la estructura frente a fuerzas horizontales como el viento y los movimientos sísmicos, garantizando su integridad. La tensión que se ejerce sobre el terreno resulta de los esfuerzos generados por la estructura en el cimiento, sumados al peso propio del cimiento y las cargas externas que actúan sobre él. La interacción entre el suelo y la estructura está influenciada por las características del terreno, la forma y dimensiones de la cimentación, y la flexibilidad de la estructura (Yepes, 2020).

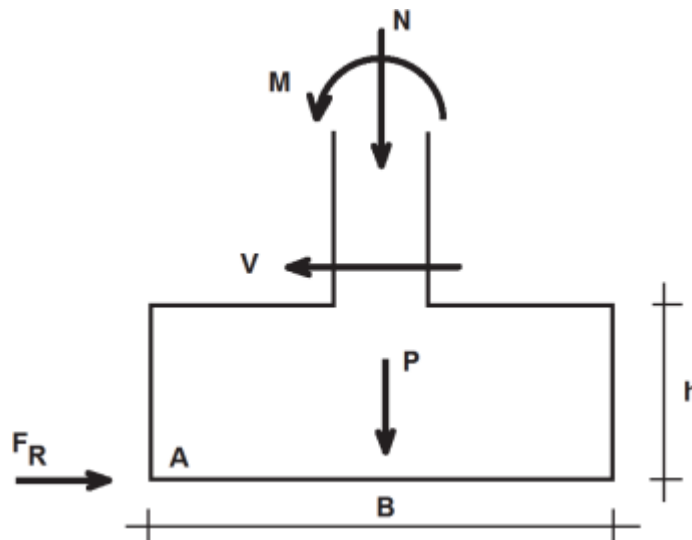


Figura 4-2. Cargas sobre una cimentación superficial
Fuente: Tomado de Yepes, 2020.

Las cimentaciones se diseñan teniendo en cuenta los estados límite últimos y de servicio. Los estados límite últimos pueden provocar el colapso de la estructura, como la rotura, hundimiento, deslizamiento o vuelco, mientras que los estados límite de servicio afectan la funcionalidad y la apariencia de la estructura, como movimientos excesivos. La capacidad portante de una cimentación se refiere a la máxima presión que puede soportar sin alcanzar el estado límite último, mientras que la presión admisible es aquella que no se alcanza en ningún estado límite, ya sea último o de servicio, y presenta un coeficiente de seguridad en relación con la capacidad portante (Yepes Piqueras, 2019).

Las cimentaciones superficiales se utilizan con frecuencia debido a su bajo costo por la carga que soportan y su facilidad de ejecución. En este tipo de cimentaciones, tanto las fuerzas verticales como las horizontales se transmiten completamente a través del terreno (Alcivar, 2022).

Por otro lado, las cimentaciones profundas, como los pilotes y las pilas prebarrenadas, se caracterizan por su capacidad de carga. Esta capacidad se estima considerando los siguientes factores (Alcivar, 2022):

- La resistencia desarrollada en la punta del pilote.
- La fricción lateral entre el pilote y el terreno.

2.3.3. Estructura

La estructura ha sido y sigue siendo un componente esencial en la arquitectura. Tanto si se trata de construir un refugio sencillo para una familia como de erigir grandes espacios donde cientos de personas pueden adorar a sus divinidades, comerciar, debatir cuestiones políticas o entretenerse, el ser humano ha debido dar forma a ciertos materiales y utilizarlos en cantidades específicas para que su arquitectura se mantenga en pie y pueda resistir la fuerza de gravedad y otras cargas peligrosas. Es fundamental resistir el viento, las descargas atmosféricas, los terremotos y los incendios, y si es posible, hacerlo con un costo razonable en términos de mano de obra y materiales, teniendo en cuenta su disponibilidad (Salvadori y Heller, 2021).

La estructura es aquello que conforma y organiza las partes de una obra. Por lo general, cuando se habla de estructura, se piensa en la parte del conjunto que sostiene o soporta, que distribuye o reparte cargas, es decir, que mantiene el equilibrio estático de la construcción. Sin embargo, aunque este sea su propósito inmediato, la estructura debe cumplir la función de organizar, dar sentido y estructurar el conjunto en su totalidad. La estructura debe sostener tanto de manera estática como estética la composición. La naturaleza nos brinda numerosos ejemplos que demuestran esto, como los árboles, cuya forma de ramas y tronco nos permite imaginar su plenitud, incluso sin su follaje. Lo mismo ocurre con el esqueleto de los animales y del ser humano, que nos permite determinar su tamaño, proporciones y conformación general, en donde cada elemento tiene la cantidad exacta de material necesaria para cumplir su función, maximizando la racionalización. De manera similar, a través de la estructura de una construcción se debe poder deducir su propósito y organización, adaptándose al plan del proyecto, subordinándose a él y resolviendo los planteamientos de manera clara y económica (Diez, 2021).

Desde los primeros tiempos de la existencia humana, se ha manifestado un sentido innato de la belleza, lo cual ha influido en la concepción de toda construcción de acuerdo con determinados principios estéticos. En ocasiones, estos principios han impuesto a la estructura exigencias más rigurosas que las relacionadas con la resistencia y la economía. En consecuencia, podría pensarse que siempre se le ha otorgado importancia a la estructura, e incluso ha dictado el tipo de arquitectura que se ha desarrollado (Salvadori y Heller, 2021).

Las exigencias fundamentales de una estructura son elementos que deben considerarse para lograr una estructura óptima. Estas exigencias incluyen el equilibrio, la funcionalidad, la estabilidad, la economía, la resistencia y la estética.

Tabla 9-2. Exigencias fundamentales de una estructura(sostenibilidad)

Equilibrio	Función	Estabilidad	Economía	Resistencia y deformación	Estética	Sostenibilidad
distribución uniforme de las cargas, considerando el centro de gravedad para evitar vuelcos y utilizando contrapesos adecuados	Asegura con una distribución eficiente del espacio, garantizando accesibilidad para todos, adaptabilidad para futuros usos y una circulación fluida dentro del edificio.	Mantiene equilibrio sin movimientos inaceptables bajo diferentes cargas	Optimiza recursos para una estructura eficiente y económica	Asegura integridad sin riesgos de ruptura o deformación inaceptable	Contribuye al valor estético según los espacios que define o sostiene	Uso eficiente de recursos Minimiza impacto ambiental Optimiza el consumo energético Promueve el uso de materiales y prácticas de construcción sostenibles.

Fuente: Díez, 2021.

La importancia de considerar todas estas exigencias estructurales radica en la necesidad de lograr una arquitectura sólida, funcional, estable, económica y estéticamente agradable. Cada aspecto desempeña un papel esencial en el diseño y la construcción de edificaciones que sean seguras y satisfagan las necesidades de las personas. Un

equilibrio adecuado entre todas estas exigencias es fundamental para crear obras arquitectónicas de calidad y con valor duradero.

Ahora, si se hace referencia a la finalidad de una estructura, esta radica en su construcción para cumplir un propósito específico. Esta consideración utilitaria distingue a la estructura de la escultura, ya que la estructura no existe por sí misma, sino que está orientada hacia un objetivo concreto. Principalmente, la finalidad de una estructura es cerrar y delimitar un espacio, aunque en ocasiones también puede ser utilizada para unir puntos, como en el caso de puentes y ascensores, o resistir fuerzas naturales, como en presas y muros de contención. En la arquitectura, las estructuras se encargan de cerrar y delimitar espacios para hacerlos funcionales para una determinada actividad. La utilidad de una estructura generalmente surge de la separación total o parcial entre el espacio delimitado y los factores atmosféricos, aunque no siempre es necesario un cerramiento completo. Diferentes propósitos y espacios requieren diferentes estructuras, pero todas las estructuras, debido a su existencia, están expuestas a diversas cargas y deben resistirlas. En la mayoría de los casos, la resistencia a las cargas no es la finalidad principal de una estructura, ya que las cargas se consideran una necesidad inevitable y, en cierta medida, no deseada (Salvadori y Heller, 2021).

Se puede concluir que la finalidad de una estructura en la arquitectura va más allá de la mera funcionalidad y la resistencia. Si bien es fundamental que las estructuras cumplan con su propósito utilitario y sean capaces de resistir cargas, también desempeñan un papel estético y contribuyen a la calidad y el valor de una obra arquitectónica. Una estructura bien diseñada puede convertirse en un elemento distintivo y memorable de una construcción, enriqueciendo así la experiencia de quienes la utilizan y admirando su belleza arquitectónica en conjunto.

2.3.4. Cubierta

La cubierta de un edificio es el conjunto de diversos elementos constructivos que constituyen la parte superior de la estructura y forman parte de la envolvente de la

edificación. Es común que la cubierta se construya sobre el forjado del edificio (Álvarez González, 2020).

El propósito principal de la cubierta es proteger el edificio desde la parte superior, salvaguardándolo de las condiciones ambientales y sus efectos, y asegurando que cumpla con los estándares de habitabilidad y seguridad establecidos por las normativas correspondientes (Álvarez González, 2020).

Las cubiertas pueden ser clasificadas considerando diversas características (Álvarez González, 2020):

En primer lugar, se puede clasificar según su pendiente, que es la inclinación con respecto a la horizontal. Existen cubiertas inclinadas, las cuales pueden estar construidas sobre un forjado inclinado o sobre un forjado horizontal. También se encuentran las cubiertas planas, que son sensiblemente horizontales, pero presentan una ligera pendiente para permitir el drenaje de las aguas de lluvia o riego.

Otra forma de clasificar las cubiertas es según su uso. Existen cubiertas transitables, que permiten la circulación y realización de actividades en ellas, y cubiertas no transitables, que solo son pisadas ocasionalmente para tareas de mantenimiento.

2.2.4.1. Comportamiento higrotérmico

Otra característica a tener en cuenta. Las cubiertas pueden ser frías o ventiladas, diseñadas para permitir la ventilación, o calientes o no ventiladas, donde no hay cámara de aire ni ventilación, y los materiales se superponen sin permitir el paso del aire.

2.2.4.2. Disposición de materiales

También se pueden clasificar las cubiertas según la posición del impermeabilizante y el aislante térmico. Si el impermeabilizante se encuentra por encima del aislante térmico,

se considera una cubierta tradicional o convencional. Por otro lado, si el impermeabilizante se encuentra por debajo del aislante térmico, se denomina cubierta invertida. Además, es importante considerar la característica de ser transitable y pisable, lo que implica que la cubierta debe ser capaz de soportar el peso de personas y equipos, permitiendo un acceso seguro para mantenimiento y uso recreativo. La correcta clasificación de las cubiertas, incluyendo su transitabilidad y pisabilidad, es esencial para asegurar su buen desempeño y durabilidad.

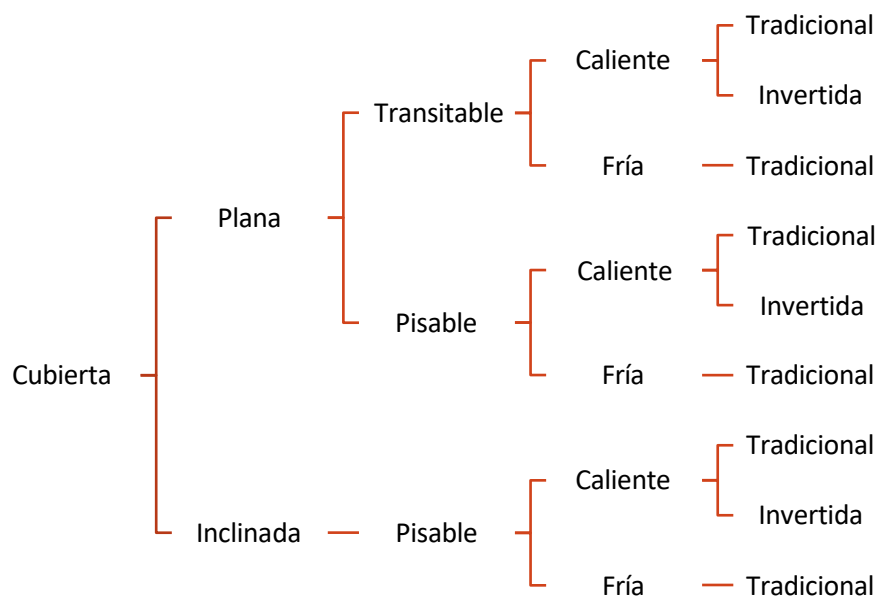


Figura 5-2. Estructura desarrollada de la clasificación de cubiertas
Fuente: Álvarez González (2018)

2.3.5. Envolvente

La envolvente arquitectónica es un concepto contemporáneo que fusiona los elementos clásicos de la cubierta y las fachadas en un único componente integral. A diferencia de la concepción anterior, donde se consideraban como planos separados que delimitaban los espacios interiores y exteriores, la envolvente se asemeja a la piel de un ser humano, siendo un elemento vivo y esencial. Su función principal es proteger la edificación y permitir los intercambios de aire, luz y calor con el entorno (González Vázquez y Molina Prieto, 2018).

Para Zapata Hernández (2020), el envolvente se define como la piel o cobertura del edificio que resguarda su interior de las condiciones externas. Está compuesto por las cubiertas y las fachadas, los cuales deben ser diseñados considerando tanto las necesidades del edificio como su interacción climática con el entorno.

Es importante mencionar que, en la actualidad, las edificaciones desempeñan un papel importante en el consumo energético global. Según el programa ambiental de las Naciones Unidas, se estima que las edificaciones son responsables de más del 40% del consumo de energía a nivel mundial. Este consumo de energía contribuye significativamente a las emisiones de CO₂, representando entre el 25% y el 30% de las emisiones anuales y contribuyendo entre el 10% y el 12% al cambio climático debido al calor retenido en la atmósfera. Por lo tanto, cualquier mejora tecnológica o utilización de materiales alternativos que pueda reducir las pérdidas y ganancias de calor en las edificaciones tiene un potencial impacto en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y el consecuente calentamiento global (Costantini Romero y Franco, 2022).

Dentro de la envolvente arquitectónica, los elementos que están en contacto directo con el exterior desempeñan un papel determinante en el consumo de energía y tienen una influencia directa en la demanda energética del edificio (Michaux et al., 2023). Es por ello que se ha generado un creciente interés en las últimas décadas por encontrar nuevos materiales para la envolvente que permitan mejorar la eficiencia energética de las edificaciones (Costantini Romero y Franco, 2022).

Sin embargo, es importante destacar que la implementación de estas soluciones debe ser accesible y viable en términos económicos, para que puedan ser adoptadas ampliamente en la industria de la construcción. Además, es necesario promover una conciencia y una cultura de diseño sostenible que integre la eficiencia energética en todas las etapas de planificación y construcción de edificaciones.

2.3.6. Propiedades y características de los ecomateriales

Al iniciar el estudio de los ecomateriales, es fundamental mencionar que el objetivo principal de esta sección es comprender las propiedades y características específicas que hacen de estos materiales una opción viable y sostenible para la construcción. Estos conceptos no solo se explorarán en términos teóricos, sino que también se aplicarán directamente al diseño arquitectónico propuesto en esta investigación. Este listado de conceptos responde al uso de ecomateriales que minimicen su impacto ambiental y promuevan la conservación de recursos naturales, alineándose con los principios de sostenibilidad y eficiencia que rigen esta tesis.

Para reforzar el conocimiento en los conceptos fundamentales de ingeniería y relacionar con los cálculos que se realizarán posteriormente en los ecomateriales, se requiere conocer estas siguientes definiciones:

2.3.6.1. Esfuerzos

Los esfuerzos en ingeniería estructural son fenómenos complejos que involucran cargas externas y fuerzas internas dentro de los materiales de una estructura. La tensión es un tipo de esfuerzo que puede hacer que un material se elongue cuando se aplica una carga que tiene tendencia a estirarlo. Este fenómeno es particularmente importante para materiales como el acero, que dependen de su capacidad para resistir la tensión para su utilidad en aplicaciones de construcción y manufactura. La compresión, por otro lado, es esencial para el diseño de columnas y otros elementos verticales que deben soportar cargas hacia abajo sin deformarse demasiado (Andrade & Molina, 2020).

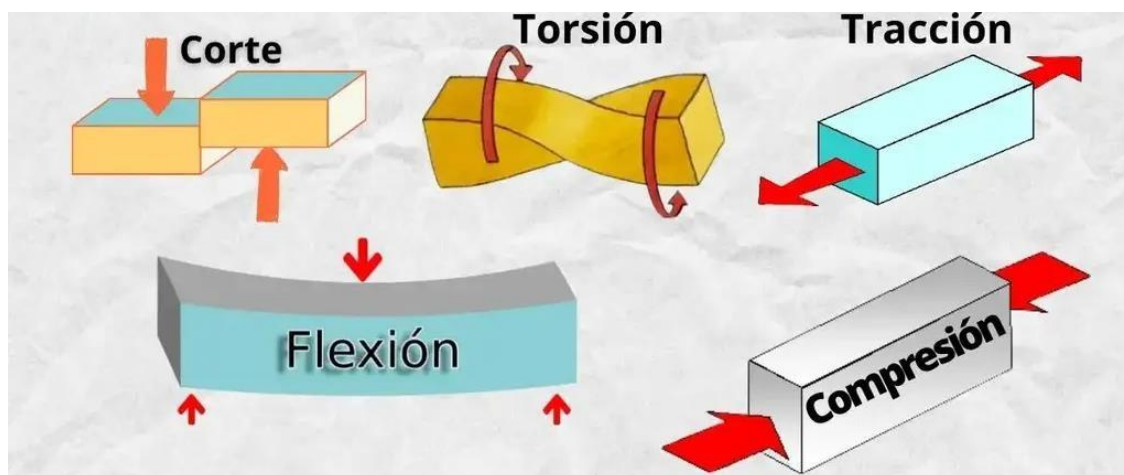


Figura 6-2. Esfuerzos

Fuente: Soria, 2023

El esfuerzo de corte es otro factor importante, especialmente en elementos como vigas y losas, donde los deslizamientos o rupturas pueden ser causados por fuerzas aplicadas de forma paralela, pero en direcciones opuestas. Este tipo de esfuerzo se evalúa cuidadosamente para garantizar que los materiales utilizados y las conexiones estructurales sean capaces de resistir las fuerzas de corte esperadas durante la vida útil de la estructura. Los esfuerzos de flexión y torsión, que implican curvatura y torsión, son comunes en elementos como vigas y ejes. En el diseño de puentes y maquinaria, la resistencia a la flexión y la torsión es crucial para la funcionalidad y la seguridad del producto final (Olivera, 2019).

Para garantizar que las estructuras sean seguras y duraderas, es necesario realizar un análisis detallado de los esfuerzos. Los ingenieros simulan cómo diferentes materiales y diseños responderán a las cargas esperadas utilizando métodos sofisticados de modelado computacional y pruebas físicas. Esto implica evaluar varios factores, como la resistencia última de los materiales, la fatiga estructural bajo cargas cíclicas y la capacidad para soportar impactos repentinos o cargas extremas. La integridad estructural y la fiabilidad a largo plazo de edificios, puentes, vehículos y otras estructuras críticas de la infraestructura moderna se garantizan mediante el diseño optimizado para manejar estos esfuerzos (Torres, 2019).

2.3.6.2. Resistencia a compresión

La resistencia a la compresión se refiere al máximo esfuerzo que un material puede soportar bajo una carga de aplastamiento. Cuando un material se rompe debido a una fractura, la resistencia a la compresión puede definirse como una propiedad independiente dentro de límites estrechos. Sin embargo, en el caso de materiales que no se rompen durante la compresión, la resistencia a la compresión se define como la cantidad de esfuerzo necesaria para deformar el material en una cantidad arbitraria. Para calcular la resistencia a la compresión, se divide la carga máxima aplicada por el área transversal original de una muestra en una prueba de compresión (Suarez et al, 2022).

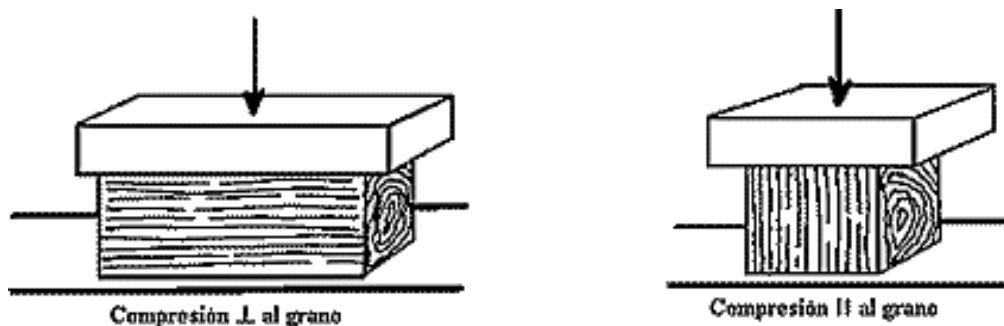


Figura 7-2. Esfuerzo compresión

Fuente: PROPIEDADES DE LA MADERA: Compresión, Corte Y Flexión., n.d.

2.3.6.3. Resistencia a la tracción

La resistencia a la tracción se refiere a la fuerza ejercida por unidad de área de la sección transversal original de un material. Se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

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

Donde:

σ = representa la resistencia a la tracción en megapascuales (MPa),

F = es la fuerza aplicada en newtons (N)

A = es el área transversal del material (mm^2)

Es un valor característico utilizado para evaluar la capacidad de resistencia de un material. La resistencia a la tracción se define como el máximo esfuerzo mecánico de tracción al que se puede someter una muestra. Si se supera la resistencia a la tracción, el material se rompe, ya que la capacidad de absorber fuerzas disminuye hasta que la muestra se fracture. Sin embargo, antes de alcanzar la resistencia a la tracción, el material comienza a experimentar una deformación plástica, es decir, una deformación permanente (Roell, 2023).

2.3.6.4. Cizalla paralela a la fibra

La cizalla paralela a la fibra es una propiedad crítica en la evaluación de la resistencia mecánica de materiales maderables y otros ecomateriales utilizados en la construcción. Este tipo de cizalla se refiere a la fuerza aplicada paralelamente a las fibras del material, que puede causar deslizamiento entre las capas de fibra y, eventualmente, la falla del material. La resistencia a la cizalla paralelo a la fibra es esencial para determinar la capacidad del material para soportar cargas laterales y fuerzas cortantes sin sufrir deformaciones significativas o fracturas (Sugawara & Nikaido, 2014).

En los materiales como la madera, la resistencia a la cizalla paralelo a la fibra puede variar considerablemente dependiendo de factores como la especie de madera, el contenido de humedad y la calidad del material. Por ejemplo, maderas duras tienden a tener una mayor resistencia a la cizalla en comparación con maderas blandas debido a su estructura fibrosa más densa. La medición de esta propiedad se realiza mediante pruebas estandarizadas en las que se aplica una carga controlada hasta que se produce la falla del material, permitiendo así la evaluación precisa de su comportamiento bajo cargas reales (Bach, 2021).

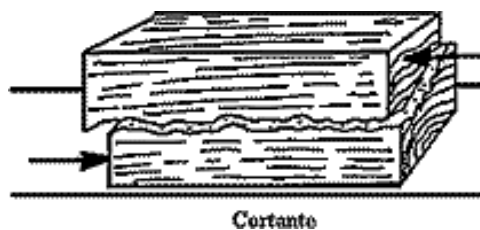


Figura 8-2. Esfuerzo de corte paralelo

Fuente: PROPIEDADES DE LA MADERA:
Compresión, Corte Y Flexión., n.d.

La evaluación de la cizalla paralelo a la fibra es crucial en el diseño y la construcción de estructuras sostenibles, ya que permite seleccionar ecomateriales adecuados que cumplan con los requisitos de resistencia y durabilidad. Además, entender esta propiedad ayuda a optimizar el uso de materiales naturales, asegurando que se empleen de manera eficiente y segura en aplicaciones estructurales. Este conocimiento es vital para la implementación de prácticas constructivas que no solo respeten el medio ambiente, sino que también garanticen la integridad y la longevidad de las edificaciones (Ferreira et al., 2024).

2.3.6.5. Flexión o resistencia a la deformación

La resistencia a la flexión o resistencia a la deformación es una propiedad mecánica fundamental en los materiales de construcción, especialmente en aquellos de origen natural como las maderas utilizadas en la región amazónica. Esta propiedad se refiere a la capacidad de un material para resistir deformaciones bajo cargas de flexión, es decir, cuando una fuerza intenta doblar el material. La medición de la resistencia a la flexión es crucial para determinar la aptitud de un material para ser utilizado en elementos estructurales que deben soportar cargas significativas sin deformarse permanentemente o romperse. La resistencia a la flexión se evalúa aplicando una carga central a una muestra del material hasta que se produce la falla, registrando así la fuerza máxima soportada (Ibeth & Espinosa, 2023).

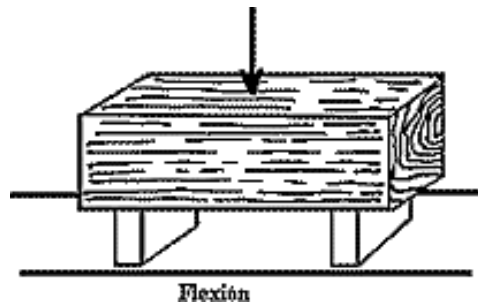


Figura 9-2. Esfuerzo de flexión
Fuente: PROPIEDADES DE LA MADERA:
Compresión, Corte Y Flexión., n.d.

En el caso de los ecomateriales como las maderas y bambú, la resistencia a la flexión varía dependiendo de factores como la especie de la madera, el contenido de humedad y la orientación de las fibras. Las maderas duras generalmente presentan una mayor resistencia a la flexión en comparación con las maderas blandas, debido a su estructura más densa y compacta. La humedad también juega un papel crucial, ya que un contenido elevado de humedad puede debilitar la resistencia del material, mientras que un contenido demasiado bajo puede hacerlo más frágil. La orientación de las fibras dentro del material también afecta la resistencia a la flexión, siendo más fuerte en la dirección longitudinal de las fibras (Gonzales & Yengle, 2021).

La importancia de la resistencia a la flexión en los materiales de construcción radica en su impacto en la seguridad y durabilidad de las estructuras. Un material con alta resistencia a la flexión puede soportar cargas elevadas sin sufrir deformaciones permanentes, lo que es esencial para mantener la integridad estructural de edificaciones y puentes. Además, comprender esta propiedad permite a los ingenieros y arquitectos seleccionar y diseñar de manera más eficiente los componentes estructurales, optimizando el uso de materiales y asegurando construcciones sostenibles y resistentes. La incorporación de ecomateriales con alta resistencia a la flexión en la construcción no solo mejora la sostenibilidad ambiental, sino que también garantiza la longevidad y seguridad de las edificaciones (Bendezú & Laura, 2022).

2.3.6.6. Tensión o tracción

La tensión es una propiedad fundamental que mide la capacidad de un material para resistir fuerzas que intentan alargarlo. Esta propiedad es especialmente relevante en el contexto de los ecomateriales, ya que determina su resistencia y durabilidad en aplicaciones estructurales. La tensión se evalúa mediante pruebas que aplican una carga hasta que el material se rompe, registrando la máxima fuerza soportada por unidad de área. Este valor es crucial para entender cómo los materiales naturales, como las maderas y fibras, pueden comportarse bajo condiciones de carga real en edificaciones sostenibles (I. Fuentes & Monereo, 2020).

Los materiales como las maderas presentan variaciones significativas en su resistencia a la tensión dependiendo de factores como la especie, el contenido de humedad y la orientación de las fibras. Las maderas duras, por ejemplo, generalmente exhiben una mayor resistencia a la tensión que las maderas blandas debido a su estructura celular más densa. Además, el contenido de humedad puede influir considerablemente en esta propiedad ya que la humedad elevada tiende a debilitar la estructura del material, mientras que una humedad demasiado baja puede hacer que el material sea más frágil y propenso a fracturas (Timbolmas et al., 2022).

Entender la resistencia a la tensión en ecomateriales es esencial para su aplicación efectiva en la construcción sostenible. Este conocimiento permite a los ingenieros y arquitectos diseñar estructuras que maximicen la integridad y la seguridad, utilizando materiales que no solo son respetuosos con el medio ambiente, sino que también cumplen con los requisitos mecánicos necesarios. La selección adecuada de materiales con alta resistencia a la tensión contribuye a la creación de edificaciones duraderas y eficientes, optimizando el uso de recursos naturales y reduciendo el impacto ambiental (García et al., 2021).

Para la interpretación clara de otros conceptos y reforzar el conocimiento de las actividades de laboratorio de biomasa de la URAI se optó por definir estas siguientes

definiciones que se relacionan directamente con las caracterizaciones de las especies maderables:

2.3.6.7. Contenido de humedad

El contenido de humedad en los materiales de construcción es una medida crucial que determina la cantidad de agua presente en el material en un momento dado. Este factor es particularmente importante en los ecomateriales debido a su naturaleza orgánica y su tendencia a interactuar con el ambiente circundante. La humedad puede afectar significativamente las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, alterando su densidad, resistencia y durabilidad. En la construcción sostenible, controlar el contenido de humedad es esencial para asegurar la estabilidad y el rendimiento a largo plazo de las estructuras (Burgos et al., 2021).

En los materiales naturales, como las maderas y fibras utilizadas en la región amazónica, el contenido de humedad varía con las condiciones ambientales, como la temperatura y la humedad relativa. Este fenómeno se conoce como higroscopicidad, donde el material absorbe o libera agua para equilibrarse con el entorno. La cantidad de humedad que un material puede contener sin deteriorarse es fundamental para su utilización en la construcción. Los materiales con alta higroscopicidad pueden hincharse o contraerse significativamente, lo que puede comprometer la integridad estructural si no se manejan adecuadamente (Resano et al., 2022).

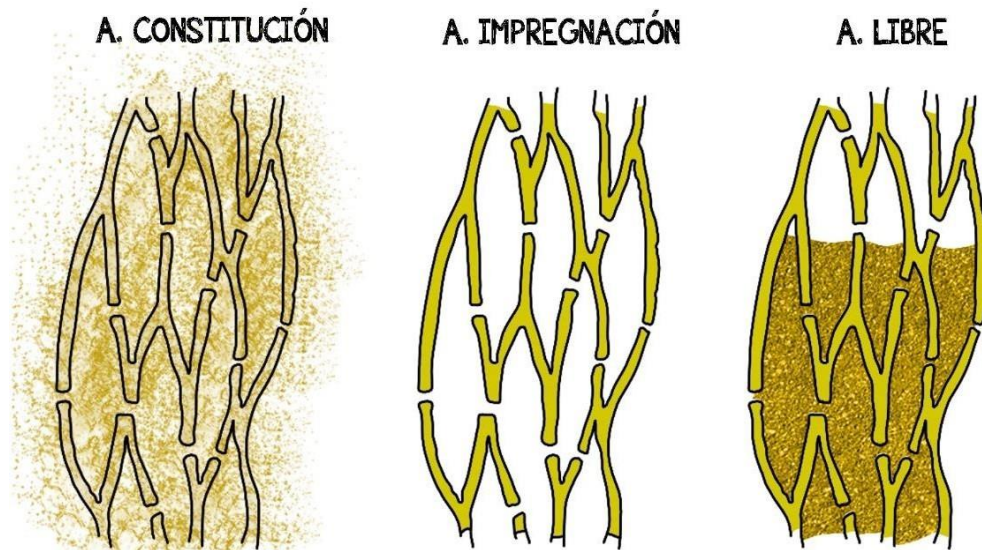


Figura 10-2. Higroscopicidad

Fuente: (PROPIEDADES FÍSICAS – Toca Madera · Sounds Wood, n.d.)

Para medir y controlar el contenido de humedad en los ecomateriales, se emplean diversos métodos y tecnologías. La determinación precisa del contenido de humedad se realiza a menudo mediante el secado en horno, donde se mide la pérdida de peso del material al eliminar completamente el agua. Esta información es vital para el diseño y la implementación de sistemas constructivos que empleen ecomateriales, ya que permite prever cambios dimensionales y ajustar las técnicas de construcción para mantener la estabilidad y la eficiencia de las edificaciones (Fuentes-Molina et al., 2021).

$$CH(\%) = \frac{mh - md}{md} \times 100$$

Donde:

CH = es el contenido de humedad expresado en porcentaje.

mh = es la masa húmeda del material.

md = es la masa seca del material (masa del material después de haber sido secado en un horno hasta alcanzar una masa constante)

2.3.6.8. Fibrosidad

La fibrosidad es una propiedad importante en los materiales de construcción, especialmente en aquellos de origen vegetal como las maderas y fibras naturales. Se refiere a la presencia y disposición de fibras dentro de un material, lo cual afecta directamente su resistencia y durabilidad. En el contexto de los ecomateriales, la fibrosidad influye en la capacidad del material para soportar cargas y tensiones, así como en su flexibilidad y capacidad de absorción de impactos. Materiales con alta fibrosidad, como el bambú, son conocidos por su excelente resistencia a la tracción y flexión, lo que los hace ideales para aplicaciones estructurales en construcciones sostenibles (Ramírez, 2020).

La disposición de las fibras dentro de un material también afecta su comportamiento bajo condiciones ambientales variables. Por ejemplo, la orientación de las fibras puede determinar la dirección en la que el material es más fuerte o más débil. En la construcción, entender la fibrosidad de un material permite optimizar su uso y mejorar la eficiencia estructural. Los ecomateriales con una disposición uniforme y bien orientada de fibras suelen ofrecer una mayor resistencia y durabilidad, lo que es crucial para edificaciones en regiones con condiciones climáticas extremas (Pico, 2022).



Figura 11-2. Fibrosidad de las maderas

Fuente: PiamWeb, n.d.

Además, la fibrosidad tiene implicaciones en la trabajabilidad del material. Materiales con fibras largas y entrelazadas pueden ser más difíciles de cortar y moldear, pero ofrecen ventajas significativas en términos de resistencia y durabilidad. En contraste, materiales con fibras cortas y menos cohesivas pueden ser más fáciles de trabajar, pero menos resistentes. Este balance entre trabajabilidad y resistencia debe considerarse cuidadosamente en el diseño y construcción de edificaciones sostenibles, asegurando que se maximicen las ventajas inherentes de la fibrosidad de los materiales naturales utilizados (Molina, 2020).

2.3.6.9. Resistencia a la carbonización

La resistencia a la carbonización se refiere a la capacidad de un material para resistir la exposición al fuego, permitiendo que se mantenga estructuralmente estable durante un período determinado sin sufrir daños significativos. Esta propiedad es especialmente importante en materiales utilizados en la construcción sostenible, ya que proporciona una medida adicional de seguridad y durabilidad. La evaluación de la resistencia a la carbonización implica someter el material a condiciones controladas de alta temperatura y observar su comportamiento, incluyendo la formación de una capa carbonizada que puede actuar como barrera protectora, retardando la propagación del fuego y proporcionando tiempo adicional para la evacuación y respuesta ante emergencias (Avendaño, 2020).

Los ecomateriales, como ciertas maderas y bambú, han mostrado variaciones en su resistencia a la carbonización en comparación con materiales convencionales como el acero y el hormigón. La madera, por ejemplo, tiende a formar una capa carbonizada en su superficie cuando se expone al fuego, lo cual puede ayudar a proteger el material interno de un mayor daño. Esta propiedad se aprovecha en el diseño de construcciones que buscan maximizar la seguridad contra incendios mediante el uso de materiales que no solo resistan el fuego, sino que también contribuyan a retardar su propagación. La investigación continua en este campo busca mejorar las características de resistencia a

la carbonización de los ecomateriales mediante tratamientos y procesos específicos que aumenten su eficacia (Aliaga, 2022).

Además, la implementación de normativas y estándares para la resistencia a la carbonización es esencial para asegurar que los materiales utilizados en la construcción cumplan con los requisitos de seguridad. Estas normativas establecen los métodos de prueba y los criterios de desempeño que los materiales deben alcanzar para ser considerados seguros para su uso en edificaciones. La adhesión a estos estándares no solo garantiza la seguridad de los ocupantes, sino que también promueve la confianza en la utilización de ecomateriales en proyectos de construcción sostenible, contribuyendo a un entorno construido más seguro y resiliente (Torres et al., 2023).

2.3.6.10. Densidades

La densidad es una medida utilizada en física y química para determinar la cantidad de masa presente en un determinado volumen. La ciencia reconoce dos tipos de densidades: la densidad absoluta o real, que expresa la masa por unidad de volumen y se calcula mediante la fórmula (Heredia, 2022):

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde:

ρ = densidad del material(kg/m³)

m = masa del material(kg)

V = volumen del material(m³)

2.3.6.11. Densidades en estado seco y húmedo de la madera

La densidad en húmedo y en seco de la madera es una propiedad fundamental que influye en su rendimiento y aplicabilidad en la construcción. La densidad en húmedo se refiere a la masa de la madera cuando contiene toda su humedad natural, mientras que la densidad en seco se mide cuando la madera ha sido secada al aire o al horno, eliminando la mayor parte de su contenido de agua. Estas mediciones son cruciales porque la densidad afecta directamente la resistencia, durabilidad y estabilidad dimensional de la madera. Por ejemplo, una madera con alta densidad en seco generalmente tendrá mayor resistencia mecánica y menor susceptibilidad a deformaciones, lo que la hace más adecuada para aplicaciones estructurales exigentes (E. G. López, 2023).

La variación de densidad entre el estado húmedo y seco también proporciona información valiosa sobre la higroscopicidad de la madera, es decir, su capacidad para absorber y liberar humedad del ambiente. Esta propiedad es particularmente importante en climas con alta variabilidad de humedad, donde la madera debe mantener su integridad estructural a pesar de los cambios en el contenido de humedad. La diferencia en densidades también puede indicar la cantidad de contracción que la madera experimentará al secarse, lo que es crucial para evitar problemas de agrietamiento y deformación en estructuras y muebles de madera (Pinilla et al., 2023).

Además, la densidad en húmedo y en seco de la madera afecta su capacidad de aislamiento térmico y acústico. Maderas más densas suelen tener mejores propiedades de aislamiento, lo que las hace ideales para construcciones que requieren eficiencia energética y confort acústico. Sin embargo, estas maderas también pueden ser más difíciles de trabajar y transportar debido a su mayor peso. Por lo tanto, comprender y medir las densidades en ambos estados es esencial para seleccionar el tipo de madera más adecuado para cada aplicación específica en la construcción sostenible (Astete & Astley, 2023).

Para los cálculos de diferentes fórmulas adaptadas al diseño de la edificación demostrativa se ameritan conocer estos siguientes conceptos que van de la mano con las normativas de construcción, además que son datos existentes que serán tomados para sus respectivas aplicaciones:

2.3.6.12. Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad, también denominado módulo de Young, es una característica esencial de los materiales que indica su habilidad para experimentar deformaciones elásticas bajo la influencia de una fuerza externa. Se define como la proporción entre el esfuerzo (σ) aplicado y la deformación (ϵ) resultante en la región elástica lineal de la curva de esfuerzo vs deformación unitaria (Flores, 2020). La fórmula elemental para determinar el módulo de elasticidad es la siguiente:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Donde:

E = módulo de elasticidad.

σ = esfuerzo (tensión) aplicado al material.

ϵ = deformación unitaria (deformación por unidad de longitud)

En el ámbito de los materiales ecológicos, el módulo de elasticidad cobra una importancia significativa debido a la creciente urgencia de crear materiales sostenibles y respetuosos con el entorno. Los ecomateriales, que abarcan materiales reciclados, biocompuestos y aquellos provenientes de fuentes renovables, son concebidos con el propósito no solo de disminuir el impacto ambiental, sino también de preservar o mejorar las propiedades mecánicas equiparables a las de los materiales tradicionales. La evaluación del módulo de elasticidad en ecomateriales posibilita determinar su viabilidad y eficacia en aplicaciones estructurales (Marcillo, 2021).

La utilización de materiales ecológicos con un módulo de elasticidad apropiado en diversos sectores como la construcción y la industria automotriz, entre otros, no solo favorece la sostenibilidad ambiental, sino que también puede generar beneficios económicos y mejorar el rendimiento. Es fundamental continuar investigando y desarrollando estos materiales para promover la transición hacia una economía circular, disminuyendo así la utilización de materiales no renovables y altamente contaminantes (Ibarra & Naveda, 2023).

2.3.6.13. *Momento de inercia*

El momento de inercia, también conocido como segundo momento de área, es una medida que evalúa la resistencia de un objeto a cambios en su movimiento rotacional alrededor de un eje específico. Este concepto es esencial en el estudio de la mecánica de cuerpos rígidos y tiene aplicaciones significativas en diversos campos de la ingeniería y la física. La magnitud del momento de inercia está determinada por la distribución de la masa del objeto con respecto al eje de rotación. Para su cálculo, se requiere integrar la masa del objeto y la distancia al cuadrado desde el eje de rotación a lo largo de todo su volumen (Luján, 2021). La fórmula general para el momento de inercia (I) es la siguiente:

$$I = m \times r^2$$

Donde:

I = Momento de inercia

m = masa del objeto

r = distancia de la masa al eje de rotación

Mediante el uso de las coordenadas adecuadas y la integración sobre las dimensiones del cuerpo, esta fórmula general se adapta a una variedad de geometrías y distribuciones de masa. Esta propiedad es importante porque puede predecir el

comportamiento dinámico de los objetos cuando se aplican fuerzas y torques. Por lo tanto, los cálculos precisos del momento de inercia son fundamentales para el diseño de componentes mecánicos como volantes de inercia, ruedas y otros componentes rotativos en maquinaria y vehículos. Estos componentes no funcionarían eficientemente y podrían fallar bajo cargas operativas si no se tomara en cuenta el momento de inercia (Lovi, 2020).

En ingeniería estructural, el momento de inercia es muy importante. El momento de inercia determina la rigidez y la resistencia de la estructura frente a cargas aplicadas al analizar vigas y otros elementos estructurales sujetos a torsión. Por ejemplo, cuando se construyen puentes y edificios, se utiliza el momento de inercia para determinar cómo se distribuirán las tensiones a lo largo de la estructura y para asegurarse de que estas no excedan los límites de resistencia del material (Dellazoppa, 2019).

2.3.6.14. Módulo de sección elástico

El módulo de sección, también conocido como módulo de sección elástica, es una propiedad geométrica de una sección transversal de un material que muestra su capacidad para resistir esfuerzos de flexión. Debido a que ayuda a determinar la resistencia y rigidez de las vigas y otros elementos sometidos a cargas, es una medida crucial en el diseño estructural y la ingeniería. El momento de inercia de la sección (I) dividido por la distancia desde el eje neutro hasta la fibra más alejada (c) es el módulo de sección, que se representa comúnmente con la letra S (Ledesma, 2023). El módulo de sección tiene la siguiente fórmula general:

$$S = \frac{I}{c}$$

Donde:

S = módulo de sección elástica(m^3)

I = momento de inercia(m^4)

C = distancia desde el eje neutro hasta la fibra de la sección

Este valor es esencial porque determina cuánto estrés puede soportar una sección antes de alcanzar su límite de fluencia o de romperse.

En el diseño y el análisis de estructuras, el módulo de sección es importante porque permite a los ingenieros calcular la resistencia de vigas y columnas de diferentes formas y materiales. El módulo de sección de unas vigas rectangulares es fácil de calcular, mientras que el cálculo de secciones más complejas, como las secciones en I o T, puede ser más complicado, pero sigue el mismo principio fundamental. Los ingenieros pueden prever cómo se comportará una estructura bajo diversas cargas y diseñar elementos que sean tanto eficientes como seguros, evitando el sobredimensionamiento y reduciendo costos, conociendo el módulo de sección.

En la práctica, el módulo de sección también se usa para optimizar el uso de materiales en la construcción y la fabricación. Los ingenieros seleccionan materiales y formas de sección que proporcionen el mayor módulo de sección para una masa o volumen específico al diseñar una estructura. Esto no solo reduce el uso de materiales, sino que también hace que la estructura sea lo suficientemente fuerte para soportar las cargas aplicadas, lo que es importante tanto desde una perspectiva económica como ambiental (Gálvez, 2019).

Por otro lado, los conceptos que se detallan a continuación servirán de refuerzo en referencia al diseño de la edificación demostrativa, interpretando varias de las definiciones a considerar:

2.3.6.15. Cargas estáticas

Debido a su impacto directo en la estabilidad y seguridad de las construcciones, las cargas estáticas son importantes para el diseño y la ingeniería estructural. En ingeniería civil, las cargas estáticas incluyen tanto el peso de los materiales de construcción (como

el concreto y el acero) como las cargas permanentes (como los muebles fijos y las instalaciones eléctricas). Para garantizar que la estructura sea capaz de soportar estas cargas sin causar deformaciones o riesgos de colapso, estas cargas deben distribuirse y calcularse cuidadosamente. Las cargas estáticas como las cargas de viento y sísmica también son importantes para el diseño de puentes y edificios altos. La distribución y absorción de las cargas a lo largo de la estructura es lo que determina la capacidad de resistir estas fuerzas externas. Esto se determina mediante el análisis de tensiones y deformaciones bajo varios escenarios de carga estática (Collaguazo & Guevara, 2020).

El método de los elementos finitos (MEF), que simula cómo una estructura reaccionará a diferentes tipos de carga, es uno de los métodos avanzados utilizados en el análisis estructural para gestionar las cargas estáticas. Este método computacional es crucial para evaluar la resistencia y estabilidad de grandes estructuras ante eventos extremos como terremotos o vientos fuertes. Es común en ingeniería superponer los efectos de cargas estáticas y dinámicas para obtener una evaluación completa de los esfuerzos y deformaciones previstos.

La gestión efectiva de las cargas estáticas implica tomar medidas de diseño para reducir su impacto a lo largo de la vida útil de la estructura además de calcular su distribución y tamaño. Esto puede incluir métodos como la optimización del diseño para reducir el peso propio de los materiales, el uso de materiales compuestos avanzados que brindan mayor resistencia con menor masa y la implementación de sistemas de amortiguación para reducir los efectos de cargas dinámicas como vibraciones y resonancias. Estas prácticas combinadas garantizan que las estructuras no solo sean seguras y funcionales, sino que también sean económicamente eficientes y sostenibles para el medio ambiente (Ruiz, 2022).

2.3.6.16. Carga viva

En ingeniería estructural, la carga viva abarca una variedad de situaciones dinámicas y móviles que pueden afectar una estructura mientras se utiliza. La carga producida por

personas caminando o reunidas en un lugar, el tránsito de vehículos por puentes y la operación de maquinaria pesada en instalaciones industriales pertenecen a esta categoría. La magnitud de la carga viva, la distribución de estas fuerzas a través de la estructura y la duración de su aplicación son factores que afectan la capacidad de una estructura para resistir estas cargas (Cagua et al., 2022). En el diseño de edificios de oficinas o residenciales, se toma en cuenta tanto el peso total de las personas como la distribución de la carga en diferentes áreas de uso común para garantizar que los pisos y las escaleras puedan soportar el peso de las personas sin deformaciones o riesgo de colapso durante períodos prolongados de uso (Guillén & Macias , 2022).

Los estándares de diseño y construcción establecen normas específicas para calcular la carga viva según el tipo de estructura y su uso previsto. Según el número esperado de ocupantes y la función del espacio, las normas pueden establecer una carga viva mínima por metro cuadrado para cada tipo de edificio. Esto garantiza que las estructuras cumplan con las normas de seguridad establecidas y proporciona un margen de seguridad adecuado para acomodar las variaciones en la carga real durante la vida útil del edificio. Se utilizan modelos de tráfico y estudios de flujo de personas en aplicaciones como puentes y pasarelas peatonales para determinar la carga viva máxima que la estructura debe soportar, teniendo en cuenta tanto el comportamiento humano como las condiciones ambientales locales (León G. , 2021).

Para reducir los riesgos de fallas estructurales causadas por sobrecargas o uso intensivo, es esencial realizar una evaluación precisa de la carga viva. Los ingenieros y arquitectos utilizan técnicas sofisticadas de simulación y análisis estructural para prever cómo las fuerzas dinámicas afectarán la integridad de una estructura a lo largo del tiempo. Esto puede incluir el uso de software de modelado por elementos finitos (MEF) para simular el comportamiento de una estructura bajo una variedad de escenarios de carga viva. Esto permite ajustes de diseño y optimización de materiales para mejorar la resistencia y la durabilidad (Toaza, 2022).

2.3.6.17. Carga muerta

La carga muerta es una parte importante del diseño y la ingeniería estructural porque representa el peso constante de todos los componentes permanentes de una estructura. Elementos como muros, columnas, losas, vigas, techos y instalaciones eléctricas, sanitarias y de acabado interior y exterior están incluidos en esta categoría. Para asegurarse de que la estructura pueda resistir de manera segura y estable su propio peso y el de todos sus componentes fijos, es esencial en los proyectos de construcción calcular la carga muerta de manera precisa. Para determinar la carga muerta total que deben soportar los cimientos y la estructura en general, en edificaciones de múltiples pisos, se toma en cuenta el peso de cada nivel y se agregan los elementos estructurales y no estructurales (Álvarez E. , 2019).

La normativa de construcción y los códigos de diseño brindan instrucciones detalladas sobre cómo calcular y administrar de manera efectiva la carga muerta. Estos estándares difieren según el tipo de estructura y los materiales utilizados para garantizar que se apliquen márgenes de seguridad adecuados. Se utilizan métodos sofisticados de análisis estructural para evaluar cómo la carga muerta afecta la resistencia y la estabilidad a lo largo del tiempo en puentes y estructuras de gran envergadura. Estos análisis toman en cuenta aspectos como la resistencia de los materiales a las condiciones ambientales extremas y la degradación gradual de los materiales, lo que tiene un impacto en la gestión del mantenimiento a largo plazo (Pizango & Altamirano , 2019).

El diseño eficiente de una estructura también implica maximizar la carga muerta mediante el uso de materiales y técnicas constructivas que reduzcan el peso sin comprometer la seguridad. Se utilizan materiales compuestos y sistemas prefabricados en proyectos arquitectónicos modernos que son más livianos y ofrecen una mayor resistencia estructural. Esto no solo reduce los costos de construcción y los tiempos de ejecución, sino que también reduce la huella de carbono de la construcción y el transporte de materiales pesados, lo que mejora la sostenibilidad ambiental (Álvarez E. , 2020).

2.3.6.18. Coeficientes de modificación

Al ajustar las cargas de diseño para garantizar la seguridad y la confiabilidad de las estructuras, los coeficientes de modificación son importante en la ingeniería estructural. Estos coeficientes tienen en cuenta la variabilidad inherente en la estimación de las cargas y factores como la incertidumbre en las propiedades del material y los cambios en las condiciones ambientales. En el diseño de puentes se utilizan coeficientes de modificación para tener en cuenta el impacto real de los vehículos en diferentes condiciones operativas y de carga. Esto se aplica a las cargas de tráfico. De manera similar, en edificaciones residenciales y comerciales, estos coeficientes ajustan las cargas de nieve y viento según la ubicación geográfica y las condiciones climáticas locales, asegurando que la estructura pueda resistir eventos extremos sin comprometer la seguridad (Nebrijo & Menza, 2021).

La determinación de los coeficientes de modificación requiere un análisis exhaustivo de los factores de riesgo específicos de cada proyecto. Para determinar la cantidad adecuada de estos coeficientes, ingenieros y diseñadores examinan datos históricos de carga, modelos climáticos y estadísticas de desastres naturales. Se pueden aplicar coeficientes más conservadores en áreas con alta actividad sísmica para aumentar la resistencia estructural contra movimientos telúricos intensos. Esta metodología no solo cumple con las normas y códigos de seguridad, sino que también aumenta la confianza de los usuarios y propietarios de las estructuras.

Los coeficientes de modificación, ayudan a optimizar el diseño estructural en términos de eficiencia y economía. Los ingenieros pueden evitar sobredimensionamientos innecesarios de materiales y componentes al ajustar las cargas de diseño de manera precisa y adaptada a las condiciones específicas del sitio. Esto puede reducir significativamente los costos de construcción y mantenimiento a largo plazo. El éxito de los proyectos de infraestructura a gran escala depende de la gestión eficiente de recursos y la maximización del rendimiento, por lo que esta optimización es particularmente relevante (Lara , 2020).

2.3.6.19. Deflexión admisible

Un parámetro importante en el diseño estructural es la deflexión admisible, que establece los límites máximos de deformación o flexión permitidos para una estructura bajo cargas de servicio normales. Esta medida se establece para asegurar que la estructura sea segura y funcional, evitando deformaciones excesivas que puedan comprometer su integridad estructural o afectar negativamente su uso previsto. La deflexión admisible en ingeniería civil y arquitectura se determina considerando variables como la seguridad, la comodidad humana y la durabilidad de la estructura (Bravo, 2023).

Los valores de deflexión aceptables para varios tipos de estructuras y materiales se establecen por códigos de construcción y normas específicas basados en investigaciones técnicas y experiencia en el campo. Se establecen normas que limitan la deflexión de pisos y techos en edificaciones residenciales y comerciales para garantizar el confort de los ocupantes y la estabilidad de los acabados interiores. Estos límites provienen de estudios de comportamiento estructural que evalúan cómo diferentes materiales y configuraciones de diseño responden a las cargas aplicadas y las variaciones ambientales a lo largo del tiempo.

El análisis de deflexión admisible incluye el cálculo de las deformaciones esperadas en la estructura bajo diferentes condiciones de carga, así como la variabilidad en la resistencia del material y la respuesta estructural a la temperatura y la humedad. Los ingenieros prevén y gestionan las deflexiones dentro de los límites permisibles utilizando herramientas de modelado computacional y métodos de análisis estructural. Esto les permite optimizar el diseño para cumplir con los estándares de rendimiento y seguridad establecidos. Esto es particularmente importante para estructuras como puentes y pasarelas peatonales, donde la deflexión controlada es esencial para su estabilidad y seguridad durante su vida útil (Moyano, 2021).

En el ámbito del diseño arquitectónico, es fundamental comprender las definiciones y características de los sistemas constructivos. Estos sistemas, que varían en ventajas y desventajas, desempeñan un papel crucial en la materialización de proyectos. En este contexto, exploraremos algunos de estos sistemas, analizando su relevancia y considerando cómo influyen en la sostenibilidad y eficiencia constructiva.

En el marco de esta tesis, se han identificado y analizado una serie de conceptos fundamentales en el ámbito de la ingeniería estructural y el uso de ecomateriales. La siguiente tabla presenta un resumen de estos conceptos, destacando su importancia y su aplicación específica en el diseño y desarrollo de la edificación demostrativa propuesta.

Tabla 10-2. Conceptos de uso en la tesis

Concepto	Importancia	Uso en la Tesis
Esfuerzos	Crucial para la seguridad y durabilidad de las estructuras.	Análisis estructural de los ecomateriales utilizados en la edificación demostrativa.
Resistencia a compresión	Determina la capacidad de deformar sin romperse bajo compresión.	Evaluación de la capacidad de los ecomateriales para soportar cargas compresivas.
Resistencia a la tracción	Evaluar la capacidad de resistencia antes de la fractura.	Pruebas de tracción para determinar la viabilidad de los ecomateriales en elementos estructurales.
Cizalla paralela a la fibra	Determina la capacidad para soportar cargas laterales y fuerzas cortantes.	Evaluación de la resistencia a la cizalla en maderas y otros ecomateriales usados en la construcción.
Flexión o resistencia a la deformación	Crucial para la estabilidad y seguridad de elementos estructurales.	Diseño de elementos estructurales como vigas y columnas con ecomateriales.
Tensión o tracción	Determina resistencia y durabilidad en aplicaciones estructurales.	Selección de ecomateriales para componentes sometidos a fuerzas de tracción.
Contenido de humedad	Afecta propiedades físicas y mecánicas, crucial para estabilidad y rendimiento.	Control del contenido de humedad en ecomateriales para asegurar estabilidad dimensional.
Fibrosidad	Influye en resistencia, flexibilidad y absorción de impactos.	Evaluación de la estructura fibrosa de maderas locales y su aplicación en la construcción.

Resistencia a la carbonización	Proporciona seguridad y durabilidad en materiales de construcción.	Selección de ecomateriales con alta resistencia a la carbonización para mejorar la seguridad contra incendios.
Densidad	Afecta resistencia, durabilidad y aplicaciones constructivas.	Evaluación de la densidad de los ecomateriales para determinar su uso en la edificación.
Densidades en estado seco y húmedo de la madera	Crucial para estabilidad dimensional y resistencia mecánica.	Determinación de la mejor condición de uso de las maderas locales según su densidad.
Módulo de elasticidad	Indica la capacidad de deformación elástica bajo carga.	Cálculo del módulo de elasticidad para garantizar el comportamiento estructural adecuado.
Momento de inercia	Importante para el diseño de componentes mecánicos y estructuras.	Diseño de componentes estructurales considerando la distribución de masas.
Módulo de sección elástico	Determina resistencia y rigidez de vigas y columnas.	Selección y dimensionamiento de vigas y columnas en la edificación demostrativa.
Cargas estáticas	Crucial para estabilidad y seguridad estructural.	Análisis de cargas estáticas para asegurar la estabilidad de la estructura.
Carga viva	Evalúa la resistencia de estructuras bajo uso normal.	Evaluación de la capacidad de la edificación para soportar cargas vivas esperadas.
Carga muerta	Garantiza estabilidad y seguridad estructural.	Cálculo de la carga muerta para dimensionar adecuadamente los componentes estructurales.
Coeficientes de modificación	Optimizan el diseño estructural en términos de eficiencia y economía.	Aplicación de coeficientes de modificación en el diseño estructural para asegurar seguridad.
Deflexión admisible	Asegura que la estructura sea segura y funcional.	Cálculo de deflexión admisible para garantizar la comodidad y seguridad de la estructura.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

2.3.6.20. Definiciones de ecomateriales a usar

Tamburo (*Vochysia Leguiana*)

La densidad de la madera es una propiedad esencial que influye en su comportamiento y uso en aplicaciones constructivas. La densidad en húmedo se refiere al peso de la

madera cuando contiene toda su humedad natural, mientras que la densidad en seco se mide cuando la madera ha sido secada al aire o al horno, eliminando la mayor parte de su contenido de agua. La *Vochysia Leguiana*, conocida como tamburo, tiene una densidad básica o gravedad específica de aproximadamente 0.40 gr/cm^3 , lo que la clasifica como una madera de tipo C. Esta clasificación indica una madera de densidad media, adecuada para diversas aplicaciones estructurales y decorativas en la construcción.

Las propiedades físicas de la madera de tamburo varían significativamente entre su estado húmedo y seco. La densidad en húmedo es generalmente mayor debido a la presencia de agua en los poros de la madera, lo que aumenta su peso y volumen. Al secarse, la madera pierde agua, lo que reduce su volumen y peso, resultando en una densidad en seco menor. Este cambio en densidad es crucial para entender cómo la madera se comportará en diferentes condiciones ambientales, y para planificar su uso en construcciones donde la estabilidad dimensional y la resistencia mecánica son esenciales. La correcta medición y manejo de estas variaciones aseguran que la madera de tamburo pueda ser utilizada eficientemente en estructuras que requieren durabilidad y estabilidad.

El conocimiento de la densidad en húmedo y en seco de la madera de tamburo también permite optimizar su procesamiento y aplicación en la construcción sostenible. Maderas con densidades adecuadas pueden ser seleccionadas para soportar cargas específicas, proporcionar aislamiento térmico, y resistir condiciones climáticas adversas. La densidad afecta no solo la resistencia y durabilidad de la madera, sino también su trabajabilidad y el tipo de acabados que pueden aplicarse. Por lo tanto, comprender estas propiedades es fundamental para maximizar el rendimiento y la eficiencia de la madera de tamburo en proyectos de construcción que buscan minimizar el impacto ambiental y promover el uso de recursos naturales renovables.

Tocota (*Guarea Kunthiana*)

Con respecto a la densidad de la Tocota (*Guarea kunthiana*), se puede obtener un valor equivalente de densidad básica de 0.60 gr/cm^3 según Drake, Emanuelli y Acuña (2003). La densidad básica de la Tocota, también conocida como gravedad específica, es un indicador crucial de sus propiedades mecánicas y físicas, ya que afecta directamente su resistencia, durabilidad y uso potencial en aplicaciones constructivas. La densidad básica de 0.60 gr/cm^3 posiciona a la Tocota como una madera de densidad media a alta, lo que la hace adecuada para una variedad de usos estructurales y decorativos en la construcción.

La densidad de la Tocota varía entre su estado húmedo y seco, similar a otras maderas. En su estado húmedo, la madera contiene una cantidad significativa de agua, lo que incrementa su peso y volumen. Al secarse, pierde agua, reduciendo así su volumen y peso, y presentando una densidad en seco menor. Este cambio es esencial para planificar su uso en la construcción, ya que afecta la estabilidad dimensional y la resistencia mecánica del material. Maderas con densidades adecuadas, como la Tocota, son preferidas para aplicaciones que requieren alta durabilidad y resistencia a condiciones ambientales adversas.

La comprensión de la densidad básica de la Tocota permite optimizar su procesamiento y utilización en la construcción sostenible. Materiales con densidades específicas pueden ser seleccionados para soportar cargas particulares, proporcionar aislamiento térmico y acústico, y resistir factores climáticos extremos. La densidad afecta no solo la resistencia y durabilidad de la madera, sino también su trabajabilidad y los tipos de acabados que pueden aplicarse. Por lo tanto, el conocimiento detallado de estas propiedades es fundamental para maximizar el rendimiento y la eficiencia de la Tocota en proyectos de construcción que buscan minimizar el impacto ambiental y promover el uso de recursos naturales renovables.

Pigüe (*Piptocoma Discolor*)

Con respecto a la densidad del Pigüe (*Piptocoma discolor*), se puede obtener un valor equivalente de densidad básica de 0.70 gr/cm^3 según Morejón (2018). Esta densidad básica, también conocida como gravedad específica, es un indicador crucial de las propiedades mecánicas y físicas del Pigüe, influenciando su resistencia, durabilidad y aplicación potencial en la construcción. La densidad básica de 0.70 gr/cm^3 posiciona al Pigüe como una madera de alta densidad, adecuada para una variedad de usos estructurales que requieren materiales robustos y duraderos.

La densidad del Pigüe varía notablemente entre su estado seco al aire y seco al horno. La densidad seca al aire del Pigüe es de 0.69 gr/cm^3 , mientras que la densidad seca al horno es de 0.52 gr/cm^3 . Estas variaciones reflejan el contenido de humedad remanente en la madera cuando se seca al aire en comparación con la deshidratación completa alcanzada mediante el secado al horno. La densidad seca al aire es relevante para aplicaciones donde la madera se expone a condiciones ambientales normales, mientras que la densidad seca al horno es crítica para comprender el comportamiento de la madera en condiciones de extrema sequedad o calor intenso.

El conocimiento de las diferentes densidades del Pigüe permite su óptimo procesamiento y utilización en la construcción sostenible. La alta densidad básica de 0.70 gr/cm^3 y la densidad seca al aire de 0.69 gr/cm^3 sugieren que el Pigüe es adecuado para aplicaciones estructurales exigentes, donde se requiere alta resistencia y durabilidad. Por otro lado, la densidad seca al horno de 0.52 gr/cm^3 proporciona información sobre la estabilidad dimensional y la resistencia mecánica de la madera en condiciones extremas. Comprender estas propiedades es fundamental para seleccionar el material adecuado para cada aplicación específica, asegurando la eficiencia y sostenibilidad en los proyectos de construcción.

Guadúa (*Guadua Angustifolia Kunth*)

El bambú es un material prometedor en la construcción debido a su rápido crecimiento de entre 3 y 8 años, su alta resistencia a la tensión y flexión que le ha valido el nombre de "acero vegetal", su naturaleza renovable, biodegradable y amigable con el medio ambiente, y su potencial para generar recursos económicos locales en lugar de permitir la salida de capitales. Sin embargo, enfrenta desafíos como su forma no homogénea y cónica que dificulta su uso, y la falta de normativas adecuadas y actualizadas para su análisis, diseño y construcción, lo cual es especialmente problemático en Ecuador. Pese a estos retos, el bambú se utiliza estructuralmente en columnas, diagonales, vigas, pisos estructurales, cubiertas y muros.



Figura 12-2. *Guadua Angustifolia Kunth*

Fuente: Daniel a. Monsalve Ortiz · NaturaLista Colombia, n.d.)

Culmos

Los tallos característicos de las plantas gramíneas, como el bambú, el trigo, la cebada y el arroz, se conocen como culmos. Estos tallos, que con frecuencia son huecos y

segmentados por nudos, son esenciales para la estructura y función de estas plantas. Esta especie brindan soporte físico a las plantas, lo que permite que crezcan verticalmente y maximicen su exposición a la luz solar, que es esencial para la fotosíntesis. Estos pueden resistir el viento y otros factores ambientales debido a su estructura segmentada y flexible. Los culmos facilitan el transporte de nutrientes y agua desde las raíces hasta las hojas y otras partes de la planta, lo que permite que la planta crezca saludable y vigorosa (Ordóñez et al., 2023).

Debido a su composición y forma, los culmos se distinguen notablemente de los tallos de otras plantas en términos de estructura. Los nudos sólidos, donde se unen las hojas y los brotes, y los entrenudos huecos, que son los segmentos entre los nudos, los componen. Esta configuración optimiza el uso de materiales de la planta para proporcionar estabilidad sin un gran consumo de recursos al hacer que los culmos sean ligeros pero fuertes. La estructura hueca de los entrenudos también permite la flexibilidad necesaria para resistir fuerzas externas sin romperse, lo cual es especialmente importante en condiciones climáticas desfavorables. La disposición de los tejidos de soporte, como el esclerénquima y la colénquima, alrededor del culmo, también afecta su resistencia y elasticidad (Castiblanco & Torres, 2020).

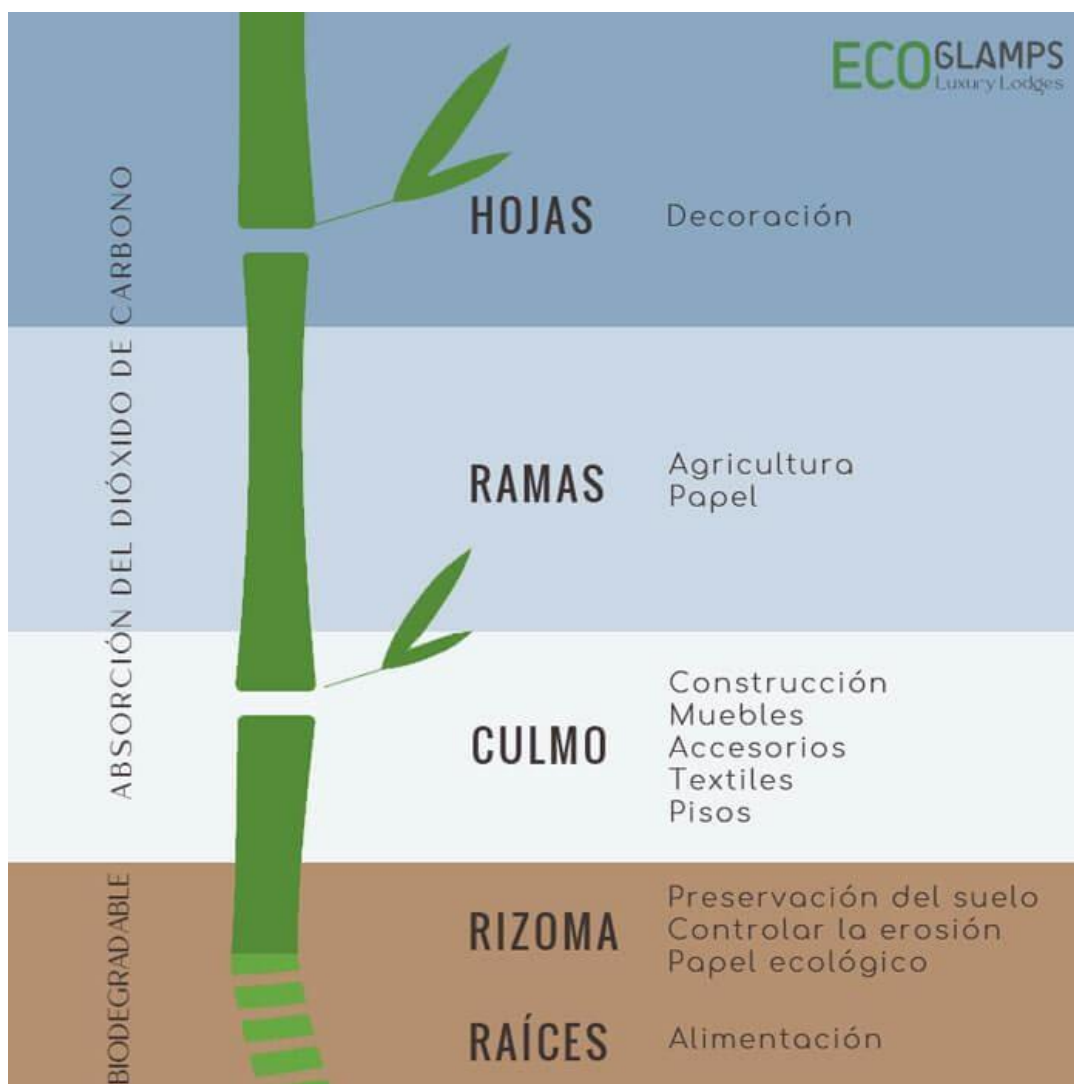


Figura 13-2. Partes de la GaK

Fuente: Ventajas Y Usos Del Bambú En La Construcción – INVEST ECOGLAMPS, n.d.

Los culmos tienen múltiples usos útiles además de su función estructural. El bambú, que es conocido por ser fuertes y flexibles, se utiliza en la construcción, la fabricación de muebles y la producción de artículos artesanales. Los culmos de bambú son ideales para construir andamios, casas y puentes en muchas partes del mundo, especialmente en regiones con recursos limitados y alta actividad sísmica debido a su resistencia y flexibilidad. Además, los cultivos de cereales como el trigo y la cebada son cruciales para la producción de alimentos básicos en la agricultura. Después de la cosecha, los desechos de los culmos, también conocidos como paja, pueden utilizarse como forraje para el ganado, cubriendo el suelo agrícola y como materia prima para la producción de papel y otros productos industriales. La paja también se utiliza para producir bioenergía, que es una fuente de energía renovable (Vásquez, 2018).

Piedra bola

La piedra bola, también conocida como canto rodado, es un material natural que se forma en ríos y costas debido a la acción prolongada del agua. Tiene una forma redondeada y una superficie lisa. Los materiales comunes que componen estas piedras son rocas ígneas y metamórficas como el cuarzo, el basalto, el granito y otras piedras duras y resistentes. La erosión causada por el movimiento constante del agua desgasta lentamente las aristas y pule la superficie de las piedras, lo que les da una apariencia uniforme y atractiva. Este proceso puede durar miles de años, y la variedad de colores y tamaños de las piedras bola las hace muy apreciadas para una variedad de aplicaciones decorativas y funcionales.

La piedra bola se utiliza en arquitectura y paisajismo para revestir jardines, senderos, fuentes y estanques, agregando un elemento natural y estético a los espacios exteriores. Estas piedras no solo son atractivas visualmente, sino que también ayudan a controlar la erosión del suelo y mejoran el drenaje del agua, lo que es particularmente beneficioso en áreas propensas a inundaciones. Debido a su alta resistencia y durabilidad, la piedra bola también se utiliza en la construcción de muros de contención y bases de caminos. Las piedras bolas son esenciales para la estabilización de estructuras y la prevención de la erosión en obras hidráulicas como represas y canales, lo que garantiza la durabilidad y eficacia de los proyectos (Intriago & Intriago, 2017).



Figura 14-2. Piedra bola o canto rodado
Fuente: Administrador & Administrador, 2023

La piedra bola tiene mucho valor en términos de sostenibilidad y conservación ambiental, además de sus aplicaciones prácticas. En comparación con los materiales de construcción manufacturados, la extracción y el uso de este material natural suelen tener un menor impacto ambiental. La recolección de piedra bola puede llevarse a cabo de manera sostenible, manteniendo la integridad de los ecosistemas fluviales y costeros cercanos. La limitación de la cantidad de piedra recolectada y la restauración de las áreas afectadas, lo que ayuda a preservar el equilibrio ecológico, son ejemplos de prácticas de extracción responsables. Dado que la piedra bola requiere menos mantenimiento y reemplazo a lo largo del tiempo, reduce el consumo de recursos y la generación de residuos, lo que la hace más sostenible (Gile & Macías, 2019).

La piedra bola se utiliza en muchos elementos decorativos y mobiliario interior, como encimeras, mesas y revestimientos de paredes. Estas piedras aportan una sensación de calidez y rusticidad a los espacios interiores gracias a su textura y colores naturales, que se integran bien con estilos de decoración tanto modernos como tradicionales. La piedra bola se puede utilizar en una amplia gama de contextos, desde proyectos de bricolaje hasta grandes obras arquitectónicas debido a su versatilidad. Además, su compatibilidad con otros materiales, como la madera y el metal, brinda innumerables posibilidades

creativas a los diseñadores y arquitectos. En varios entornos, se demuestra su valor estético y funcional (León K. , 2020).

Cuarzo

Uno de los minerales más abundantes y diversos de la corteza terrestre es el cuarzo, que está compuesto químicamente por *dióxido de silicio* (SiO_2). Este mineral es conocido por su estructura cristalina hexagonal y su dureza, que se sitúa en 7 en la escala de Mohs. El cuarzo viene en una variedad de formas y colores, desde cristales claros y transparentes hasta variedades opacas y de colores, como el cuarzo rosa, el citrino (amarillo) y la amatista (púrpura). Lo hace excelente para una amplia gama de aplicaciones industriales y decorativas debido a su abundancia, durabilidad y propiedades ópticas (Ludeña, 2021).

Debido a sus propiedades físicas y químicas excepcionales, el cuarzo se utiliza ampliamente en la industria. La fabricación de vidrio es una de las aplicaciones más importantes del cuarzo. El cuarzo se convierte en vidrio de sílice al fundirse, lo que lo hace ideal para una variedad de productos, desde ventanas hasta recipientes de laboratorio. El cuarzo triturado también se usa como un abrasivo para cortar y pulir piedra y metales, así como como un componente esencial en la fabricación de concreto. Debido a su capacidad para mantener frecuencias precisas, el cuarzo cristalino también se utiliza en la industria electrónica para fabricar osciladores y resonadores (Díaz et al., 2018).

El cuarzo también es importante para la joyería y la decoración. Las variedades de cuarzo de alta calidad, como el citrino, el cuarzo ahumado y la amatista, son populares en la producción de joyas. Estos minerales se cortan y pulen para producir piedras preciosas, que se utilizan en anillos, collares y otras joyas. El cuarzo también se utiliza en la decoración de interiores, donde se corta en losas para encimeras de cocina, paredes y suelos. Las superficies de cuarzo son apreciadas por su durabilidad, resistencia a los arañazos y manchas, así como por su capacidad para brindar un aspecto sofisticado y contemporáneo.



Figura 15-2. Cuarzo
Fuente: Piedra Mundo, n.d.

Además de sus usos industriales y decorativos, el cuarzo tiene propiedades piezoeléctricas, lo que significa que cuando se somete a presión mecánica, produce voltaje eléctrico. Una amplia gama de dispositivos electrónicos, como relojes, radios y otros dispositivos de comunicación, utilizan esta característica. Los cristales de cuarzo piezoeléctricos son esenciales en la industria tecnológica debido a su capacidad para controlar las frecuencias y producir señales precisas (Hernández, 2023).

2.4. Marco normativo

El marco normativo es esencial para el diseño y construcción de edificaciones, ya que asegura que los proyectos cumplan con los estándares de seguridad, durabilidad y sostenibilidad. En el caso de la edificación demostrativa propuesta en esta tesis, se han aplicado diversas normativas que regulan el uso de materiales y la resistencia estructural, con el fin de garantizar un diseño eficiente y seguro. A continuación, se detallan las normativas específicas y su aplicación en el proyecto.

2.4.1. Normativas Aplicadas

2.4.1.1 NORMATIVA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURAS DE GUADÚA (GAK) - CÓDIGO NEC – SE – GUADÚA

Esta normativa regula el empleo de guadúa en estructuras, proporcionando directrices para su correcto uso en la construcción. En esta tesis, se utilizó para garantizar que la guadúa se implementara adecuadamente en la estructura de la edificación demostrativa, asegurando su seguridad estructural y eficiencia.

2.4.4.2. NORMATIVA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURAS DE MADERA - CÓDIGO NEC - SE – MD

Esta normativa se aplicó para asegurar que el uso de madera en la edificación cumpla con los mejores estándares de prácticas constructivas. Su objetivo es garantizar la durabilidad y seguridad de las estructuras de madera, aspectos fundamentales para el éxito del proyecto.

2.4.4.3. NORMATIVA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN CARGAS (NO SÍSMICAS) - CÓDIGO NEC - SE – CG

Define las cargas no sísmicas que deben considerarse en el diseño estructural. En el proyecto, esta normativa se utilizó para asegurar que la edificación pueda soportar las cargas previstas, sin comprometer su integridad y estabilidad a lo largo del tiempo.

2.4.4.4. NORMA ASTM D143

Para la ejecución de ensayos de los materiales, se empleó la norma ASTM D143, que especifica los métodos estándar para probar las propiedades mecánicas de la madera. Esto aseguró la precisión y fiabilidad de los datos obtenidos, fundamentales para el diseño estructural.

2.4.4.5. Guía práctica para el diseño de conformidad con la NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN NEC 2015

Esta guía fue utilizada para el diseño de los elementos de madera, proporcionando un marco detallado y seguro para la construcción de estructuras de madera. Aseguró que todos los componentes de madera fueran diseñados de manera eficiente y segura.

2.4.4.6. Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente NSR – 10 TÍTULO G – ESTRUCTURAS DE MADERA Y ESTRUCTURAS DE GUADUA

Como referencia adicional, se utilizó este reglamento para ofrecer directrices adicionales para el diseño de estructuras resistentes a sismos. Complementando las normativas locales, este reglamento aseguró un enfoque robusto y comprehensivo en el diseño sismo resistente.

La implementación de estas normativas en el diseño y construcción de la edificación demostrativa ha sido crucial para garantizar su seguridad, durabilidad y sostenibilidad. Al aplicar un marco normativo riguroso, se asegura que la edificación cumpla con los estándares más altos de calidad y eficiencia, promoviendo prácticas constructivas responsables y sostenibles. Esto no solo beneficia la integridad de la estructura, sino que también promueve la conservación cultural y ambiental de la comunidad.

2.4.4.7 Convenio de Ikiam con la Reserva Biológica Colonso Chalupas

El enfoque sostenible y de conservación en la Reserva Biológica Colonso Chalupas (RBCC) se centra en la gestión, investigación científica y educación ambiental para preservar la biodiversidad y los ecosistemas locales. La RBCC, ubicada en los cantones de Archidona y Tena, entre la Reserva Ecológica Antisana y el Parque Nacional Llanganates, protege la cuenca de los ríos Colonso, Tena, Shiti e Inchillaqui, y abarca una variedad de ecosistemas, desde tierras bajas amazónicas hasta zonas de páramo. Su biodiversidad, topografía irregular y servicios ambientales la hacen especialmente relevante para la provincia del Napo (Reserva Biológica Colonso Chalupas | Sistema Nacional De Áreas Protegidas Del Ecuador, n.d.).

En 2016, la Universidad Regional Amazónica Ikiam formalizó su relación con la reserva mediante un convenio de cooperación interinstitucional con el Ministerio del Ambiente, con el objetivo de gestionar de manera efectiva, sostenible y científica la RBCC. En este contexto, Ikiam participa activamente en su manejo, protección y administración, cumpliendo con la normativa legal vigente y las regulaciones ambientales (Universidad Regional Amazónica Ikiam & GIZ, 2018).

Este enfoque es aplicable a este trabajo de titulación, que busca utilizar ecomateriales locales, promoviendo la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales. En el marco del método MARISCO (Manejo Adaptativo de Riesgo y Vulnerabilidad en Sitios de Conservación), se destacan varias estrategias que pueden ser integradas en el diseño y construcción de edificaciones demostrativas. Estas estrategias incluyen la promoción del uso sostenible de especies endémicas y productos forestales no maderables, así como la articulación de la educación ambiental entre las escuelas de la zona de amortiguamiento de la RBCCH.

La metodología MARISCO enfatiza la importancia de una planificación resiliente al riesgo y basada en ecosistemas, lo que se alinea con la visión de la tesis de crear edificaciones que no solo sean sostenibles, sino también adaptativas y educativas. La implementación

de esta metodología puede aportar un enfoque estructurado para manejar los riesgos asociados a la construcción sostenible y asegurar que las estrategias de conservación sean efectivas y beneficiosas para la comunidad local.

El marco normativo y el enfoque sostenible aplicados en esta tesis son esenciales para asegurar que la edificación demostrativa no solo cumpla con los estándares de seguridad y eficiencia, sino que también promueva la conservación ambiental y el uso sostenible de recursos locales. Además, para la correcta implementación del proyecto de la edificación demostrativa en Alto Tena, es crucial considerar y adherirse a diversas normativas locales y nacionales que regulan la construcción y el uso de materiales específicos. Este marco normativo asegura que el diseño y la construcción sean sostenibles, seguros y alineados con las prácticas establecidas por las autoridades competentes. A continuación, se detallan las normativas y estrategias específicas utilizadas en el proyecto.

Tabla 11-2. Normativas consideradas en la edificación demostrativa

Normativa	Descripción	Aplicación en la Tesis
Normativa Ecuatoriana de la Construcción Estructuras de Guadúa (NEC-SE-Guadúa)	Regula el uso de la guadúa en estructuras, proporcionando directrices para su correcto empleo en la construcción.	Garantiza la implementación segura y adecuada del guadúa en la edificación demostrativa.
Normativa Ecuatoriana de la Construcción Estructuras de Madera (NEC-SE-MD)	Regula el uso de la madera en la construcción, asegurando prácticas que garanticen seguridad y durabilidad.	Asegura que el uso de madera cumpla con los mejores estándares constructivos, garantizando la durabilidad y seguridad de la estructura.
Normativa Ecuatoriana de la Construcción Cargas (No Sísmicas) (NEC-SE-CG)	Define las cargas no sísmicas a considerar en el diseño estructural.	Asegura que la edificación pueda soportar las cargas previstas sin comprometer su integridad estructural.
Norma ASTM D143	Especifica los métodos estándar para probar las propiedades mecánicas de la madera.	Asegura la precisión y fiabilidad de los datos obtenidos en los ensayos de materiales.

Guía práctica para el diseño conforme a la NEC 2015	Proporciona un marco detallado para el diseño seguro y eficiente de estructuras de madera.	Facilita el diseño de elementos de madera de acuerdo a normativas actualizadas, asegurando prácticas constructivas seguras.
Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10 Título G)	Ofrece directrices para el diseño de estructuras de madera y guadúa resistentes a sismos.	Complementa las normativas locales para asegurar un enfoque robusto y comprehensivo en el diseño sismo resistente.
Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Tena (PDOT)	Establece los modelos de uso y gestión del suelo urbano y rural, determinando categorías de ordenamiento territorial.	Alinea el uso de suelo del proyecto con los planes de desarrollo territorial y las normativas vigentes, asegurando un desarrollo ordenado y sostenible.
Plan de Uso y Gestión del Suelo Urbano y Rural del Cantón Tena (2021-2033)	Incorpora componentes estructurantes y categorías de uso y ocupación del suelo urbano y rural.	Determina los usos permitidos y las condiciones para la ocupación del suelo, asegurando que la edificación demostrativa cumpla con las normativas locales de uso del suelo.
Ordenanza de Actualización de PDOT y Planes Urbanísticos	Normas específicas para la gestión y planificación del territorio en el Cantón Tena.	Define los parámetros específicos para la implementación de construcciones en áreas urbanas y rurales, adaptando el proyecto a los requisitos locales.
Reglamento para la Evaluación Ambiental y Autorizaciones de Uso de Suelo	Establece procedimientos para la evaluación ambiental y la aprobación de usos de suelo restringidos en áreas rurales.	Garantiza que la edificación cumpla con los estándares ambientales necesarios para la obtención de permisos de construcción y uso del suelo.
Normas para la Construcción en Áreas de Protección y Conservación	Prohíben la construcción en áreas reservadas para la recreación pública y otras áreas de riesgo.	Asegura que la edificación se lleve a cabo en zonas permitidas, respetando las áreas protegidas y reduciendo el impacto ambiental.
Normas de Construcción con Materiales Propios de la Zona	Fomenta el uso de materiales locales para integrar las construcciones con el entorno natural y cultural.	Promueve el uso de ecomateriales locales en la edificación demostrativa, alineándose con las prácticas sostenibles y culturales de la región.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

El cumplimiento de estas normativas no solo garantiza la legalidad y viabilidad del proyecto, sino que también refuerza su enfoque sostenible y adaptativo, promoviendo la conservación de recursos naturales y la integración cultural. Estas regulaciones proporcionan una base sólida para asegurar que la edificación demostrativa sea un

modelo de sostenibilidad, seguridad y eficiencia en la región amazónica de Alto Tena. La implementación de estas normativas y estrategias sostenibles garantiza que la edificación demostrativa sea un modelo de construcción responsable y eficiente. Al integrar enfoques normativos rigurosos y principios de conservación, este proyecto no solo asegura la seguridad y durabilidad de la estructura, sino que también promueve la educación ambiental y la participación comunitaria, contribuyendo a la conservación cultural y ambiental de la región amazónica.

2.5. Marco de referentes

La realización de un estudio de casos en arquitectura sostenible y diseño bioclimático es crucial para comprender la aplicación práctica de principios teóricos e innovaciones en proyectos reales. Analizar la Microbiblioteca Warak Kayu y Jungle Keva permite ver cómo se utilizan ecomateriales y estrategias bioclimáticas para crear edificaciones funcionales, estéticamente agradables y sostenibles. Estos casos proporcionan ejemplos tangibles y lecciones que se pueden adaptar al proyecto de edificación demostrativa en Alto Tena.

Además, los estudios de casos identifican mejores prácticas y desafíos en la implementación de proyectos sostenibles, lo cual es esencial para anticipar problemas y encontrar soluciones eficientes durante el diseño y construcción. Estos análisis fomentan la innovación y creatividad, mostrando cómo otros arquitectos han abordado problemas similares de manera efectiva.

2.5.1. Casos de estudio

2.5.1.1. Microbiblioteca Warak Kayu / SHAU Indonesia

Tabla 12-2. Datos de microbiblioteca Warak Kayu

Ubicación	Arquitectos	Área	Año
Semarang, Indonesia	SHAU Indonesia	182 m ²	2020

Fuente: Elaboración propia tomada de Abdel, 2020.

La Microbiblioteca Warak Kayu en Semarang, Indonesia, es el quinto proyecto de la serie Microlibraries desarrollado por Shau Indonesia Arquitectos. Su objetivo es promover la lectura a través de espacios comunitarios multifuncionales y arquitectónicamente sostenibles que buscan beneficiar especialmente a las personas de bajos ingresos. La Fundación Arkatama Isvara involucra a la comunidad civil, el sector privado y el gobierno en este proyecto (Abdel, 2020).



Figura 16-2. Perspectiva de la microbiblioteca Warak Kayu
Fuente: Abdel, 2020.

Los arquitectos SHAU han construido la microbiblioteca Warak Kayu en Semarang, Indonesia para reflejar una arquitectura pasiva y sostenible. Se han utilizado materiales y diseños que se adaptan al entorno local de la isla de Java. Los arquitectos optaron por la opción de elevar el edificio del suelo, al igual que una casa sobre pilotes convencional, con el fin de abrir espacio en la planta baja y así poder establecer un centro comunitario. Además de alojar la biblioteca, esta solución añade valor a la ciudad y fomenta la convivencia comunitaria en el corazón de Semarang (Abdel, 2020).

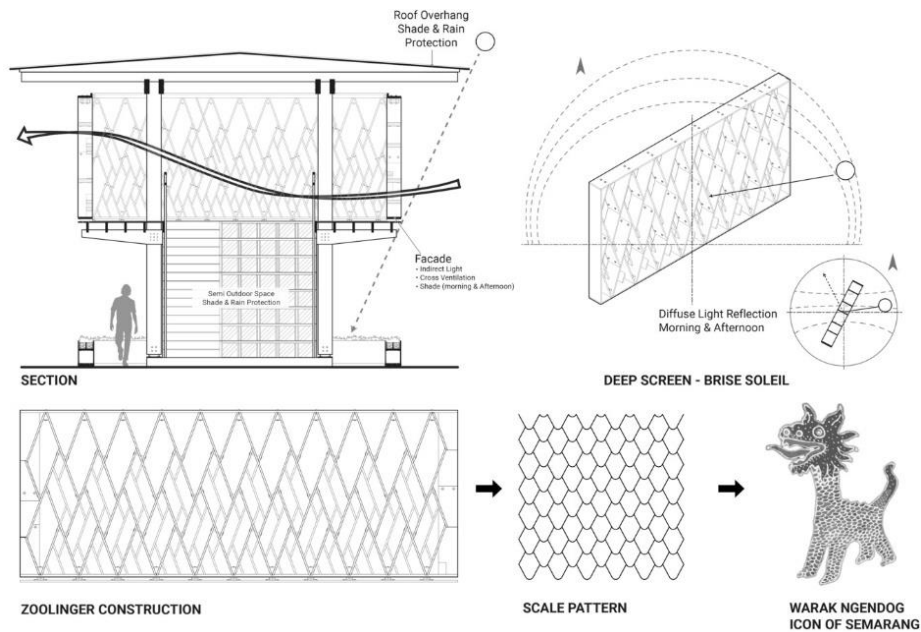


Figura 17-2. Estrategia bioclimática de microbiblioteca Warak Kayu
Fuente: Abdel, 2020.

La biblioteca usa paneles de madera prefabricada certificada con un diseño particular que favorece a una ventilación cruzada sin dejar de lado la incidencia solar desarrollada por unos brise-soleil en el interior ya que la trama que se crea arroja una luz difusa interna impidiendo casi totalmente la entrada de luz directa en la planta alta y a su vez en el exterior asemeja a la piel de un dragón mítico local.

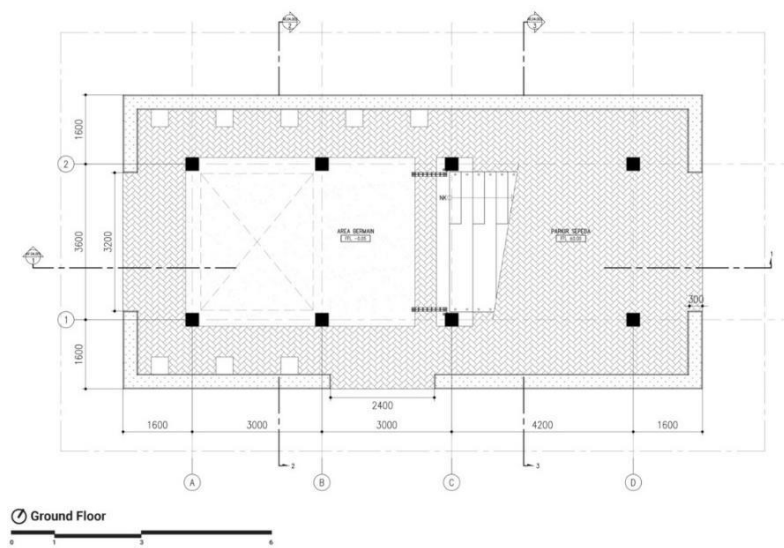


Figura 18-2. Planta de microbiblioteca Warak Kayu
Fuente: Abdel, 2020.

Una estructura sobre pilares permite multiplicar valor y funciones en un mismo espacio; aumentando la capacidad de almacenamiento en el nivel superior, se hace disponible el uso de la planta baja para conferencias, seminarios y como un espacio al aire libre para cine, tomando ventaja de la escalera de madera que conduce hacia la planta alta. En torno a los ocho pilares, un cercado hecho con arbustos y plantas con flores define el espacio de la biblioteca. Además, se ha instalado un columpio de grandes dimensiones para que los niños que acuden a leer puedan divertirse (Abdel, 2020).

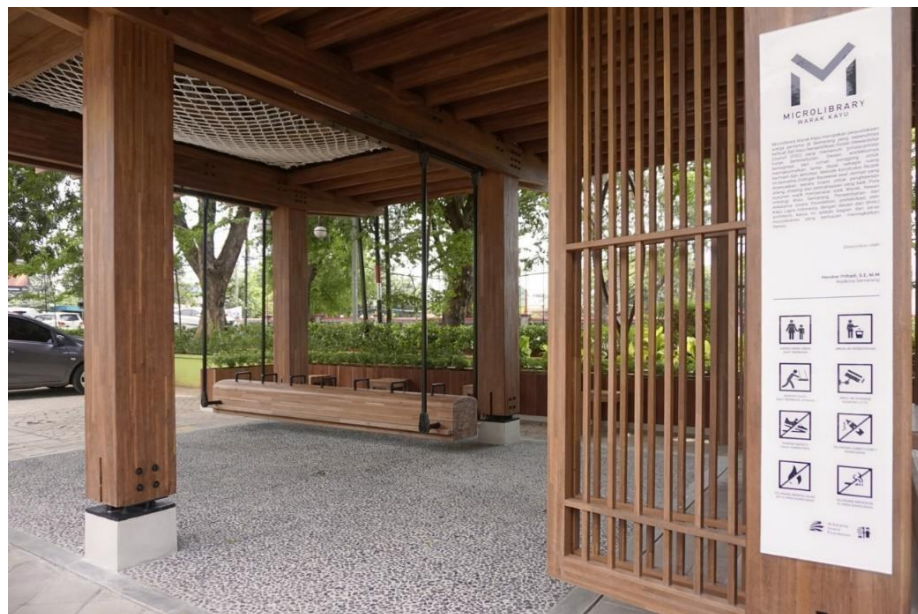


Figura 19-2. Espacios de microbiblioteca Warak Kayu
Fuente: Abdel, 2020.

En la Microbiblioteca Warak Kayu, diseñada por SHAU Indonesia, el anclaje de la madera con las columnas es un aspecto fundamental de su estructura. Las columnas elevadas, típicas de las casas sobre pilotes, proporcionan estabilidad y resistencia. El anclaje se realiza utilizando conexiones metálicas robustas que aseguran la unión entre la madera y las columnas. Estas conexiones incluyen placas de acero galvanizado y pernos de anclaje, que fijan firmemente la madera a la base de las columnas, proporcionando una conexión segura y resistente a cargas verticales y horizontales. Esta técnica no solo garantiza la estabilidad estructural, sino que también permite cierta flexibilidad, esencial para absorber las tensiones y movimientos causados por las condiciones ambientales, como el viento y los cambios de temperatura.



Figura 20-2. Ensamble de columna de madera de Warak Kayu

Fuente: Abdel, 2020.

La Microbiblioteca Warak Kayu y este trabajo de titulación de edificación demostrativa comparten varios principios y objetivos clave en cuanto a sostenibilidad, uso de ecomateriales, diseño bioclimático y participación comunitaria. Ambos proyectos sirven como modelos de construcción sostenible y promueven la conservación cultural y ambiental a través de un enfoque integrador. La experiencia y los aprendizajes del proyecto Warak Kayu pueden servir como referencia valiosa para el desarrollo y ejecución de esta tesis, proporcionando un marco de referencia y ejemplos prácticos de cómo implementar estos principios en un contexto específico.

Microbiblioteca Warak Kayu

Área: 182 m² Año: 2020

Uso de madera reciclada
Espacio educativo y comunitario
Diseño sostenible

Asia, Semarang, Indonesia



FUNCIONES

Techo

Gran voladizo
Protección contra la lluvia
Sombra



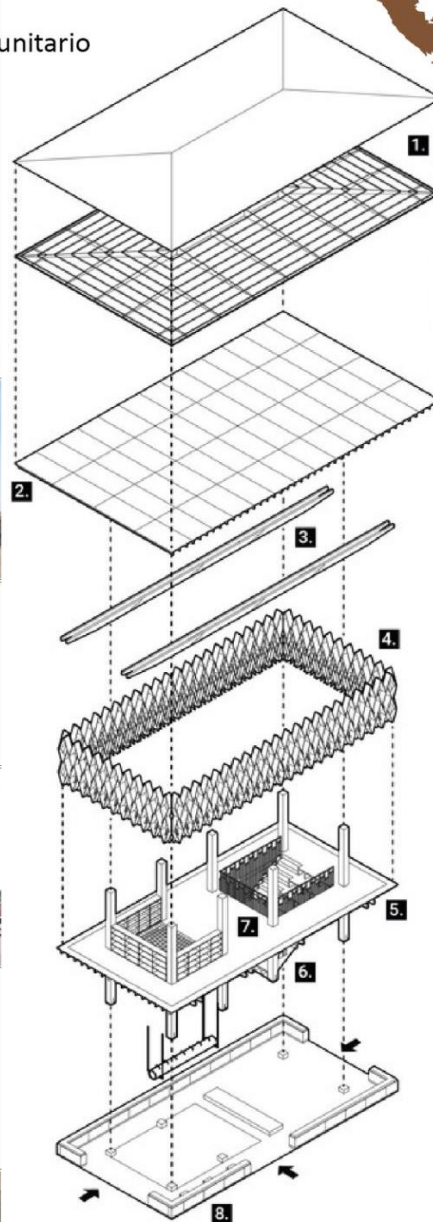
Fachada Zollinger

Ventilación cruzada
Sombra
Identidad



Espacio de la Biblioteca

Libros
Red en el piso
Asientos



3. Columnas y Vigas Principales

Columna Principal:
300x300mm
Vigas Principales:
100x30mm



4. Brise Soleil Zollinger

Marcos de Aro: Plywood
40mm

Tableros Zollinger:
Plywood 25mm



5. Estructura del piso

Vigas Secundarias:
40x200

Piso de Madera: Núcleo
de Plywood hecho de
Meranti Mixto 9mm +
Revestimiento de chapa
de 1mm
El revestimiento utiliza
meranti y roble blanco

Espacio Multifuncional

Columpio
Taller

Relación con la tesis:

Uso de materiales locales
Promoción de la sostenibilidad
Participación comunitaria

Figura 21-2. Análisis Warak Kayu

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

2.5.1.2. *Jungle Keva / Jaque Studio*

Tabla 13-2. Datos de Jungle Keva

Ubicación	Arquitectos	Área	Año
Tulum, México	Jaque Studio	428 m ²	2018

Fuente: Elaboración propia tomada de Tapia, 2024.

El proyecto ejecutado por Jungle Keva, diseñado por Jaque Studio, está cuidadosamente integrado en el entorno natural de la selva de Tulum. Su objetivo principal es conservar el 70% de la vegetación existente y construir alrededor de ella, asegurando que todos los espacios dentro del conjunto mantengan una conexión continua con la naturaleza.



Figura 22-2. Hotel Jungle Keva

Fuente: Tapia, 2024.

Cada una de las cinco habitaciones del hotel tiene un área de 50 m² y cuenta con una recámara de doble altura, un tapanco, una terraza y un baño equipado con jardín y regadera al aire libre. En la parte posterior del terreno se encuentra el comedor y un pabellón de yoga que se extiende sobre la alberca. La piscina ha sido diseñada para fusionarse con la topografía y los árboles existentes, preservando dos grandes zapotes que sobresalen de ella.



Figura 23-2. Planta hotel Jungle Keva

Fuente: Tapia, 2024.



Figura 24-2. Materiales aplicados en el hotel Jungle Keva

Fuente: Tapia, 2024.

El proyecto utiliza recursos naturales y materiales locales con acabados de bajo mantenimiento. Tanto los muros como la piscina tienen un acabado en chukum, un estuco de origen maya hecho a base de resina vegetal que proporciona textura, un color particular y resistencia.



Figura 25-2. Vista desde el interior del hotel Jungle Keva
Fuente: Tapia, 2024.

El diseño del proyecto emplea materiales que envejecen favorablemente, otorgando carácter a la arquitectura con el paso del tiempo. Las estructuras están dispersas por todo el terreno, rodeadas de árboles y senderos de piedra, creando la sensación de estar inmerso en una pequeña comunidad dentro de la selva maya.

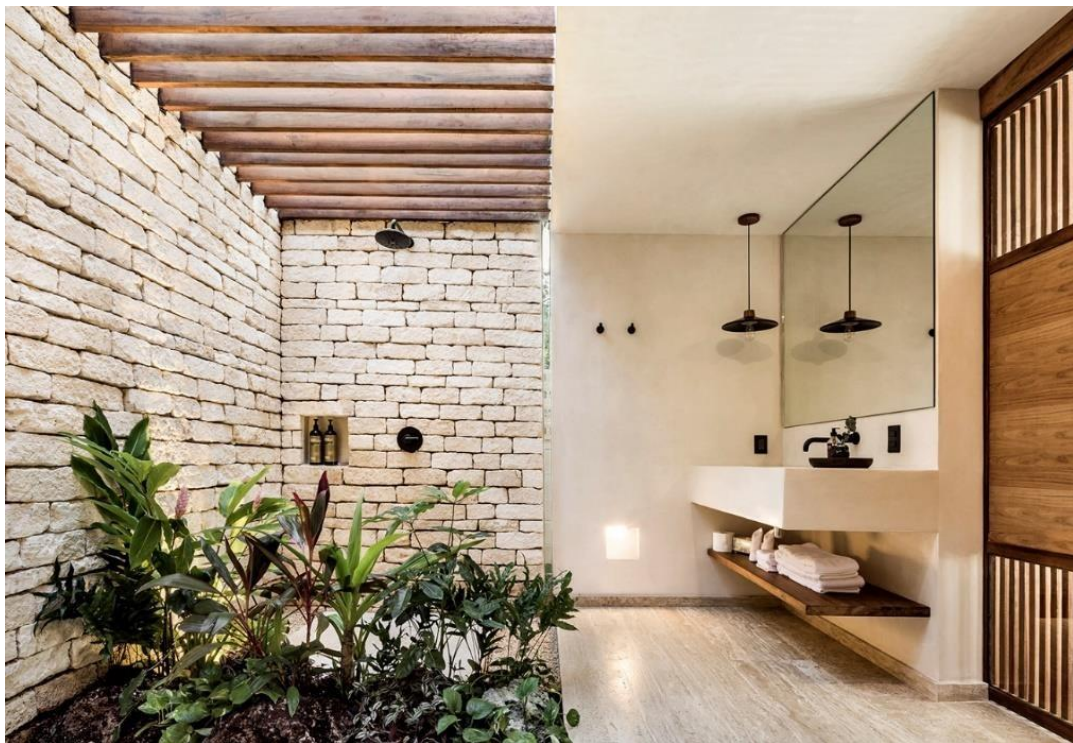


Figura 26-2. Espacio interno del hotel Jungle Keva
Fuente: Tapia, 2024.

Jungle Keva / Jaque Studio

Área: 428 m² Año: 2018

Conservación del 70% de la vegetación existente

Espacios de doble altura y al aire libre

Materiales naturales y locales

Estrategias bioclimáticas

América, México, Tulum



FUNCIONES

Techo

Materiales locales

Uso de chukum, un estuco de resina vegetal



Estructura

Madera: pilares y vigas

Concreto: cimientos y soportes principales

Acero: Vigas

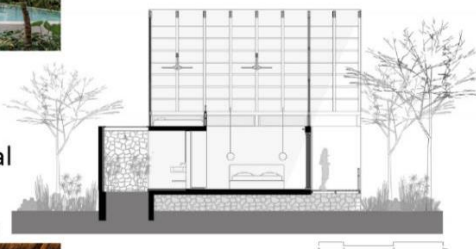


Fachada

Entrada de luz natural

Madera

Persianas de madera



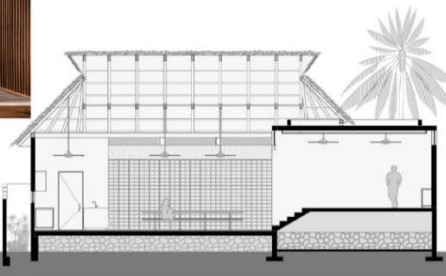
Diseño Bioclimático:

Ventilación natural: estructura y disposición de la edificación

Regulación térmica: chukum y madera tropical

Vegetación

Conservación de vegetación existente



Espacios

Conexión directa con la vegetación existente

Sombra y frescura

Relación con la tesis

Uso de ecomateriales

Integración con el entorno natural

Impacto ambiental reducido

Estrategias bioclimáticas

Estructura del piso

Materiales locales:

Madera tropical de origen sostenible

Piedra local



Figura 27-2. Análisis Jungle Keva

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

Jungle Keva / Jaque Studio se relaciona con este trabajo de titulación en el uso de materiales locales y sostenibles, la conservación de la vegetación, y la adaptación al

entorno natural. Implementa estrategias de ventilación y regulación térmica para eficiencia energética, usa materiales duraderos de bajo mantenimiento, y combina funcionalidad y estética en un diseño sostenible. Además, crea espacios multifuncionales que optimizan el uso de recursos, alineándose con los principios de sostenibilidad de esta investigación.

2.5.1.3. Análisis de Relaciones entre Microbiblioteca Warak Kayu, Jungle Keva y trabajo de titulación

Esta tabla detallada resalta cómo las características de la Microbiblioteca Warak Kayu y Jungle Keva se relacionan con los objetivos de esta tesis, proporcionando ejemplos concretos de prácticas sostenibles, diseño bioclimático, participación comunitaria, y multifuncionalidad de los espacios.

Tabla 14-2. Relaciones de referentes con la tesis

Características	Microbiblioteca Warak Kayu	Jungle Keva	Utilidad para el diseño	Elementos adoptados
Ubicación	Semarang, Indonesia	Tulum, México	Alto Tena, Ecuador	
Arquitectos	SHAU Indonesia	Jaque Studio	N/A	
Año	2020	2018	N/A	
Sostenibilidad	Uso de madera prefabricada certificada para reducir la huella de carbono y facilitar la construcción modular.	Uso de chukum, un estuco de origen maya, y madera tropical, ambos materiales locales y sostenibles que requieren poco mantenimiento.	Uso de ecomateriales locales, minimizando el impacto ambiental y promoviendo prácticas de construcción sostenible.	Utilización de ecomateriales conocidos y usados
Diseño Bioclimático	Implementación de ventilación cruzada y brise-soleil para controlar la luz solar y mantener un ambiente confortable.	Estrategias de ventilación natural y regulación térmica mediante la disposición de los espacios y materiales que optimizan el	Optimización del confort térmico y eficiencia energética mediante técnicas de diseño pasivo y materiales adecuados.	Espejos de agua, envolventes y ventilación cruzada

		confort climático.		
Integración con la Naturaleza	Elevación del edificio para mejorar la ventilación y crear espacios multifuncionales en la planta baja, preservando el entorno.	Conservación del 70% de la vegetación existente y adaptación de la construcción a la topografía natural, creando una sensación de inmersión en la selva.	Conservación y respeto del entorno natural, adaptando el diseño arquitectónico a las características locales del sitio.	Jardinería con especies locales y respeto con el entorno inmediato
Participación Comunitaria	Desarrollo del proyecto con la participación de la comunidad, sector privado y gobierno, fomentando la cohesión social y el uso comunitario del espacio.	Menos destacada en términos de participación comunitaria directa, pero el diseño respeta e integra la comunidad local.	Enfoque en la participación comunitaria para asegurar la relevancia y aceptación del proyecto, promoviendo la cohesión social.	Apreciación de la obra para los habitantes locales
Multifuncionalidad de los Espacios	Espacios versátiles en la planta baja para conferencias, seminarios y cine al aire libre, con almacenamiento y lectura en el nivel superior.	Habitaciones y áreas comunes diseñadas para ser multifuncionales, optimizando el uso del espacio y recursos disponibles.	Diseño de espacios adaptables a diversas necesidades, maximizando el uso eficiente de los recursos y el espacio disponible.	Salas y espacios multifunción
Materiales	Madera prefabricada certificada, que facilita la construcción modular y reduce el impacto ambiental.	Chukum y madera tropical, materiales locales que proporcionan durabilidad y un bajo mantenimiento.	Ecomateriales locales y sostenibles que apoyan la economía local y reducen la huella de carbono del proyecto.	Maderables y geológicos
Estética y Funcionalidad	Diseño funcional y atractivo visualmente, que proporciona un espacio acogedor y útil	Combinación de diseño funcional y estético que crea espacios armoniosos y confortables,	Balance entre estética y funcionalidad, asegurando que los espacios sean atractivos y	Utilidad para desarrollo de actividades del usuario

para la comunidad.	integrados con la naturaleza.	útiles para los usuarios, promoviendo la sostenibilidad.
-----------------------	----------------------------------	---

Fuente: Elaboración propia, Jairo Villalva, 2024.

La Microbiblioteca Warak Kayu y Jungle Keva ofrecen principios y estrategias que son altamente relevantes para tu tesis sobre construcción sostenible en Alto Tena. El uso de ecomateriales, el diseño bioclimático, la participación comunitaria y la multifuncionalidad de los espacios son aspectos que se reflejan en ambos proyectos y que se pueden aplicar en el diseño arquitectónico. Estos referentes te proporcionan un marco de referencia práctico y ejemplos tangibles de cómo implementar estos conceptos en la investigación y proyecto de edificación demostrativa.

2.6. Análisis y diagnóstico

2.6.1 Revisión bibliográfica (recursos del ACS - 2020)

La revisión bibliográfica (recursos del ACS - 2020) es fundamental en este trabajo de titulación por varias razones. En primer lugar, proporciona una base sólida de información recopilada a través de investigaciones previas y salidas de campo, lo cual es esencial para entender las características y propiedades de los ecomateriales disponibles en la región amazónica. Esta información es crucial para seleccionar adecuadamente los materiales que se utilizarán en el diseño de la edificación demostrativa, asegurando que sean sostenibles, accesibles y apropiados para el entorno local. En referencia a las fichas de caracterización, se tomó como aporte investigativo los productos realizados por varios estudiantes que conformaban el grupo de investigación en calidad de colaboradores y que participaron de las salidas de campo. Para ello, se detallan las fichas en los siguientes anexos; la información es un levantamiento de campo y bibliográfico sintetizado en fichas e informes de salida de campo.

Anexo 11: Ficha de caracterización de Pigüe.

Anexo 12: Ficha caracterización de Guadúa Angustifolia.

Anexo 13: Guía en informe de salida de campo de piedra bola.

Anexo 14: Guía en informe de salida de campo de Tocota.

La inclusión de la revisión bibliográfica en este trabajo de titulación tiene un doble propósito. Primero, proporciona una base teórica sólida para el uso de ecomateriales en la construcción sostenible, aportando datos concretos y verificables que demuestran su viabilidad y beneficios. Segundo, forma parte integral del proceso de investigación metodológica, ya que la información recopilada orienta la clasificación, selección y evaluación de los ecomateriales que serán implementados en el proyecto.

2.6.1.2 Lista de ecomateriales identificados por el ACS-002-2020

El total de ecomateriales hallados por la investigación y levantamiento de información en las salidas de campo a las comunidades de Alto Tena, Calvario y Cotundo, fueron 72 especies que se detallan en el siguiente anexo:

Anexo 15: Total de especies mapeadas en las salidas de campo.

El total de especies tiene como objetivo promover modelos de construcción adaptados al entorno natural y seguros, considerando las necesidades de las comunidades kichwas en la RBCCH.

Entrando en el proceso de investigación y al primer paso de la metodología en cuanto a la clasificación y preselección, se tiene:

2.6.2 Clasificación de ecomateriales

La identificación, catalogación y caracterización de estos tres grupos de ecomateriales han sido los primeros indicios por parte del Grupo Interdisciplinario de Estudios en

Arquitectura y Construcción Sostenible en la región amazónica como primeras acciones en el desarrollo de los mismos y potenciar los recursos locales.

Esta clasificación se realiza en base al origen de los ecomateriales definido por el grupo de investigación del proyecto Código: ACS-002-2020, en 3 grandes grupos de ecomateriales en los que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 15-2. Grupo de ecomateriales identificados

Grupos	Identificados	Tipo
Vegetales	51	Maderables
		Fibras
		Palmas
Geológicos	70	Minerales
		Sedimentos
		Arcillas
		Arenas
		Rocas
Reciclados	Amplia gama	Plástico
		Containers
		Terracemento

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

De la misma manera el proyecto de investigación ha obtenido la localización geográfica de varios ecomateriales, con la ayuda de localización en GPS en las salidas de campo. A continuación, se clasifican en la siguiente tabla una lista de los más relevantes que serán usados en este trabajo de titulación:

Tabla 16-2. Listado de ecomateriales relevantes de la RBCCH

Fecha de la salida de campo	# salida de campo	Ecomaterial	Notas complementarias	Localización geográfica
21/08/2021	Tercera Salida	Cuarzo	Roca de aproximadamente 3 metros cúbitos Bosque primario	-0.7229949 -77.7485927 1219.7352795079323 7.861
24/07/2021	Primera Salida	Guadua	15 m altura, 7 u 8cm de diámetro Delgada, especie no identificada Bosque primario	-0.9635181 -77.8861418 816.1746732645456 4.9

07/08/2021	Segunda Salida	Guadua	Vía a Los Tanques, a orilla de carretera Guadua de agua, gruesa, sin muchas espinas	-0.9337724 -77.8761268 670.7525685015622 4.0
24/07/2021	Primera Salida	Piedra bola	Se conoce también como canto rodado, su altura es aproximadamente de 20 cm, largo y ancho similar. Abundante material en el río	-0.9722157 -77.8886773 683.5652001586063 5.0
21/08/2021	Tercera Salida	Tocota	Maderable, para tablas Bosque primario	-0.706413 -77.73325 0 0

Fuente: Elaboración propia tomada de proyecto ecomateriales ACS-002-2020 URAI, 2020

2.6.3 Preselección de ecomateriales a usar

Para la preselección del total de ecomateriales identificadas se ha tomado en consideración los ecomateriales que puedan ser utilizados sin afectar el entorno natural en la construcción de edificaciones sostenibles debido a estos corresponden a una lista inicial para posteriormente combinarlos en el diseño de la edificación demostrativa.

Estos ecomateriales que se presentan en la siguiente tabla son los ecomateriales de escogidos en base los más conocidos y usados en la comunidad kichwa de Alto Tena.

Tabla 17-2. Ecomateriales disponibles a usar

Función	Tipo	Nombres comunes	Nombre científico
Envolvente	Maderable	Tocota, Tucuta, Paiste, Manzano, Colorado manzano	<i>Guarea kunthiana</i> Adr. Juss
	Maderable	Batea caspi	<i>Cabrarea canjerana</i> (Vell.) Mart
	Maderable	Abío, Avío, Caimito	<i>Pouteria glomerata</i> (Miq.) Radlk
	Maderable	Tamburo, Bella maría, tampuru	<i>Vochysia brachyneura</i> Standl.
Estructura	Maderable	Zapote	<i>Matisia cordata</i> Bonpl.
	Maderable	Guadua	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth
	Maderable	Bambú gigante	<i>Dendrocalamus Asper</i>
	Maderable	Guabo, guaba	<i>Inga</i> sp.
	Maderable	Chuto, Pechiche,	<i>Vitex cymosa</i>
	Maderable	Abío, Avío, Caimito	<i>Pouteria glomerata</i> (Miq.) Radlk
Cimentación	Maderable	Huambula, Guayacan negro	<i>Minuartia guianensis</i>
	Pétreo	Cuarzo	
	Pétreo	Piedra bola	
Cubierta	Fibra	Tasawaska	
	Fibra	Shimbi	<i>Oenocarpus bataua</i>
	Fibra	Ceibo	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.
	Maderable	Corcho	<i>Quercus suber</i>
	Fibra	Pambil	<i>Iriarte deltoidea</i>
	Maderable	Pigüe	<i>Piptocoma Discolor</i>
	Fibra	Paja toquilla	<i>Carludovica Palmata</i>

Fuente: Elaboración propia tomada de proyecto ecomateriales ACS-002-2020 URAI, 2020

2.6.4. Selección de ecomateriales a usar

En esta tabla se muestran los ecomateriales definitivos a usar en base a su uso y función para la aplicación de ensayos en el laboratorio de la URAI.

Tabla 18-2. Ecomateriales a usar

Función	Tipo	Nombres comunes	Nombre científico	Uso
Piso	Maderable	Tamburo, Bella maría, tampuru	<i>Vochysia braceliniae Standl.</i>	Contrachapados interiores, exteriores y entablados
Estructura	Maderable	Tocota, Tucuta, Paiste, Manzano, Colorado manzano	<i>Guarea kunthiana Adr. Juss</i>	Columnas, tablas
	Maderable	Guadua	<i>Guadua angustifolia Kunth</i>	Pilares
Cimentación	Pétreo	Cuarzo		Variación de colores, tamaños, resistentes
	Pétreo	Piedra bola		Variación de tamaños
Envolvente	Maderable	Pigüe	<i>Piptocoma Discolor</i>	Cajas de madera, cubierta
Cubiertas	Maderable	Guadua	<i>Guadua angustifolia Kunth</i>	Techos de cubierta

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

En resumen, la revisión bibliográfica basada en los recursos del ACS - 2020 es un componente esencial del trabajo de titulación, proporcionando el conocimiento necesario para seleccionar e implementar ecomateriales de manera efectiva en el proyecto de edificación demostrativa en Alto Tena.

2.6.5. Evaluación de caracterizaciones físico mecánicas de la ESPOL

El objetivo principal del estudio y análisis de la caracterización físico-mecánica realizada por la Escuela Politécnica del Litoral (ESPOL) es evaluar y determinar las propiedades estructurales de diferentes especies maderables locales, en este caso Tocota, Tamburo y Pigüe, para su uso en la construcción sostenible. Esta evaluación incluye ensayos de compresión paralelo a la fibra, flexión y cizalla, los cuales son cruciales para entender la capacidad de estos materiales para soportar cargas y su comportamiento bajo diferentes condiciones de esfuerzo.

Los datos de la caracterización físico-mecánica del Informe 22-416 - IKIAM- OT-3026-22, en cuanto a las 5 probetas de cada una de las 3 especies maderables enviadas al laboratorio de evaluación de materiales de la Escuela Politécnica del Litoral de Guayaquil, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, por parte del equipo de investigación del proyecto ecomateriales para ensayos de compresión paralelo a la fibra (compresión), flexión y cizalla paralelo a la fibra, se muestran a continuación:

Tabla 19-2. Especies maderables caracterizadas por la ESPOL

Especie	Código	Ensayos
Tocota	22 – 8159	Compresión y cizalla paralelo a la fibra y flexión,
Tamburo	22 - 8160	Compresión y cizalla paralelo a la fibra y flexión,
Pigüe	22 - 8121	Compresión y cizalla paralelo a la fibra y flexión,

Fuente: Elaboración propia tomada del Informe 22-416 - IKIAM- OT-3026-22.

2.6.5.1. Revisión de ensayos de compresión paralelo a la fibra

Los datos correspondientes al ensayo de compresión se detallan de la siguiente manera:
Para la muestra de la especie maderable de Tocota (22 – 8159)

Tabla 1. Resultados. Ensayo de compresión.

Código de submuestra	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Carga máxima (kN)	Esfuerzo máximo (MPa)	Deformación a la carga máxima (%)	Tipo de falla ⁽¹⁾
22-8159-1	50.33	50.26	199.52	58.8	23.2	0.97	Shearing
22-8159-2	50.11	50.17	199.97	64.5	25.7	1.29	Shearing
22-8159-3	50.35	50.43	199.65	63.5	25.0	1.41	Shearing
22-8159-4	50.17	50.10	199.82	61.0	24.3	1.24	Shearing
22-8159-5	50.46	50.32	199.76	60.3	23.8	1.11	Shearing
Promedio				61.6	24.4	1.20	
Desviación estándar				2.3	1.0	0.17	

Figura 28-2. Resultados. Ensayo de compresión de maderable Tocota (22 - 8159)

Fuente: Tomada del Informe 22-416 - IKIAM- OT-3026-22, 2022.

Para la muestra de la especie maderable de Tamburo (22 – 8160)

Tabla 2. Resultados. Ensayo de compresión.

Código de submuestra	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Carga máxima (kN)	Esfuerzo máximo (MPa)	Deformación a la carga máxima (%)	Tipo de falla ⁽¹⁾
22-8160-1	50.81	50.94	199.89	59.7	23.1	1.61	Splitting
22-8160-2	50.91	50.92	199.85	62.1	24.0	1.43	Splitting
22-8160-3	50.94	50.90	199.45	63.8	24.6	1.25	Shearing
22-8160-4	51.01	50.89	200.09	66.1	25.5	1.27	Wedge Split
22-8160-5	50.91	50.84	199.67	63.9	24.7	1.12	Shearing
Promedio				63.1	24.3	1.34	
Desviación estándar				2.4	0.9	0.19	

Figura 29-2. Resultados. Ensayo de compresión de maderable Tamburo (22 - 8160)

Fuente: Tomada del Informe 22-416 - IKIAM- OT-3026-22, 2022.

Para la muestra de la especie maderable de Pigüe (22 – 8161)

Tabla 3. Resultados. Ensayo de compresión.

Código de submuestra	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Carga máxima (kN)	Esfuerzo máximo (MPa)	Deformación a la carga máxima (%)	Tipo de falla ⁽¹⁾
22-8161-1	50.51	50.51	199.55	84.5	33.1	0.90	Shearing
22-8161-2	50.53	50.59	199.88	93.3	36.5	0.98	Shearing
22-8161-3	50.50	50.58	199.48	77.7	30.4	0.94	Shearing
22-8161-4	50.60	50.59	199.55	84.3	32.9	0.79	Shearing
22-8161-5	50.66	50.55	199.89	83.9	32.8	0.89	Shearing
Promedio				84.7	33.1	0.90	
Desviación estándar				5.6	2.2	0.07	

Figura 30-2. Resultados. Ensayo de compresión de maderable Pigüe (22 - 8161)

Fuente: Tomada del Informe 22-416 - IKIAM- OT-3026-22, 2022.

2.6.5.2. Revisión de Ensayos de flexión

Los datos correspondientes al ensayo de flexión se detallan de la siguiente manera:

Para la muestra de la especie maderable de Tocota (22 – 8159)

Tabla 4. Resultados. Ensayo de flexión.

Código de submuestra	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kN)	Esfuerzo máximo (MPa)	Deformación a la carga máxima (%)	Tipo de falla ⁽¹⁾
22-8159-1	25.48	25.67	1.12	36.3	1.68	Brash Tension
22-8159-2	25.63	25.54	0.90	28.8	1.59	Cross-Grain Tension
22-8159-3	25.63	25.79	1.47	46.7	1.37	Brash Tension
22-8159-4	25.53	25.55	1.09	35.5	1.72	Simple Tension
22-8159-5	25.61	25.63	1.14	36.7	1.05	Cross-Grain Tension
Promedio			1.14	36.8	1.48	
Desviación estándar			0.21	6.4	0.28	

Figura 31-2. Resultados. Ensayo de flexión de especie maderable Tocota (22 - 8159)

Fuente: Tomada del Informe 22-416 - IKIAM- OT-3026-22, 2022.

Para la muestra de la especie maderable de Tamburo (22 – 8160)

Tabla 5. Resultados. Ensayo de flexión.

Código de submuestra	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kN)	Esfuerzo máximo (MPa)	Deformación a la carga máxima (%)	Tipo de falla ⁽¹⁾
22-8160-1	25.55	25.65	1.26	40.6	1.10	Splintering Tension
22-8160-2	25.84	25.56	0.81	25.7	0.82	Brash Tension
22-8160-3	25.56	25.49	1.05	34.2	1.15	Splintering Tension
22-8160-4	25.55	25.74	1.07	34.4	1.15	Splintering Tension
22-8160-5	25.54	25.73	0.67	21.5	0.72	Brash Tension
Promedio			0.97	31.3	0.99	
Desviación estándar			0.23	7.6	0.20	

Figura 32-2. Resultados. Ensayo de flexión de especie maderable Tamburo (22 - 8160)

Fuente: Tomada del Informe 22-416 - IKIAM- OT-3026-22, 2022.

Para la muestra de la especie maderable de Pigüe (22 – 8161)

Tabla 6. Resultados. Ensayo de flexión.

Código de submuestra	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kN)	Esfuerzo máximo (MPa)	Deformación a la carga máxima (%)	Tipo de falla ⁽¹⁾
22-8161-1	25.51	25.48	1.42	46.2	1.26	Splintering Tension
22-8161-2	25.49	25.50	1.68	54.6	1.56	Splintering Tension
22-8161-3	25.42	25.57	1.57	51.2	1.45	Splintering Tension
22-8161-4	25.53	25.44	1.51	49.2	1.46	Splintering Tension
22-8161-5	25.46	25.51	1.77	57.9	0.97	Splintering Tension
Promedio			1.59	51.8	1.34	
Desviación estándar			0.14	4.6	0.23	

Figura 33-2. Resultados. Ensayo de flexión de especie maderable Pigüe (22 - 8161)

Fuente: Tomada del Informe 22-416 - IKIAM- OT-3026-22, 2022.

2.6.5.3. Ensayos de cizalla

Los datos correspondientes al ensayo de flexión se detallan de la siguiente manera:

Para la muestra de la especie maderable de Tocota (22 – 8159)

Tabla 7. Resultados. Ensayo de cizalla.

Código de submuestra	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kN)
22-8159-1	50.43	50.56	11.4
22-8159-2	50.49	50.03	12.5
22-8159-3	50.28	49.88	16.7
22-8159-4	50.06	49.97	18.8
22-8159-5	50.38	49.90	13.3
Promedio			14.5
Desviación estándar			3.1

Figura 34-2. Resultados. Ensayo de cizalla de especie maderable Tocota (22 - 8159)

Fuente: Tomada del Informe 22-416 - IKIAM- OT-3026-22, 2022.

Para la muestra de la especie maderable de Tamburo (22 – 8160)

Tabla 8. Resultados. Ensayo de cizalla.

Código de submuestra	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kN)
22-8160-1	50.39	50.62	15.9
22-8160-2	50.64	50.42	14.3
22-8160-3	50.82	50.60	12.9
22-8160-4	50.48	50.73	13.8
22-8160-5	50.62	50.15	16.4
Promedio			14.6
Desviación estándar			1.5

Figura 35-2. Resultados. Ensayo de cizalla de especie maderable Tamburo (22 - 8160)

Fuente: Tomada del Informe 22-416 - IKIAM- OT-3026-22, 2022.

Para la muestra de la especie maderable de Pigüe (22 – 8161)

Tabla 9. Resultados. Ensayo de cizalla.

Código de submuestra	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kN)
22-8161-1	50.13	50.29	20.6
22-8161-2	50.24	50.25	21.1
22-8161-3	50.30	50.52	17.5
22-8161-4	50.25	50.50	19.4
22-8161-5	50.32	50.51	19.4
Promedio			19.6
Desviación estándar			1.4

Figura 36-2. Resultados. Ensayo de cizalla de especie maderable Pigüe (22 - 8161)

Fuente: Tomada del Informe 22-416 - IKIAM- OT-3026-22, 2022.

Como resultado se obtiene la siguiente imagen:

Tabla 12. Resumen de resultados.

Ensayo	Código de muestra	Propiedad medida		
		Carga Máxima (kN)	Esfuerzo máximo (MPa)	Deformación a la carga máxima (%)
Compresión paralelo a la fibra	22-8159	61.6	24.4	1.20
	22-8160	63.1	24.3	1.34
	22-8161	84.7	33.1	0.90
Flexión	22-8159	1.14	36.8	1.48
	22-8160	0.97	31.3	0.99
	22-8161	1.59	51.8	1.34
Cizalla paralelo a la fibra	22-8159	14.5	-	-
	22-8160	14.6	-	-
	22-8161	19.6	-	-
Tensión	22-8162	0.39	-	-
	22-8163	0.26	-	-

Figura 37-2. Resumen de resultados de las 3 especies maderables

Fuente: Tomada del Informe 22-416 - IKIAM- OT-3026-22, 2022.

Los datos que se detallan a profundidad se encuentran en el Informe 22-416 - IKIAM- OT-3026-22 (Anexo 16)

En resumen, el análisis de caracterizaciones físico-mecánicas de la ESPOL proporciona información de la resistencia y comportamiento de los materiales que respalda la selección y uso de ecomateriales en el diseño de la edificación demostrativa, alineándose con los objetivos de sostenibilidad, seguridad y eficiencia de la tesis.

Por otro lado, en el cumplimiento normativo se comparan los resultados de los ensayos con los estándares de la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC) permite garantizar que los materiales cumplen con los requisitos legales y de seguridad

establecidos, lo cual es esencial para la aprobación y viabilidad del proyecto, para lo cual se realizan estos cálculos de factores de seguridad:

2.6.5.4. Factores de seguridad

Los datos de este informe servirán específicamente para realizar una relación entre los resultados de los ensayos de materiales obtenidos en la ESPOL y los datos de la Normativa Ecuatoriana de la construcción, como se indica a continuación:

$$REN = \frac{\text{resultado obtenido de los ensayos}}{\text{valor de la NEC}}$$

REN = relación de los datos obtenidos de los ensayos vs los de la NEC

Para el esfuerzo de compresión paralelo a las fibras se tiene:

Para la Tocota

$$REN = \frac{\text{esfuerzo de compresion paralelo a la fibra ensayos de materiales}}{\text{esfuerzo de compresion paralelo a la fibra NEC}}$$

$$REN = \frac{24.3MPa}{8MPa}$$

$$REN = 3.05$$

Entonces se tiene que para el porcentaje de la resistencia de la NEC con respecto a los valores obtenidos en los ensayos de materiales

$$\%FS = 100/REN$$

$$\%FS = 100/3.05$$

$$\%FS = 32.78\%$$

Se calcula el valor del rango de seguridad:

$$\%RS = 100 - \%FS$$

Donde:

$\%RS$ = porcentaje del rango de seguridad

$\%FS$ = porcentaje del factor de seguridad

Por lo tanto, se tiene un porcentaje de rango de seguridad

$$\%RS = 100\% - 32.78\%$$

$$\%RS = 67.2\%$$

Para el esfuerzo de flexión se tiene:

Para la Tocota

$$REN = \frac{\text{esfuerzo de flexión de ensayos de materiales}}{\text{esfuerzo de flexión de la NEC}}$$

$$REN = \frac{36.8 \text{ MPa}}{10 \text{ MPa}}$$

$$REN = 3.68$$

Entonces se tiene que para el porcentaje de la resistencia de la NEC con respecto a los valores obtenidos en los ensayos de materiales

$$\%FS = 100/REN$$

$$\%FS = 100/3.68$$

$$\%FS = 27.17\%$$

Se calcula el valor del rango de seguridad:

$$\%RS = 100 - \%FS$$

Donde:

$\%RS$ = porcentaje del rango de seguridad

$\%FS$ = porcentaje del factor de seguridad

Por lo tanto, se tiene un porcentaje de rango de seguridad

$$\%RS = 100\% - 21.17\%$$

$$\%RS = 72.82\%$$

Para la tracción se tiene:

Para la Tocota

$$REN = \frac{\text{esfuerzo de tracción de ensayos de materiales}}{\text{esfuerzo de tracción de la NEC}}$$

$$REN = \frac{28.31 \text{ MPa}}{7.5 \text{ MPa}}$$

$$REN = 3.77$$

Entonces se tiene que para el porcentaje de la resistencia de la NEC con respecto a los valores obtenidos en los ensayos de materiales

$$\%FS = 100/REN$$

$$\%FS = 100/3.77$$

$$\%FS = 26.52\%$$

Se calcula el valor del rango de seguridad:

$$\%RS = 100 - \%FS$$

Donde:

$\%RS$ = porcentaje del rango de seguridad

$\%FS$ = porcentaje del factor de seguridad

Por lo tanto, se tiene un porcentaje de rango de seguridad

$$\%RS = 100\% - 26.52\%$$

$$\%RS = 73.47\%$$

2.6.6 Ensayos en laboratorio de biomasa

Una vez analizados los usos de las especies maderables y los que posiblemente se puedan usar en el diseño de la edificación demostrativa se eligen 3 maderas para realizar los cálculos a fondo en caracterización en la URAI en el laboratorio de biomasa.

Conocer las propiedades mecánicas precisas de los ecomateriales permite optimizar el diseño estructural, asegurando que se utilicen los materiales adecuados en las partes correctas de la estructura. Esto maximiza la eficiencia y sostenibilidad del proyecto.

2.6.6.1 Equipos a usar

Para realizar este proceso y realización de los ensayos se necesitaron los siguientes equipos:

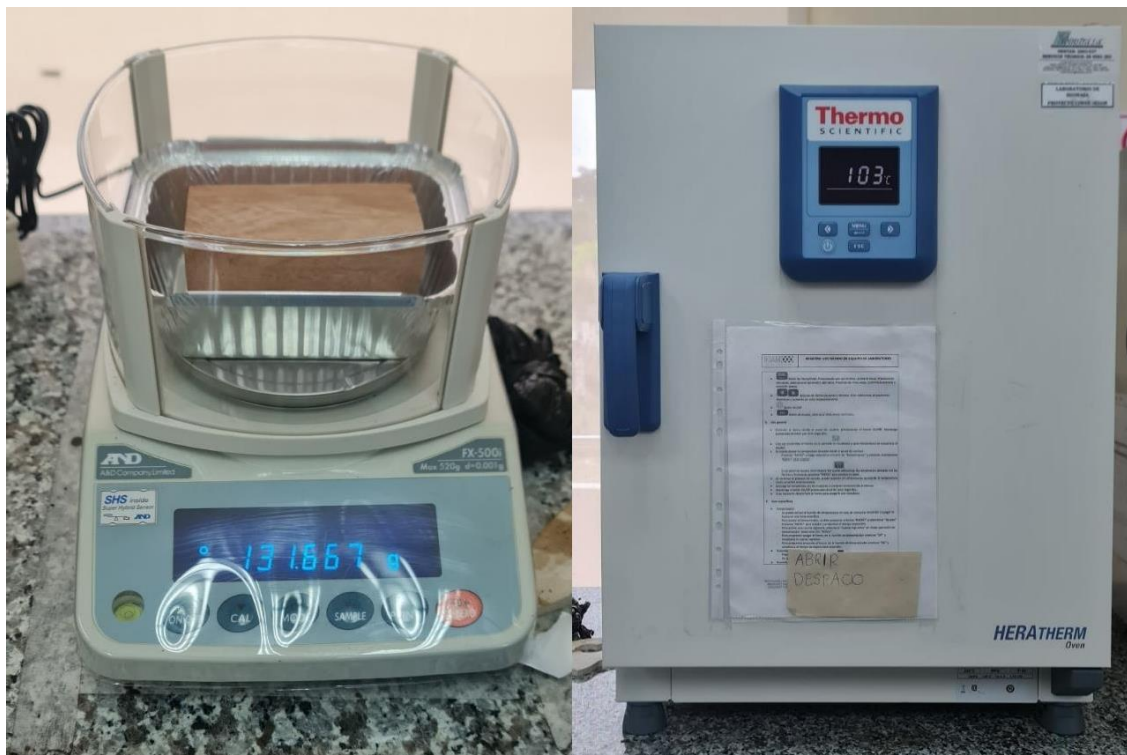


Figura 38-2. Balanza de precisión y horno del laboratorio de biomasa de URAI

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

2.6.6.2. Preparación de probetas maderables

Para este proceso se logró conseguir las 3 probetas de las 3 especies maderables a realizar su proceso de caracterización en un aserradero local de la zona de estudio con las medidas aproximadas de 5cm de ancho, 5cm de espesor y 10 cm de longitud como se muestra en la siguiente imagen:

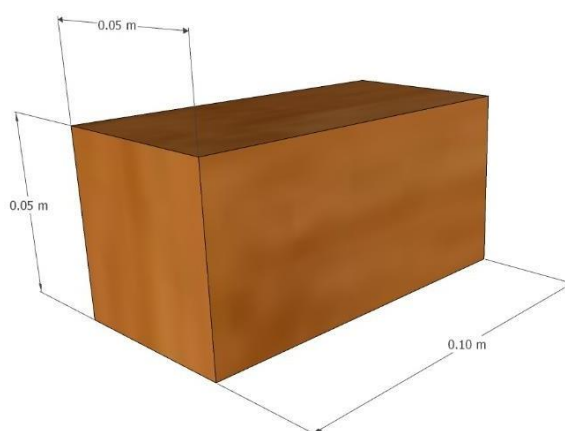


Figura 39-2. Dimensiones de probeta maderable

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

Esto con la finalidad de que quepan en la balanza de precisión y que los datos sean lo más exacto posible en comparación de las demás.

2.6.6.3 Características previas a los ensayos

Cálculos de las probetas

Cabe recalcar que las probetas tienen una variación de dimensiones debido al corte que se realizó de manera manual dando como resultado un aproximado a la requerida que no afecta considerablemente en la obtención de volúmenes de cada probeta y para esto se denominó con un código a cada una de las especies como muestra la siguiente tabla:

Tabla 20-2. Códigos y cálculos de especies maderables seleccionadas

Código de especie	Nombre científico	Nombre común	Volumen (cm³)
PMP11	<i>Piptocoma Discolor</i>	Pigüe	244,975
PMP12	<i>Piptocoma Discolor</i>	Pigüe	246,000
PMP13	<i>Piptocoma Discolor</i>	Pigüe	242,550
PMT01	<i>Guarea Kunthiana</i>	Tocota	245,025
PMT02	<i>Guarea Kunthiana</i>	Tocota	240,100
PMT03	<i>Guarea Kunthiana</i>	Tocota	235,200
PMTA1	<i>Vochysia Lenguiana</i>	Tamburo	247,500
PMTA2	<i>Vochysia Lenguiana</i>	Tamburo	242,550
PMTA3	<i>Vochysia Lenguiana</i>	Tamburo	249,826

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

Posteriormente se realizan los pesajes en la balanza de precisión del laboratorio de biomasa de la URAI de las probetas en estado húmedo, esto con la finalidad de obtener resultados de densidad humedad previo al secado en horno y que luego serán considerados para el contenido de humedad como se muestra la siguiente tabla:

Tabla 21-2. Pesos y densidades en húmedo de las especies maderables seleccionadas

Código de especie	Nombre científico	Nombre común	Volumen (cm ³)	Wh = peso en húmedo (gr)	ph = (gr/cm ³)
PMPI1	<i>Piptocoma Discolor</i>	Pigüe	244,975	114,975	0,469
PMPI2	<i>Piptocoma Discolor</i>	Pigüe	246,000	126,001	0,512
PMPI3	<i>Piptocoma Discolor</i>	Pigüe	242,550	117,452	0,484
PMT01	<i>Guarea Kunthiana</i>	Tocota	245,025	134,035	0,547
PMT02	<i>Guarea Kunthiana</i>	Tocota	240,100	131,669	0,548
PMT03	<i>Guarea Kunthiana</i>	Tocota	235,200	129,952	0,553
PMTA1	<i>Vochysia Lenguiana</i>	Tamburo	247,500	104,553	0,422
PMTA2	<i>Vochysia Lenguiana</i>	Tamburo	242,550	103,857	0,428
PMTA3	<i>Vochysia Lenguiana</i>	Tamburo	249,826	121,816	0,488

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

2.6.6.4 Características posteriores a los ensayos

En este punto cabe recalcar que se secaron 9 probetas por un aproximado de 24 horas a 105°C

2.6.6.5. Cálculos de las probetas

Una vez secadas se tenía que realizar el pesaje inmediato a la salida del horno para que el contenido de humedad del ambiente no altere el peso específico de las probetas.

Los resultados de los pesos en seco y el cálculo de las densidades en seco se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 22-2. Pesos y densidades en seco de las especies maderables seleccionadas

Código de especie	Nombre científico	Nombre común	Volumen (cm³)	Ws = peso en seco (gr)	ps = (gr/cm³)
PMPI1	<i>Piptocoma Discolor</i>	Pigüe	244,975	85,694	0,350
PMPI2	<i>Piptocoma Discolor</i>	Pigüe	246,000	88,742	0,361
PMPI3	<i>Piptocoma Discolor</i>	Pigüe	242,550	85,982	0,354
PMT01	<i>Guarea Kunthiana</i>	Tocota	245,025	112,39	0,459
PMT02	<i>Guarea Kunthiana</i>	Tocota	240,100	109,794	0,457
PMT03	<i>Guarea Kunthiana</i>	Tocota	235,200	109,049	0,464
PMTA1	<i>Vochysia Lenguiana</i>	Tamburo	247,500	86,052	0,348
PMTA2	<i>Vochysia Lenguiana</i>	Tamburo	242,550	87,903	0,362
PMTA3	<i>Vochysia Lenguiana</i>	Tamburo	249,826	102,63	0,411

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

Luego se realiza el cálculo de los pesos de las especies maderables para obtener como dato complementario el contenido de humedad que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 23-2. Pesos promedio y contenido de humedad de las especies maderables

Código de especie	Nombre científico	Nombre común	Wh = (gr)	Ws = (gr)	Peso promedio (wh+ws)/2	CH = (wh-ws/ws*100%)
PMPI1	<i>Piptocoma Discolor</i>	Pigüe	114,975	85,694	100,335	0,342
PMPI2	<i>Piptocoma Discolor</i>	Pigüe	126,001	88,742	107,372	0,420
PMPI3	<i>Piptocoma Discolor</i>	Pigüe	117,452	85,982	101,717	0,366
PMT01	<i>Guarea Kunthiana</i>	Tocota	134,035	112,39	123,213	0,193
PMT02	<i>Guarea Kunthiana</i>	Tocota	131,669	109,794	120,732	0,199
PMT03	<i>Guarea Kunthiana</i>	Tocota	129,952	109,049	119,501	0,192
PMTA1	<i>Vochysia Lenguiana</i>	Tamburo	104,553	86,052	95,303	0,215
PMTA2	<i>Vochysia Lenguiana</i>	Tamburo	103,857	87,903	95,880	0,181
PMTA3	<i>Vochysia Lenguiana</i>	Tamburo	121,816	102,63	112,223	0,187

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

La finalidad de todos estos cálculos ha sido para determinar la densidad de cada una de estas 3 especies maderables y de esta manera clasificar en que categoría de resistencia corresponde cada una de ella y sobre todo emplearse en el diseño de la edificación demostrativa ya que con esto dependiendo de su densidad se podrá asignar el elemento constructivo que vaya como propuesta ya sea a una cimentación, estructura, envolvente, subestructura o cubierta; esto en base a la siguiente tabla que muestra la categoría dependiendo su densidad:

Tabla 24-2. Categorías de densidades de las maderas

Clase	Densidad (gr/cm ³)
A	0.71 - 0.90
B	0.56 - 0.70
C	0.40 - 0.55

Fuente: Elaboración propia tomada de Manual de diseño de estructuras de madera grupo andino (1984)

Por lo tanto, se obtienen las densidades para verificar la que categoría pertenecen como se muestra a continuación en la siguiente tabla 23, dando como resultado solo una madera estructural que será considerada para columnas en el diseño de la edificación

Tabla 25-2. Categorías de especies maderables seleccionadas en base a la densidad

Código de especie	Nombre científico	Nombre común	ph = (gr/cm ³)	ps = (gr/cm ³)	Densidad básica (gr/cm ³)	Categoría
PMPI1	<i>Piptocoma Discolor</i>	Pigüe	0,469	0,350	0,355	No estructural
PMPI2	<i>Piptocoma Discolor</i>	Pigüe	0,512	0,361		
PMPI3	<i>Piptocoma Discolor</i>	Pigüe	0,484	0,354		
PMT01	<i>Guarea Kunthiana</i>	Tocota	0,547	0,459	0,460	CLASE C
PMT02	<i>Guarea Kunthiana</i>	Tocota	0,548	0,457		
PMT03	<i>Guarea Kunthiana</i>	Tocota	0,553	0,464		
PMTA1	<i>Vochysia Lenguiana</i>	Tamburo	0,422	0,348	0,374	No estructural
PMTA2	<i>Vochysia Lenguiana</i>	Tamburo	0,428	0,362		
PMTA3	<i>Vochysia Lenguiana</i>	Tamburo	0,488	0,411		

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

2.6.6.6. Uso aplicativo de las especies maderables

Uno de los resultados que se obtiene a partir de las caracterizaciones en cuanto a la densidad se tiene que los usos pueden darse de la siguiente manera como se muestra en la siguiente tabla:

- El Pigüe, al poseer una densidad baja se le dará uso para envoltantes ya que los habitantes locales lo usan para techos por su ligereza.
- El Tamburo, por ser un poco más resistente pero no cubrir la densidad requerida como estructural se le aplicara como un entablado para el piso y coincide con el uso local de la comunidad.
- La Tocota, como sí está en la categoría de los estructurales se le dará uso en las columnas estructurales del diseño de la edificación demostrativa que de la misma manera coincide con los usos locales de la comunidad de Alto Tena.

Tabla 26-2. Usos en base a la categoría de las maderas

Código de especie	Nombre científico	Nombre común	Densidades básicas (gr/cm³)	categoría	Uso
PMPI1	<i>Piptocoma Discolor</i>	Pigüe	0,355	No estructural	Pasamanos y envolventes
PMPI2	<i>Piptocoma Discolor</i>	Pigüe			
PMPI3	<i>Piptocoma Discolor</i>	Pigüe			
PMT01	<i>Guarea Kunthiana</i>	Tocota	0,460	Clase c	Vigas principales y columnas
PMT02	<i>Guarea Kunthiana</i>	Tocota			
PMT03	<i>Guarea Kunthiana</i>	Tocota			
PMTA1	<i>Vochysia Lenguiana</i>	Tamburo	0,374	No estructural	Entablado piso
PMTA2	<i>Vochysia Lenguiana</i>	Tamburo			
PMTA3	<i>Vochysia Lenguiana</i>	Tamburo			

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

Evaluar especies maderables locales promueve el uso de recursos disponibles en la región amazónica, reduciendo la dependencia de materiales importados y fomentando prácticas de construcción sostenible que respetan el entorno natural y cultural.

Esta tabla resume de manera concisa los resultados del análisis de ecomateriales y su aplicación en el diseño de la edificación demostrativa en esta tesis.

Tabla 27-2. Análisis resultante

Aspecto	Resultado	Aplicación en la Tesis
Viabilidad Estructural	La resistencia y rigidez determinadas aseguran que los materiales soporten las cargas y tensiones previstas, garantizando la seguridad y durabilidad de la construcción.	Se seleccionan materiales maderables locales como Tocota, Tamburo y Pigüe, que cumplen con los requisitos estructurales necesarios para la edificación demostrativa.
Optimización del Diseño	Conocer las propiedades mecánicas precisas permite optimizar el diseño estructural, utilizando los materiales adecuados en las partes correctas, maximizando la eficiencia y sostenibilidad del proyecto.	La información obtenida guía el diseño arquitectónico, asegurando que los materiales se utilicen de manera eficiente y sostenible en la estructura de la edificación.

Cumplimiento Normativo	Comparar los resultados con los estándares de la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC) garantiza que los materiales cumplen con los requisitos legales y de seguridad, esenciales para la aprobación del proyecto.	Los materiales seleccionados se comparan con la NEC para asegurar que cumplen con los estándares legales y de seguridad, facilitando la aprobación del proyecto.
Sostenibilidad y Uso de Recursos Locales	Evaluar especies maderables locales fomenta el uso de recursos disponibles en la región amazónica, reduciendo la dependencia de materiales importados y promoviendo prácticas de construcción sostenible que respetan el entorno natural y cultural.	La tesis promueve el uso de materiales locales, reduciendo la huella de carbono y apoyando la economía local, alineándose con los principios de sostenibilidad y respeto por el entorno natural.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

2.7. Diseño aplicado

El análisis del sitio y las características del terreno elegido es fundamental para el desarrollo de un diseño arquitectónico sostenible y contextualizado. Dado el enfoque sostenible de la tesis, se decidió situar la edificación en un área que incluye construcciones existentes y está habitada por la comunidad kichwa de Alto Tena. Esta zona cuenta con una vía accesible, flujo vehicular, transporte de bus y un balneario cercano, lo que facilita la conectividad y funcionalidad del proyecto. La proximidad a la comunidad permite que los residentes puedan observar y participar en el proyecto, asegurando que la edificación represente sus intereses locales.

Optar por un área poblada, en lugar de emplazar la edificación dentro de la RBCCH, donde el impacto en los ecosistemas sería mayor, permite minimizar los efectos ambientales negativos. La comunidad está en transición hacia el uso de materiales industrializados, y esta edificación demostrativa pretende mostrar la viabilidad de utilizar materiales locales sin necesidad de grandes cantidades de materiales industrializados. De este modo, se promueve el uso sostenible de recursos y se conserva la identidad cultural y ambiental de la comunidad.

El análisis del sitio incluye la evaluación de factores ambientales, topográficos y sociales. Se considera la topografía del terreno para identificar pendientes, elevaciones y áreas planas que influyan en la ubicación y orientación de la edificación. Además, se realiza un estudio de las condiciones climáticas locales, incluyendo la dirección y velocidad del viento, la incidencia solar y los patrones de precipitación, para implementar estrategias bioclimáticas que optimicen el confort térmico y la eficiencia energética del edificio.

El análisis también abarca la identificación de la vegetación existente y su integración en el diseño para conservar el entorno natural y mejorar la calidad ambiental del proyecto. Al evaluar la accesibilidad del sitio, considerando las vías de acceso, la proximidad a servicios y el flujo vehicular, se asegura que el diseño arquitectónico no solo responda a las necesidades funcionales y estéticas, sino que también respete y se adapte al contexto inmediato de la comunidad y el entorno natural, alineándose con los objetivos de sostenibilidad y conservación cultural de esta investigación.

2.7.1. Características del terreno

En el estudio y la observación general del lugar se ha podido identificar varios componentes naturales y sociales, identificadas mediante visitas al predio que se han realizado en varias salidas de campo con los integrantes del grupo de investigación ACS para el posible emplazamiento del proyecto arquitectónico de la edificación demostrativa.

2.7.1.1. Delimitación del sitio específico destinado

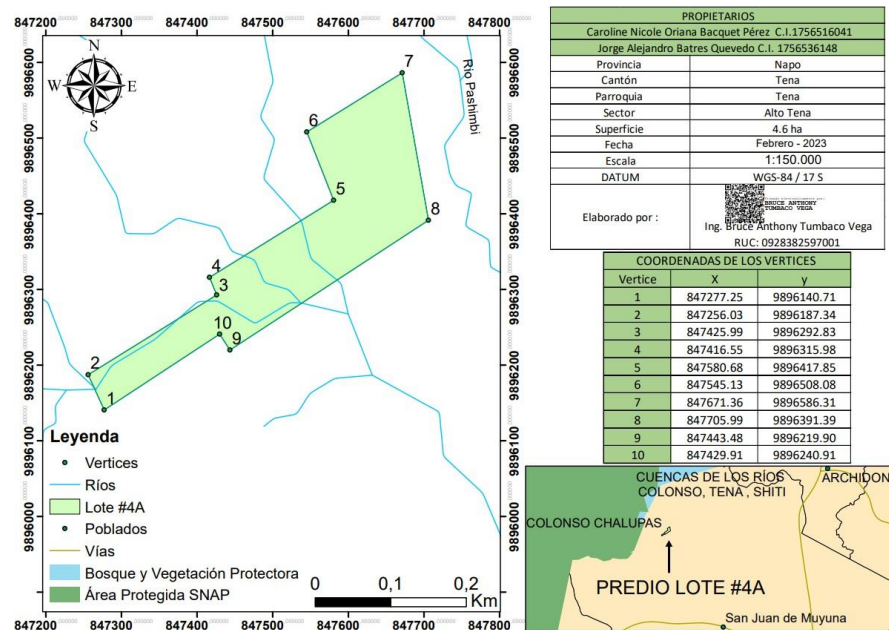


Figura 40-2. Mapa de la propiedad perteneciente a la zona de intervención
Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2023.

El predio donde se pretende emplazar el proyecto está localizado en la provincia de Napo, en el cantón Tena, en la comunidad de Alto Tena en la denominada reserva Colonso Chalupas; fue destinado anteriormente como el lugar específico para el desarrollo de la edificación demostrativa, consta de 5Ha destinados a la investigación de ecomateriales.

2.7.1.2. Accesibilidad

El lugar de intervención se encuentra emplazado a dos kilómetros de la Universidad Regional Amazónica Ikiam, como se muestra en la siguiente figura:



Figura 41-2. Mapa de ubicación con respecto a URAI.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2023.

Para llegar en transporte público se puede abordar la ruta de la cooperativa de buses Jumandy en dos horarios (mañana y tarde), que van desde el centro de la ciudad de Tena hasta la intersección denominada la Y de Alto Tena, de ese punto es relativamente cerca la ubicación ya que se puede llegar a pie en aproximadamente tres minutos.

2.7.1.3. Ubicación de la zona de intervención

Para una mejor visualización en la siguiente figura, se muestra el área considerada para la ubicación de la edificación demostrativa delimitada con una línea de color amarillo.

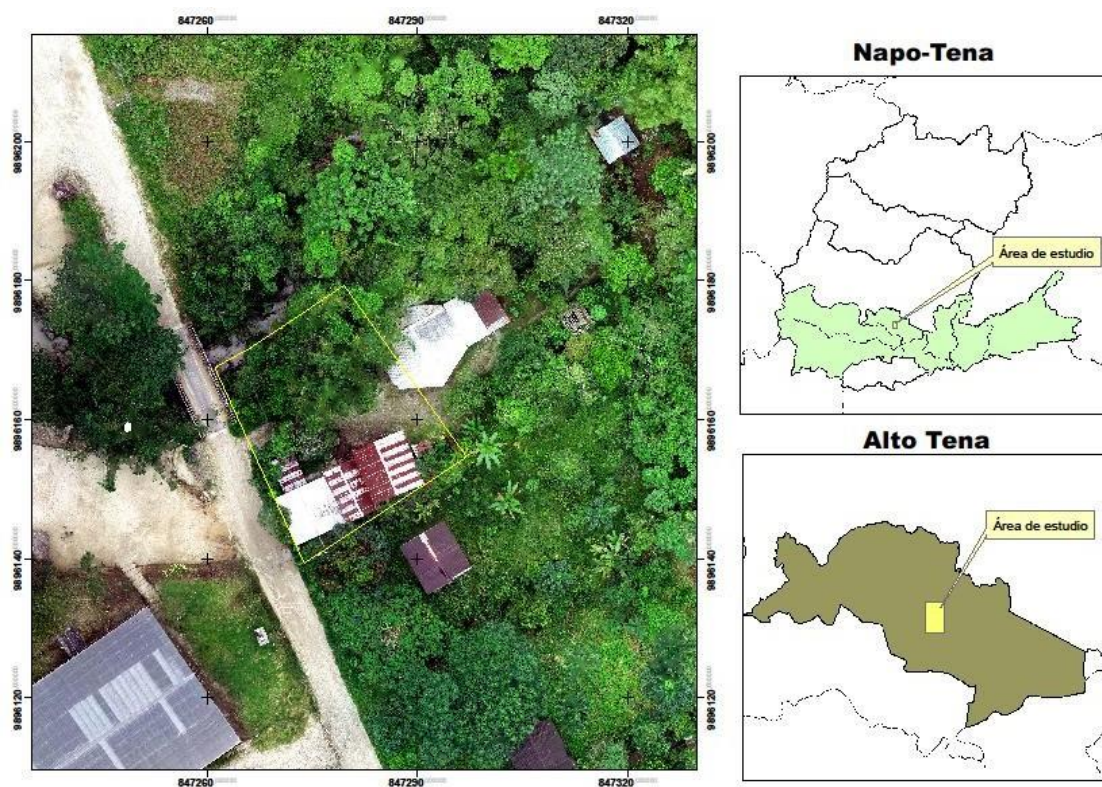


Figura 42-2. Mapa de ubicación de la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2023.

2.7.2. Análisis del sitio

Mediante visitas *in situ* se observó los aspectos naturales, socio-culturales, recursos disponibles en el sector, riesgos, disponibilidad de agua, servicios básicos, habitantes, fortalezas, oportunidades, debilidades, amenazas y particularidades del lugar.

Se realizó un estudio de la topografía para tener en cuenta las curvas de nivel, pendientes y otros aspectos que se puedan aprovechar del entorno.

2.7.2.1. Topografía

El suelo que conforma este terreno es tipo franco con pocas curvas de nivel a excepción del borde del estero contiguo al lugar de intervención.



Figura 43-2. Mapa de curvas de nivel en lugar de intervención
Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2023.

2.7.2.2. Vialidad

En lo referente a la vialidad solo se tiene una vía principal que dirige a la comunidad y a sus localidades. Esta vía es lastrada y por esta se accede al terreno como se muestra en la siguiente figura:



Figura 44-2. Fotografía de la vía de acceso y la entrada al terreno

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2023.

2.7.2.3. Clima

Según la Normativa Ecuatoriana de la construcción (NEC) y el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), basado en los registros meteorológicos de INAMHI, el clima en Tena se define como húmedo caluroso. Esta clasificación refleja las características de alta humedad y temperaturas cálidas durante todo el año.

Por otro lado, el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) de Muyuna clasifica el clima de Tena como tropical megatérmico húmedo. Este término se refiere a un clima tropical con temperaturas elevadas y una alta humedad relativa.

Ambas clasificaciones coinciden en resaltar la naturaleza cálida y húmeda del clima de Tena, lo cual es crucial para el diseño bioclimático y la selección de materiales de construcción en la región.

2.7.2.3.1. Temperatura

Del análisis de los registros climatológicos de temperatura, especialmente de la estación Tena, se puede destacar que la temperatura promedio mensual es de 24 (+/- 0,38) °C para la ciudad del Tena, y cuyos meses de máxima temperatura son diciembre y enero, con valores medios mensuales entre los 24 a 25 °C. Los meses de menor temperatura son junio y julio, registrando una media mensual de 24,4 °C. Las temperaturas en la ciudad de Tena se mantienen muy templadas a lo largo de todo el año, con una temperatura máxima de 28°C y mínima de 9°C, y una temperatura media anual de 25°C (Actualización PDOT-PUGS, 2020-2023).

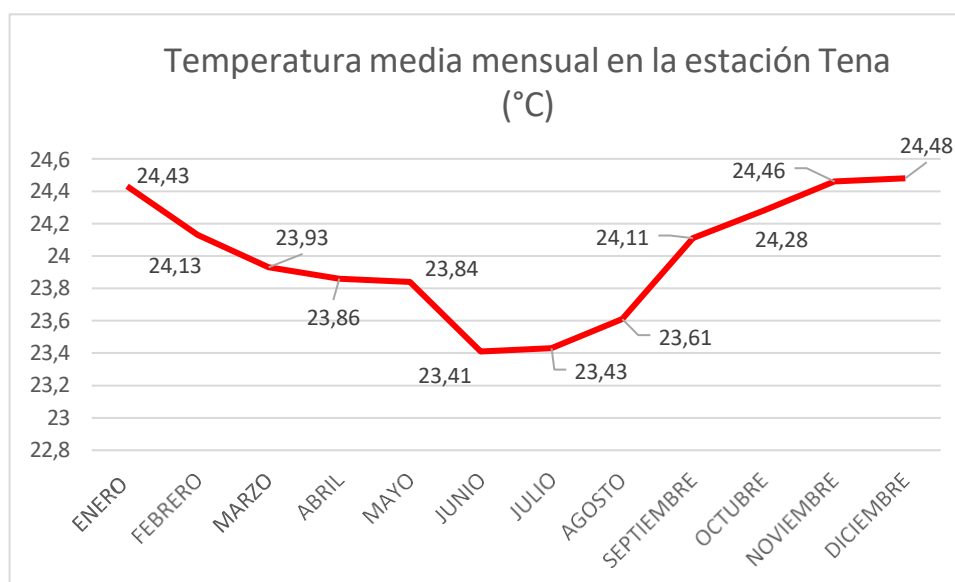


Figura 45-2. Temperatura media mensual en la estación Tena (°C)

Fuente: Actualización PDOT-PUGS. (2020-2023)

San Juan de Muyuna cuenta con una temperatura promedio anual aproximadamente en 24 °C.

2.7.2.3.2. Humedad relativa

Del análisis de los datos climatológicos se desprende que los meses de mayor porcentaje de humedad relativa son los meses de marzo y junio, cuyo valor medio es de 90,27% de humedad, en cambio los más secos son los de septiembre y octubre con un valor medio

de 87,73%, lo que implica que en Tena se tenga un valor medio mensual de 89,15% (+/- 0.82), lo que implica que la zona sea húmeda.

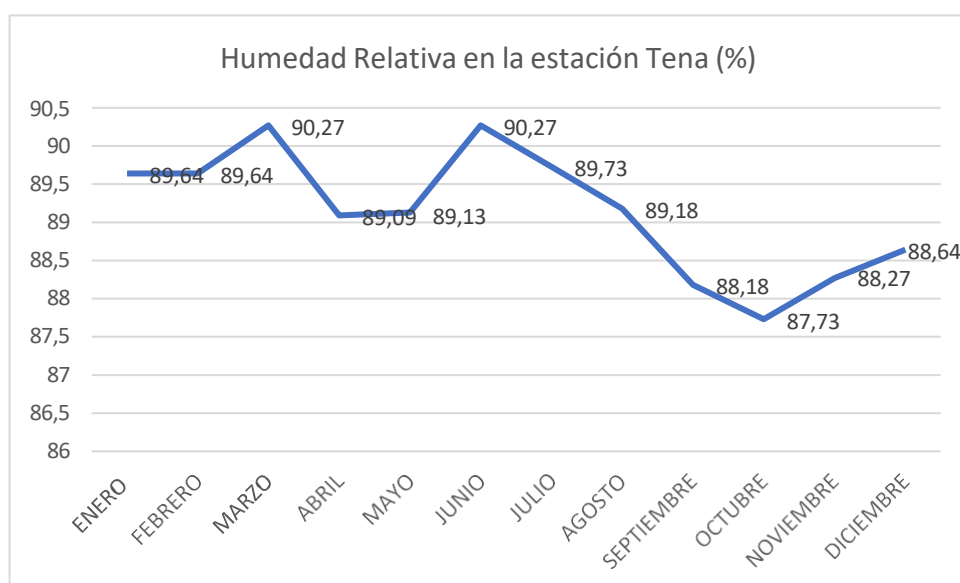


Figura 46-2. Humedad relativa en la estación Tena
Fuente: Actualización PDOT-PUGS. (2020-2023)

En San Juan de Muyuna la temperatura relativa promedio anual oscila entre los 70 – 90%.

2.7.2.3.2. Precipitaciones

En el cantón Tena, las máximas precipitaciones ocurren en los meses de mayo, junio y julio, destacándose que en abril se producen los niveles más altos de precipitación, aunque de forma esporádica. Es en junio cuando se registran las mayores actividades lluviosas, con niveles que alcanzan hasta 462.8 mm en promedio, durante el período de estudio comprendido entre 1991 y 2005. El promedio mensual de precipitación en la estación del antiguo aeropuerto del Tena es de 275 mm. Los meses con menor actividad lluviosa son diciembre, enero y febrero, con un promedio mínimo de precipitaciones de 219 mm registrado en febrero. En cuanto a las precipitaciones máximas registradas en 24 horas, el mes de junio de 1995 alcanzó su máximo valor con 151 mm. La precipitación anual de la ciudad de Tena supera los 3800 mm, con la siguiente distribución mensual en la estación climática de Tena:

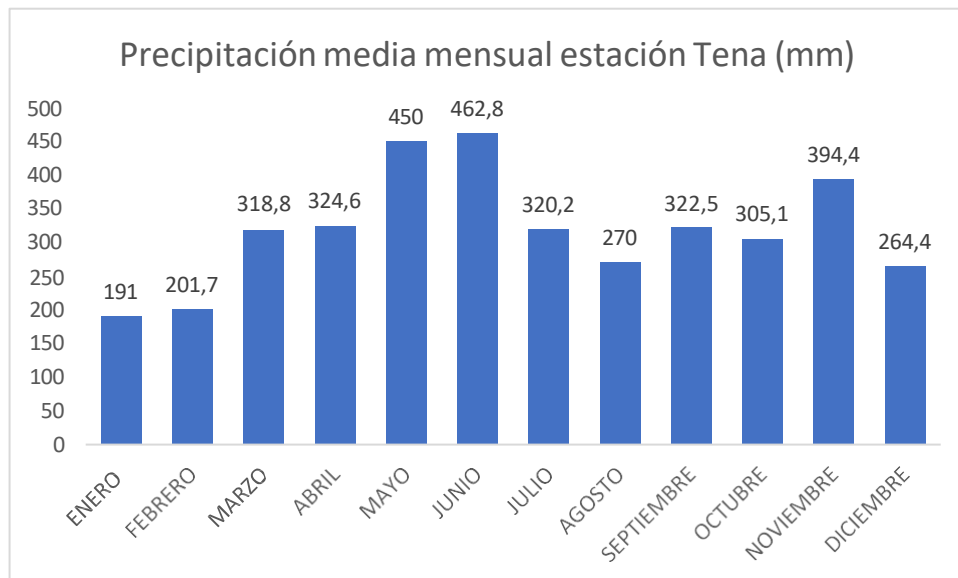


Figura 47-2. Precipitaciones media mensual estación Tena (mm)
Fuente: Actualización PDOT-PUGS. (2020-2023)

La precipitación media anual en la parroquia San Juan de Muyuna está en el promedio anual de 2500 a 4000 mm.

2.7.2.4. Soleamiento

El análisis del soleamiento en Tena es fundamental para el diseño de edificaciones que sean confortables y energéticamente eficientes. Aprovechar la radiación solar de manera estratégica y proteger los edificios del calor excesivo son prácticas esenciales para mejorar la habitabilidad y sostenibilidad de las construcciones en esta región amazónica.



Figura 48-2. Mapa de soleamiento en el lugar de intervención
Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2023.

2.7.2.5. Viento

Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

La velocidad promedio del viento por hora en Tena no varía considerablemente durante el año y permanece en un margen de más o menos 0,7 kilómetros por hora de 6,4 kilómetros por hora

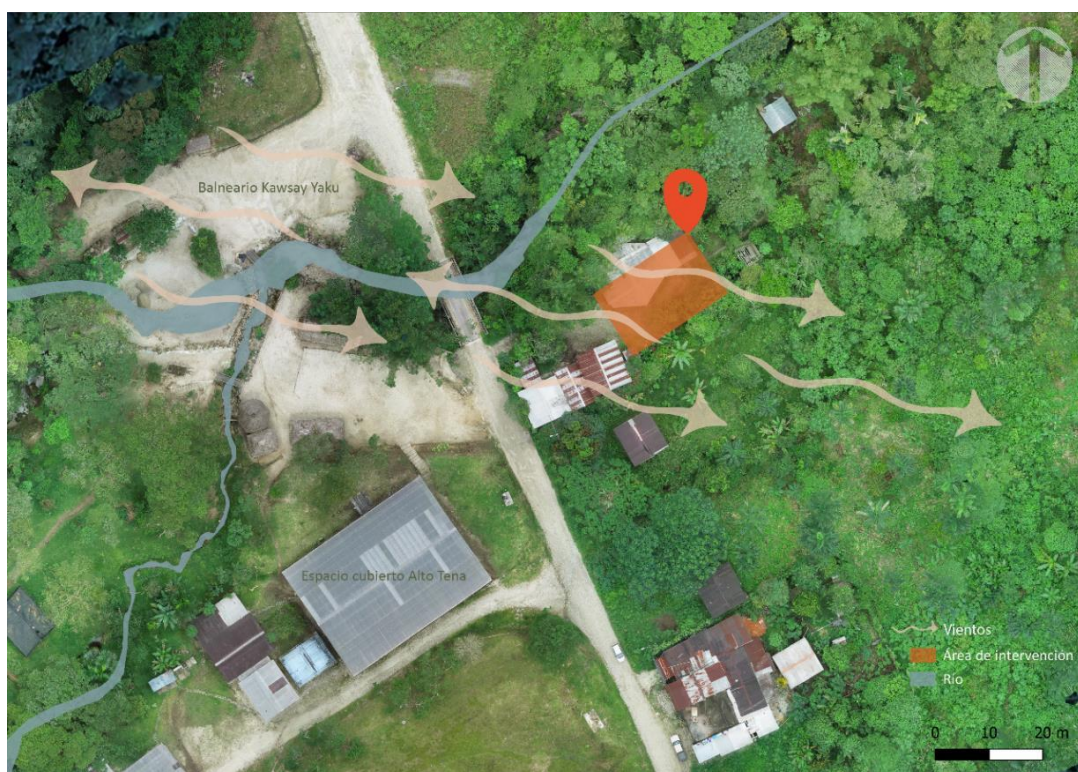


Figura 49-2. Mapa de vientos en el lugar de intervención
Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2023.

2.7.2.6. Edificaciones existentes

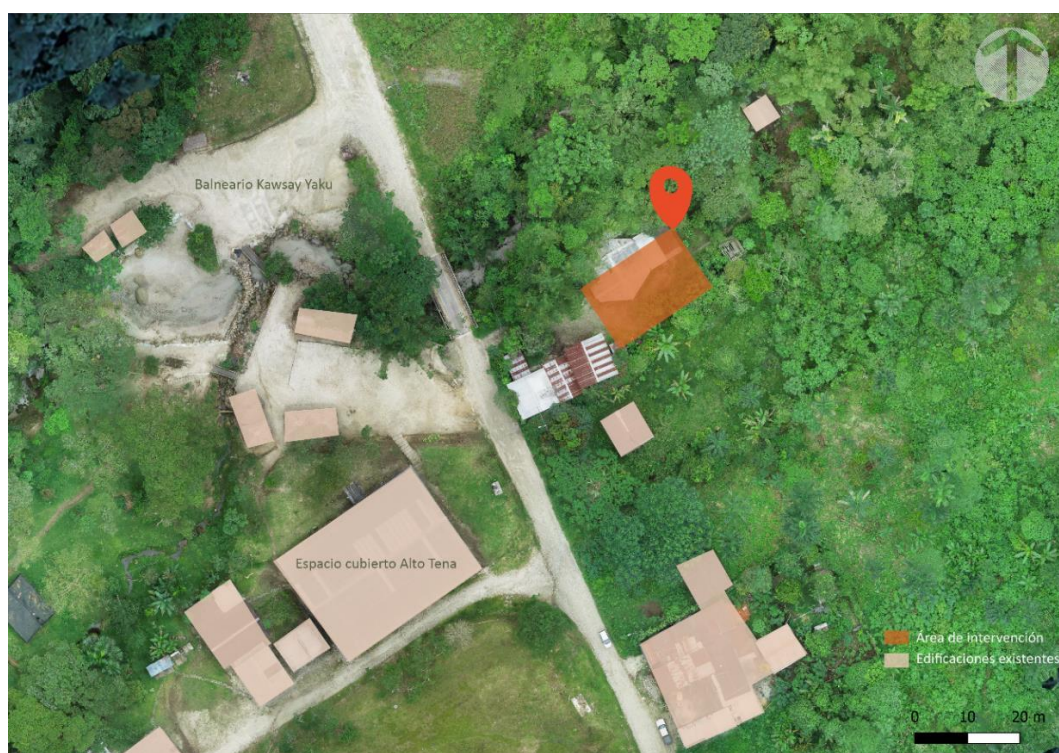


Figura 50-2. Mapa de edificaciones existentes en el lugar de intervención
Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2023.

En cuanto a las edificaciones aledañas, como el lugar de intervención está ubicado en la comunidad de Alto Tena, existen tanto infraestructuras vernáculas, así como infraestructuras es hechas de hormigón armado y/o acero.

2.7.2.7. Visuales



Figura 51-2. Visual en el lugar de intervención.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2023.



Figura 52-2. Visual en el lugar de intervención.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2023.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Propuesta de diseño arquitectónico

En este apartado, se presenta una propuesta de diseño con el empleo de ecomateriales en una edificación demostrativa, denominada Pabellón EcoTena, específicamente en la zona de amortiguamiento de la Reserva Biológica Colonso Chalupas. El objetivo de esta propuesta es lograr el propósito general definido previamente en este trabajo de investigación, integrando prácticas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, aprovechando recursos locales y promoviendo la conservación cultural y ambiental de la región. Además, la edificación se diseñará para ser multifuncional, adaptándose a diferentes usos y necesidades de la comunidad kichwa de Alto Tena. El diseño tendrá en cuenta factores climáticos, topográficos y sociales, implementando estrategias bioclimáticas que optimicen el confort térmico y la eficiencia energética.

La denominación Pabellón EcoTena busca transmitir la esencia del proyecto y su compromiso con la sostenibilidad y la conservación cultural de la comunidad de Alto Tena. Por esta razón, se detallarán a continuación los procesos constructivos y los ecomateriales utilizados. La información se presentará en varias láminas con los respectivos detalles; posteriormente, se presentará el conjunto de planos arquitectónicos resultantes de estas decisiones de diseño, que también serán plasmados en láminas anexas al documento.

3.1.1. Programa

Debido a que las funciones de la edificación van más allá de una tipología común, se plantea como un espacio de concentración y exhibición de la combinación de materiales de construcción locales, aplicados en un diseño arquitectónico apropiado para la zona en la que se emplaza. Por esto, se representan diversos espacios multifuncionales que se pueden adaptar en su interior, dando cabida a la variación de usos y usuarios. Este

programa, al ser un espacio demostrativo con áreas internas y externas para la exhibición, define sus espacios como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 28-3. Programa de la edificación combinando ecomateriales

Zona	Ambiente	Mobiliario	Actividad	Usuario	Área (m²)	Subtotal (m²)	
Social	Hall frontal	Mobiliario gaviones fijos	Descansar, estar	1 a 6	34,20	71,69	
	Hall posterior	Mobiliario gaviones fijos	Descansar, estar	1 a 6	37,49		
Social	Sala 1	Mobiliarios de GAK	Descansar, relax, estar	1 a 6	17,39	43,49	
	Hall Sala GAK	Exhibición GAK	Interactuar GAK	1 a 3	8,00		
		Exhibición GAK	Observar, interactuar GAK	1 a 4	18,10		
Social	Pasillo interno	Pasamanos fijo	Transitar	1 a 2	14,70	80,23	
	Balcón frontal	Envolvente giratoria	Observar, transitar	1 a 4	24,07		
	Balcón posterior	Envolvente giratoria	Observar, transitar	1 a 4	24,07		
	Sala 2	Mobiliario GAK	Descansar, relax	1 a 6	17,39		
					Total	195,41	

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

3.1.2. Estrategias constructivas y materialidad

3.1.2.1. Hormigón

Se procuró reducir al máximo el uso del hormigón debido a los residuos industriales que genera. Sin embargo, su aplicación en este proyecto es adecuada para la cimentación, pisos y pedestales de la edificación, ya que evita el contacto directo del bambú y otros ecomateriales forestales del suelo.

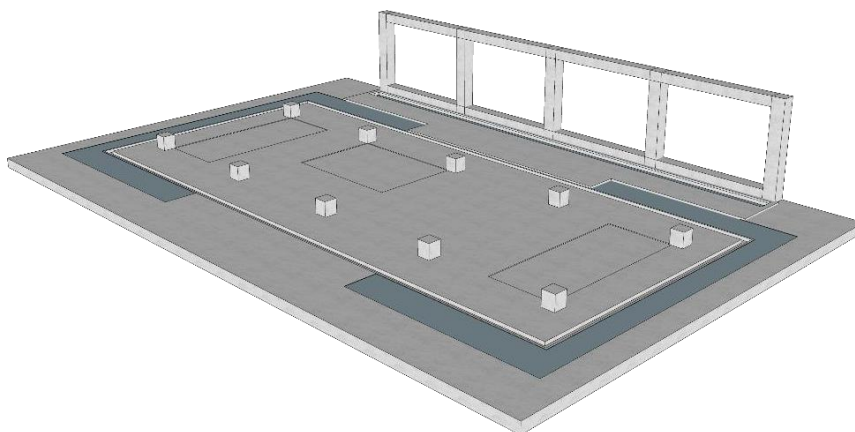


Figura 53-3. Estructura de hormigón de la edificación demostrativa.
Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

3.1.2.2. Madera

En lo que corresponde a la madera se han utilizado tres especies caracterizadas en esta tesis para ser aplicadas en columnas y deck (Tocota), entablados (Tamburo) y envolventes (Pigüe) que a su vez corresponden a unos paneles modulares giratorios y otros fijos con el objetivo de minimizar la entrada directa de la luz al interior de la edificación.

En todas las columnas de la edificación se utiliza la madera con mayor densidad básica y mayor resistencia antes los diferentes esfuerzos, la cual corresponde a la Tocota.

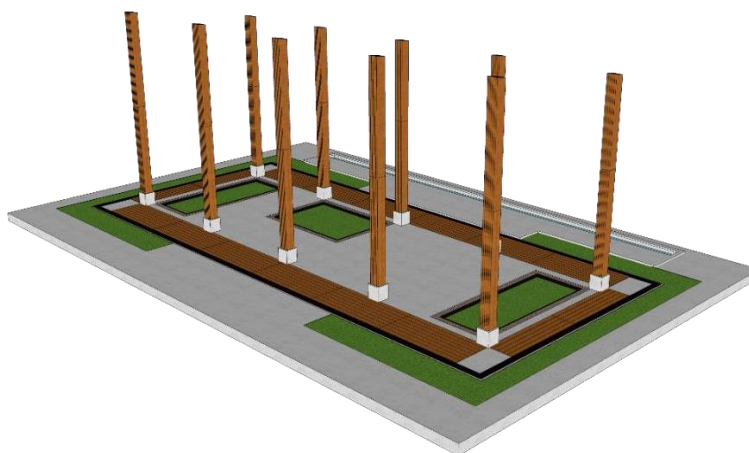


Figura 54-3. Estructura de columnas de madera de la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

Las secciones transversales de las columnas son cuadradas, comprende la unión de 6 tablones de madera de Tocota que están unidos en sus caras para formar una sección cuadrada de 30 cm x 30 cm.

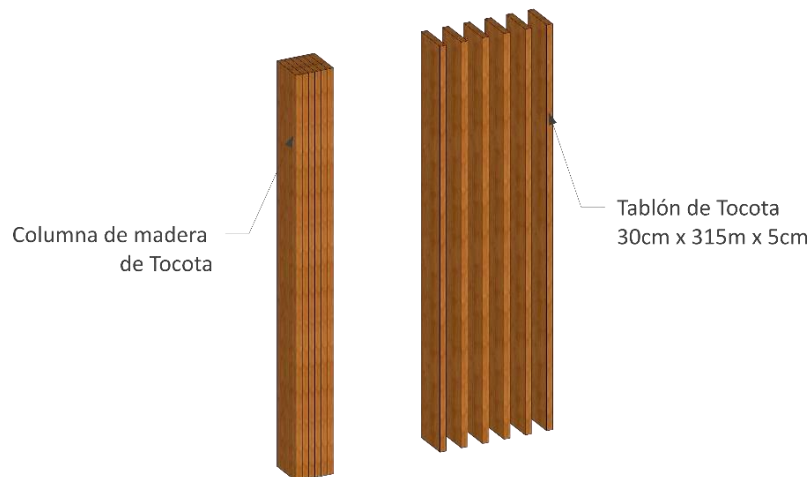


Figura 55-3. Columna de madera de Tocota de la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

En las envolventes se utiliza el Pigüe ya que es una de las maderas más livianas, abundantes en la zona y fácil de trabajar.

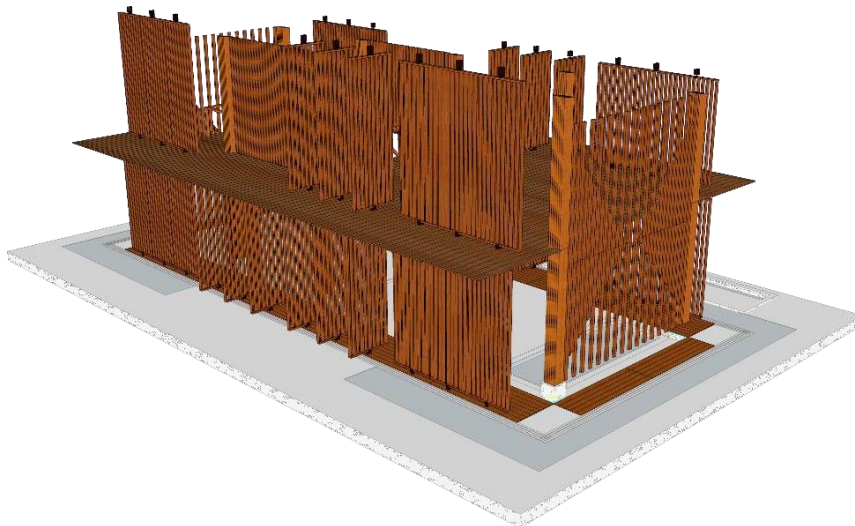


Figura 56-3. Estructura de envolventes madera de Pigüe de la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

La envolvente que se aplica es un módulo que se repite alrededor de la edificación y que comprende 10 tiras de madera de Pigüe enmarcadas para generar una serie de lamas verticales giratorias que se adaptan a la incidencia solar.



Figura 57-2. Módulo de madera de Pigüe la edificación demostrativa.
Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

Estas están sujetadas a los Culmos de GAK con este sistema giratorio que permite rotar 360 grados con el fin de posicionarlos de la manera apropiada por parte del usuario.

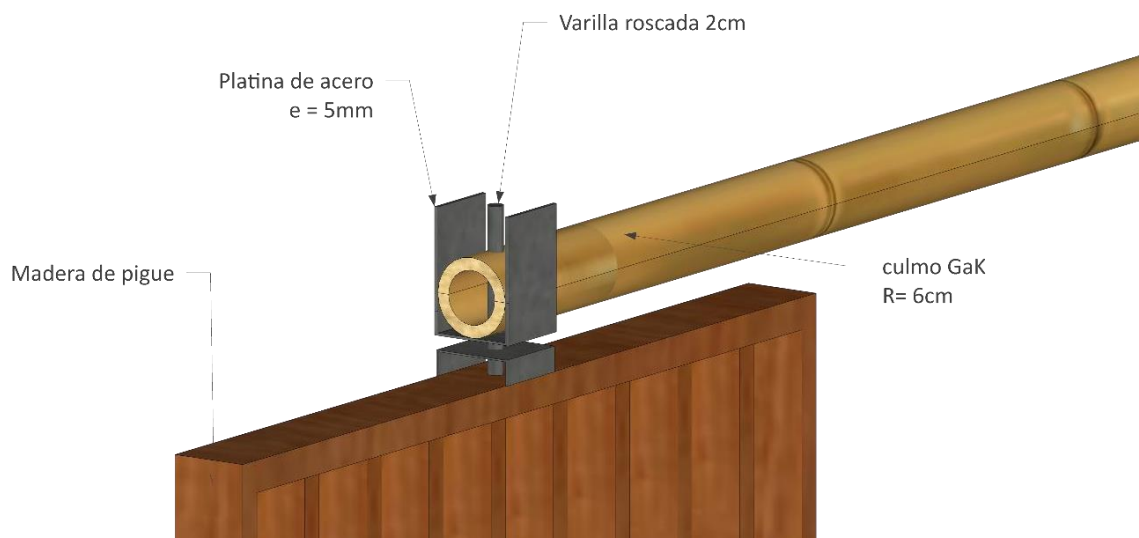


Figura 58-3. Sistema giratorio de los paneles de Pigüe.
Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

En el diseño se conjuga el componente estructural y arquitectónico, se utiliza culmos de bambú dispuestos en una forma de cruz de San Andrés para limitar los desplazamientos laterales a causa de sismos y vientos. Además, aprovechando estos elementos de arriostramiento se crea un diseño en particular de envolvente fija con tiras de Pigüe dispuestas verticalmente que van desde el piso hasta el techo, este muro permeable permite una mayor visibilidad hacia el exterior sin perder estabilidad, delimita el espacio y evita la incidencia solar directa al interior.

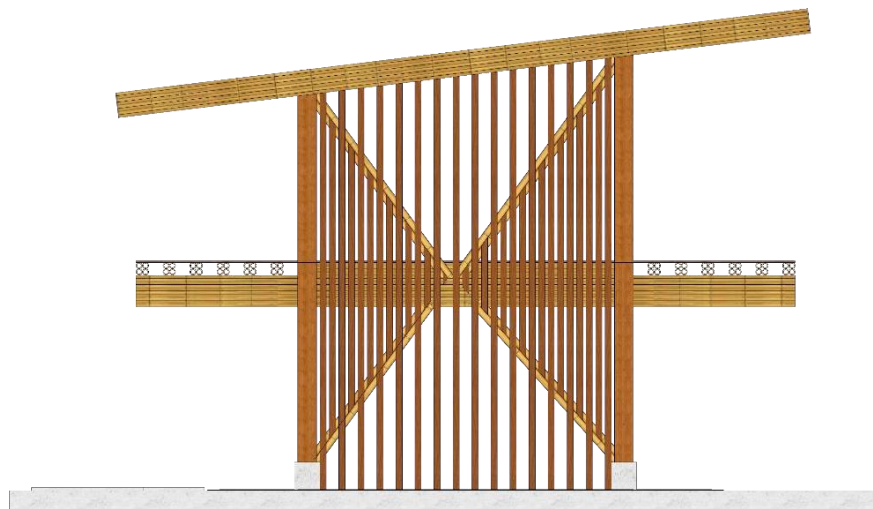


Figura 59-3. Envolvente lateral equis de madera de Pigüe la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

La circulación vertical del proyecto se desarrolla una escalera de un solo sentido para llegar a la planta alta hecha de madera de Tocota en su totalidad con el suficiente espacio para circulación de ida como de vuelta.

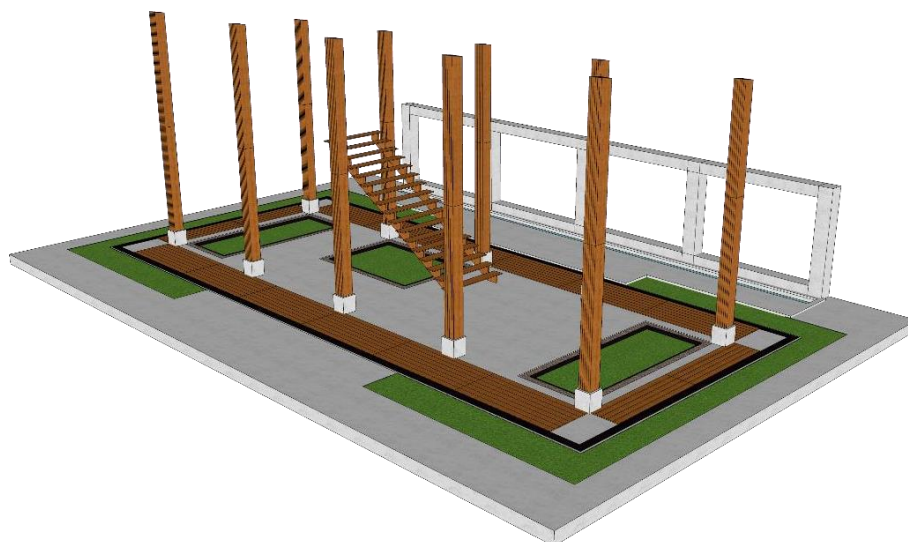


Figura 60-3. Circulación vertical de madera de la edificación demostrativa.
Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

3.1.2.3. GAK

Se utiliza la GaK en gran parte del proyecto por sus grandes beneficios: rápido crecimiento (entre 3 y 6 años), material disponible en la localidad (genera recursos para la gente de la zona y no requiere gran cantidad de transporte), es renovable, biodegradable, tiene un buen desempeño ante los sismos y alta resistencia por ello se lo utiliza como elemento estructural y arriostramiento.

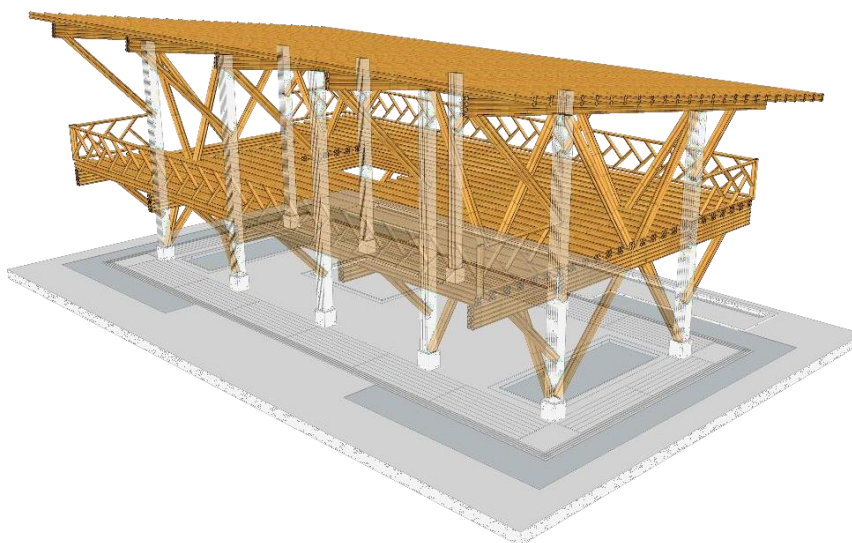


Figura 61-3. Estructura de bambú de la edificación demostrativa.
Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

Para los procesos constructivos aplicados en el diseño se han adoptado estrategias constructivas como refuerzos que aportan estabilidad a la edificación de GAK en referencia a la normativa ecuatoriana de construcción de madera y bambú.



Figura 62-3. Estructura portante de bambú de la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

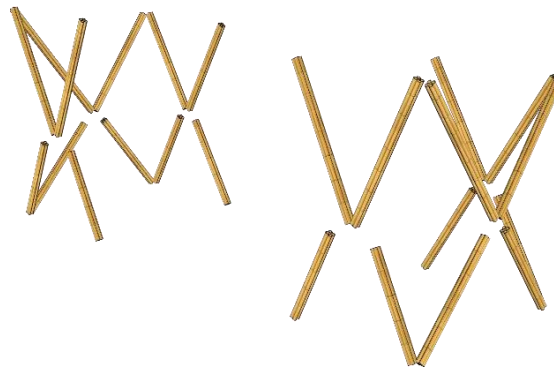


Figura 63-3. Arriostramientos de GAK de la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

Este tipo arriostramientos están desarrolladas en las dos direcciones, están unidos y anclados a columnas y a vigas principales.

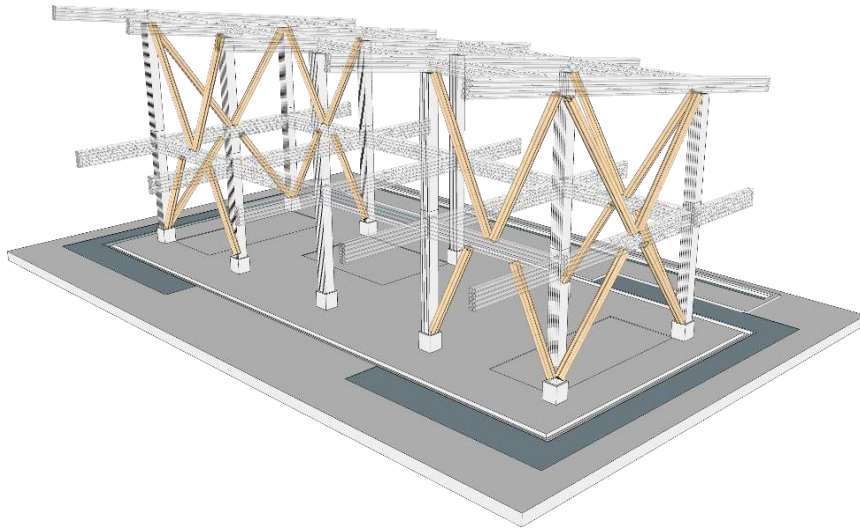


Figura 64-3. Estructura con arriostramientos de GaK de la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

Se incorporar diagonales de GaK para darle soporte y estabilidad a la estructura.

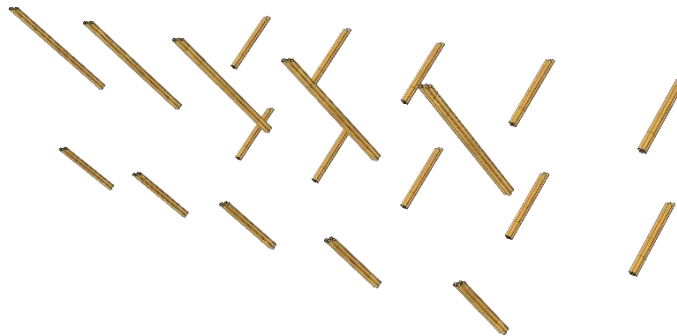


Figura 65-3. Diagonales de GAK de la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

Apoyados directamente en las columnas de madera, estos se unifican a toda la estructura portante de bambú de la edificación.

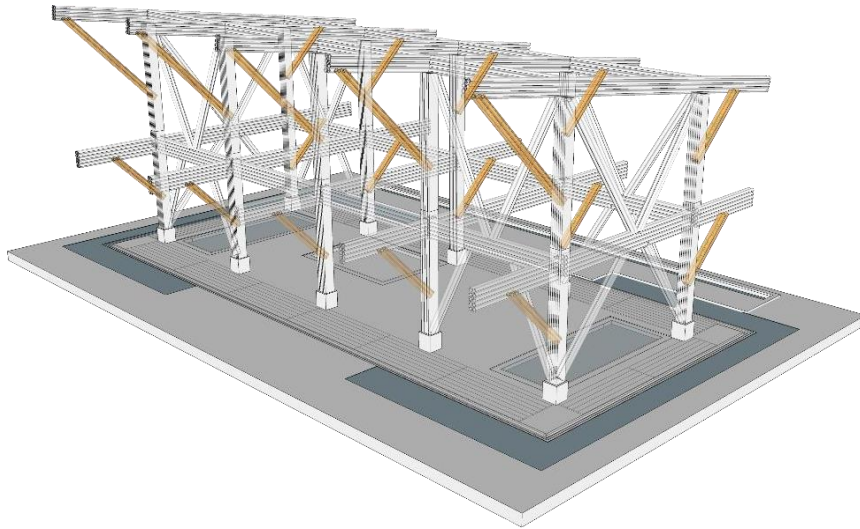


Figura 66-3. Estructura de diagonales de GaK de la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

Otro uso que se le dio al bambú GAK, es en el diseño de los pasamanos externos el cual posee la misma inclinación de las diagonales anteriormente mencionadas. Para apreciar esta inclinación se ha realizado una vista paralela de una de las fachadas laterales en la que se nota la inclinación paralela entre ambos elementos

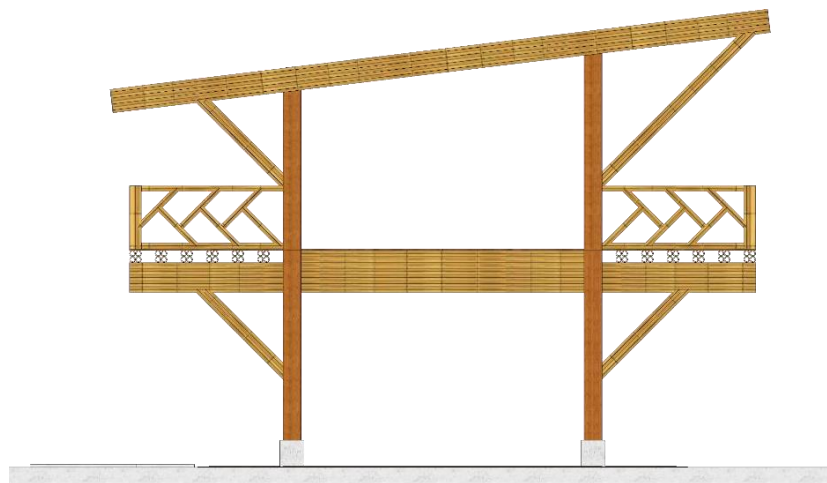


Figura 67-3. Vista paralela de la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

Es así que la estructura de bambú GAK que se ha implementado en su mayoría para el soporte y rigidez del pabellón EcoTena, se plasma en el siguiente esquema que posteriormente se aplicará una simulación de software con características específicas

de este ecomaterial para obtener un resultado aproximado de resistencia sísmica y es apta para construirse.

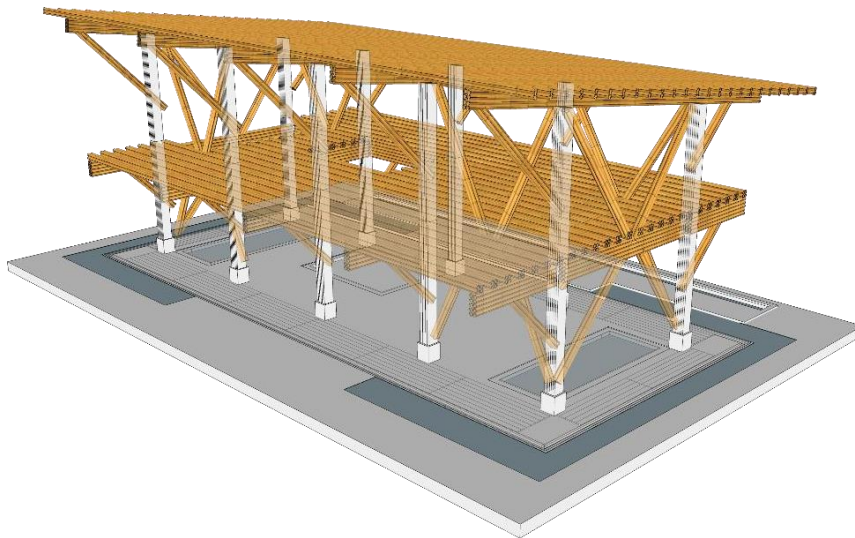


Figura 68-3. Estructura portante de bambú de la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

En el ámbito bioclimático, una de las estrategias de diseño que permite el confort humano es la aplicación de vegetación tanto externa como interna para climatizar el interior de la edificación. El guadúa (Smith & Johnson, 2018) y otras plantas como el helecho (Martínez & López, 2017), el filodendro (Brown, 2016), bromelias (Environmental Protection Agency [EPA], 2019), entre otras; son especialmente efectivas para este propósito debido a sus propiedades de regulación térmica.



Figura 69-3. Espacios verdes de la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

Estas plantas no solo mejoran el microclima alrededor y dentro de la edificación, sino que también promueven la biodiversidad y el equilibrio ecológico en el área. La combinación de vegetación autóctona y estrategias de diseño bioclimático asegura que la edificación se adapte de manera óptima a las condiciones climáticas del sector, proporcionando un ambiente interior confortable y sostenible.

Además, que la vegetación predominante en el interior que se ha implantado en los jardines interiores y que sirve de estrategia bioclimática activa, es el bambú GAK, esta especie se pretende exhibir para apreciación del usuario, en diferentes espacios verdes internos en los que se puede encontrar desde brotes en macetas y culmos completos que alcanzan una doble altura y se adaptan a la doble altura planteada en el diseño de la edificación.



Figura 70-3. Estrategia de doble altura de la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

3.1.2.4. Cubierta de tejamaniles de bambú

Las cubiertas de tejamaniles de bambú representan una solución sostenible, económica y culturalmente significativa para la construcción. Su uso en proyectos de construcción no solo promueve la sostenibilidad y la conservación del medio ambiente, sino que también fortalece la identidad cultural y arquitectónica de las comunidades locales. Implementar esta técnica en el diseño arquitectónico, como en el caso del Pabellón

EcoTena, puede servir como un modelo inspirador de cómo integrar materiales tradicionales y ecológicos en la construcción moderna.

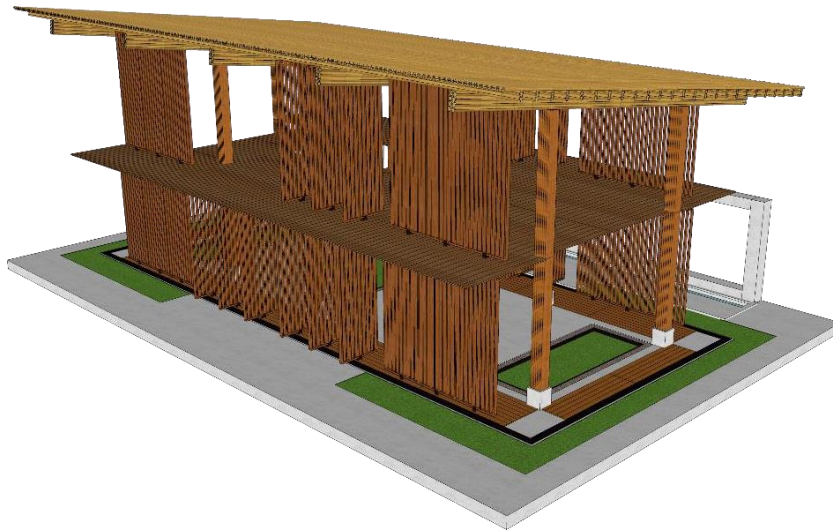


Figura 71-3. Cubierta de tejamaniles de bambú de la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

3.1.2.5. Piedra bola

La piedra bola se aplicó en la creación de mobiliarios combinados con bambú al estilo de un gavión contenido con varillas de acero

En su apoyo para sentarse se aplica latillas de bambú GAK para conseguir más comodidad y que se mezclen estos dos materiales en este tipo de mobiliario fijo.

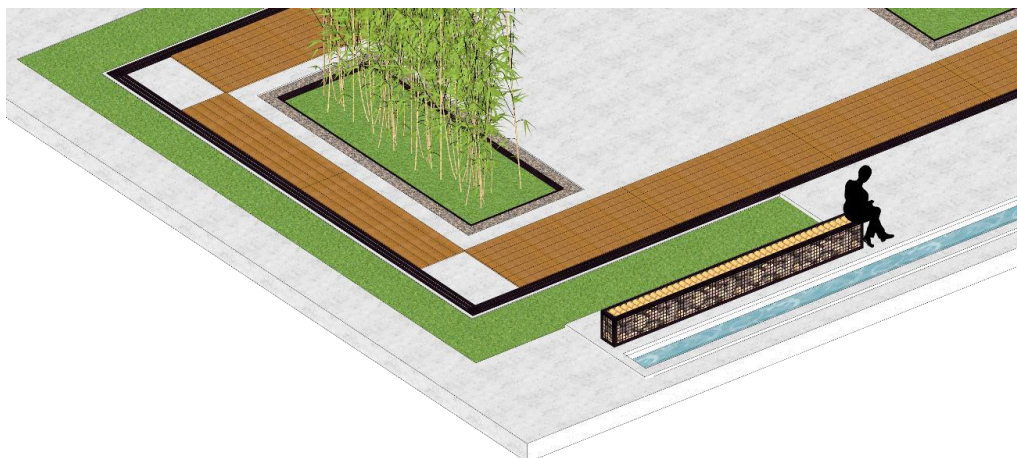


Figura 72-3. Mobiliario fijo tipo gaviones de piedra bola de la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

3.1.2.6. Cuarzo

Este material se aplicó para contener el paso de la vegetación de las jardineras internas de la edificación al piso y como elemento estético para combinar en este sentido los materiales locales abundantes del sector.

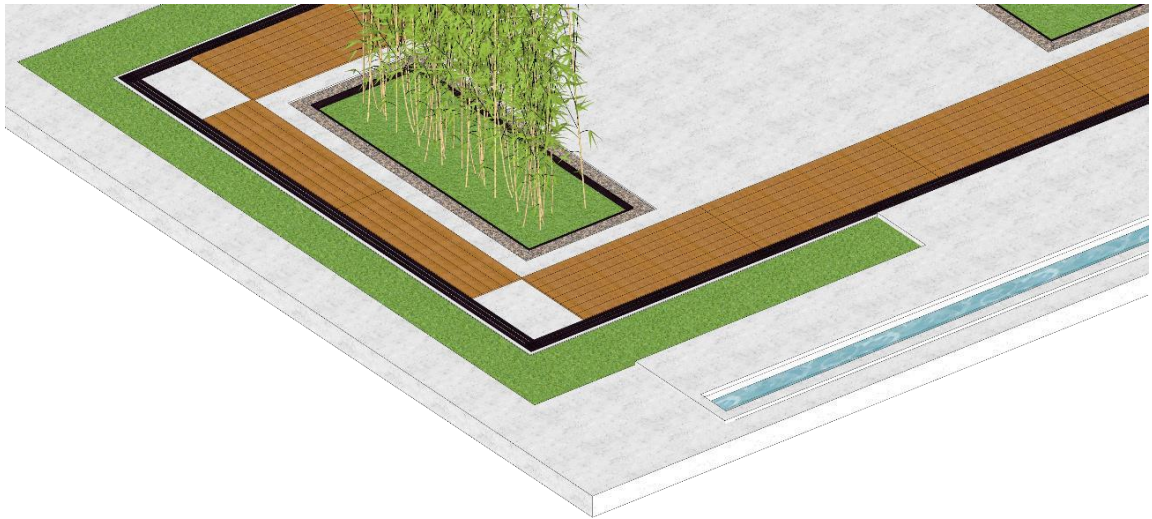


Figura 73-3. Jardineras con cuarzo de la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

3.1.3. Estrategias bioclimáticas

3.1.3.1. Orientación solar

El estudio solar se ha hecho en base a los dos solsticios tanto de verano (alrededor del 21 junio) y el de invierno (alrededor del 21 diciembre) para el control solar y buscar el confort de los usuarios.

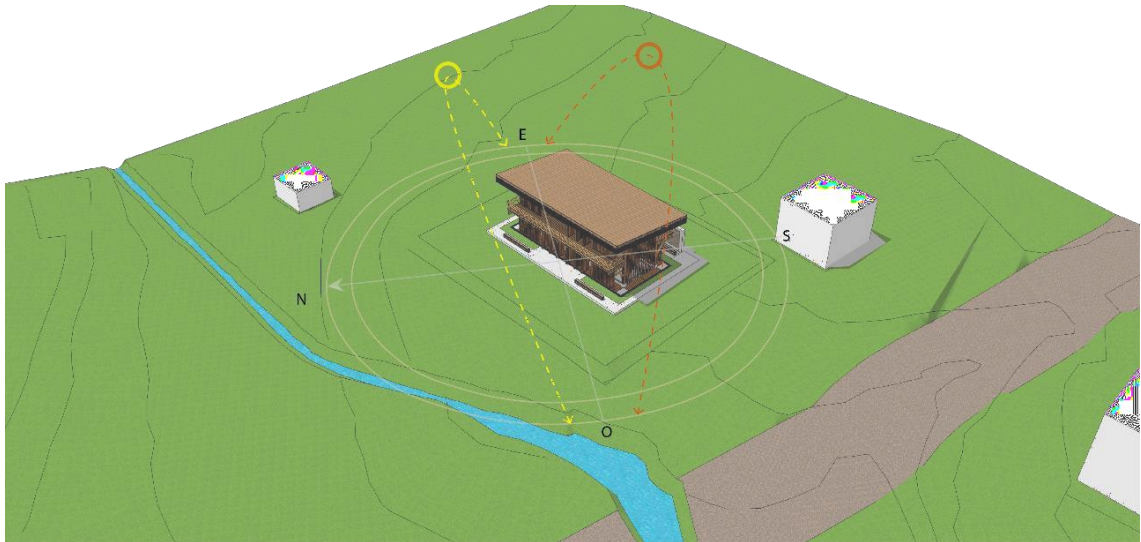


Figura 74-3. Esquema de aprovechamiento solar de la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

Por consiguiente, se presenta los asoleamientos del estudio solar en 3 diferentes horas del día en los dos solsticios:

Solsticio verano (21 junio)

A las 9 a.m., durante el solsticio, la fachada este de la edificación permite la entrada de luz solar, iluminando directamente el bambú de doble altura y proporcionando una abundante iluminación natural a la sala GaK en la planta baja.

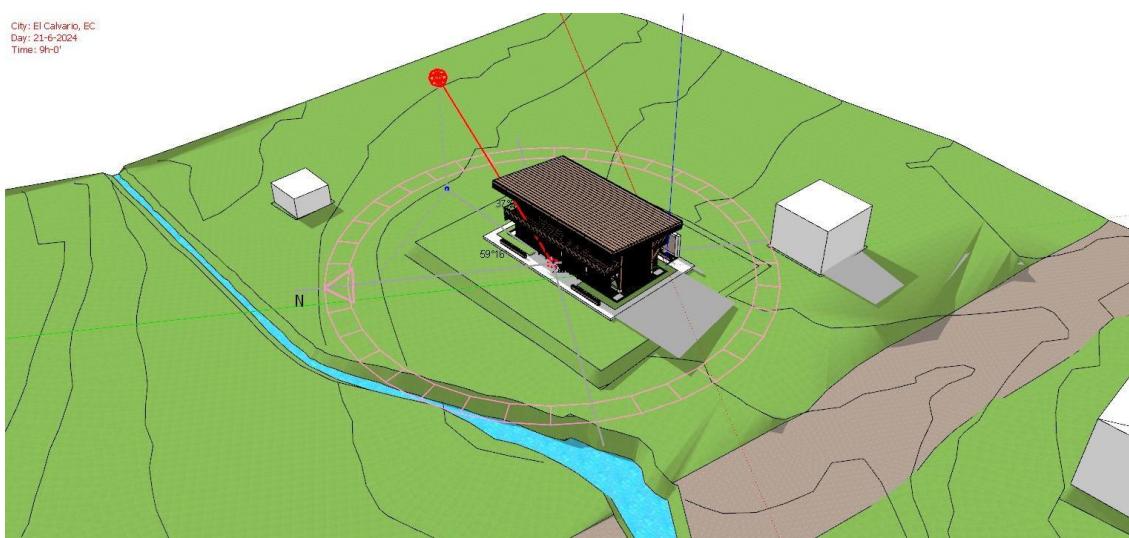


Figura 75-3. Solsticio de verano 09h00 de la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

A las 12 p.m., durante el solsticio, la luz solar incide directamente sobre la cubierta y la mayor parte de la fachada frontal, iluminando eficazmente el interior de la edificación.

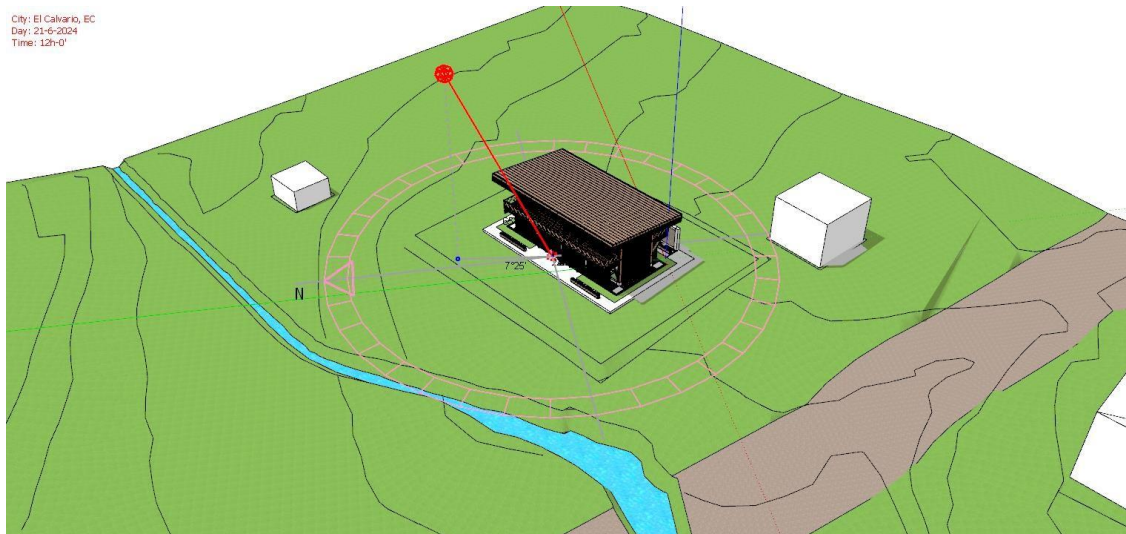


Figura 76-3. Solsticio de verano 12h00 de la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

A las 3 p.m., durante el solsticio, la luz solar continúa iluminando la mayor parte de la fachada frontal, extendiéndose hasta la fachada oeste, donde se encuentra la sala de estar.

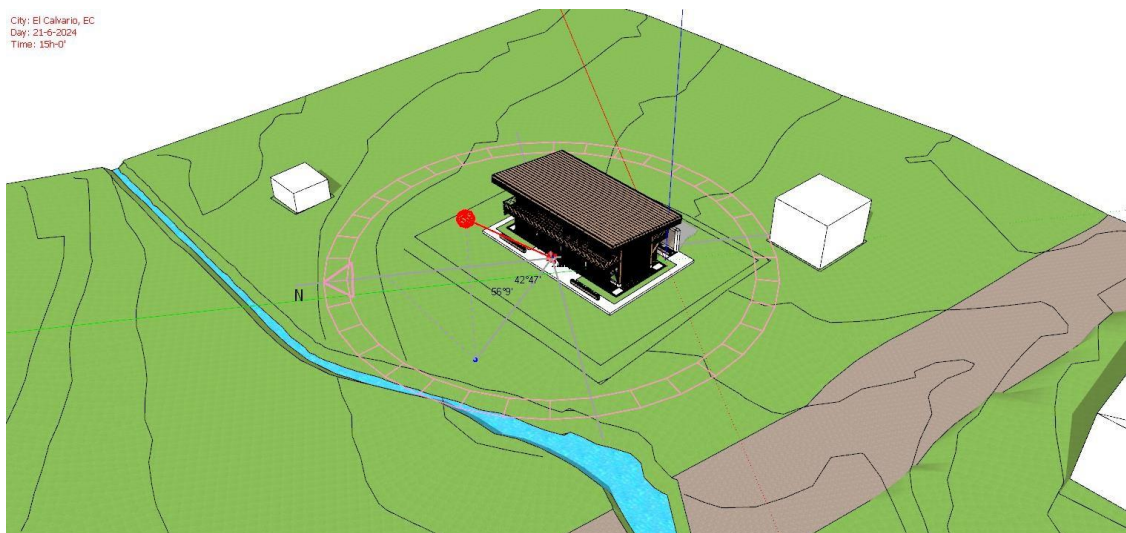


Figura 77-3. Solsticio de verano 15h00 de la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

El control solar es óptimo gracias a la adecuada orientación solar, con las fachadas principales orientadas al norte. Esta disposición estratégica permite maximizar la

captación de luz solar tanto en las horas de la mañana como de la tarde, asegurando una iluminación natural adecuada y reduciendo la necesidad de iluminación artificial. Además, esta orientación mejora el confort térmico y la eficiencia energética del edificio, aprovechando al máximo los beneficios del sol durante todo el año y proporcionando una iluminación eficiente a los espacios interiores.

Solsticio invierno (21 diciembre)

A las 9 a.m., la luz solar entra a través de la fachada este y la parte sur de la edificación, proporcionando una cantidad de luz suficiente para iluminar el interior de la estructura al comenzar el día.

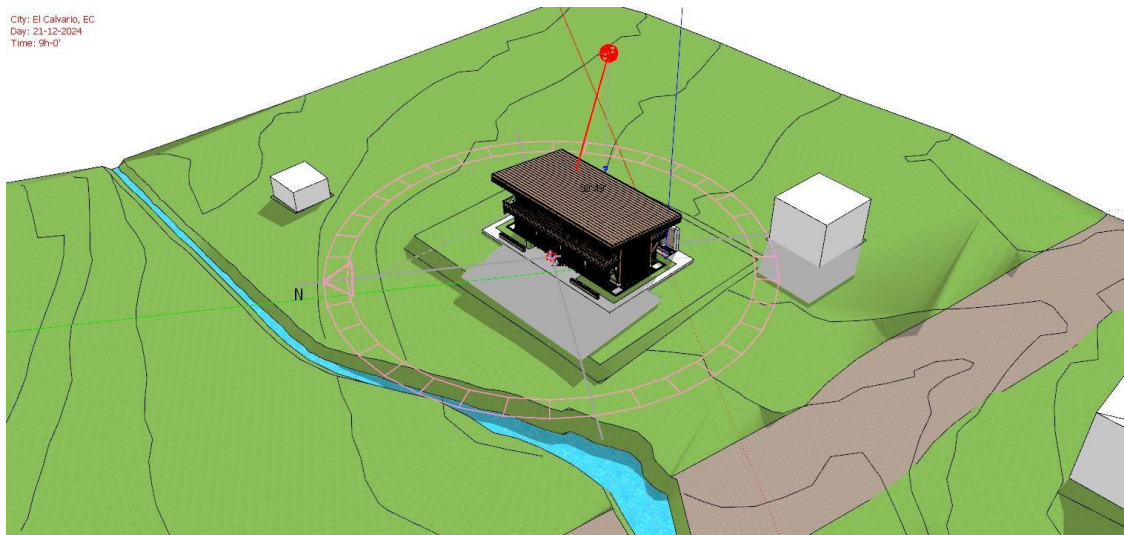


Figura 78-3. Solsticio de invierno 09h00 de la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

A las 12 p.m., la luz solar incide directamente en la fachada posterior, donde se encuentra el espejo de agua, el cual ayuda a contrarrestar este efecto al mantener la mayor cantidad de humedad en el pasillo posterior, mejorando el confort de esa área.

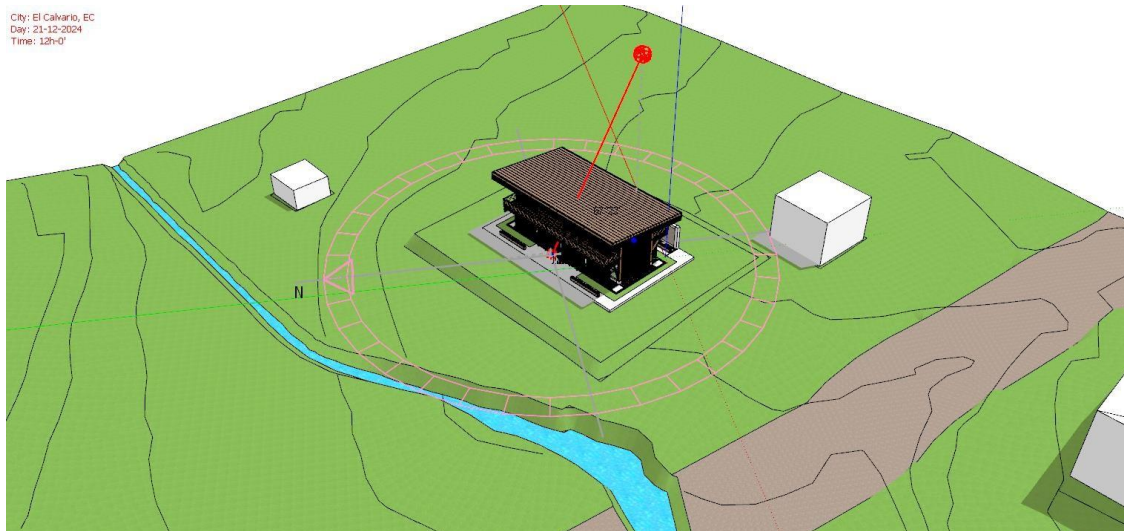


Figura 79-3. Solsticio de invierno 12h00 de la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

A las 3 p.m., la luz solar incide directamente en la fachada oeste, diseñada específicamente para este propósito con una envolvente fija. Esta disposición permite el ingreso de la luz necesaria para la sala de lectura, mejorando el confort y la calidad de la iluminación para esa actividad.

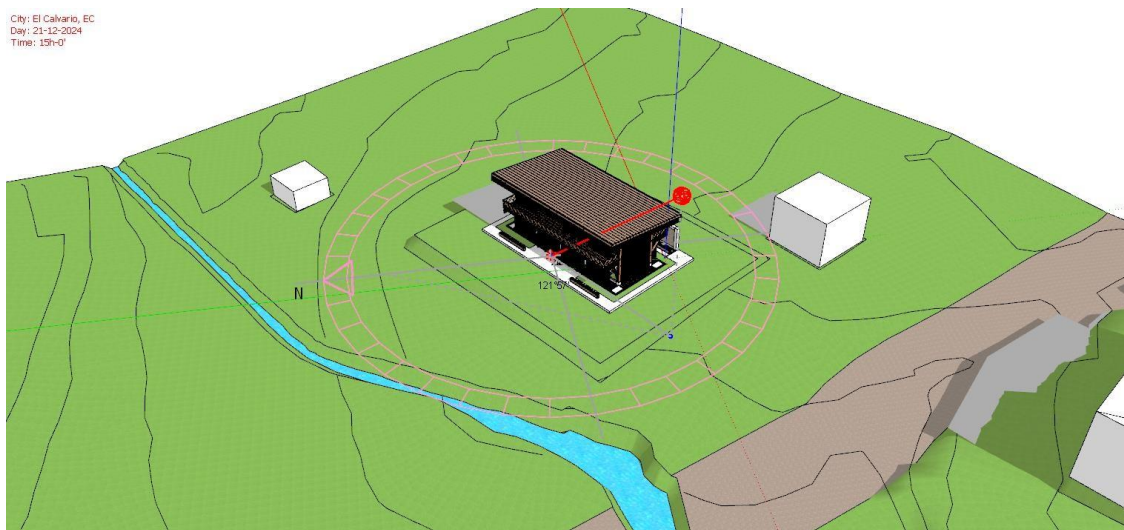


Figura 80-3. Solsticio de invierno 15h00 de la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

Por lo tanto, el ingreso de luz en la edificación es óptimo en esta estación, ya que se aprovecha al máximo la iluminación natural a través de la fachada posterior y las laterales, garantizando que la cantidad necesaria de luz llegue a los espacios interiores cuando se requiera. Cabe recalcar que el ingreso de luz y el control solar están

optimizados gracias a la envolvente de la edificación, que mediante su sistema giratorio permite canalizar u obstruir la incidencia solar directa, asegurando un ambiente confortable y eficiente en términos energéticos.

3.1.3.2. Ventilación

Como una estrategia bioclimática activa se plantea una ventilación cruzada en la edificación para que mantenga fresco los espacios interiores debido a las condicionantes del sector

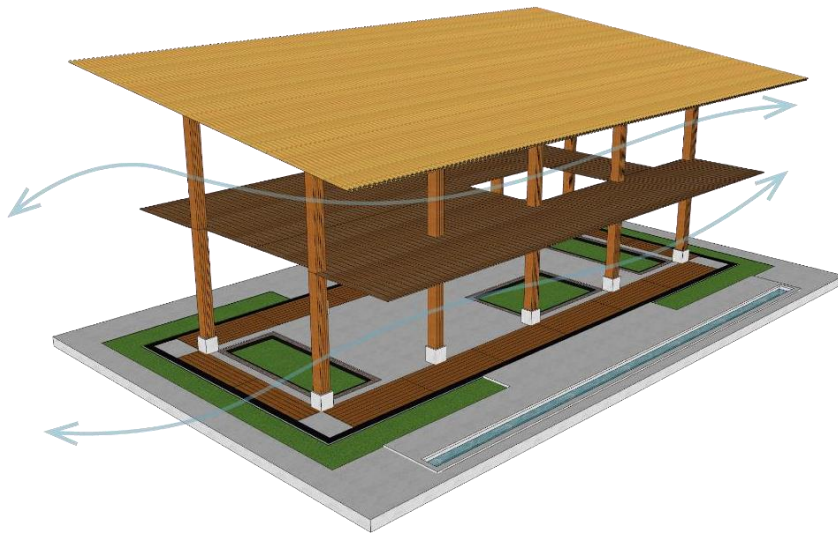


Figura 81-3. Esquema de ventilación cruzada de la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

3.1.3.3. Envolvente

La envolvente está conformada por un conjunto modular de tiras de madera de Pigüe que se implementa alrededor de toda la edificación, este está retranqueado para ser protegido de las condiciones climáticas.

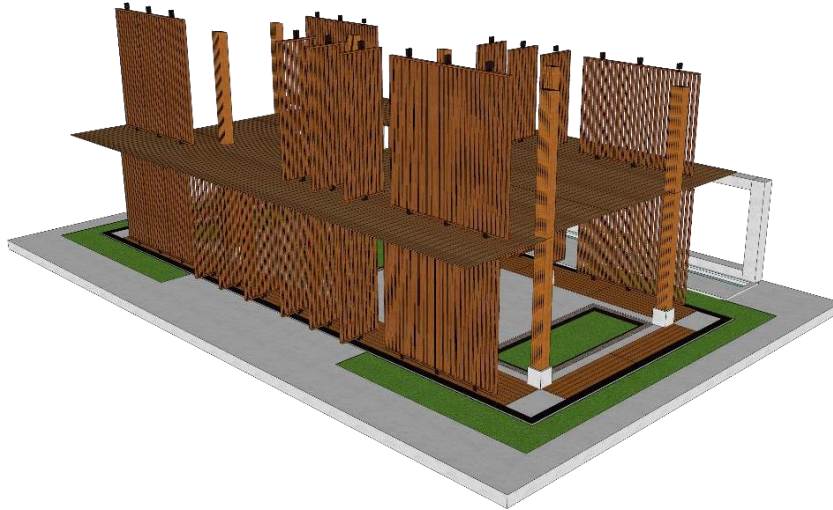


Figura 82-3. Envoltante de madera de la edificación demostrativa.
Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

Esta estrategia se aplica en la edificación para evitar la incidencia solar directa en el interior, este sistema de módulos giratorios al no ser fijo en su totalidad permite captar la cantidad de luz solar por el usuario según su requerimiento en los espacios internos.

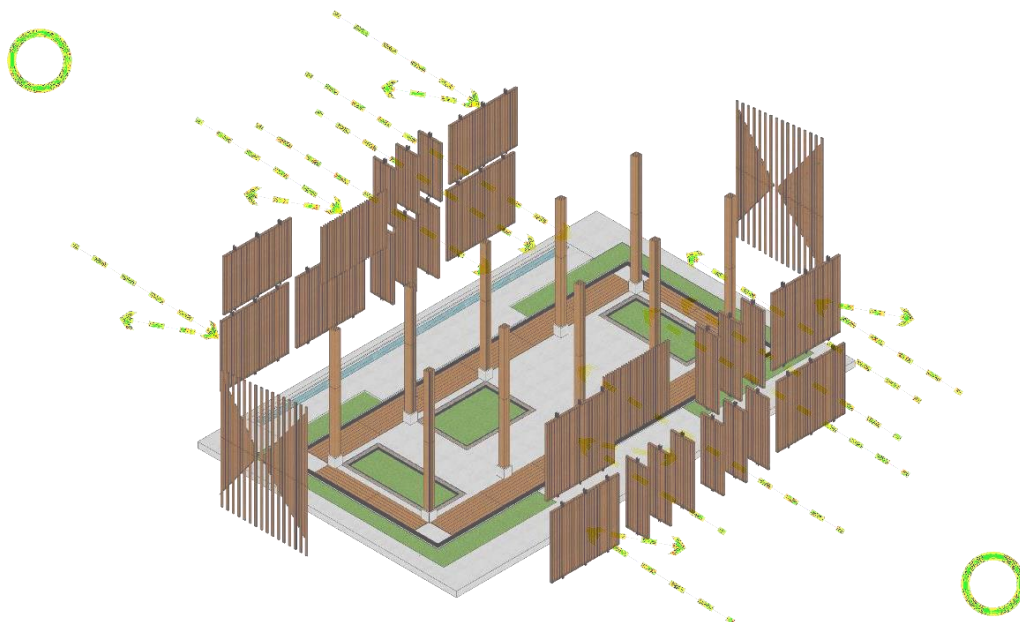


Figura 83-3. Esquema de incidencia solar directa de la edificación demostrativa.
Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

3.1.3.4. Espejo de agua

Un espejo de agua que permite la regulación de la temperatura aumentando la humedad del aire en el entorno interior de la edificación que entra se va a enfriar y recircular además que aporta una estética en esta zona posterior de la edificación donde no se tiene el lindero con la edificación aledaña y sobre todo un espacio de relajación y comodidad que ahí se encuentran las bancas de gaviones propuestos en el diseño de mobiliario.

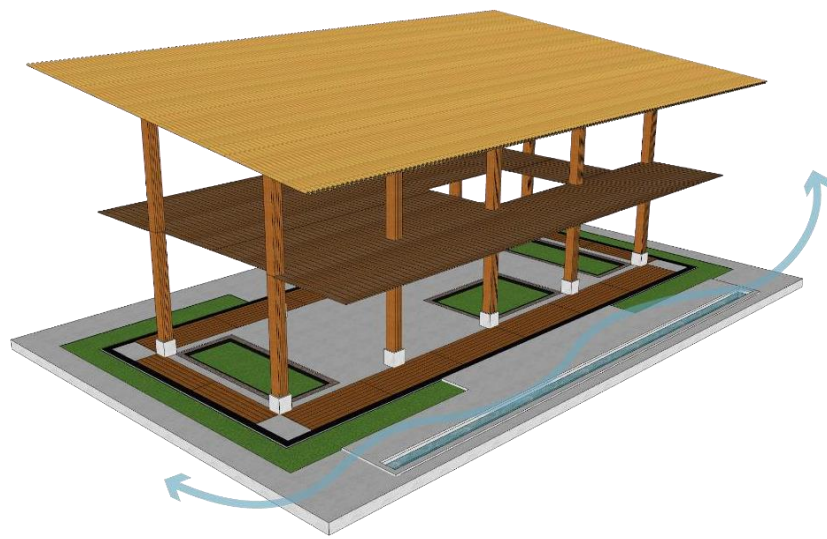


Figura 84-3. Esquema espejo de agua de la edificación demostrativa.
Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

3.1.4. Planimetría arquitectónica y constructiva

Anexo 01: Plano de ubicación de la edificación demostrativa.

Este plano representa la ubicación de la edificación demostrativa emplazada en un contexto local particular de la comunidad de Alto Tena, próximo al río Pashimbi y en medio de la comunidad, respeta la vegetación local exuberante y se sitúa en un este predio destinado por los propietarios para la proyección de esta edificación, además que aprovecha las visuales al río. En el plano se puede observar las pocas edificaciones aledañas al proyecto que se acercan a la carretera y al río como fuentes de producción y acceso a la comunidad.



Figura 85-3. Esquema de ubicación de la edificación demostrativa.
Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024

3.1.4.1. Plantas

Anexo 02: Planta baja de la edificación demostrativa

El diseño de los espacios del pabellón EcoTena no están destinados a una función en específico puesto que pueden desarrollarse varias funciones entre ellas la de relajación, reunión, lectura, ocio, descanso, exhibición, entre otras, estos están por el momento diseñados para espacios multifunción en planta baja con jardines internos y externos de vegetación baja local. Existen en el interior tres jardineras; una jardinera que está sembrado el bambú GaK y alcanza la doble altura del edificio con el fin de apreciar esta especie representativa de la edificación y con la que se ha diseñado gran parte de la misma, otra que contiene el bambú a media altura y la que está debajo de las escaleras como elemento ornamental, estas aportan al acondicionamiento climático interno y el confort de los usuarios, además que el mobiliario interno está diseñado con el mismo material para su fin demostrativo, además que la carpintería, envolventes son sistema giratorio y las escaleras están diseñadas con los tres tipos de madera seleccionadas en el análisis de este proyecto.

Tanto en los espacios frontal como posterior se tiene estos mobiliarios de gaviones combinados con bambú lo que permite plasmar dos ecomateriales más de la lista que se destinó para su diseño y que se pueden desarrollar como espacios libres, por ejemplo, en el espacio posterior se encuentra un espejo que ayuda al que permite mayor confort térmico para los usuarios que busquen un sitio de relajación.

Anexo 03: Planta alta de la edificación demostrativa

A esta planta se accede por las escaleras de madera desde la parte central de planta baja y remata en un pasillo tipo puente que tiene a su costado la doble altura planteada en el pabellón y en la que se encuentra plantas de GaK maduras que vienen desde abajo. En esta planta tenemos una sala que por el momento está diseñado como un espacio de lectura con una pequeña biblioteca diseñada de GaK, pero que al ser espacios multifunción pueden adaptarse en base al requerimiento del usuario, además que se encuentran los mismos mobiliarios GaK que se han diseñado en planta baja y sirven para el descanso de los usuarios.

En esta planta alta se desarrollan dos balcones longitudinales que permiten la apreciación de las visuales del entorno inmediato, también se ha planteado colocar mobiliarios móviles como son hamacas para de cierta manera preservar el uso de estos muebles y aportan con el ámbito cultural de las tradiciones de la comunidad local en cuanto al ocio y descanso de sus habitantes. Aquí se encuentra la envolvente de madera que se plantea como protección solar con este sistema giratorio para ubicar de manera idónea y captar la luz necesaria en sus espacios internos.

Anexo 04: Emplazamiento de la edificación demostrativa

En este plano se puede apreciar el acceso que se le da a la edificación el cual indica que posee un acceso desde la vía principal lastrada hasta la fachada frontal en la que se tiene una plataforma plana que ha sido diseñada con menor impacto posible al suelo dejando está a la intemperie para que se genere la misma vegetación local pero que permita el

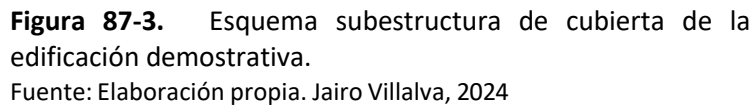
acceso a la edificación, al norte se encuentra el río Pashimbi que es aprovechado para plasmar esta visual.

La edificación además de estar orientada en esa posición está alineada al lindero con el predio aledaño en que se encuentra un muro de piedra bola contenido en un pórtico de hormigón y de esta manera aplicar una vez más el uso de otro ecomaterial seleccionado en la investigación.



Figura 86-3. Esquema de emplazamiento de la edificación demostrativa.

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024



3.1.4.3. Fachadas

Anexo 07: Fachadas de la edificación demostrativa.



Figura 88-3. Fachada frontal de la edificación demostrativa.
Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

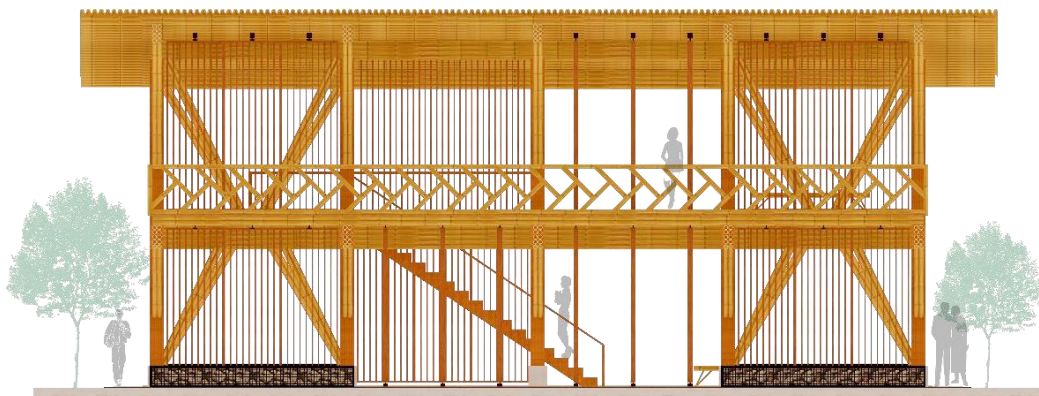


Figura 89-3. Fachada posterior de la edificación demostrativa.
Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.



Figura 90-3. Fachada lateral derecha de la edificación demostrativa.
Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

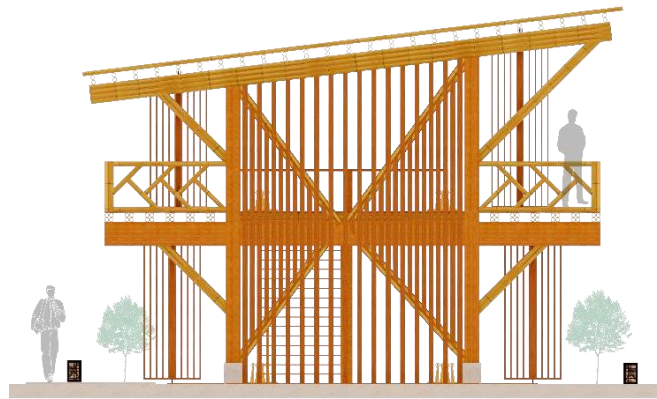


Figura 91-3. Fachada lateral izquierda de la edificación demostrativa
Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

3.1.4.4. Detalles

Anexo 08: Detalles de Bambú GaK de la edificación demostrativa

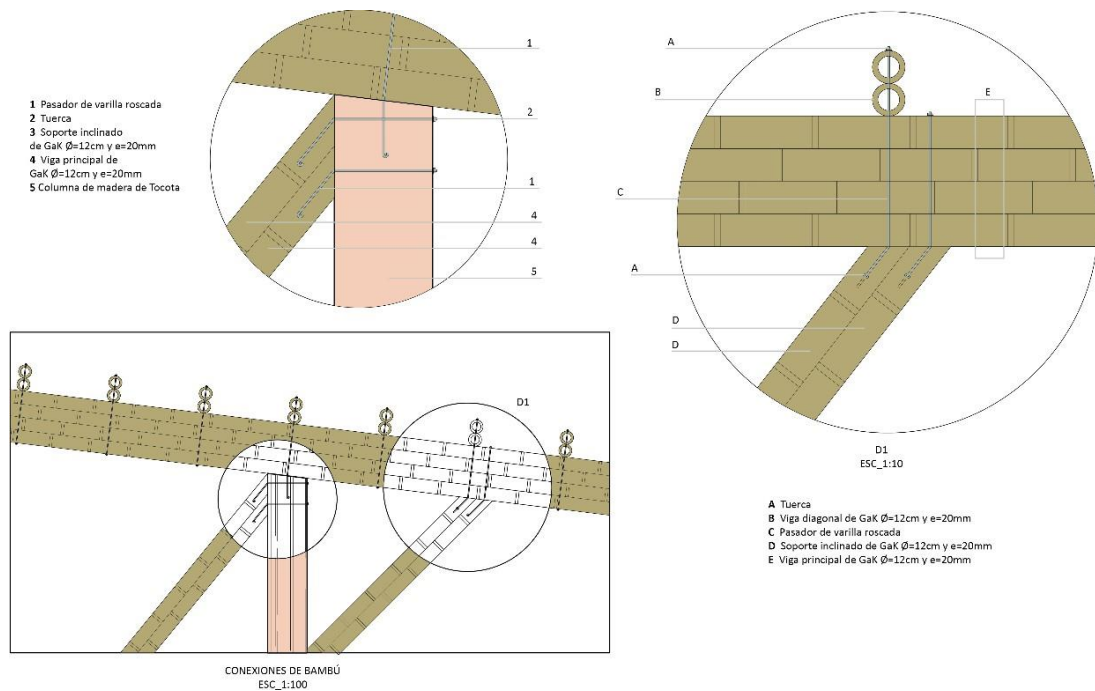


Figura 92-3. Esquema de detalles de bambú GaK de la edificación demostrativa
Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

Anexo 09: Detalles de madera

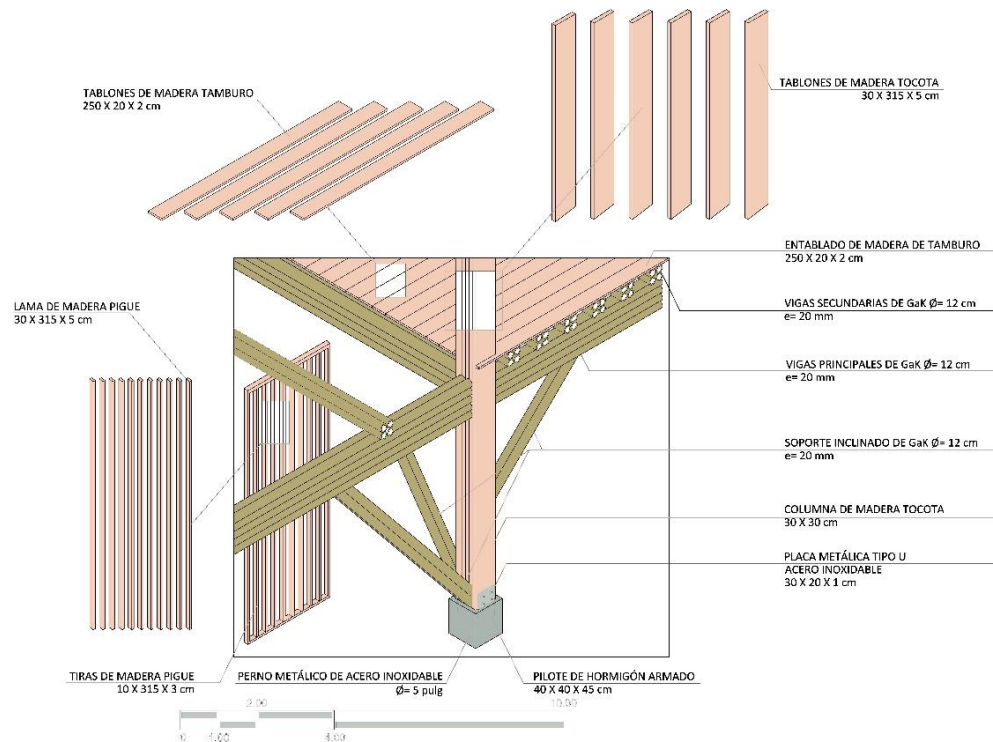


Figura 93-3. Esquema de detalles de madera de la edificación demostrativa
Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

Anexo 10: Detalles de pisos de la edificación demostrativa

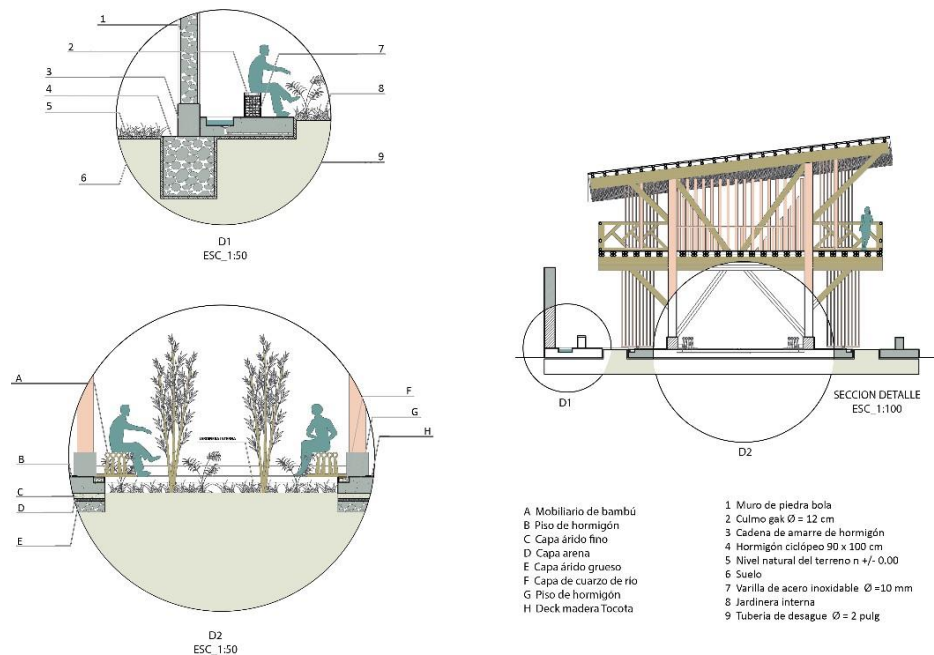


Figura 94-3. Esquema de detalles de pisos de la edificación demostrativa
Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

3.1.5. Renders



Figura 95-3. Render fachada de la edificación demostrativa

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.



Figura 96-3. Render perspectiva de la edificación demostrativa

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.



Figura 97-3. Render lateral de la edificación demostrativa

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.



Figura 98-3. Render de la edificación demostrativa

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.



Figura 99-3. Render interno de la edificación demostrativa

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.



Figura 100-3. Render interno la edificación demostrativa

Fuente: Elaboración propia. Jairo Villalva, 2024.

3.1.6. Comprobaciones de diseño

Los parámetros para el dimensionamiento de los elementos estructurales se basan en dos tipos de chequeos esenciales: resistencia y servicio. En el chequeo de resistencia, se verifica que los esfuerzos admisibles de los materiales sean mayores que los esfuerzos generados por las cargas externas. Esto asegura que los elementos estructurales pueden soportar las cargas sin fallar. En el chequeo de servicio, se garantiza que las deformaciones permitidas por la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC) sean mayores que las deformaciones generadas por las cargas externas, incluyendo flexión y corte. Este chequeo es crucial para mantener la funcionalidad y la seguridad de la estructura bajo condiciones de uso normales.

A continuación, se presentan las tablas con los valores de los chequeos realizados, demostrando que los elementos estructurales cumplen con los parámetros de resistencia y servicio establecidos por la NEC, anexados en el anexo 17.

ANEXO 17: Comprobaciones de diseño

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

En base a las caracterizaciones físicas-mecánicas realizadas en el laboratorio de la ESPOL, se determinó de forma precisa las curvas de esfuerzo vs. deformación unitaria, lo que proporcionó información valiosa relacionada con la resistencia y rigidez de los ecomateriales utilizados. Asimismo, en el laboratorio de biomasa de la URAI, se determinaron las densidades básicas de las tres especies maderables seleccionadas. Esta información permitió categorizar los materiales de acuerdo a la normativa ecuatoriana (NEC), definiendo su uso en la edificación demostrativa.

Los resultados obtenidos de estas caracterizaciones no solo validan la viabilidad de los ecomateriales seleccionados, sino que también proporcionan una base sólida para la aplicación de estrategias constructivas y bioclimáticas en el diseño arquitectónico. La integración de bambú (*Guadua angustifolia* Kunth), madera y otros recursos locales demuestra la eficacia de estos materiales en la construcción sostenible, reduciendo la huella de carbono y promoviendo prácticas respetuosas con el medio ambiente.

En el aspecto arquitectónico, los ecomateriales escogidos fueron integrados de manera armónica en el diseño, garantizando tanto la funcionalidad como la estética de la edificación. La funcionalidad se optimizó mediante el uso de espacios multifuncionales que se adaptan a diversas actividades y usuarios, mientras que las fachadas fueron diseñadas para maximizar la eficiencia energética y el confort térmico.

La implementación de estrategias bioclimáticas, como la orientación solar, la ventilación natural y el uso de envolventes adecuadas, ha demostrado ser efectiva en mejorar el confort térmico y reducir el consumo energético de la edificación. Estas estrategias, combinadas con la participación comunitaria en el proceso de diseño y construcción, aseguran que la edificación no solo cumpla con los estándares técnicos, sino que también refleje los intereses y necesidades de la comunidad kichwa de Alto Tena.

En resumen, la edificación demostrativa no solo sirve como un modelo tangible de construcción sostenible, sino que también fomenta la revalorización de las técnicas de construcción tradicionales y la identidad cultural de la comunidad. El interés generado en la comunidad por el uso de ecomateriales y la adopción de prácticas sostenibles en futuras construcciones es un testimonio del éxito del proyecto. La documentación detallada del proceso y los resultados obtenidos proporcionan una referencia valiosa para futuros desarrollos en arquitectura sostenible, destacando la importancia de la integración de ecomateriales y estrategias bioclimáticas en el diseño arquitectónico.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Los ecomateriales seleccionados, como el bambú GAK, la Tocota, el Tamburo, el Pigüe, la piedra bola y el cuarzo, han demostrado ser viables para la construcción en la comunidad kichwa de Alto Tena. Estos materiales, abundantes en la región, tienen un bajo impacto ambiental y contribuyen a la reducción de la huella de carbono en las construcciones, disminuyendo el uso de recursos no renovables y la generación de residuos. Las estrategias bioclimáticas implementadas en el diseño arquitectónico, como la orientación solar, la ventilación natural y las envolventes, han sido efectivas en mejorar el confort térmico y reducir el consumo energético de las edificaciones. La propuesta arquitectónica se ha adaptado exitosamente a las condiciones climáticas y geográficas de la zona, integrando los ecomateriales de manera armónica y manteniendo la identidad cultural.

La edificación demostrativa ha promovido la revalorización de las técnicas de construcción tradicionales y la identidad cultural de la comunidad kichwa, incentivando el uso de prácticas sostenibles y locales. El diseño de la edificación ha generado interés en la comunidad por el uso de ecomateriales, promoviendo la adopción de estas prácticas en futuras construcciones. Se ha conseguido emplear los ecomateriales en el diseño de la edificación demostrativa en la Reserva Colonso Chalupas, mostrando la viabilidad y beneficios de estos materiales en un contexto real y funcional.

La integración de estrategias bioclimáticas y el uso de ecomateriales locales han permitido desarrollar un diseño innovador que combina funcionalidad y estética, maximizando la eficiencia energética y el confort térmico. Esto demuestra que es posible crear edificaciones sostenibles y visualmente atractivas utilizando recursos disponibles en la región.

La experiencia y los resultados obtenidos en este proyecto proporcionan una base sólida para la replicación del modelo en otras comunidades de la región amazónica. Adaptando el diseño y las estrategias a las características específicas de cada comunidad, se puede ampliar el impacto positivo de estas prácticas sostenibles.

La metodología utilizada para seleccionar los ecomateriales en esta tesis fue rigurosa y multifacética, combinando conocimientos teóricos, pruebas experimentales, análisis ambientales y la participación comunitaria. Este enfoque holístico no solo garantizó la viabilidad técnica de los materiales seleccionados, sino que también aseguró su aceptación y sostenibilidad en el contexto específico de la comunidad kichwa de Alto Tena.

Los materiales fueron clasificados y preseleccionados en base a sus propiedades físico-mecánicas, disponibilidad, impacto ambiental, adaptabilidad y aceptación comunitaria. Su aporte fue crucial para lograr una edificación sostenible, resistente y culturalmente integrada, demostrando la viabilidad de los ecomateriales en la construcción y promoviendo prácticas sostenibles en la región amazónica.

El análisis del lugar bajo condiciones ambientales, climáticas, sociales y culturales específicas fue esencial para el éxito del proyecto. La importancia de analizar la zona de amortiguamiento de la Reserva Colonso Chalupas radica en la necesidad de proteger los ecosistemas sensibles, promover la sostenibilidad, integrar las edificaciones en el contexto local y asegurar la participación y beneficio de la comunidad kichwa de Alto Tena. Este enfoque integral garantiza que el proyecto no solo sea técnicamente viable, sino también ambientalmente responsable y culturalmente significativo.

5.2 Recomendaciones

Continuar investigando nuevos ecomateriales y sus aplicaciones en la construcción mediante estudios de seguimiento. Evaluar el desempeño a largo plazo de las edificaciones construidas con estos materiales para validar su eficacia y durabilidad.

Estos estudios permitirán mejorar las prácticas de construcción sostenible y adaptar los diseños a las condiciones cambiantes del entorno y las necesidades de la comunidad.

Evaluar la posibilidad de replicar el modelo de edificación demostrativa en otras comunidades de la región amazónica, adaptando el diseño y las estrategias a las características específicas de cada comunidad.

La replicación del modelo contribuirá a la difusión de prácticas sostenibles y al fortalecimiento de la identidad cultural en distintas comunidades.

Continuar desarrollando y perfeccionando estrategias bioclimáticas para maximizar el desempeño energético y el confort térmico de las edificaciones. Incluir la orientación adecuada de las edificaciones, el uso de ventilación natural y la integración de elementos pasivos como brise-soleils y fachadas ventiladas.

Estas estrategias reducirán el consumo energético y mejorarán el confort de los ocupantes, alineándose con los principios de sostenibilidad.

Explorar y caracterizar nuevos ecomateriales identificados por el proyecto ecomateriales ACS-002-2020 que no se utilizaron en este diseño. Evaluar su potencial para futuras investigaciones y aplicaciones en la construcción sostenible.

La diversificación de ecomateriales ampliará las opciones para la construcción sostenible y promoverá la innovación en la industria.

Colaborar con organismos gubernamentales y académicos para desarrollar y actualizar normativas de construcción que promuevan el uso de ecomateriales y estrategias bioclimáticas. Basar estas normativas en investigaciones científicas y estudios de caso exitosos.

Normativas actualizadas asegurarán que las prácticas sostenibles se conviertan en estándares de la industria, mejorando la calidad y la sostenibilidad de las construcciones.

Establecer incentivos económicos y financieros para promover la adopción de prácticas de construcción sostenible. Esto puede incluir subsidios, reducciones de impuestos y acceso a financiación preferencial para proyectos que utilicen ecomateriales y técnicas sostenibles.

Los incentivos económicos facilitarán la adopción de prácticas sostenibles por parte de los constructores y desarrolladores, acelerando la transición hacia una construcción más ecológica.

Diseñar espacios multifuncionales que puedan adaptarse a diversos usos y necesidades. La flexibilidad en el diseño no solo aumenta la utilidad del espacio, sino que también mejora la resiliencia de las edificaciones frente a cambios en los requerimientos de la comunidad.

Los espacios multifuncionales aumentan la eficiencia del uso del espacio y responden mejor a las necesidades dinámicas de la comunidad.

Explorar el uso de otras cubiertas de bambú para el Pabellón EcoTena. Esta solución tradicional y sostenible fortalece la identidad cultural y el desarrollo económico de la comunidad kichwa de Alto Tena.

Las cubiertas de bambú ofrecen ventajas técnicas y ambientales, y promueven prácticas de construcción que respetan el medio ambiente y la cultura local.

Adoptar una metodología de diseño arquitectónico que integre cálculos estructurales rigurosos desde las primeras etapas del proyecto. Utilizar software especializado para modelar y analizar la estructura, asegurando que todos los componentes cumplan con los estándares de seguridad y eficiencia establecidos por las normativas vigentes.

Esta metodología garantizará la seguridad y eficiencia de las estructuras, optimizando el uso de materiales y asegurando la durabilidad de las edificaciones.

REFERENCIAS

- Abanto Sánchez, E. S. (2023). *La vivienda social moderna en el Perú: la idea de unidad vecinal a través de la revista El Arquitecto Peruano*. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/396408>
- Adams, B., & Co, B. (2024, June 20). *El bambú: Un material de construcción sostenible y versátil*. Bamboo Co. <https://bamboo-co.com/blog/el-bambu-un-material-de-construccion-sostenible-y-versatil/>
- Actualización PDOT-PUGS. (2020-2023). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - Plan de Uso y Gestión del Suelo.
- Administrador, L. R., & Administrador, L. R. (2023, July 2). PIEDRA BOLA - Cantera la realidad. *Cantera La Realidad - Construcción y Minería*. <https://larealidad.com.ec/material-piedra-bola/>
- Aliaga, A. H. (2022). *Análisis comparativo del método tradicional de hormigón prefabricado y madera, considerando durabilidad, resistencia al fuego y métodos constructivos en edificios de mediana altura*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/187320>
- Álvarez, E. (2019). Influencia de las cargas muertas y el tipo de suelo en el diseño de cimentaciones aisladas en zonas sísmicas. *Ciencia en su PC*, 1(4), 16-32. <https://www.redalyc.org/journal/1813/181360994002/>
- Álvarez, E. (2020). Influencia de las cargas muertas en el diseño sismorresistente de pórticos dúctiles de hormigón armado. *Ciencia en su PC*, 1(2), 55-69. <https://www.redalyc.org/journal/1813/181359681005/>
- Andrade, S., & Molina, C. (2020). *Análisis de esfuerzos ensayo de compresión*. ESPE. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2555/5/T-ESPE-014441-4.pdf>
- Arango Vásquez, J. P. (2017). *Estrategias energéticas aplicables a la administración de edificaciones sostenibles*. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/60244>
- Arias, A. D. (2023). *Uso y aprovechamiento de residuos de construcción en la fabricación de viviendas sostenibles*. Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingenierías, Ingeniería Civil, Villavicencio. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/53720>
- Arteaga Criollo, W. D. (2024). *Recuperación y puesta en valor de la técnica tradicional de arquitectura de tierra en la zona de Cayambe, Ecuador. el caso particular de la Casa Hacienda Cariacu*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/202141>
- Astete, C., & Astley, T. (2023). *Evaluación de propiedades estructurales de madera contralaminada (clt) fabricada con especies forestales de mediana densidad nativas del Perú para construcciones sustentables*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/10275>

- Avendaño. (2020). Evaluación del desempeño de placas de yeso-carton de fabricación Chilena en ensayos de resistencia al fuego de acuerdo con normativa Europea. *Universidad de Chile*, 1(1), 1–171. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/177528>
- Ayala, S. (2020). *Estadística, Cuartiles, Deciles, Percentiles*. UAEH. https://www.uaeh.edu.mx/division_academica/educacion-media/repositorio/2010/6- semestre/estadistica/cuartiles-deciles-y-percentiles.pdf
- Bach, R. (2021). *Comparación entre el módulo de elasticidad, en tracción y compresión paralela a las fibras; de especies de madera latifoliada, tipo A,B y C comercializadas en la provincia del Cusco, 2017*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/6165>
- Báez, H. (2022). *Desarrollo de un sistema de gráficas percentiles para necesidades comparativas en el sector médico*. Universidad Autónoma de Chihuahua. <http://repositorio.uach.mx/571/1/Estudio%20de%20caso%20Heber%20B%C3%A1ez%20Romero.pdf>
- Bamba, J. C., & González, A. J. (2018). prefabricating with natural elements. Eco-materials in the age of mechanical reproduction. In *RA Revista de Arquitectura* (Vol. 20). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Navarra. <https://doi.org/10.15581/014.20.204-215>
- Bastidas, E., & Verdezoto, J. (2021). *Efecto de fibras naturales de Carludovica palmata (paja toquilla) en resistencia a compresión y flexión en hormigones simples de 21 MPA*. Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20267>
- Bedoya, C. M. (2011). *Construcción sostenible: para volver al camino*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7378>
- Bello-Zambrano, J. A., & Villacreses-Viteri, C. G. (2021). Ventajas y desventajas del sistema constructivo con bambú frente al sistema de hormigón armado en viviendas de interés social. *Polo Del Conocimiento: Revista Científico - Profesional*, 6(9), 1987–2011. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i9.3152>
- Bendezú, V., & Laura, J. (2022). *Influencia del mortero reforzado en la resistencia a la flexión de las rejillas pluviales*. Universidad Nacional de Huancavelica. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/4645>
- Bravo, K. (2023). *Comportamiento estructural del pavimento flexible en vía Tugaduaaja – Engunga del cantón y de la provincia de santa elena utilizando la viga Benkelman*. UPSE. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/9218/1/UPSE-TIC-2023-0005.pdf>
- Brown, T. (2016). *Green interiors: The role of plants in bioclimatic design*. Green Living Press. Burgos, C. A., Rementeria, J. A., Espinoza, J. C., & Rodríguez, A. B. (2021). Applied project-based learning in a construction materials course. *Formacion Universitaria*, 14(2), 105–112. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062021000200105>

- Cagua, B., Tola, A., Pilatasig, J., & Aguila, P. (2022). *Influencia sobre el cortante basal y derivas de edificaciones al incluir una fracción de la carga viva en la carga sísmica reactiva*. Universidad Técnica de Ambato. <https://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/dide/article/view/1667>
- Castiblanco, L., & Torres, H. (2020). *Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del culmo de Guadua angustifolia en la construcción y estudio de un método de protección a la intemperie*. Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/c6c10427-6805-472d-a858-54c0feabc4a0>
- Castro, D. (2022). *Caracterización geológica e hidrogeológica de la cuenca alta del río Cutuchi*. Escuela Politécnica Nacional. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/23384/1/CD%2012799.pdf>
- Cermeño, L. (2021). *Asociación del patrón esquelético sagital según Steiner y la proyección USP en pacientes entre 18 a 30 años*. Escuela Académico Profesional de Odontología. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11272/1/IV_FCS_506_TA_Cerme%C3%B1o_Paitan_2021.pdf
- Cevallos, L., Polo, M., Salgado, D., Vergara, R., & Stayner, D. (2017). *Fundamentos de arquitectura sostenible*. Editorial Técnica.
- Clima Tena: Temperatura, Climograma y Tabla climática para Tena. (n.d.). <https://es.climate-data.org/americas-del-sur/ecuador/provincia-de-napo/tena-2977/#climate-graph>
- Collaguazo, E., & Guevara, P. (2020). *Medición del gasto energético mediante parámetros fisiológicos en trabajadores de la construcción de la compañía semaica en la edificación de la parte II de la universidad de las Américas*. UDLA. <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/12887/1/UDLA-EC-TLFI-2020-20.pdf>
- Condit, R. (12 de Junio de 2019). *Piptocoma discolor*. Red List of Threatened Species : <https://www.iucnredlist.org/species/151953875/151953877>
- Condit, R. (5 de Mayo de 2021). *Guarea kunthiana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: <https://www.iucnredlist.org/species/176100266/176100268>
- Cuenca, P., Peñuela Mora, M. C., Maisincho, L., & Celi, J. (2019). *Hacia Un Manejo Adaptativo de la Reserva Biológica Colonso Chalupas y su Zona de Amortiguamiento: Sistematización de la aplicación de la metodología Manejo Adaptativo de Riesgo y Vulnerabilidad en Sitios de Conservación (MARISCO)*.
- De la Rosa, W., Vargas, J., & Wendy, X. (2019). *Identificación Y Análisis De Patologías En La Guadua Angustifolia Kunth Utilizada En La Construcción*. 1–60. <https://hdl.handle.net/10983/24431>
- Dellazoppa, L. (2019). *Simulación de la dinámica rotacional de un satélite con apéndices móviles*. Universidad Nacional de Cuyo. <https://ricabib.cab.cnea.gov.ar/846/1/Dellazoppa.pdf>

- Díaz, M., Campos, R., & Zamora, S. (2018). *Cuantificación experimental del contenido masivo de SiO₂ en depósitos eólicos de arena en una región de la cuenca del río Papaloapan, Veracruz, México*. Universidad Veracruzana Región Veracruz. <https://www.redalyc.org/journal/467/46757993003/>
- Doris, Sinchire., & Alexandra, M. (2017). *Ecomateriales: Biocompuesto de aglomerantes de cemento, yeso con partículas de celulosa de papel y fibra de Abacá*. <http://dspace.utpl.edu.ec/jspui/handle/20.500.11962/20660>
- Environmental Protection Agency. (2019). *The role of bromeliads in urban environmental management*. EPAEvalcrisadmin. (2020, September 3). *Materiales ecológicos en Merchandising*. Evalcris. <https://evalcris.com/materiales-ecologicos-merchandising>
- Ferreira, T. R., Menezes, I. S., De Moraes, C. A. G., Bertolini, M. da S., De Campos, C. I., Lahr, F. A. R., & Christoforo, A. L. (2024). Estimativa da resistência à tração perpendicular em função da resistência ao cisalhamento paralelo às fibras de madeiras de florestas nativas. *Caderno Pedagógico*, 21(2), e2842. <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n2-094>
- Flores, P. (2020). *Análisis del módulo de elasticidad estático del hormigón estructural en base a su resistencia a la compresión, fabricado con materiales de las minas Trópico de Capricornio y Santa Isabel, ubicadas en el sector El Barranco cantón Mera en la provincia de Pa*. Universidad Técnica de Ambat. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/31425>
- Florindez, M., Henriquez, M. A., & Rosales, G. X. (2021). Arquitectura orgánica en las viviendas de los Shipibos Conibos en Yarinacocha, Ucayali en la actualidad. In *Repositorio Institucional - UCAL*. Lima. <http://repositorio.ucal.edu.pe/handle/20.500.12637/417>
- Foto 36755585, (c) Daniel A. Monsalve Ortiz, algunos derechos reservados (CC BY), subido por Daniel A. Monsalve Ortiz · Naturalista Colombia. (n.d.). Naturalista Colombia. <https://colombia.inaturalist.org/photos/36755585>
- Fuentes, I., & Monereo, C. (2020). Bio Fabricación: Micelio como material de construcción: biocomposite en sustratos lignocelulósicos. *TFG*, 116. https://oa.upm.es/63507/1/TFG_Jun20_Fuentes_Cantillana_Monereo_Ignacio.pdf
- Fuentes-Molina, N., Cujia-Urrutia, D. N., & Robles-Julio, C. A. (2021). Análisis de las relaciones lodo cemento como material de construcción no estructural. *Información Tecnológica*, 32(6), 143–150. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642021000600143>
- Galería de Techos de paja, fibras y hojas vegetales: ejemplos en proyectos de Latinoamérica - 1*. (n.d.). ArchDaily En Español. <https://www.archdaily.cl/cl/942834/techos-de-paja-fibras-y-hojas-vegetales-ejemplos-en-proyectos-de-latinoamerica/5efd40ceb357658c1f0000d5-techos-de-paja-fibras-y-hojas-vegetales-ejemplos-en-proyectos-de-latinoamerica-foto>

- Gálvez, S. (2019). *Calcular módulo de sección de un perfil I*. Academia EDU. https://www.academia.edu/33213374/CALCULAR_MODULO_DE_SECCI%C3%93N_DE_UN_PERFIL_I_Sx_y_Zx
- García, D. M., Jaramillo, A. M., Astudillo, A., Moreno, J., Riaño, D. L., Sánchez, M., Rodríguez, C., & Martínez, D. (2021). La diversificación de la informalidad urbana: una propuesta para aproximarse a la materia desde la tensión entre lo formal y lo informal. *Universitas Humanística*, 89. <https://doi.org/10.11144/javeriana.uh89.diup>
- Garzon, D., & Acuña, D. (2022). Modelo de negocio para la construcción de glamping ecosostenibles en Colombia teniendo como referencia el uso de materiales como la guadua antigustifolia Kunth y la madera plástica. *Braz Dent J*. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/11558>
- Gavilanes, J. (2020). *“Materiales vernáculos y su aplicación en el diseño de espacios efímeros en el cantón Tena.”* Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Diseño y Arquitectura. Carrera de Diseño de Espacios Arquitectónicos. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/31449>
- Gile, M., & Macías, J. (2019). Geomallas, una opción para el reforzamiento de suelos blandos bajo estructuras de hormigón armado. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 8, 1-12.
- Gonzales, J. C., & Yengle, C. S. (2021). *Efecto del PET y polipropileno reciclado en la resistencia, impermeabilidad y flexión de pavimentos flexibles*. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91302>
- González, L., & Pérez, M. (2020). The use of toquilla straw in passive cooling systems. *Environmental Building Design Journal*, 22(4), 112-130. Guerrero D, I. A. (2021). *Planeación de proyectos en construcción sostenible de edificaciones en Colombia*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/42704>
- Guillén, F., & Macías, S. (2022). *Diseño y análisis por desempeño de una edificación tipo ubicada en el centro de la ciudad de Guayaquil, la cual presenta variabilidad en las cargas gravitacionales (viva y muerta)*. ESPOL. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/57909>
- Hernández, L. (2023). *Nuevos modelos de solubilidad de cuarzo y sílice amorfa basados en estudios de geoquimiometría e interacción agua - roca*. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000838504/3/0838504.pdf>
- Hernández, M. F., Jiménez, S. I., & Sánchez, J. I. (2021). Materiales alternativos como oportunidad de reducción de impactos ambientales en el sector construcción. *Revista Tecnología En Marcha*. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i2.4831>
- Herrera, P. (2017). *Gestión del Riesgo en la Vivienda de Emergencia Perspectivas desde la construcción arquitectónica*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/60244>

- Ibarra, M., & Naveda, Á. (2023). *Análisis de la influencia del módulo de elasticidad de los agregados obtenido de las minas de San Antonio y Pintag en el módulo de elasticidad del hormigón de 21 y 28 Mpa, cantón Quito, provincia Pichincha.* Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25302/1/TTS1344.pdf>
- Ibeth, Y., & Espinosa, P. (2023). *Estudio de la deformación a flexión de un prototipo de sensor obtenido a partir de grafeno inducido por láser.* <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/24778>
- Intriago, X., & Intriago, C. (2017). *Diseño de un proyecto de vivienda de interes social de las zonas urbanas marginal del cantón Tosagua.* Universidad LEAM. <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/629/3/ULEAM-IC-0021.pdf>
- Label, E. (n.d.). *ECO LABEL Criteria for building materials.* <https://www.ecolabel.net/en/kriterler/yapi-malzemeleri-icin-eco-label-kriterleri/>
- Lara , C. (2020). *Criterios para la modificación de los coeficientes parciales empleados en la evaluación de estructuras existentes.* UPM. <https://doi.org/https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.66953>
- Ledesma, O. (2023). *Diseño y construcción de un giroscopio para el laboratorio de física de la carrera de mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.* Universidad Técnica de Ambato.
- Lee Saltos, V. D., & Loor Zambrano, L. E. (2024). *Desarrollo de un panel aislante térmico y acústico a partir de cáscaras de huevo y almidón de maíz para la construcción.* <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/7195>
- León, M. D. de, & Francisco. (2022). *Retos y perspectiva para la implementación de arquitectura adaptable en el mercado habitacional.* <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/2304>
- León , K. (2020). *Diseños tipos de áreas de infiltración para vertidos de biodigestores en subsuelos frecuentes de la sierra ecuatoriana.* UNACH. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/7451/2/7.%20Tesis%20K%20Le%C3%B3n%202021.pdf>
- León, G. (2021). *Diseño de una vivienda construida con materiales no convencionales (hormi2) en la Ciudad de Guayaquil sector Mucho Lote.* UNESUM. <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3478/1/GINGER%20JOHANNA%20LEON%20TUTIV EN...%20TESIS.pdf>
- LLopis, J., & Gasque, M. (S.f). *Cálculo de momentos de inercia mediante el teorema de Steiner. Aplicación a la superficie de un triángulo rectángulo.* Universitat Politècnica de València. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/101489/Gasque%3BLlopis%20-%20C%C3%A1lculo%20de%20momentos%20de%20inercia%20mediante%20el%20teorema%20de%20Steiner.%20Aplicaci%C3%B3n%20a%20la%20su....pdf?sequence=1>
- Lopez, C., & Morales, P. (25 de Febrero de 2022). *Red List of Threatened Species.* Vochysia bracheliinae: <https://www.iucnredlist.org/species/215057495/215057498>

- López, E. E. A. (2023). La minería ilegal en las provincias de Napo y Pastaza y los derechos de los pueblos indígenas. *Riobamba*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10731>
- López, E. G. (2023). *Comparación de las propiedades mecánicas de un concreto con la incorporación de viruta de madera de pino como agregado para reducir su densidad*. <https://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>
- Lovi, A. (2020). *Desarrollo de un sistema de péndulo investido para evaluación de estrategias de control avanzado*. Universidad Nacional de Cuyo. <https://ricabib.cab.cnea.gov.ar/987/1/1Lovi.pdf>
- Ludeña, M. (2021). Proceso Sol-Gel en la Síntesis de Dióxido de Silicio (SiO₂). *Ciencias Químicas*, 6(2), 1.12. https://doi.org/https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v6i2.2548
- Luján, F. (2021). *Sincronización de giroscopios*. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/3647/1/tesis_Fernando_Lujan_Aguirre_29%20nov%202021.pdf
- MAATE. (2014). *Reserva Biológica Colonso Chalupas | Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador*. Punto Verde. <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/reserva-biológica-colonso-chalupas>
- Martínez, J., & López, R. (2017). Impact of ferns on indoor humidity and air quality. *Journal of Environmental Horticulture*, 35(3), 75-82.
- Memoria, S. (2022, March 31). *Cumbre de Río 1992: un llamado urgente contra el cambio climático*. Señal Memoria. <https://www.senalmemoria.co/articulos/cumbre-de-rio-1992-cambio-climatico>
- Moran, M. (2024, January 26). *Alianzas - Desarrollo Sostenible*. Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/globalpartnerships/>
<https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/3656>
- Mederos, M., Balmaseda, C., Suárez, D., & Paula, M. (2020). La producción agrícola de la paja toquilla en Ecuador, el flujo productivo artesanal y la formación de precios. *Revista Killkana Técnica*, 4(2), 29-34. <https://doi.org/10.26871/killkanatecnica.v4i2.688>
- Mendoza, A. (2019). *Comportamiento Geológico De La Veta Infalible Mina Shalca*. UNDAC. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/991/1/T026_70443825_T.pdf
- Molina, A. (2020). *Efectos del intemperismo sobre las propiedades físico-mecánicas del tallo de Bambú Guadua angustifolia kunth proveniente de Cajamarca, Perú*. Repositorio Institucional UNALM. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4486>
- Moyano, C. (2021). *Metodología para evaluación de pavimentos flexibles de vías urbanas, estudio de caso ciudad de pasaje año 2020*. Universidad Técnica de Machala. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/19099/1/Tesis%20William%20Lucero%20%20001.pdf>

- Marcillo, G. (2021). *Determinación del módulo de elasticidad del hormigón hidráulico de (f_c 21 y 24) MPa, con árido de la cantera Agre S.A del cantón Portoviejo*. UNESUM.
<https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2962>
- Mucha, G. J. (2020). *Evaluación de pellets producidos con residuos de guadua angustifolia kunth*. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria La Molina.
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4482>
- Nazate, N., & Santiago, W. (2018). *Diseño arquitectónico del centro de interpretación del agua y páramos en el sector Martha Bucaram*. Universidad Internacional SEK.
- Nebrijo, J., & Menza, Y. (2021). Cálculo del coeficiente de capacidad de disipación de energía en pórticos regulares de concreto reforzado con diferente altura, para una zona de amenaza sísmica alta. *INGE CUC*, 17(2), 193-210. <https://doi.org/http://doi.org/10.17981/ingecuc.17.2.2021.17>
- Olivera, M. (2019). *Diseño y construcción de máquina de ensayos flexo rotativa para el estudio de la fatiga mediante el método esfuerzo vida para la sede valle Jequetepeque de UNT*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogroviejo.
https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2222/1/TL_OliveraAldanaMario.pdf
- Ordóñez, C., Nava, A., Tamarit, J., & Hernández, P. (2023). Ecuaciones para estimar la altura total de culmos comerciales en tres especies de bambú. *Ecosist. Recur. Agropec*, 10(3), 1-16.
<https://doi.org/10.19136/era.a10n3.3696>
- Ortega, M. (2020). LOS BENEFICIOS DE LA INDUSTRIALIZACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN. · *Journal of BIM and Construction Management*, 2(2), 11–19. <https://journalbim.org/index.php/jb/article/view/11>
- Palacios, R., Alexandra, K., Montoya Rodriguez, D., Victoria Steffany, M., Vasquez, F., & Arquimedes, J. (2023). Responsabilidad civil por daño ambiental en los Manglares de San Pedro del distrito de Vice, provincia de Sechura 2023. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/141061>
- Párraga, D., & Peñafiel, S. (2016). Diagnóstico de la percepción de los estudiantes universitarios del Ecuador sobre la dimensión de la problemática ambiental. *[Tesis de Grado]*, 1–126.
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15245>
- Peredo, C. (2015). *Análisis geológico-estructural de la Zona del Silencio, noreste de México a través de métodos geofísicos potenciales*. IPICYT.
<https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/467/3/TMIPICYTP4A62015.pdf>
- PiamWeb. (n.d.). *características, propiedades y usos*.
<https://www.maderernewton.com.ar/blog/caracteristicas-propiedades-y-usos>

- Pico, J. (2022). *Caracterización mecánica del material compuesto de matriz poliéster reforzada con fibra natural de totora (schoenoplectus californicus) y su posible aplicación en la industria*. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/34706>
- Piedra Mundo. (n.d.). *CUARZO para jardín - Gran variedad de piedras decorativas para decorar tu jardín y hogar*. Gran Variedad De Piedras Decorativas Para Decorar Tu Jardín Y Hogar. <https://www.piedramundo.cl/producto/cuarzo/#&gid=1&pid=1>
- Pinilla, J. C., Navarrete, F., Luengo, K., & Navarrete, M. (2023). Modelos de estimación de la densidad básica de la madera de Acacia dealbata y A. mearnsii mediante espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR). *Ciencia & Investigación Forestal*, 29(2), 5–22. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2023.576>
- Pinto, E. P. (2022). *Caracterización tipológica de la vivienda vernácula de la parroquia Atahualpa cantón Ambato, provincia de Tungurahua, 2022*. <https://repositorio.uti.edu.ec//handle/123456789/4558>
- Pizango, E., & Altamirano, F. (2019). *Diseño de ladrillo no estructural de 0.15x0.30x1.20m en losa aligerada con plástico reciclado, para reducción de carga muerta en edificaciones, Rioja - San Martín 2018*. Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/43420>
- Pozo, I. (2022). *Parametrización de la atenuación sísmica en altas frecuencias para la zona de concepción: análisis de los datos del Orsca*. Universidad de Concepción. <http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/9827/1/Tesis%20Ignacio%20Pozo.pdf>
- PROPIEDADES FÍSICAS – Toca madera · Sounds wood. (n.d.). <https://tocamaderablog.com/propiedades-fisicas/>
- PROPIEDADES DE LA MADERA: Compresión, Corte y Flexión. (n.d.). <https://www.elconstructorcivil.com/2011/02/propiedades-de-la-madera-compresion.html>
- Quispe, C. J. (2023). Comparación de la resistencia a la flexión de vigas de bambú Guadua y Shihuahuaco Lima 2023. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/134403>
- Ramírez, M. J. del P. (2020). Morteros de CAC reforzados con fibras vegetales: microestructura, evaluación físico-mecánica y durabilidad para su aplicación en materiales de construcción: ejemplo de pavimento [Universitat Politècnica de Catalunya]. In *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. <https://doi.org/10.5821/DISSERTATION-2117-345314>
- Resano, D., Guillen, O. W., Ubillús, F. D. R., Barranzuela, J. L., Resano, D., Guillen, O. W., Ubillús, F. D. R., & Barranzuela, J. L. (2022). Caracterización fisicoquímica del bagazo de caña de azúcar industrial y artesanal como material de construcción. *Información Tecnológica*, 33(2), 247–258. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642022000200247>
- Reserva Biológica Colonso Chalupas | Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador. (n.d.). <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/reserva-biol%C3%B3gica-colonso-chalupas>

- Ruiz, A. (2022). *Pruebas de carga estáticas y dinámicas en una plataforma de madera estructural*. Universidad de Valladolid. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/56839>
- Ruiz, J. (2020). Centro asistencial de Desarrollo Infantil incorporando al bambú como sistema constructivo en la provincia de Sullana –Piura-2019. In *Universidad San Pedro*. <http://repositorio.usanpedro.edu.pe//handle/20.500.129076/18940>
- Sarabia, A., Sánchez, J., & Leyva, J. C. (2017). Uso de nutrientes tecnológicos como materia prima en la fabricación de materiales de construcción en el paradigma de la economía circular. *Respuestas*, 22(1), 6–16. <https://doi.org/10.22463/0122820x.815>
- Sarabia, E., Rodríguez, J., & Pérez, M. (2017). *Uso de ecomateriales en construcción sostenible*. Editorial de la Universidad Técnica de Ambato.
- Silvestre, S. N. F. y de F., & Peruana, P. de D. F. S. I. y C. en la A. (2021). Manual de manejo integral del bambú (*Guadua angustifolia* Kunth). Experiencias en la región Amazonas. *Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre*. <https://repositorio.serfor.gob.pe/handle/SERFOR/919>
- Smith, A., & Johnson, B. (2018). Thermal properties of *Guadua* bamboo in sustainable architecture. *Journal of Green Building*, 13(2), 45-58
- Soria, P. (2023, November 19). *Esfuerzos. Tipos de esfuerzos. Ejemplos*. Tecnoapuntos. <https://tecnoapuntos.com/eso/esfuerzos-tipos-de-esfuerzos-ejemplos/>
- Suarez-Ordoñez, S. A., & Vargas-Vega, J. D. (2022). Estudio del comportamiento mecánico (resistencia a la compresión y flexión) del concreto con agregado granular de neumático en un 10% y 20% de peso comparado con un concreto de resistencia de 3500 psi.
- Suárez, R. (2021). *Análisis comparativo del espectro de diseño propuestos por las normas ASCE 7-16 y NEC-15 con los espectros de respuesta del sismo de Pedernales del 16 de abril del 2016 obtenidos para las estaciones de la RENAC del IG-EPN*. UPSE. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6504>
- Sugawara, E., & Nikaido, H. (2014). Properties of AdeABC and AdeIJK efflux systems of *Acinetobacter baumannii* compared with those of the AcrAB-TolC system of *Escherichia coli*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 58(12), 7250–7257. <https://doi.org/10.1128/AAC.03728-14>
- Timbolmas, C., Bravo, R., Rescalvo, F. J., & Gallego, A. (2022). Development of an analytical model to predict the bending behavior of composite glulam beams in tension and compression. *Journal of Building Engineering*, 45, 103471. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.103471>
- Toaza, G. (2022). *Evaluación de vulnerabilidad sísmica de las viviendas del barrio Agua Potable perteneciente a la parroquia San Juan, cantón Pueblo Viejo, provincia de los Ríos*. Universidad Internacional SEK. <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4703/1/TOAZA%20GUAMANSI%20GLADYS%20INES.pdf>
- Torres, Á., Fernando, W., Calvo, V., Dolores Bohorquez, A., Directora, M. C., & Proyecto, D. (2023). *Inclusión en el contenido curricular de la escuela técnica de formación bomberil de Villavicencio del comportamiento*

de los materiales de construcción cuando son.
<http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/12509>

Torres, J. (2019). *Evaluación teórica del reforzamiento externo a cortante en vigas de concreto reforzado deterioradas por corrosión en los estribos*. Universidad Autónoma de Nuevo León.
<https://eprints.uanl.mx/17928/1/1080288688.pdf>

Turpo, O. W. (2021). *Interacción Didáctica y Construcción Social del Conocimiento en Blended Learning: Perú como estudio de caso*. [Universidad de Salamanca]. <https://doi.org/10.14201/GREDOS.149296>

Universidad Regional Amazónica Ikiam y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. (2018). *Hacia un manejo adaptativo de la Reserva Biológica Colonso Chalupas y su zona de amortiguamiento: Sistematización de la aplicación de la metodología Manejo Adaptativo de Riesgo y Vulnerabilidad en Sitios de Conservación (MARISCO)*. Quito, Ecuador: Ikiam.

Vásquez, J. (2018). *Análisis y diseño estructural de una “cubierta tipo” de bambú, para canchas de uso múltiple mediante el uso de los programas Revit, robot y ETABS*. UTA.
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29778/1/Tesis%20I.%20C.%201320%20-%20V%C3%A1squez%20Carrillo%20Juan%20Eduardo.pdf>

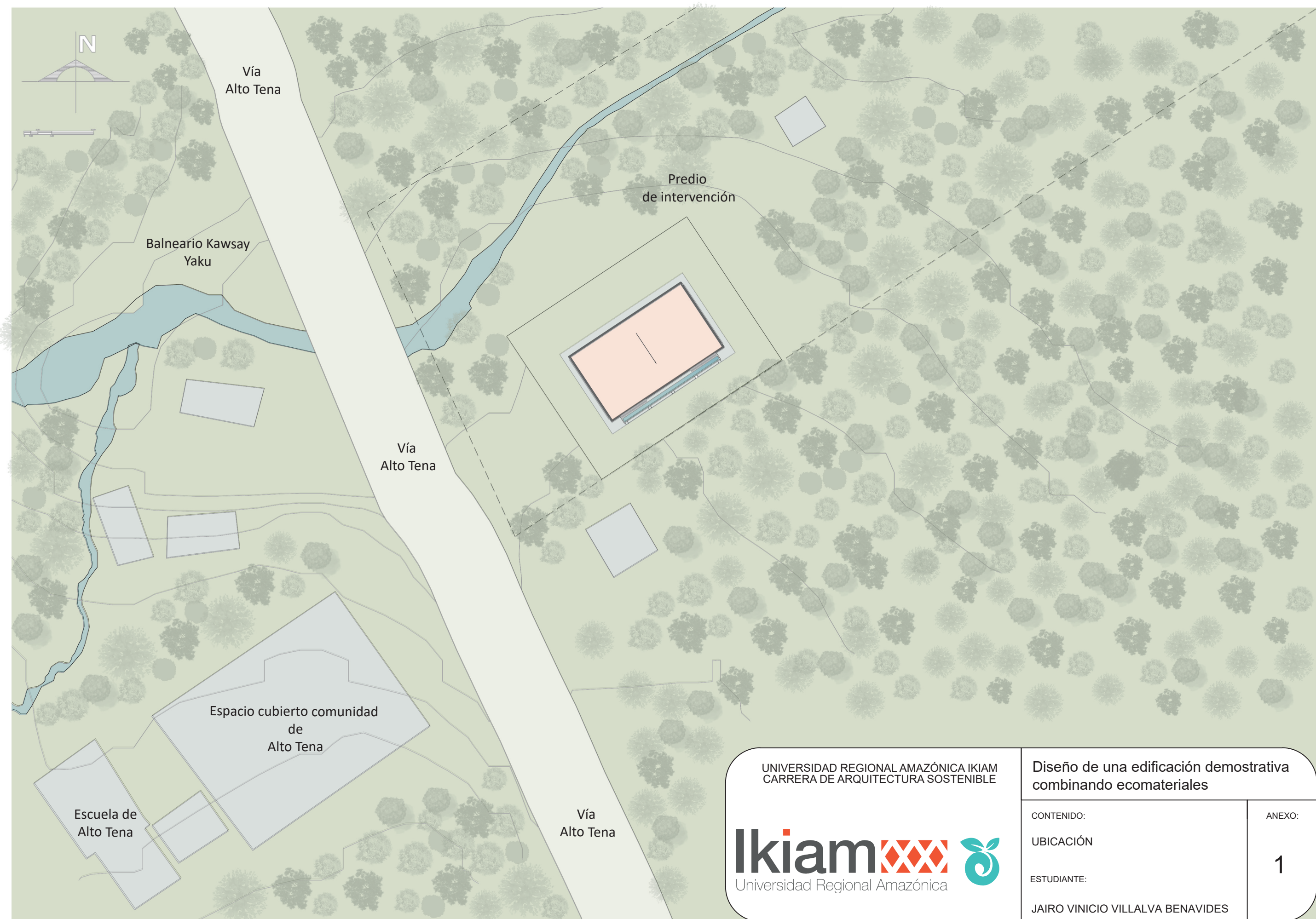
Vega, J. (2018). *Estudio del peligro sísmico determinista para las estructuras de Ambato sector Huachi Chico barrio la victoria*. Universidad Técnica de Ambato.
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28294/3/Tesis%201261%20-%20Vega%20Tocumbe%20Joaqu%C3%ADn.pdf>

Ventajas y usos del Bambú en la Construcción – INVEST ECOGLAMPS. (n.d.).
<https://ecoglamps.com/blog/ventajas-y-usos-del-bambu-en-la-construccion/>

Villavicencio, M., & Salvatierra, M. (2017). Evaluación de materiales sostenibles en construcción. *Revista de Arquitectura Sostenible*, 3(2), 45-58.

Zábala, M. (2023). *Estrategias para la disminución del impacto ambiental de los vehículos eléctricos fabricados con materiales convencionales*. <http://52.0.229.99/handle/20.500.11839/9235>

ANEXOS



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM
CARRERA DE ARQUITECTURA SOSTENIBLE



Diseño de una edificación demostrativa
combinando ecomateriales

CONTENIDO:

UBICACIÓN

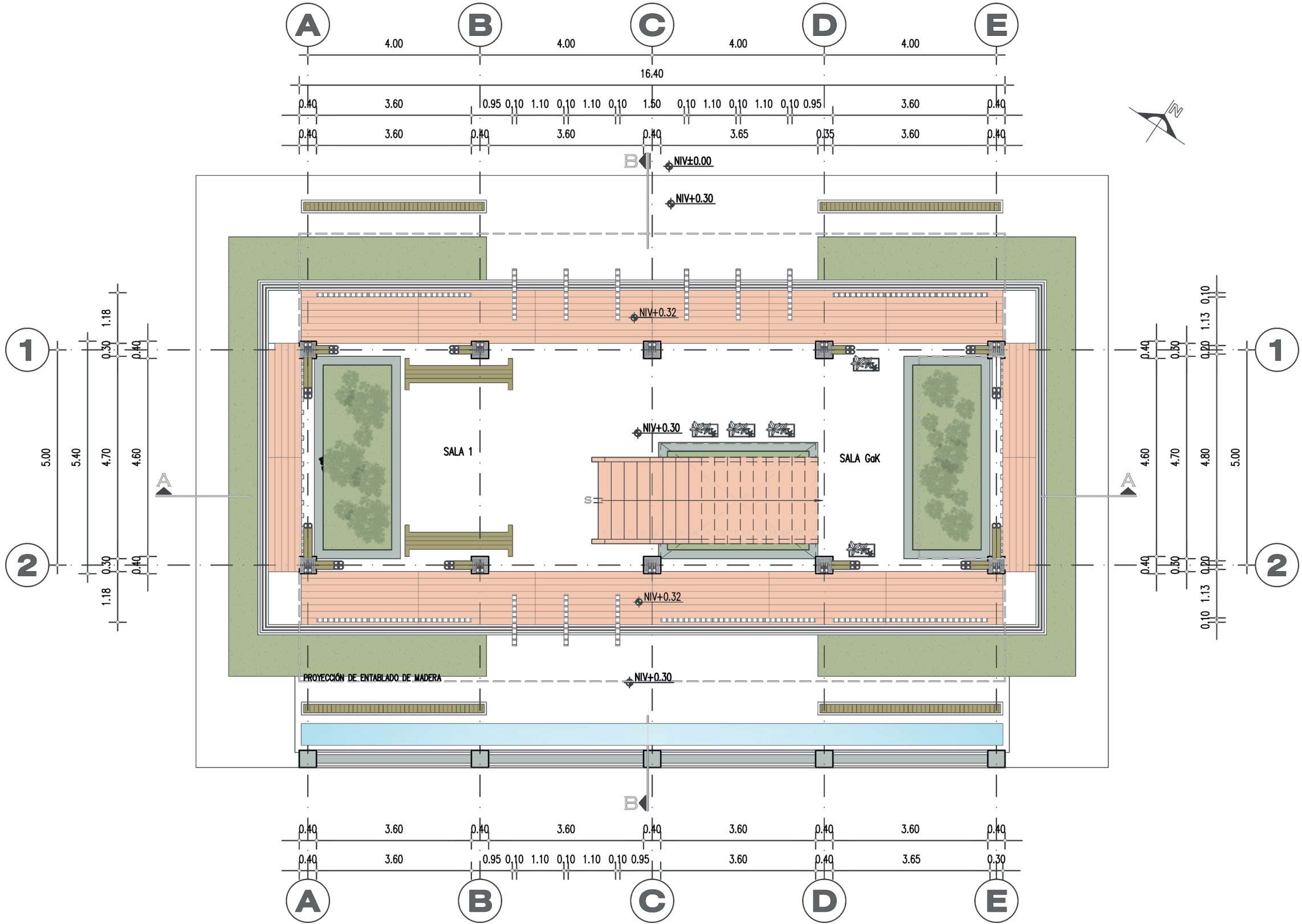
ESTUDIANTE:

JAIRO VINICIO VILLALVA BENAVIDES

ANEXO:

1

ALGORITMO PARA ESTRUCTURAS DE BAMBÚ				
VARIABLE	VALOR	UNIDADES	DEFINICIÓN	EXTRAS
0.- INGRESO DE LA GEOMETRÍA Y PROPIEDADES DEL BAMBÚ				
D	12	cm	Díametro exterior	
t	2	cm	Espesor del culmo de bambú	
d	8	cm	Díametro interior	
PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS				
E0.5	122366,4	Kgf/cm ²	Módulo de Elasticidad promedio	
E0.05	76479	Kgf/cm ²	Módulo de Elasticidad 0.05	
Emin	40788,8	Kgf/cm ²	Módulo de Elasticidad mínimo	
G0.5	4370,23	Kgf/cm ²	Módulo de corte promedio	
G0.05	2731,39	Kgf/cm ²	Módulo de corte 0.05	
Gmin	1456,74	Kgf/cm ²	Módulo de corte mínimo	
ESFUERZOS ADMISIBLES				
Fb	152,96	Kgf/cm ²	Esfuerzo admisible a Flexión	
Ft	193,75	Kgf/cm ²	Esfuerzo admisible a Tracción	
Fc	142,76	Kgf/cm ²	Esfuerzo admisible a Compresión longitudinal	
Fp	14,28	Kgf/cm ²	Esfuerzo admisible a compresión trasversal	
Fv	12,24	Kgf/cm ²	Esfuerzo admisible a Corte	
CARGAS MUERTAS				
M	22,87	Kgf/cm ²	Otras cargas	
Pm	20	Kgf/cm ²	Piso de madera	
CARGA M adc	42,87	Kgf/cm ²	Carga muerta total	
CARGA VIVA				
CALGA L	200	Kgf/cm ²	Carga viva total	
CARGA DE DISEÑO				
CARGA M+L	242,87	Kg/m ²	Carga de diseño	
1.- VIGAS SECUNDARIAS				
SECCIÓN	2C2F		(ver tabla 00A)	
ÁREA	251,33	cm ²	Área de la sección	
Ycg (cm)	12	cm	Centro de gravedad y-y	
Xcg (cm)	12	cm	Centro de gravedad x-x	
Inercia (cm4) X-X	12315,04	cm ⁴	Momento de Inercia x-x	
radio de giro X-X	7,00	cm	Radio de giro x-x	
S Módulo de sección(cm3) X-X	1026,25	cm ³	Módulo de sección x-x	
h (cm)	24	cm	Altura total de la sección	
Inercia (cm4) Y-Y	12315,04	cm ⁴	Momento de inercia y-y	
radio de giro Y-Y	7,00	cm	Radio de giro y-y	
S Módulo de sección(cm3) Y-Y	1026,25	cm ³	Módulo de sección y-y	
DATOS DE VIGAS				
Lvs	4	m	Longitud máxima de la viga secundaria	
Sepvs (D<S<= 50 cm)	42	cm	Separación de las vigas secundarias	
q	102,01	Kgf/m	Cargal lineal sobre vigas secundarias	
V	204,01	Kgf	Cortante actuante sobre la viga secundaria	
M	204,01	kgf.m	Momento actuante sobre la viga secundaria	
Delta	240		Coefficiente de deflexión	
Dads	17	mm	Deflexión admisible normativa	
CÁLCULO DE CARGA PARA SECCIONES				
W	102,01	Kgf/m	Carga para el cálculo de sección	
W-i	102,01	Kgf/m	Carga para deflexiones inmediatas	
W-f	159,62	Kgf/m	Carga para deflexiones diferidas	
INERCIA POR DEMANDA DE DISEÑO PARA CONTROL DE DEFLEXIONES.				
PARA (E = 0.05)				D/C
Iw (E0.05)	2667,56	cm ⁴	Inercia para el cálculo de sección	21,7%
Iw-i (E0.05)	2667,56	cm ⁴	Inercia para verificación de deflexiones i	21,7%
Iw-f (E0.05)	4174,16	cm ⁴	Inercia para verificación de deflexiones f	33,9%
PARA (E = 0.05) PREFERENCIAL				
Iw (Emin)	5001,68	cm ⁴	Inercia para el cálculo de sección	40,6%
Iw-i (Emin)	5001,68	cm ⁴	Inercia para verificación de deflexiones i	40,6%
Iw-f (Emin)	7826,55	cm ⁴	Inercia para verificación de deflexiones f	63,6%
FLEXIÓN				
H/D	1	cm/cm	No requiere soporte lateral	
CD	0,9		Coefficiente de modificación por duración de la carga	
Cm	0,7		Coefficiente de modificación por contenido de humedad	
CL	1		Coefficiente de modificación por temperatura	
CF	0,98		Coefficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas	
Cr	1		Coefficiente de modificación por forma	
Cc	0,93		Coefficiente de modificación por distribución de cargas	
Fb	87,83	Kgf/cm ²	Coefficiente de modificación por cortante	
Fb	19,88	Kgf/cm ²	Esfuerzo admisible modificado a flexión	
D/C	22,6%		Esfuerzo a flexión actuante	
CORTANTE				
Vcal	359,04	Kg	Demanda/Capacidad	
CD	0,9		Cortante de cálculo	
Cm	0,8		Coefficiente de modificación por duración de la carga	
CL	1		Coefficiente de modificación por contenido de humedad (localidades de Ecuador)	
CF	0,98		Coefficiente de modificación por temperatura	
Cr	1		Coefficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas (H/b)	
Cc	1		Coefficiente de modificación por forma	
Cc (Lvs/D mayor 15)	0,93		Coefficiente de modificación por distribución de cargas	
Fv	8,03	Kgf/cm ²	Coefficiente de modificación por cortante	
Fv	2,78	Kgf/cm ²	Esfuerzo admisible modificado para corte	
D/C	34,7%		Esfuerzo cortante	
APLASTAMIENTO				
b	24	cm	Demanda/Capacidad	
CD	0,9		Ancho de apoyo donde descansa la viga secundaria (≥= Díametro exterior)	
Cm	0,8		Coefficiente de modificación por duración de la carga	
CL	1		Coefficiente de modificación por contenido de humedad	
CF	0,98		Coefficiente de modificación por temperatura	
Cr	1		Coefficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas	
Cc	1		Coefficiente de modificación por forma	
Cc	0,93		Coefficiente de modificación por distribución de cargas	
C-relleno o C-vacio	SI		Coefficiente de modificación por cortante	
Fp	9,37	Kgf/cm ²	Condición de relleno de mortero	
tpromedio=	7,24	cm	Esfuerzo admisible modificado para corte transversal	
Fp	4,25	Kgf/cm ²	Espesor promedio en función del los culmos utilizados	
D/C	45,4%		Esfuerzo aplicable	
TENSIÓN				
CD	0,9		Demanda/Capacidad	
Cm	0,8		Coefficiente de modificación por duración de la carga	
CL	1		Coefficiente de modificación por contenido de humedad	
CF	0,98		Coefficiente de modificación por temperatura	
Cr	1		Coefficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas.	
Cc	1		Coefficiente de modificación por forma.	
Cc	0,93		Coefficiente de modificación por distribución de cargas.	
Cc	0,93		Coefficiente de modificación por cortante.	



PLANTA BAJA
ESC_1:100

UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM
CARRERA DE ARQUITECTURA SOSTENIBLE



Diseño de una edificación demostrativa
combinando ecomateriales

CONTENIDO:

PLANTA BAJA

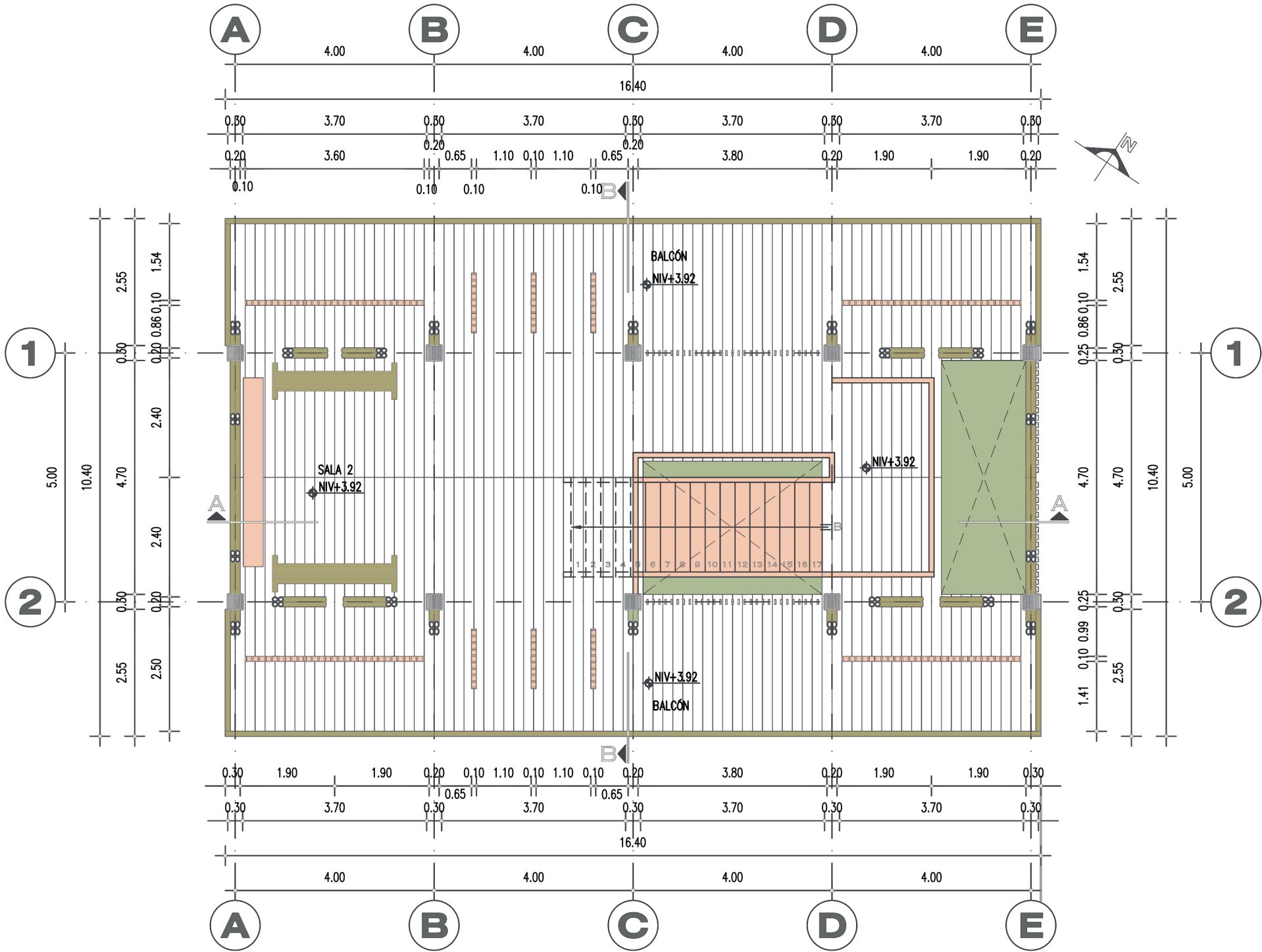
ESTUDIANTE:

JAIRO VINICIO VILLALVA BENAVIDES

ANEXO:

2

ALGORITMO PARA ESTRUCTURAS DE BAMBÚ				
VARIABLE	VALOR	UNIDADES	DEFINICIÓN.	EXTRAS
0.- INGRESO DE LA GEOMETRÍA Y PROPIEDADES DEL BAMBÚ				
D	12	cm	Diámetro exterior	
t	2	cm	Espesor del culmo de bambú	
d	8	cm	Diámetro interior	
Io=	816,81	cm ⁴	Inercia de la sección transversal	
PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS				
E0.5	122366,4	Kgf/cm ²	Módulo de Elasticidad promedio	
E0.05	76479	Kgf/cm ²	Módulo de Elasticidad 0.05	
Emin	40788,8	Kgf/cm ²	Módulo de Elasticidad mínimo	
G0.5	4370,23	Kgf/cm ²	Módulo de corte promedio	
G0.05	2731,39	Kgf/cm ²	Módulo de corte 0.05	
Gmin	1456,74	Kgf/cm ²	Módulo de corte mínimo	
ESFUERZOS ADMISIBLES				
Fb	152,96	Kgf/cm ²	Esfuerzo admisible a Flexión	
Ft	193,75	Kgf/cm ²	Esfuerzo admisible a Tracción	
Fc	142,76	Kgf/cm ²	Esfuerzo admisible a Compresión longitudinal	
Fp	14,28	Kgf/cm ²	Esfuerzo admisible a compresión trasversal	
Fv	12,24	Kgf/cm ²	Esfuerzo admisible a Corte	
CARGAS MUERTAS				
M	22,87221764	Kgf/cm ²	Otros cargas	
Techo	20	Kgf/cm ²	Piso de madera	
CARGA M adic	42,87221764	Kgf/cm ²	Carga muerta total	
CARGA VIVA				
CALGA L	200	Kgf/cm ²	Carga viva total	
CARGA DE DISEÑO				
CARGA M+L	242,8722176	Kgf/cm ²	Carga de diseño.	
1.- VIGAS PRINCIPALES				
SECCIÓN	2C5#		(ver tabla 00A)	
ÁREA	628,32	cm ²	Área de la sección	
Ycg [cm]	30	cm	Centro de gravedad y-y	
Xcg [cm]	12	cm	Centro de gravedad x-x	
Inercia (cm4) X-X	189123,88	cm ⁴	Momento de Inercia x-x	
radio de giro X-X	17,25	cm	Radio de giro x-x	
S Módulo de sección(cm3) X-X	6304,13	cm ³	Módulo de sección x-x	
h (cm)	60	cm	Altura total de la sección	
Inercia (cm4) Y-Y	30787,61	cm ⁴	Momento de inercia y-y	
radio de giro Y-Y	7,00	cm	Radio de giro y-y	
S Módulo de sección(cm3) Y-Y	2565,63	cm ³	Módulo de sección y-y	
DATOS DE VIGAS				
Lvp	5	m	Longitud máxima de la viga secundaria	
Seprvs (D<x<= 50 cm)	979,20	Kgf/m	Separación de las vigas secundarias [Cargal lineal sobre vigas secundarias]	
V	2448,00	kgf	Cortante actuante sobre la viga secundaria	
M	3060	kgf.m	Momento actuante sobre la viga secundaria	
Delta	240		Coefficiente de deflexión	
Dads	21	mm	Deflexión admisible normativa	
CÁLCULO DE CARGA PARA SECCIONES				
W	1214,36	Kgf/m	carga para el cálculo de sección.	
W-i	1214,36	Kgf/m	carga para deflexiones inmediatas.	
W-f	1900,21	Kgf/m	Carga para deflexiones diferidas.	
INERCIAS POR DEMANDA DE DISEÑO PARA CONTROL DE DEFLEXIONES				D/C
PARA (E 0.05)				
Iw (E005)	62024,84	cm ⁴	Inercia para el cálculo de sección	32,8%
Iw-i (E005)	62024,84	cm ⁴	Inercia para verificación de deflexión	32,8%
Iw-f (E005)	97055,39	cm ⁴	Inercia para verificación de deflexión	51,3%
PARA (E min) PREFERENCIAL				
Iw (Emin)	116296,58	cm ⁴	Inercia para el cálculo de sección	61,5%
Iw-i (Emin)	116296,58	cm ⁴	Inercia para verificación de deflexión	61,5%
Iw-f (Emin)	181978,86	cm ⁴	Inercia para verificación de deflexión	96,2%
FLEXIÓN				
CD	0,9		Coefficiente de modificación por duración de la carga	
Cm	0,7		Coefficiente de modificación por contenido de humedad	
Ct	1		Coefficiente de modificación por temperatura	
CL	0,98		Coefficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas	0,57
CF	1		Coefficiente de modificación por forma	
Cr	1		Coefficiente de modificación por distribución de cargas	
Cc	0,93		Coefficiente de modificación por cortante	
Fb	87,83	Kgf/cm ²	Esfuerzo admisible modificado a flexión	
fb	48,54	Kgf/cm ²	Esfuerzo a flexión actuante	
D/C	55,3%		Demanda/Capacidad	
CORTANTE				
Vcal	1860,48	Kg	Cortante de cálculo	
CD	0,9		Coefficiente de modificación por duración de la carga	
Cm	0,8		Coefficiente de modificación por contenido de humedad (localidades c	
Ct	1		Coefficiente de modificación por temperatura	
CL	0,98		Coefficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas (H/b)	0,66
CF	1		Coefficiente de modificación por forma	
Cr	1		Coefficiente de modificación por distribución de cargas	
Cc (Lvs/D mayor 15)	0,93		Coefficiente de modificación por cortante	
Fv	8,03	Kgf/cm ²	Esfuerzo admisible modificado para corte	
Fv	5,77	Kgf/cm ²	Esfuerzo cortante	
D/C	71,9%		Demanda/Capacidad	
APLASTAMIENTO				
b	30	cm	Ancho de apoyo donde descansa la viga secundaria [≥ Diámetro exte	
CD	0,9		Coefficiente de modificación por duración de la carga	
Cm	0,8		Coefficiente de modificación por contenido de humedad	
Ct	1		Coefficiente de modificación por temperatura	
CL	0,98		Coefficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas	0,66
CF	1		Coefficiente de modificación por forma	
Cr	1		Coefficiente de modificación por distribución de cargas	
Cc	0,93		Coefficiente de modificación por cortante	
C-relleno o C-vacio	SI		Condición de relleno de mortero	
Fp	9,37	Kgf/cm ²	Esfuerzo admisible modificado para corte transversal	
tpromedio=	18,16	cm	Espesor promedio en función del los culmos utilizados	
Fp	40,80	Kgf/cm ²		
D/C	435,5%		Demanda/Capacidad	
TENSIÓN				
CD	0,9		Coefficiente de modificación por duración de la carga	
Cm	0,8		Coefficiente de modificación por contenido de humedad	
Ct	1		Coefficiente de modificación por temperatura	
CL	0,98		Coefficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas	0,66
CF	1		Coefficiente de modificación por forma	
Cr	1		Coefficiente de modificación por distribución de cargas	
Cc	0,93		Coefficiente de modificación por cortante	
Fp	127,14	Kgf/cm ²	Esfuerzo admisible modificado para corte transversal	
Fuerza sismo	1000	kgf	Tracción por efecto de sismo	
Fp	1,59	Kgf/cm ²	Esfuerzo cortante	
D/C	1,3%			



PLANTA ALTA
ESC_1:100

UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM
CARRERA DE ARQUITECTURA SOSTENIBLE

Ikiam
Universidad Regional Amazónica



Diseño de una edificación demostrativa
combinando ecomateriales

CONTENIDO:

PLANTA ALTA

ESTUDIANTE:

JAIRO VINICIO VILLALVA BENAVIDES

ANEXO:

3



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM
CARRERA DE ARQUITECTURA SOSTENIBLE



Diseño de una edificación demostrativa
combinando ecomateriales

CONTENIDO:

EMPLAZAMIENTO

ESTUDIANTE:

JAIRO VINICIO VILLALVA BENAVIDES

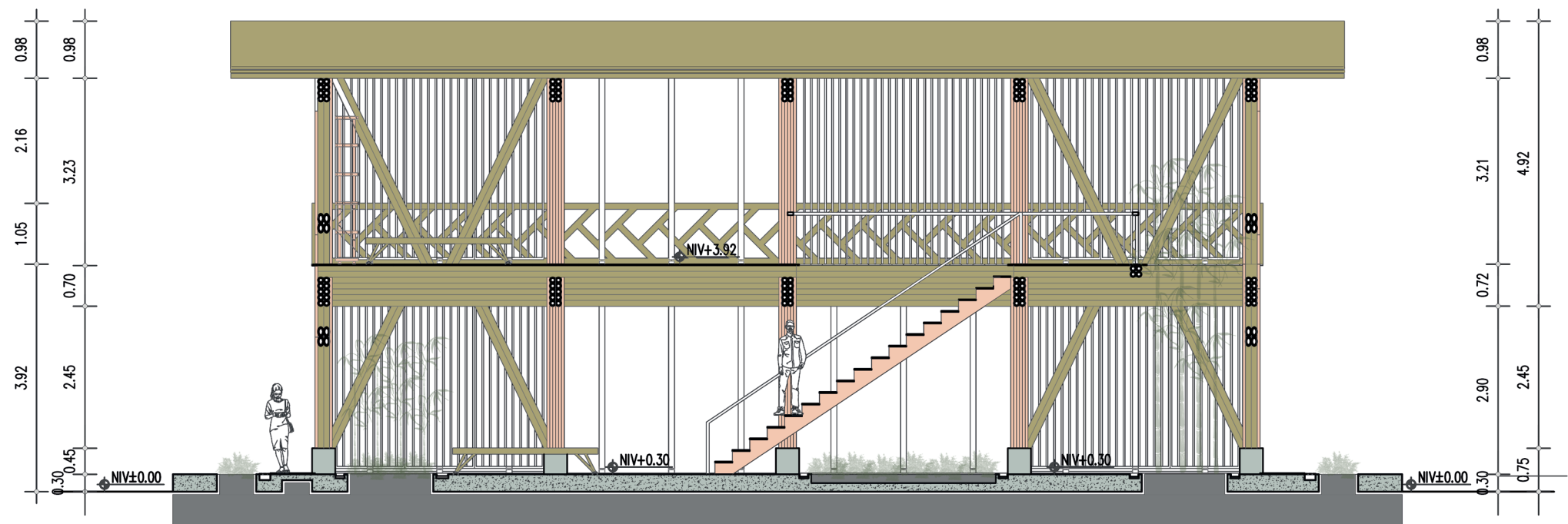
ANEXO:

4

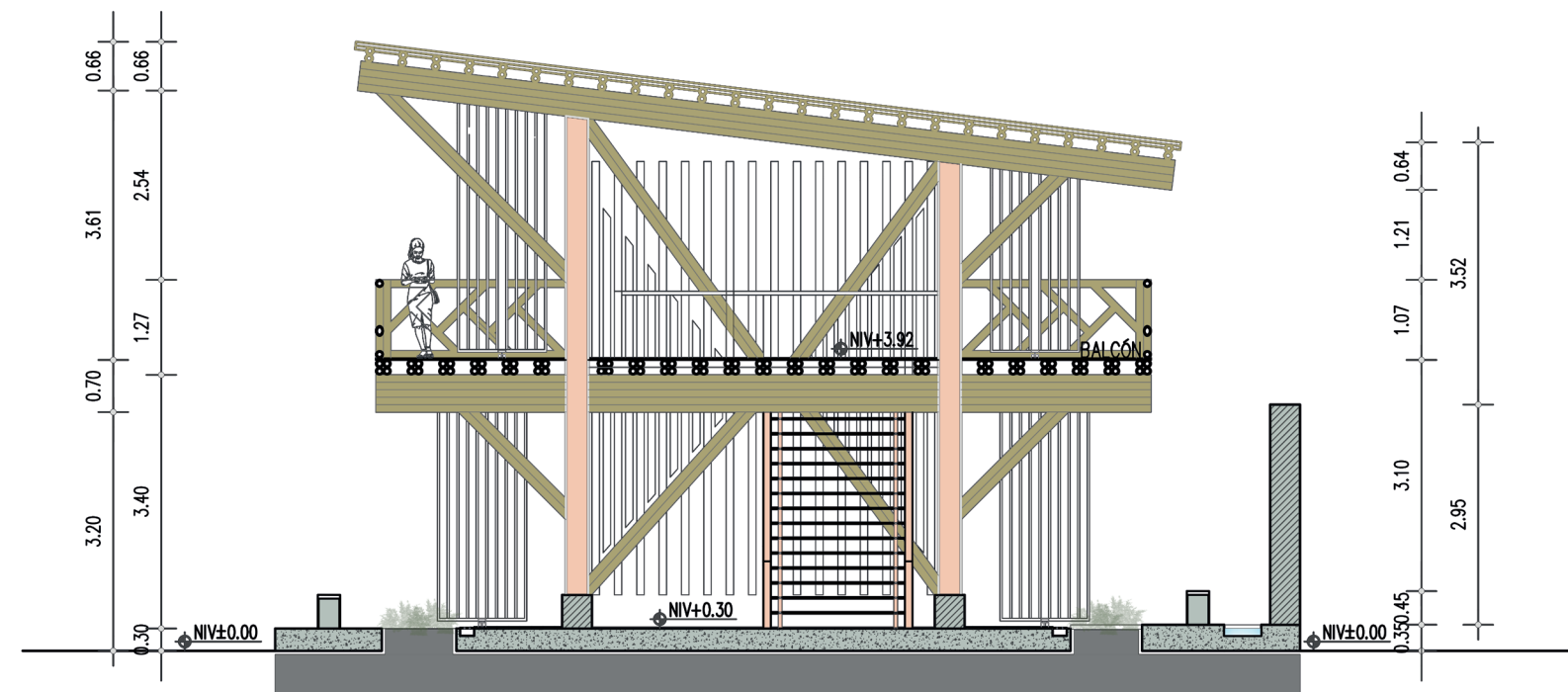


Ikiam 
Universidad Regional Amazónica 

5



SECCIÓN A - A'



SECCIÓN B - B'



COMPROBACIONES DE DISEÑO DE LAS COLUMNAS

CARGA AXIAL MÁXIMA ADMISIBLE			
Nadm=	133073,46	kgf	
D/C=	11%		
CARGA AXIAL MÁXIMA ADMISIBLE			
Ncr=	2601638,46	kgf	Carga crítica de Euler
km	1,01	Adim.	
D/C=	22%		
CARGA AXIAL MÁXIMA ADMISIBLE			
D/C=	21,5%		

COMPROBACIONES DE DISEÑO DE LAS COLUMNAS

COLUMNAS			
At=	16	m ²	Área tributaria
P=	14784	kgf	Carga axial solicitante
A=	900	cm ²	Área transversal
Ycg=	15	cm	Centroide YY
Xcg=	15	cm	Centroide XX
Iyy=	67500	cm ⁴	Inercia YY
Ixx=	67500	cm ⁴	Inercia XX
ryy=	8,66	cm	Radio de giro YY
rx=	8,66	cm	Radio de giro XX
Syy=	4500,00	cm ³	Módulo de sección elástico YY
Sxx=	4500,00	cm ³	Módulo de sección elástico XX
Zyy=	6750,00	cm ³	Módulo de sección plástico YY
Zxx=	6750,00	cm ³	Módulo de sección plástico XX
P(1m)=	90	kgf/m	Peso por cada metro de la columna
ESBELTEZ			
Lef=	1,575	m	Longitud efectiva
λyy=	5,25	adim	Esbeltez YY
λxx=	5,25	adim	Esbeltez XX
C _k =	17,98		Límite (de esbeltez)
CORTA			Tipo de columna

UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM
CARRERA DE ARQUITECTURA SOSTENIBLE

Ikiam 
Universidad Regional Amazónica

Diseño de una edificación demostrativa
combinando ecomateriales

CONTENIDO:

SECCIÓN A - A'
SECCIÓN B - B'

ESTUDIANTE:

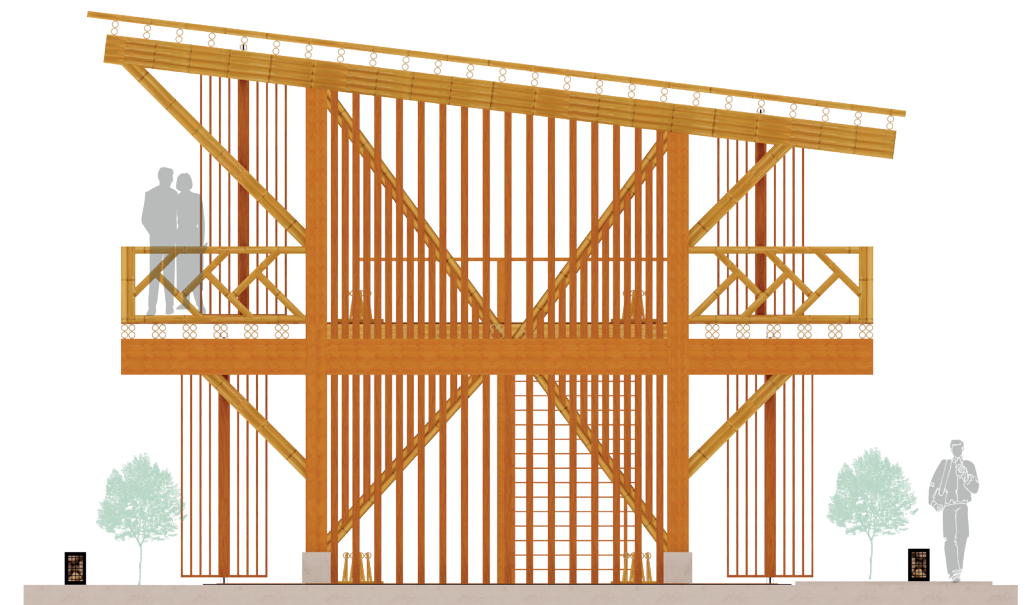
JAIRO VINICIO VILLALVA BENAVIDES

ANEXO:

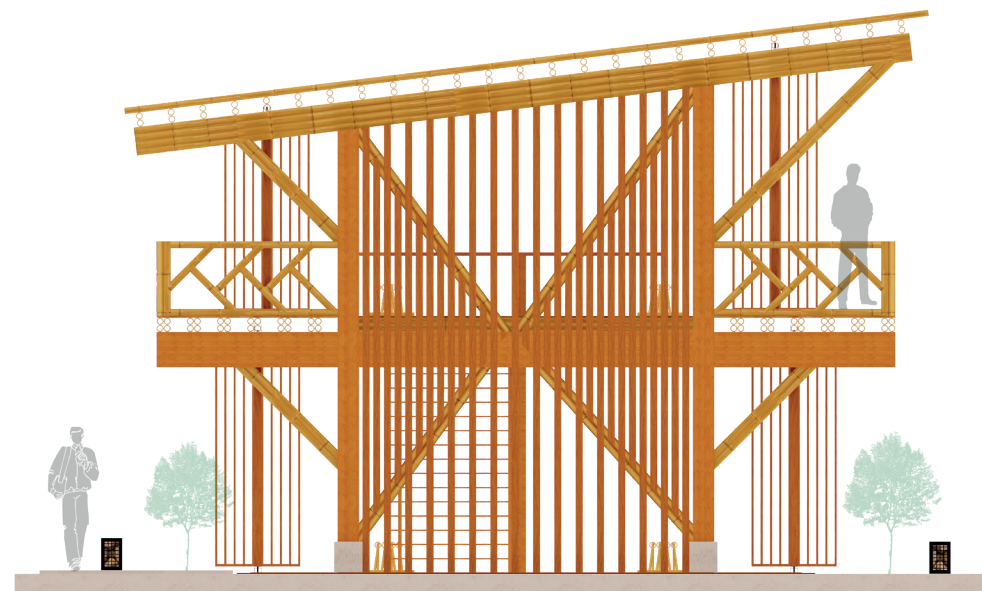
6



Fachada frontal



Fachada Lateral Derecha



Fachada Lateral Izquierda



Fachada posterior

UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM
CARRERA DE ARQUITECTURA SOSTENIBLE

Ikiam 
Universidad Regional Amazónica 

Diseño de una edificación demostrativa
combinando ecomateriales

CONTENIDO:

FACHADAS
ESCALA_1:100

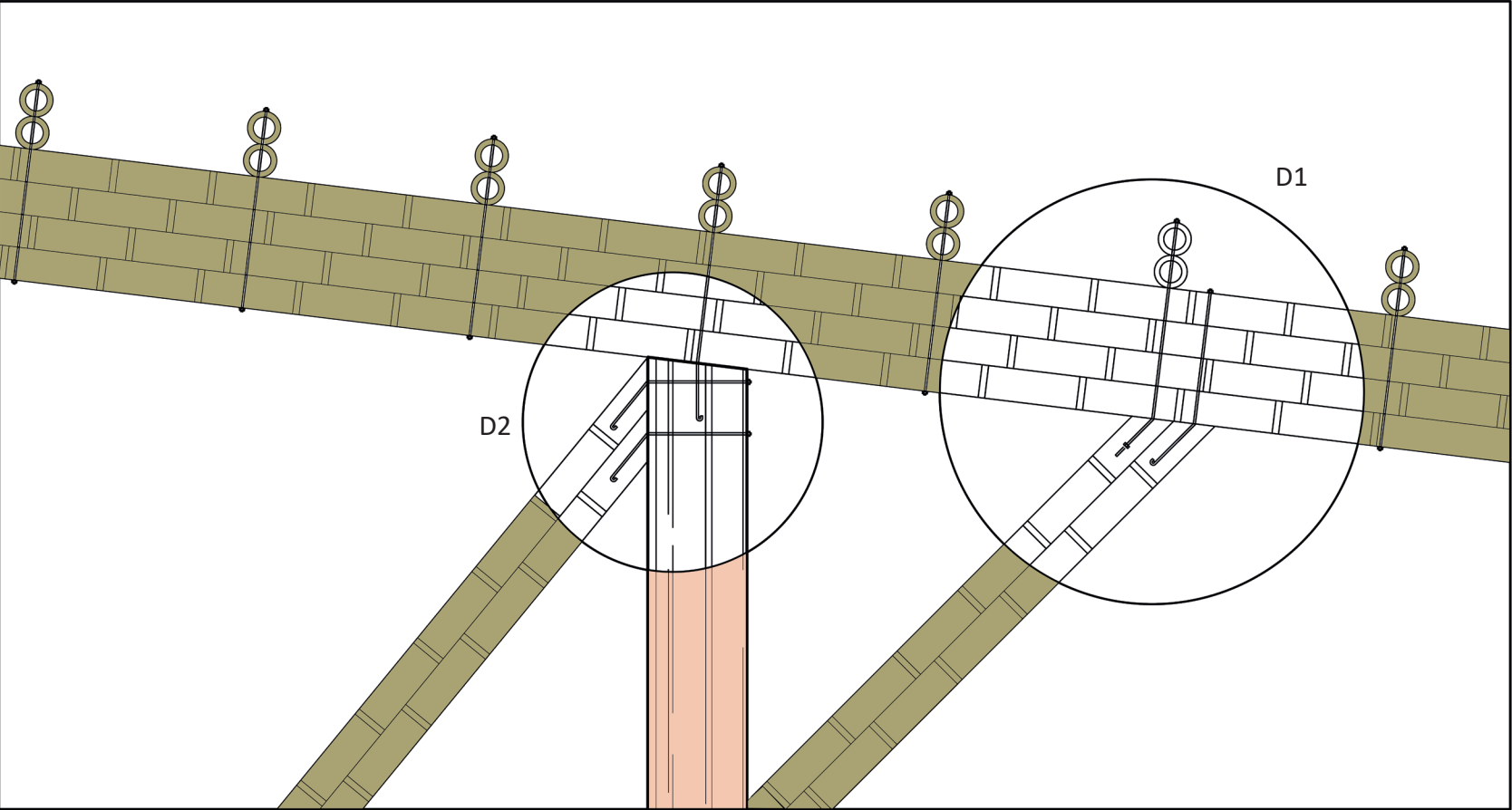
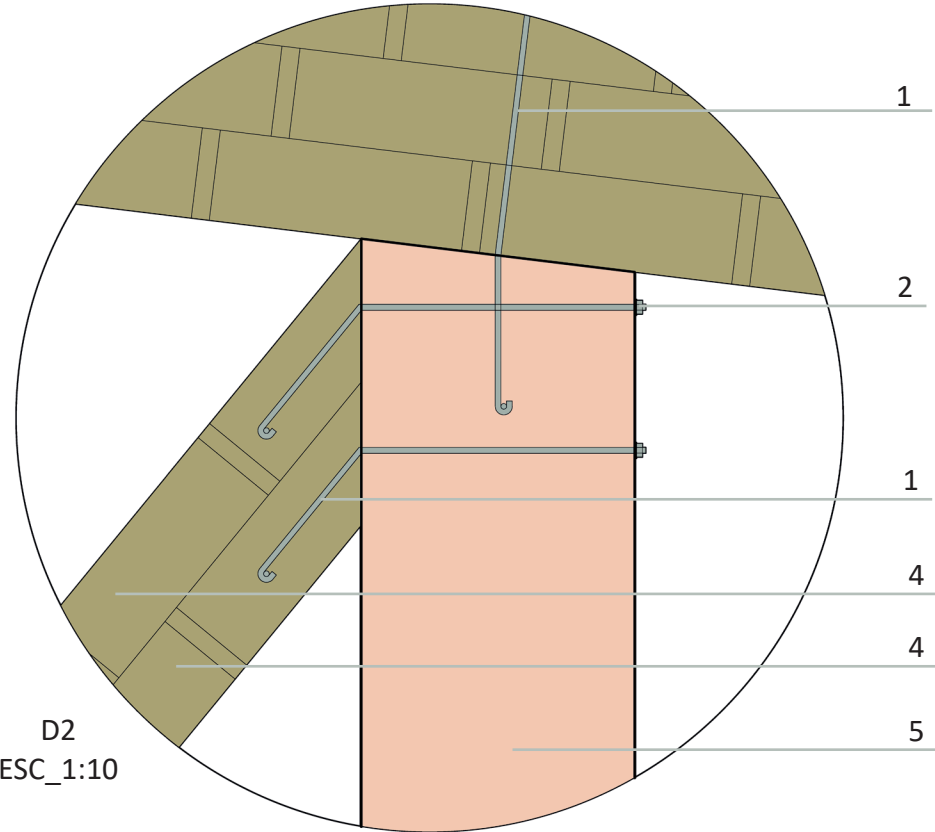
ESTUDIANTE:

JAIRO VINICIO VILLALVA BENAVIDES

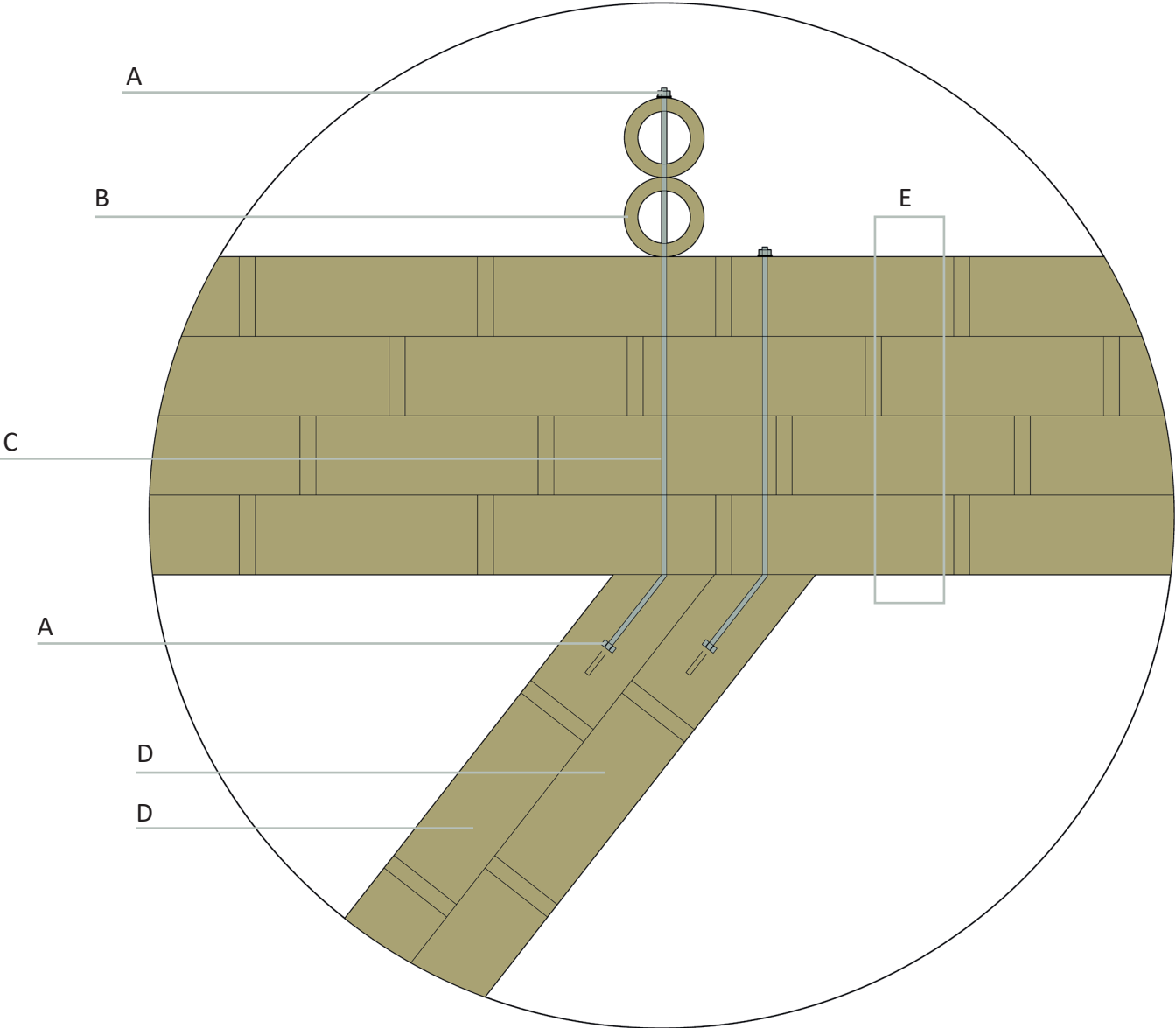
ANEXO:

7

- 1 Pasador de varilla roscada
- 2 Tuerca
- 3 Soporte inclinado de GaK Ø=12cm y e=20mm
- 4 Viga principal de GaK Ø=12cm y e=20mm
- 5 Columna de madera de Tocota



CONEXIONES DE BAMBÚ
ESC_1:100



D1
ESC_1:10

- A Tuerca
- B Viga diagonal de GaK Ø=12cm y e=20mm
- C Pasador de varilla roscada
- D Soporte inclinado de GaK Ø=12cm y e=20mm
- E Viga principal de GaK Ø=12cm y e=20mm

TABLONES DE MADERA TAMBURO
250 X 20 X 2 cm

TABLONES DE MADERA TOCOTA
30 X 315 X 5 cm

LAMA DE MADERA FIGUE
30 X 315 X 5 cm

ENTABLADO DE MADERA DE TAMBURO
250 X 20 X 2 cm

VIGAS SECUNDARIAS DE GaK $\varnothing=12$ cm
e= 20 mm

VIGAS PRINCIPALES DE GaK $\varnothing=12$ cm
e= 20 mm

SOPORTE INCLINADO DE GaK $\varnothing=12$ cm
e= 20 mm

COLUMNA DE MADERA TOCOTA
30 X 30 cm

PLACA METÁLICA TIPO U
ACERO INOXIDABLE
30 X 20 X 1 cm

TIRAS DE MADERA FIGUE
10 X 315 X 3 cm

PERNO METÁLICO DE ACERO INOXIDABLE
 $\varnothing=5$ pulg

PILOTE DE HORMIGÓN ARMADO
40 X 40 X 45 cm



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM
CARRERA DE ARQUITECTURA SOSTENIBLE

Ikiam
Universidad Regional Amazónica



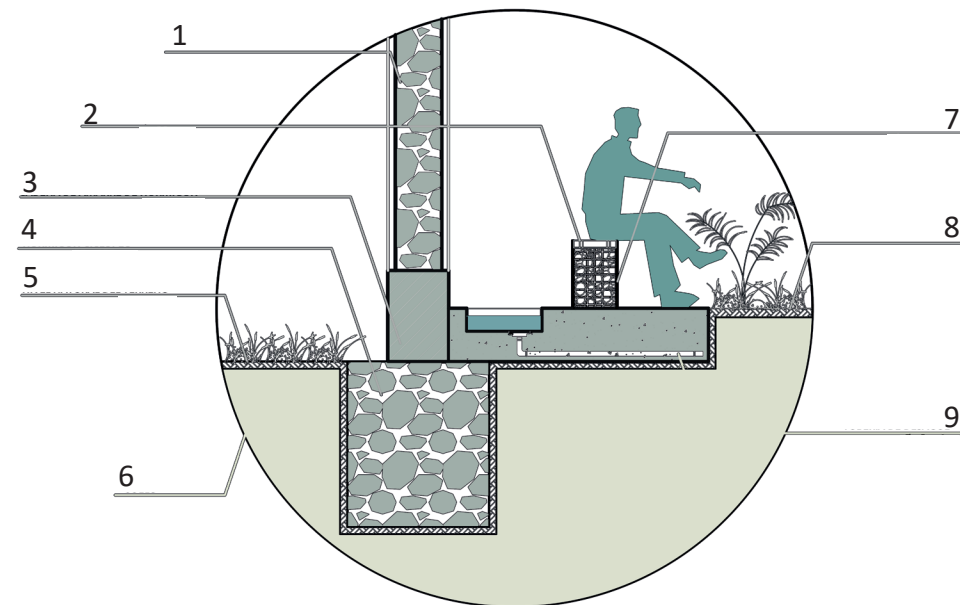
Diseño de una edificación demostrativa
combinando ecomateriales

CONTENIDO:
DETALLES DE MADERA

ESTUDIANTE:
JAIRO VINICIO VILLALVA BENAVIDES

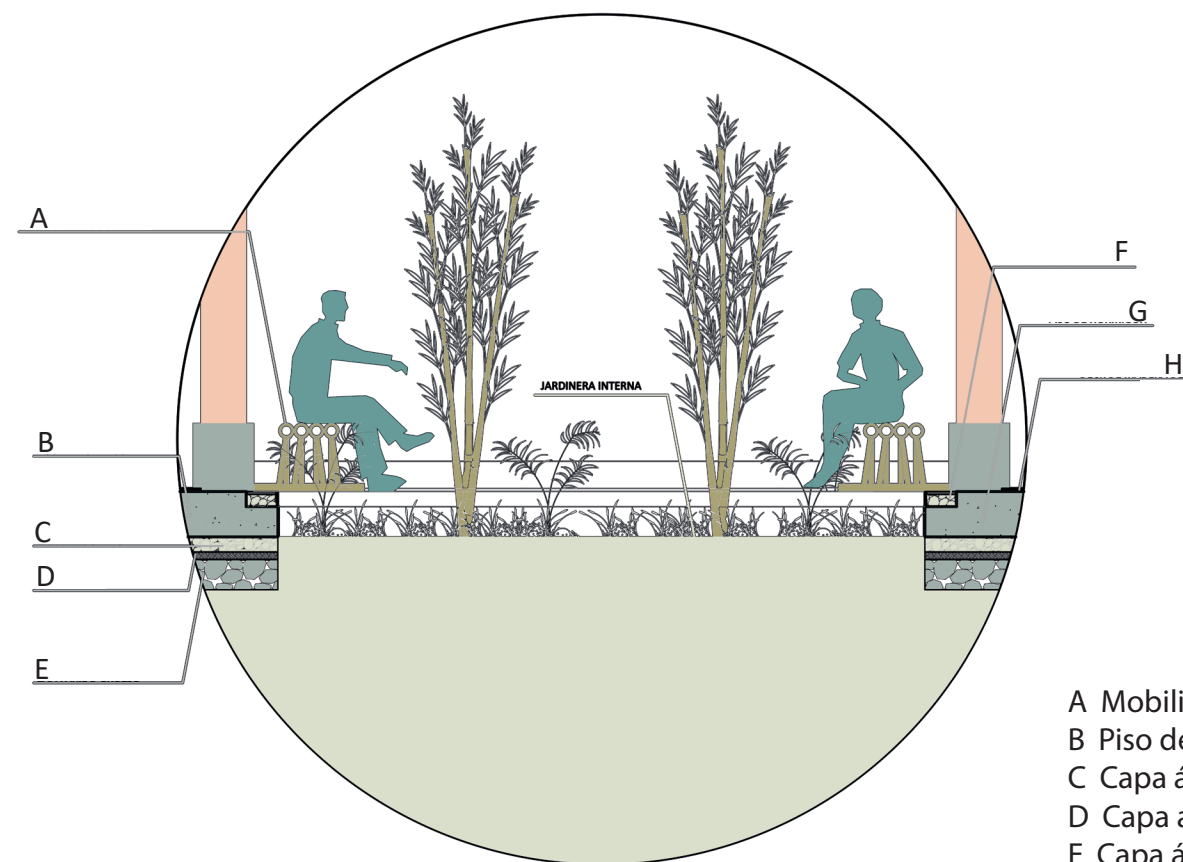
ANEXO:

9



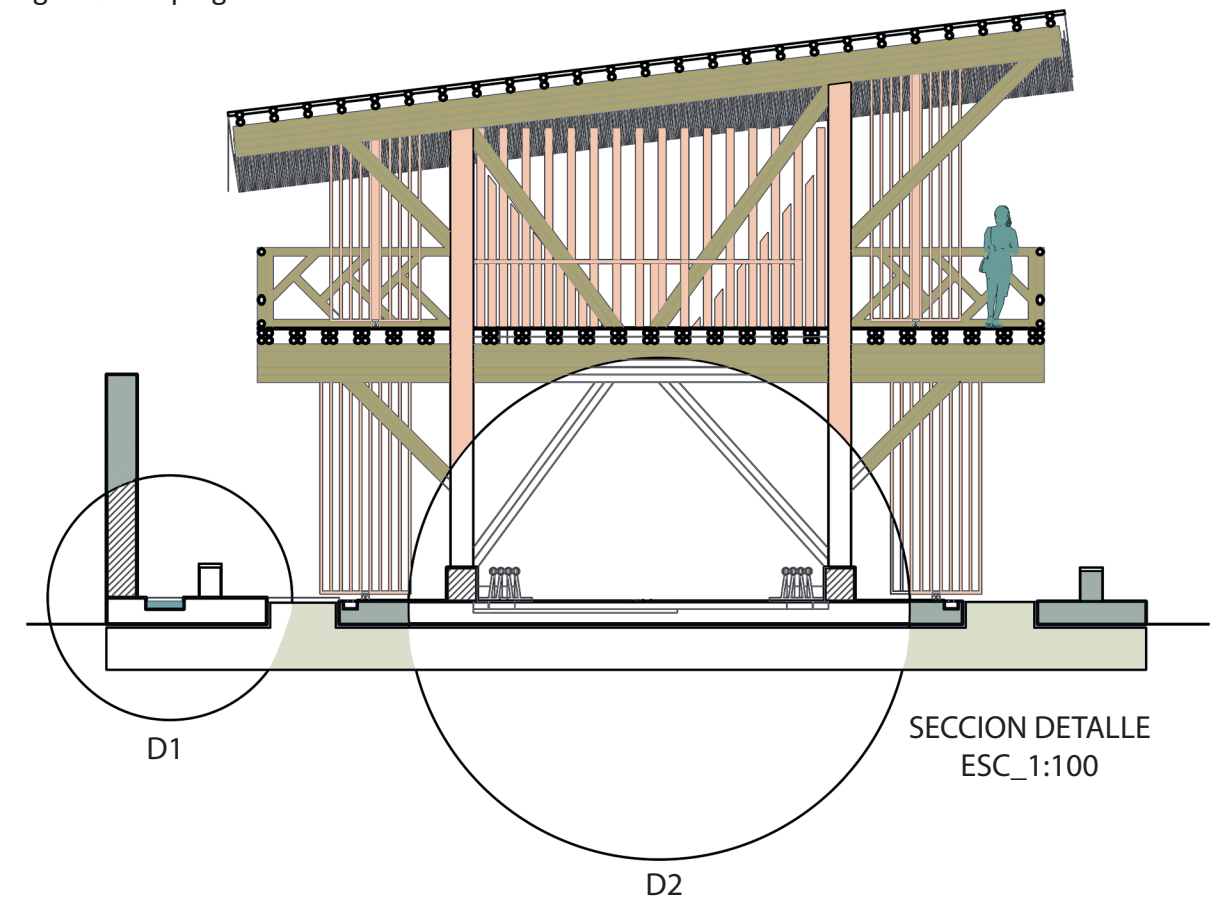
D1
ESC_1:50

- 1 Muro de piedra bola
- 2 Culmo gak Ø = 12 cm
- 3 Cadena de amarre de hormigón
- 4 Hormigón ciclópeo 90 x 100 cm
- 5 Nivel natural del terreno n +/- 0.00
- 6 Suelo
- 7 Varilla de acero inoxidable Ø=10 mm
- 8 Jardinera interna
- 9 Tubería de desagüe Ø = 2 pulg



D2
ESC_1:50

- A Mobiliario de bambú
- B Piso de hormigón
- C Capa árido fino
- D Capa arena
- E Capa árido grueso
- F Capa de cuarzo de río
- G Piso de hormigón
- H Deck madera Tocota



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM
CARRERA DE ARQUITECTURA SOSTENIBLE

Ikiam
Universidad Regional Amazónica



Diseño de una edificación demostrativa
combinando ecomateriales

CONTENIDO:
DETALLES DE SISTEMA DE PISOS

ESTUDIANTE:
JAIRO VINICIO VILLALVA BENAVIDES

ANEXO:

10

FICHA DE CARACTERIZACIÓN

Por: Javier Shiguango

Datos de identificación		
1	Nombre o nombres comunes con los que se conoce la planta	Nombre Científico: Pictocoma discolor; Nombre Kichwa: Piwi; Nombre Shuar: Shinkapi; Nombre Español: Pihui-Pigüi-Pigüe-Pibi,
2	Nombre científico	Nombre Científico: Pictocoma discolor
3	Familia	Familia: Asteraceae; Género: Pictocoma; Especie: discolor; Reino: Plantae; División: Magnoliophyta; Clase: Magnoliopsida; Orden: Asterales
4	Distribución	Es una especie de árbol nativa de la Amazonía y América Central (Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Perú.
5	¿Cómo es la planta?	
4.1	Hábito	Es un árbol de madera blanda y crecimiento rápido que puede alcanzar una altura máxima de 30 m, el diámetro del tronco es de aproximadamente 60 cm. Crece de forma abundante, siendo caracterizado como parte del bosque secundario ecuatoriano, en lo que los nativos y colonos de la Provincia de Pastaza llaman “realce”
4.2	Hábitat	La especie crece en suelos limosos y arcillosos, en ambos casos bien drenados, de bosques secundarios tempranos y tardíos de la región amazónica. Temperatura de 20°C., precipitación promedio anual 4222.7 mm., altitud 1110 msnm. y con una humedad relativa de 80 % y 90 %.

4.3	Hoja	
4.4	Flor	Tipo de inflorescencia: Panículas de cabezuelas. Posición: Terminales Cáliz: Sépalos color verde Corola: Pétalos color blanco
4.5	Semilla	Elípticas con color pardo rojizo. La dispersión de semillas es realizada por el viento, gracias a las escamas florales típicas de la familia Asteraceae, existe naturalmente en los sistemas de rotación de cultivo. Cuenta con alto contenido de semillas por kilogramo, de 3571428 a 3731343. Esta especie presenta un promedio del 95 % de germinación. Al ser trasplantadas, muestra una supervivencia de 95,8 % y a los 2.5 años su altura es de 3,21 m., y el diámetro de 7,2 cm.
4.6	Fruto	Aquenios color crema, con arilo plumoso.
4.7	Otra información	Debido a su ecología de regeneración, los agricultores producen el pigüe mediante el manejo de los barbechos, nichos ecológicos en los cuales la especie crece de manera natural.
4.8	Usos tradicionales	La corteza triturada y mezclada en un vaso de agua se usa para tratar la mordedura de serpiente. El extracto de hojas del árbol de Piwi, tiene gran utilidad para el tratamiento de las diarreas infecciosas.
4.9	Partes usadas	El tallo se usa como combustible. El tallo es útil en la elaboración de muebles y en la construcción de viviendas como tablas, postes, pilares, vigas, pisos, soleras y armaduras de los techos. El tallo se usa para elaborar cajas para vender frutas, como la naranjilla, el tomate, entre otros.
4.1 1	Propiedades atribuidas	El pigüe, una especie pionera que se regenera en bosques perturbados y barbechos, resulta ideal para el manejo sostenible.

		Constituye una fuente importante de ingresos que sirve para complementar las ganancias de los hogares rurales, durante los períodos de necesidad económica.
4.1 2	Siembra	La dispersión de semillas es realizada por el viento, gracias a las escamas florales típicas de la familia Asteraceae, existe naturalmente en los sistemas de rotación de cultivo. Al ser trasplantadas, muestra una supervivencia de 95,8 % y a los 2.5 años su altura es de 3,21 m., y el diámetro de 7,2 cm.
4.1 3	Cosecha	
4.1 4	Preparación	
4.1 6	Efectos deseados	no El marco regulatorio de especies como el pigüe debe ser más flexible para facilitar la producción, ya que se trata de una especie resistente y abundante.
4.1 7	Aspectos socioeconómicos	Este producto tiene una demanda estable en el mercado local, un metro cúbico de trozas de piwi venden a 12 dólares. Como industria artesanal, la transformación y la fabricación de productos de pigüe constituyen una fuente de empleo e ingresos importante en algunas zonas rurales de la provincia de Napo.
4.1 8	Otra información de utilidad	El desecho es dejado en pudrición y luego es utilizado para abonar los cultivos de subsistencia en la chakra, tales como el plátano verde, la yuca y el maíz, entre otros.

Bibliografía consultada:

Valarezo García, Carlos; Jaramillo Abril, David; Djabayan Djibeyan, Pablo; Váscquez Andrade, Patricio; Falconí Ontaneda, Félix. La amazonía ecuatoriana y sus saberes ancestrales; el uso del extracto de corteza del árbol de Piwi (*Pictocoma discolor*) un saber singular en el accidente ofídico. Revista

Mexicana de Ciencias Farmacéuticas, vol. 47, núm. 4, octubre-diciembre, 2016, pp. 26-34 Asociación Farmacéutica Mexicana, A.C. .png, México. *Recuperado de:* <https://www.redalyc.org/pdf/579/57956612002.pdf>

González, J.E., Papue, A., González, V., Borja, A., Oliva, D. (14 de septiembre de 2018). "Crecimiento y conservación de *Piptocoma discolor* (Pigüe) en la provincia de Pastaza, Ecuador". CFOREs. *Recuperado de:* <http://scielo.sld.cu/pdf/cfp/v6n3/2310-3469-cfp-6-03-366.pdf>

Susana Albán, Pool Segarra, Humberto Lennon, (febrero de 2017). PLAN DE COMANEJO DE LA COMUNIDAD KICHWA NUEVA LIBERTAD, ASENTADA EN EL BOSQUE PROTECTOR CUENCAS DE LOS RÍOS COLONSO, TENA, SHITIK E INCHILLAKI. *Recuperado de:* <http://info.napo.gob.ec/assets/pdf/Plan-Comanejo-Nueva-Libertad.pdf>

Janeth Abigail Cabrera Ordóñez, Jinhson Alberto Tandazo Jumbo. (2014). ESTUDIO DE TRABAJABILIDAD DE CUATRO ESPECIES MADERABLES DE BOSQUE SECUNDARIO DEL SUR DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA. Carrera de Ingeniería Forestal. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA. *Recuperado de:* <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11907/1/JANETH%20ABIGAIL%20CABRERA%20ORDO%20C3%91EZ.pdf>

Gabriela Erazo, Juan Carlos Izurieta, Peter Cronkleton, Anne Larson y Louis Putzel. (2014). El uso de pigüe (*Piptocoma discolor*) por los pequeños productores de Napo, Ecuador Manejo sostenible de una especie pionera de madera para los medios de vida locales. BRIEF. *Recuperado de:* <https://www.cifor.org/knowledge/publication/4424/>

Ariza-Cortés W., Castro-Lima F. & Cepeda-Buitrago M. (2016). FLORA, LA MACARENA- META DE CAÑO CRISTALES (COLOMBIA). CORMACARENA, FUNDACIÓN CAÑON DE GUATIQUE. *Recuperado de:* <https://canocristalesmc.wixsite.com/canocristalesmc/fot-piptocoma-discolor-kunth-pruski>

Anexos:



Fig. 1 Hoja y Flor



Fig. 2 Distribución de



Fig. 3 Árbol

Preguntas:

¿Cuáles son las características de la hoja del Piwi?

¿Cuál es la forma tradicional de cosecha en las comunidades del Piwi?

¿Qué formas tradicionales de preparación se implementa con el Piwi?

FICHA DE CARACTERIZACIÓN

Por: **Jairo Vinicio Villalva & Diego Silva Amancha**

Datos de identificación		
1	Nombre o nombres comunes con los que se conoce la planta	Guadua (Colombia) Caña o Caña Guadúa (Ecuador) Tacuara(Argentina) Maroma o taca (Perú) Tacuarembó (Bolivia) Taboca (Brasil) Tacuaracu (Paraguay) Guafa (Venezuela)
2	Nombre científico	Guadua angustifolia Kunth[1]
3	Familia	Familia Poaceae, a la subfamilia Bambusoideae y a la tribu Bambuseae, guadua, Angustifolia
4	Distribución	La Guadua angustifolia en estado natural se encuentra en Colombia, Ecuador y Venezuela, se encuentra en los guaduales Ha sido introducida a varios países de Centroamérica y del Caribe, e inclusive a Asia, Norteamérica y Europa. Se adapta a diversos tipos de suelos, pero se desarrolla mejor en suelos de origen volcánico. Forma manchas densas en la región occidental de Ecuador, provincias de Manabí, Esmeraldas, Guayas, El Oro, etc., pero se observa formando pequeñas manchas dentro de la selva amazónica. Temperatura anual promedia entre 20°C y 27°C, y precipitación anual entre 950 y 2,500 mm con una distribución bimodal.[1]
5	¿Cómo es la planta?	
4.1	Hábito	El bambú es una planta gramínea, botánicamente se clasifica en los Cormofitos, dentro de la subdivisión de los espermatofitinos (Fanerógamas): Clase: Angiospermas Subclase: Monocotiledóneas Orden: Gluminales Familia: Gramineae

		Subfamilia: Bambusoideae Tribu: Bambusae o Poaceae Corresponde a una planta leñosa Altura variable: • De 10 y 13cm de altura en 30 días y diámetros que se incrementan a un promedio de 0.10mm mensuales; al finalizar el primer año tiene un promedio de 12-14 rebrotes • A partir del tercer año de sembrada la planta original; se logra tener entre 18-20 rebrotes alturas que oscilan entre los 5 y 7 metros y diámetros de 4-6cm • Entre los 3 y 6 años la planta de guadua entra en una etapa de desarrollo vertiginoso, adquiere alturas entre 12 a 15 metros, incremento de los diámetros entre 9 y 11 cm • Estandarizando patrones como altura promedio de 15 a 18 m, diámetros entre 10-12 cm y promedio/Ha de 4000 a 4500[2]
4.2	Hábitat	Se localiza a lo largo de los ríos y quebradas, en el piedemonte de la cordillera y en los valles interandinos[1] Resistencia, durabilidad y fácil manejo (acero vegetal) Rápido crecimiento (hasta 30 m de altura en 5 años) Capacidad de reproducción sin necesidad de semillas Material liviano y flexible. Uso en construcciones sismorresistentes, elementos, artesanías, accesorios, comida y decoración. Prefiere suelos andisoles, ricos en cenizas volcánicas, ligeramente ácidos y con buenas propiedades físicas: buena estabilidad estructural, alta profundidad efectiva, densidad aparente baja y alta porosidad Los guaduales albergan una gran diversidad de flora y fauna asociada, también tienen una gran riqueza microbiana en sus suelos. Por tener un hábito difuso, en donde los culmos están separados entre sí, desarrolla en el sotobosque una gran diversidad de especies de heliconias, de aráceas, helechos, piperáceas, rubiáceas, etc. También son albergues ideales para fauna como roedores, murciélagos, mamíferos, ardillas, aves, etc.[1]
4.3	Hoja	Son de color verde especial que tienen la punta muy similar a una lanza (hojas lanceoladas y lisas)

		Otro tipo de hojas son las denominadas caulinares que son las que cubren el tallo que desde su nacimiento hasta su madurez son de color café, provistas de pelusillas como sistemas de defensa. Con estas fibras de hoja caulinar se realizan productos artesanales.[3]
4.4	Flor	Es muy diminuta de color violáceo o rosáceo De vida muy corta (aproximadamente 48 horas) Está ubicada en las partes terminales de las ramas superiores y en el primer tercio de la espiga Se considera imperfecta a flor ya que tiene 2 estructuras reproductoras en el mismo culmo La floración de la guadua es gregaria, es decir que según estudios apuntan a decir que su floración se da aproximadamente cada 120 años y en bambú ornamental cada 15 años[4] Floración esporádica, meses de abril a mayo y de octubre a noviembre.[1]
4.5	Semilla	Son semillas que aparecen en los extremos de las ramas y se asemejan a un grano de arroz en su forma, tamaño y cubierta Tienen una viabilidad baja (tiempo en que la semilla es apta para germinar) y un porcentaje de germinación alto[5]
4.6	Fruto	La información sobre los frutos de estas plantas es aún incompleta En la subfamilia de las Bambusoideae, el fruto es indehiscente, el hilum es siempre lineal y el embrión es más pequeño que el endospermo, este último carácter no se cumple en aquellos bambúes que tienen fruto carnoso. La diversidad de formas en los frutos de los bambúes es muy amplia. En la mayoría de especies el fruto es un cariopsis con pericardio seco, delgado y similar a un grano de trigo o de arroz.[6] Los cariopsis secos de muchas especies, ricos en almidón, se consumen en África y Asia, mientras que los frutos carnosos del <i>Melocanna baccifera</i> constituyen un alimento en la India En América, únicamente los frutos carnosos de <i>Guadua sarcocarpa</i> se han reportado como fuente de alimento para las comunidades Machiguengas de Perú y Brasil (Londoño y Peterson, 1991)[7] Los brotes con tratamientos previos se pueden convertir en alimento para humanos.

4.7	Otra información	El rizoma es la base principal del tallo o culmo y asegura su estabilidad, con nudos y entrenudos bajo la superficie terrestre de la tierra de donde se desprenden las raíces y raicillas ya que este es el órgano almacenador de nutrientes siendo el elemento apto para la propagación asexual.[8] Las ramas son macizas, en algunos casos se atrofian y son reemplazadas por unas espinas de 10 a 15 cm.[8] Las ramas de la guadua son especiales ya que crecen casi solitarias[8]
4.8	Usos tradicionales	En la zona andina colombiana, la Guadua angustifolia está localizada en áreas estratégicas de las cuencas hidrográficas donde cumple un elevado papel en la Protección de cauces de ríos y quebradas, en la conservación y recuperación de Suelos[9] Construcción y reparación de viviendas, infraestructura rural ligera (galpones para aves de corral, corrales, porquerizas, etc), cerco para potreros, para apuntalar cultivos como el banano, en carpintería para hacer muebles, artesanías, pasamanos de casas.[1] Aumenta el caudal hídrico de las quebradas Controla la erosión de los terrenos Capta el gas carbónico, lo que sanitiza el aire para respirar Construcción de puentes, escaleras y cercas Juegos e instrumentos musicales Mangos de herramientas, o rodillo para cosas pesadas Leña Material para aviones Para hacer tableros laminados y pisos por el espesor de pared que mide en promedio 2 cm en los 3 primeros metros[1]
4.9	Partes usadas	Se puede desarrollar tecnologías para la extracción de la fibra, ya que sus entrenudos en la porción media llegan a medir en promedio 33 cm, con buen porcentaje de fibra, probablemente superior al 30%; para elaborar materiales compuestos fuertes, resistentes y livianos.[1]
4.1 1	Propiedades atribuidas	Propiedades Físico-Mecánicas: En el diseño de una construcción el arquitecto o ingeniero debe garantizar seguridad, calidad, economía y durabilidad, aplicando su conocimiento científico y tecnológico. En el

		campo de la construcción, el comportamiento de los elementos estructurales tiene una fuerte relación frente a los diferentes esfuerzos a que se ven sometidos[2] La guadua es considerada como un material liviano, de fácil y económico desarrollo en muchas regiones de la geografía colombiana, por lo cual debe ser utilizada adecuadamente a partir de parámetros de diseño apoyados en sus particulares propiedades físicas y mecánicas, de procesos de preservación si fuese necesario.[2]
4.1 2	Siembra	Para iniciar una plantación de guadua, es necesario planificar el manejo, definir su objetivo y la función que en el futuro deberá cumplir dicho bosque. Dentro de las funciones más importantes que cumplen estos bosques, una vez establecidos, se tiene la protección-conservación, la producción comercial, la ornamentación o el establecimiento para usos mixtos. En esta primera fase silvicultural, las prácticas para la implementación del bosque de guadua son: ● Obtención del material para siembra ● Definición de la distancia de la ● Siembra entre chusquines según objetivo propuesto ● Localización y preparación del terreno ● Trazo ● Plateo y ahoyado ● Siembra de las plántulas ● Limpias y plateos ● Fertilización podas y entresaca
4.1 3	Cosecha	Los guaduales viven y se desarrollan asociados a áreas de gran potencial agrícola, es decir, suelos ricos, jóvenes y de buena capacidad productiva, constituyendo además una especie de importancia en la economía del finquero, toda vez que la inversión en el mantenimiento y manejo anual representa apenas entre el 25 y 30 % de las ganancias que se logran al cosechar el guadual. Por esto se cultiva y resiembra con esmero, aunque no con intensidad.[2] Para la cosecha se considere bien manejada es necesario que cumpla 3 condiciones fundamentales como la sostenibilidad, máxima productividad y rentabilidad.
4.1 4	Preparación	La preparación del sitio debe realizarse sobre el espacio inmediato al hoyo (área del plateo), eliminando los obstáculos y dejando la tierra suelta y apta para el buen drenaje; el diámetro del plateo es de 1.5 m de diámetro. Los hoyos deben tener dimensiones de 0,40 x 0,40 x 0,40 metros[9]

		INBAR (2006) señala: es importante efectuar nuevas fertilizaciones en períodos de seis a doce meses durante los tres primeros años, especialmente si las plantas se tornan cloróticas (amarillentas) o si presentan escaso desarrollo. Durante esta fase se recomienda el uso de fertilizantes con bajo contenido de nitrógeno (N), alto de fósforo (P) y moderado de potasio (K). En general se podría aplicar 60 g. de úrea, 100 g. de superfosfato triple, 80 g. de muriato de potasio adicionado con 20 g. de boro (B), colocando en forma de corona a una distancia de 0,20 – 0,30 m. de las plantas (p.30).[10] El cuidado de las plántulas, deshierbes, replante y una evaluación de la plantación, constituyen actividades necesarias de implementarlas para el éxito de la plantación. Los deshierbes se recomienda hacerlos como cualquier otro cultivo durante los primeros años, la guadúa requiere que las plantas estén libres de malezas; basta con un plateo de 1,5 m. de diámetro. Esta actividad se lleva a cabo como mínimo tres o cuatro veces durante los primeros tres años. Esta acción se realiza en forma manual (machete) o mecánica (desbrozadora); en lo posible se debe evitar la aplicación de herbicidas por la fragilidad de la planta en esa edad. Cuando la plantación es asociada con cultivos de ciclo corto el control de malezas resulta más eficiente y económico. El replante se hace a los dos meses con no más del 10% de las plántulas totales, es importante recordar que esta actividad debe ejecutarse al comienzo de las lluvias utilizando plantas de óptima calidad que aseguren su prendimiento.[3] Un corte técnico similar al practicado en árboles, dejando un muñón o protuberancia de la rama de aproximadamente 5 cm. de longitud empleando herramientas debidamente afiladas y desinfectadas como: machete, tijeras podadoras o serrucho podador[11] → Preservación Se deben aplicar métodos de preservación para aumentar la vida útil del bambú y evitar que sea afectado por insectos o microorganismos. Hay métodos tradicionales y métodos químicos. Estos últimos deben ser adecuadamente aplicados para no afectar la salud del usuario y el ambiente. Se recomienda un método tradicional y otro químico (por ejemplo, con bórax y ácido bórico).[12] → Preservación tradicional Existen una serie de métodos de preservación que han sido utilizados durante siglos por diferentes comunidades en la
--	--	---

		región andina. Los métodos han sido desarrollados de acuerdo a las características y los recursos presentes en las zonas en donde han sido utilizados. ● El vinagrado es uno de los métodos de preservación tradicional más extendidos. Este método es económico, inocuo y comprobado por la sabiduría popular. Sin embargo, ni éste ni los otros métodos tradicionales reemplazan la preservación química.[12] En el vinagrado, se deja la caña sobre el mismo tocón o una piedra, apoyada a los bambúes vecinos durante 3 semanas, dejando ramas y hojas intactas. En este proceso se disminuye los almidones, azúcares y humedad, limitando la vulnerabilidad de la caña al ataque de insectos y microorganismos. La caña cambia temporalmente de color verde a naranja y huele a alcohol (“caña borracha”).[12] → Otra preservación tradicional Inmersión en agua 1 dulce o agua del mar Inmersión con taninos Ahumado → Preservación química El método de inmersión en solución de bórax y ácido bórico, es el más recomendado, por su eficacia, costo, y seguridad para usuarios y medio ambiente. Según algunos expertos, la inmersión debe realizarse con cañas secadas durante una semana como máximo y que aún conservan su color verde. ● Preparación de la poza Se prepara un tanque suficientemente grande para sumergir el material a preservar. Se puede excavarlo y recubrirlo con plástico grueso, asegurado con pesos en sus bordes o construir una poza de concreto armado. En ambos casos deben tener una pendiente en el fondo. Por cada 100 litros de agua se recomienda entre 2 y 2.5 kg de cada uno de los químicos: bórax y ácido bórico. Éstos son inocuos, pero debe evitarse el contacto con los ojos. ● Perforación de los tabiques internos Para permitir la entrada de la solución en la caña, se perforan todos los tabiques que existen en el interior de la caña, con una varilla larga de acero con punta de aproximadamente 1/2” de diámetro ● Inmersión
--	--	--

		En el tanque con el preservante, se introducen las cañas rollizas previamente lavadas, latillas o caña chancada. Se aseguran con piedras u otros pesos colocados encima para que todo el material esté sumergido. La colocación de las cañas rollizas sobre un declive permite el escape del aire atrapado. La caña rolliza tiene que estar sumergida un mínimo de 5 días, mientras que las latillas y caña chancada requieren por lo menos 24 horas de preservación. Antes de sacar el material se deja escurrir sobre el tanque. Se debe evitar el acceso del agua de lluvia mediante una cubierta. ● Escurrido Una vez terminado el proceso de inmersión, se debe escurrir el exceso de preservante contenido en el interior de las cañas. Para ello se inclina las cañas cabeza abajo y se giran dos veces al día durante dos días. ❖ preparación de la solución Sales de bórax y ácido bórico Disolver en agua caliente Llenado de tanque Mezclado en el tanque → Secado Para concluir el proceso de preparación de la caña, éstas deben ser secadas. Este proceso puede ser llevado a cabo al aire libre o en secadores solares; Con un secador solar, se puede alcanzar niveles de humedad menores en comparación con el método al aire libre. ● Secado al aire libre ❖ Sobre caballete La forma de secado más usada es apoyar las cañas sobre un caballete; aislando las cañas del contacto directo con el suelo natural. Para un secado uniforme, se recomienda un giro parcial y diario de cada uno de las cañas durante los primeros 15 días y después de manera menos frecuente. El tiempo de secado puede variar entre 2 y 6 meses según las condiciones climáticas. ❖ Secado y almacenamiento bajo techo En este método, las cañas de proceso de secado se realizan protegiendo las cañas del contacto directo con el sol que puede provocar rajaduras y torceduras. Para que el proceso de secado sea eficiente, se deben colocar separadores para facilitar el buen flujo de aire. ● Secado con secador solar
--	--	---

			❖ Pasivo En este método se utiliza un invernadero cerrado, cuyas paredes y techo son de plástico o vidrio. De esta manera, se generan mayores temperaturas al interior del ambiente, lo que promueve el secado de las cañas ❖ Activo En este método, se añade a la infraestructura básica del invernadero una serie de ventiladores que aceleran el aire caliente entre las cañas, reduciendo el tiempo del proceso. ● Métodos alternativos de secado ❖ Horno Se pueden secar las cañas en hornos idénticos a los que se utilizan para la madera. ❖ Inyección de aire caliente Se pueden secar las cañas en hornos idénticos a los que se utilizan para la madera. Con un ventilador y mangueras de plástico conectadas al interior de cada caña se inyecta aire caliente.[12]
4.1 6	Efectos deseados	no	Cuando está madura presenta manchas blancas en forma de plaqueta que corresponden a hongos, ahí se inicia la formación de líquenes en los nudos (entre 2 y 4 años) Cuando esta sobremadura se aprecia cuando los culmos están cubiertos por hongos y líquenes en su totalidad, ahí se presentan musgos en los nudos de aspecto gris, blancuzco, próxima a secarse, estimando esta fase de duración de un año.[13] Es difícil obtener cañas bien ajustadas a un dado estándar de dimensiones por eso no puede ser mecanizado fácilmente y por eso es que se lo hace artesanalmente en muchos de los casos. La variabilidad de selección y clasificación de las cañas cuando existe una provisión suficiente existen estas desventajas como es la variabilidad en dimensiones La combadura de las cañas, la prominencia de los nudos, la desigualdad de medidas y formas y la proporción de variación longitudinal del ancho; es el efecto de las superficies dispares. La guadua tiene tendencia a rajarse fácilmente, tendencia que proscrib el empleo de clavos, limitando el tipo de técnicas adecuadas para la construcción o unión de las unidades estructurales; haciendo de esto una desventaja como un efecto de extrema hendibilidad.[3]

4.1 7	Aspectos socioeconómicos	Así se puede evidenciar el uso de la guadua en diferentes regiones del mundo como: Ecuador, Colombia, Costa Rica, Venezuela, Perú, China, Brasil, India, Tailandia, Vietnam, Filipinas, Europa, Estados Unidos, con diferentes usos y propósitos. En América Latina ya que las cadenas de valor siguen siendo débiles y en gran medida informales. El interés que crece en desmedida como un producto sostenible para los tiempos actuales hace que la demanda del mismo se vea beneficiada en el ámbito industrial del bambú en el Ecuador, Colombia y Perú ya que podría generar ganancias de hasta USD 30 millones por año y tener la capacidad de crear mas de 10000 nuevos empleos en años posteriores y sobre todo en las áreas rurales de escasos recursos (INBAR, 2013)[15]
4.1 8	Otra información de utilidad	En Pastaza, Santa Clara, donde también se reportó esta especie, los veranos son largos, muy calientes, húmedos y nublados; los inviernos son cortos, cómodos y parcialmente nublados y hay precipitaciones durante todo el año, con promedios de 4500 mm anuales (Puyo). Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 20 °C a 30 °C y rara vez baja a menos de 18 °C o sube a más de 33 °C.[1]

Bibliografía consultada:

- [1] Londoño, X. (2021). *Guía técnica bambues registrados en ecuador proyecto bambuzonia*.
- [2] Salas Delgado, E. (2006). Actualidad y futuro de la arquitectura de bambú en Colombia: Simón Velez: símbolo y búsqueda de lo primitivo.
- [3] Añazco, M., & Rojas, S. (2015). Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú (*Guadua angustifolia*) en Perú. *RED INTERNACIONAL DE BAMBÚ Y RATÁN, INBA, Quito*.
- [4] Bendaña, G. (2018). La enigmática y misteriosa floración del bambú. *Temas Nicaragüenses*, 223.
- [5] LINO QUIROZ, J. R. (2020). *ANÁLISIS DINÁMICO DE UNA RESIDENCIA UNIVERSITARIA DE DOS PLANTAS UTILIZANDO CAÑA GUADUA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL, UBICADO EN LOS PREDIOS DE LA UNESUM* (Bachelor's thesis, Jipijapa. UNESUM).
- [6] Londoño, X. y Peterson, P. (1991). *Guadua sarcocarpa* (Poaceae: Bambuseae). A new species of Amazonian bamboo with fleshy fruits. *Systematic Bot.* 16(4), 630- 638 p.
- [7] Hurtado Riveros, S. A. Estandarización del proceso de obtención de fibra de *Angustifolia* Kunth como materia prima para material compuesto.
- [9] Gómez Aponte, J. A. (2012). Programa de reforestación con guadua (*gudua angustifolia*) y corozal en una parcela ubicada en la margen izquierda del río cauca en el municipio de Zarzal.

- [10] INBAR. (2006). Producción de guadúa a través del establecimiento de plantaciones. Quito, Ecuador. INBAR y CORPEI. (2008). Panorama actual de la producción de bambú en el Ecuador. Quito.
- [11] Castaño, F. y Moreno, R. (2004). Guadúa para todos. Cultivo y aprovechamiento. Proyecto manejo de bosques de Colombia. Corporación Autónoma Regional de Risaralda. Bogotá.
- [12] Morán Ubidia, J. (2015). Construir con Bambú (Caña de Guayaquil). Manual de Construcción.
- [13] Aliaga, J. T., & Mollo, J. R. M. (2019). Evaluación de la propagación de Bambú (*Guadua angustifolia* Kunth y *Guadua angustifolia* bicolor) con diferentes segmentos vegetativos, en la estación experimental Sapecho. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 6(1), 16-23.
- [14] Hidalgo López, O. (1981). Manual de construcción con bambú. Universidad Nacional de Colombia. Estudios Técnicos Colombianos LTDA-Editores.
- [15] INBAR (2013). El bambú, una alternativa innovadora para la diversificación y generación de ingresos locales rurales: promoviendo la gestión de conocimiento sobre bambú en Ecuador, Colombia y Perú. Quito, Ecuador.

Anexos:



Plántula de guadua [2]

PARTES Y USOS DEL BAMBÚ

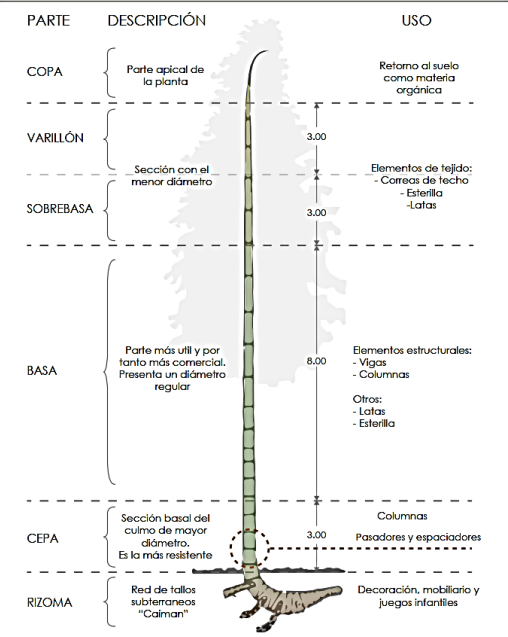


Figura 1. "Partes y usos del bambú". Fuente: Elaborada con información de: I. Iñique G. (2010). Manual de construcción con Bambú. Cali, Colombia: I. Iñique G. P. 7.

Partes y Usos del Bambú [14]

Unidades en kg/cm2	Módulo de elasticidad a tracción	Módulo de elasticidad a compresión	Módulo de elasticidad a flexión
MATERIAL			
Guadua	190.000	184.000	179.000
Otras maderas	Entre 90.000 y 180.000	Entre 96.000 y 169.000	Entre 108.000 y 128.000
En el caso del bambú, las propiedades mecánicas dependen de las características físicas del material que en particular sea utilizado construcción y no corresponden a valores absolutos o comparables con otras muestras, ya que las condiciones varían notablemente. Estos gráficos corresponden sólo a un esquema comparativo general ya que casi siempre, para un mismo material sus resistencias pueden variar.			
Unidades en kg/cm2	Resistencia a Tracción	Resistencia a Compresión	Resistencia a Flexión
MATERIAL		Perpendicular a la fibra Paralelo a la fibra	
Guadua	430	560 650	740
Aliso	108	68 357	460
Arboloco	Entre 500 y 1500	132 405	390
Otras maderas	1.000	Entre 50 y 144 400	Entre 500 y 720

Valores de resistencia calculados para la guadua [2]

Cuadro 8: Viveros analizados

Propietario del Vivero	Lugar	Especies	Producción anual	Tipo de material utilizado	Procedencia del material vegetativo	Calidad cualidad	Destino de la producción
01.-Carlos Tello	Pichilingue	1.- Bambusa Bulgaris 2.- Dendrocalamus asper 3.- Guadua angustifolia	7.000	1.- Ramas laterales 2.- Hormona enraizante	1.-Propio 2.-Propio 3.- mancha natural Mocache	Excelente	Costa Sur, Lago Agrio, fincas privadas y fundaciones
02.-Norberto Zambrano	Pichilingue	1.- Bambusa Bulgaris 2.- Dendrocalamus asper 3.- Guadua angustifolia	800	1.- Chusquines 2.-Ramas laterales 3.- Hormona enraizante	1.- Vivero de la zona 2.-planta propia 3.- planta propia	Excelente	Local, bananeras
03.-La libertad	Buena Fe	1.- Bambusa Bulgaris	3.300	1.- yemas	1.- vivero de la zona (Carlos Tello)	Excelente	Autoconsumo
04.-Ausombaro Espinoza	Peñaherrera	1.- Guadua angustifolia	50	1.- Raíz 2.-nidos de ramas apicales	3.-Propia	Excelente	Local
05.-Arsenio Andagoya	García Moreno	1.- Guadua angustifolia	100	1.- Nidos de ramas apicales	3.-Propia	Excelente	Autoconsumo
06.-Isauro Bolaños	Peñaherrera	1.- Guadua angustifolia	500	1.-Nidos de ramas apicales	3.- Fincas cercanas	Excelente	Local
07.-Jorge Macías	El Empalme	1.- Guadua angustifolia				Excelente	
08.-Asoc. Río 7	Ponce Enriquez	1.- Dendrocalamus asper 2.- Guadua angustifolia	80.000	1.- Ramas apicales	1.- y 2.-Hogar de Cristo	Excelente	Plantación propia y venta en la zona

Viveros analizados del año 2014 [3]

Cuadro 9: Costo de producción de 1.000 plántulas de *Guadua angustifolia*

Actividades	Fuerza de Trabajo				Insumos Físicos			Total US \$
	Cantidad	Mano de obra (días/hombre)	Valor unitario US \$	Subtotal US \$	Nombre	Cantidad	Subtotal US \$	
Costos Variables								
01.- Extracción de tierra, materia orgánica y arena	0.66 m³	0.27	22.74	6.14				6.14
02.- Transporte de tierra, materia orgánica y arena (15 Km.)	0.66 m³	0.099	22.74	2.25				2.25
03.- Preparación de la mezcla	0.49 m³	0.359	22.74	8.16	desinfectante	50 g	0.578	8.74
04.- Llenado de fundas (5x7")	1.000 fundas	1.63	22.74	37.06	Fundas	1.000	7.00	44.06
05.- Selección de guaduales y extracción de chusquines	Chusquines	0.10	22.74	2.27				2.27
06.- Preparación de los chusquines (transporte, deshierbe, poda de raíz)	1.000 chusquines	0.40	22.74	9.09				9.09
07.- Tratamiento de chusquines	10.0 g	0.001	22.74	0.02	Vitavax	10 g	0.100	0.12
08.- Transplante	1.000 plántulas	0.452	22.74	10.28				10.28
09.- Reposición del transplante (20%)	200 plántulas	0.872	22.74	19.82	Vitavax	0.50 g	0.005	19.83
10.- Riegos	300 Pts.	1.206	22.74	27.42				27.42
11.- Controles fitosanitarios		0.063	22.74	1.43	Fungicida	200 g	2.206	3.64
12.- Deshierbes	1.000 plántulas	0.559	22.74	12.71				12.71
13.- Fertilización	1.000 plántulas	0.042	22.74	0.95	18-46-0	250 g	0.08	1.04
14.- Remoción y clasificación de plántulas	1.000 plántulas	0.25	22.74	5.68				5.68
15.- Arriendo de vehículo	15 Km.		1.00	15.0				15.00
16.- Mantenimiento equipos y herramientas		0.651	22.74	14.80				14.80
17.- Pérdida de plántulas	100 plántulas							21.85
SUBTOTAL		6.954		173.08			9.969	204.90
Costos Fijos								
01.- Infraestructura								12.417
02.- Depreciación equipos y herramientas								21.697
03.- Arriendo de la tierra								1.315
04.- Administración (10%)								24.03
05.- Imprevistos (5%)								13.22
SUBTOTAL								72.68
COSTO TOTAL								277.58

Costo de producción de 1.000 plántulas de *Guadua angustifolia* [3]



Costos materia prima

El siguiente resumen de costos está basado en una construcción de 45 metros cuadrados realizada por INBAR y la Universidad Católica en Guayaquil, Ecuador en el 2004.

Material/MdO	MdO	días hombre	US	\$
			\$/unidad	Total
6 m ³ de agua			1,08	6,48
25 kilogramos de ácido bórico			1,00	25,00
25 kilogramos de bórax			1,00	25,00
20 metros de plástico negro (ancho 5 metros)			1,50	30,00
96 bloques de cemento (0,14 x 0,19 x 0,39)			0,40	38,40
Excavación/preparación del tanque de 1000 litros	2	2	10,00	20,00
Estructura principal				
42 cañas horizontales, verticales y de cubierta			1,20	50,40
1 saco de mortero para relleno de huecos (1.6lt/caña)			6,00	6,00
Instalación de la estructura			15,00	630,00
Latillas y caña picada				
Material de 100 latillas (150x2,5cm) -2 cañas de 6m.			1,20	2,40
Material de 100 latillas (220x2,5cm) -4 cañas de 6 m.			1,20	4,80
Elaboración de 100 latillas (150 x 2,5cm)	1	1	10,00	10,00
Elaboración de 100 latillas (220 x 2,5cm)	1	1	10,00	10,00
Material de 10 cañas picadas de 0,6 por m ² (10 cañas)			1,20	12,00
Elaboración de 10 cañas picada de 0,6 por m ²	1	0,3	15,00	5,00

Costos de materia prima [12]

PREGUNTAS

- 1 ¿Cuánto tiempo resiste este material antes de que tenga que ser cambiado por otro?
- 2 ¿Cuál es la medida y precio de venta de la Angustifolia Kunth?
- 3 ¿Cuál es el proceso de extracción y distribución de la Angustifolia Kunth?
- 4 ¿Cuál es la medida y precio de venta en el Ecuador?
- 5 ¿Existe la suficiente mano de obra especializada para este tipo de construcciones?
- 6 ¿Cuál es el tipo de mantenimiento que se le otorga la Angustifolia Kunth?
- 7 ¿Cuál es el comportamiento térmico en una construcción con la Angustifolia Kunth?
- 8 ¿Existen dificultades para el desarrollo de proyectos arquitectónicos con la Angustifolia Kunth y hasta cuantos pisos se puede construir?
- 9 ¿En qué medida resulta sostenible la construcción con la Angustifolia Kunth?
- 10 ¿Cuál es el sistema constructivo predominante usado con Angustifolia Kunth en cubiertas, uniones o ensambles?
- 11 ¿Existe algún efecto nocivo o desagradable al emplear la guadua Angustifolia Kunth?

Guía e Informe de salida de campo

Nombre completo:

De quien observa

Karina Belén Quizhpi Zhindon

Fecha de la salida de campo

2021-07-24

Lugares visitados en la salida de campo:

Descripción del recorrido general

Primera Salida

Nombres del ECOMATERIAL

Nombre común que se usará más adelante en el código de identificación

Piedra bola

DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA DEL ECOMATERIAL

Tomar fotografía del ecomaterial para describir las partes en el informe

1627138196387.jpg



DESCRIPCIÓN EN VIDEO DEL ECOMATERIAL

Tomar video del ecomaterial para describir las partes en el informe

1627138413237.mp4



NOTAS COMPLEMENTARIAS

Cualquier información que pueda ayudar en la descripción posterior: altura, largo o ancho aproximado, por ejemplo

Se conoce también como canto rodado, su altura es aproximadamente de 20 cm, largo y ancho similar

DESCRIPCIÓN DEL ECOMATERIAL:

Se debe completar después de la salida de campo, usando las fotos, videos y notas recolectadas

Ninguna

DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA DEL LUGAR EN DONDE SE ENCUENTRA EL ECOMATERIAL

Tomar fotografía del lugar en donde se encuentra el ecomaterial para completar la descripción en el informe

1627138615123.jpg



DESCRIPCIÓN EN VIDEO DEL LUGAR EN DONDE SE ENCUENTRA EL ECOMATERIAL

Tomar video del lugar en donde se encuentra el ecomaterial para completar la descripción en el informe

1627138686500.mp4



NOTAS COMPLEMENTARIAS

Cualquier información que pueda ayudar en la descripción posterior: propietario de la finca, temperatura, humedad relativa, por ejemplo.

Propietario Carlos Grefa

DESCRIPCIÓN DEL LUGAR EN DONDE SE ENCUENTRA EL ECOMATERIAL

Se debe completar después de la salida de campo, usando las fotos, videos y notas recolectadas

Ninguna

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL LUGAR EN DONDE SE ENCUENTRA EL ECOMATERIAL

Use el GPS asociado a este instrumento

-0.9722157 -77.8886773 683.5652001586063 5.0

latitud (x.y °)

-0,9722157

longitud (x.y °)

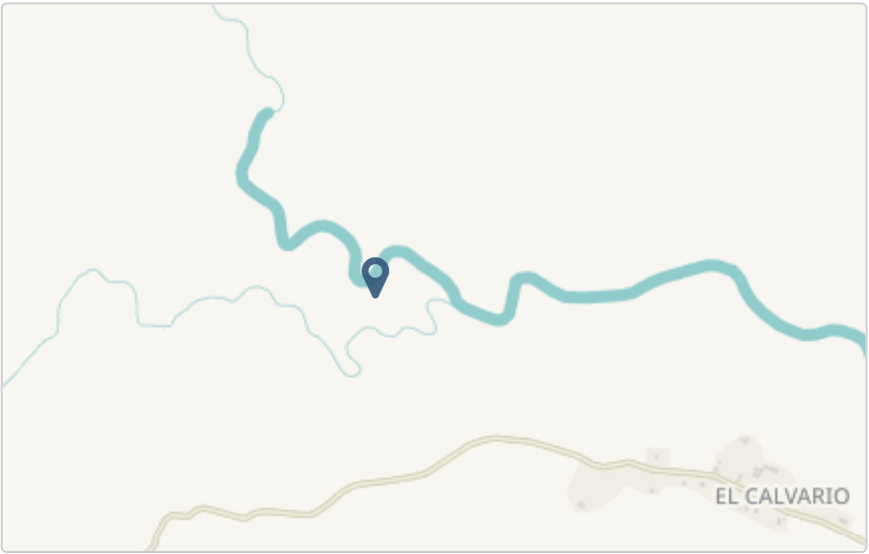
-77,8886773

altitud (m)

683,5652001586063

precisión (m)

5



TOMAR MUESTRA SI CORRESPONDE Y ANOTAR EL CÓDIGO ASIGNADO:

Letra inicial de ecomaterial G para geológicos V para vegetales + nombre común en minúsculas + iniciales mayúsculas de quien recoge la muestra

No corresponde

OBSERVACIONES GENERALES

Otra información de interés

Abundante material en el río

Guía e Informe de salida de campo

Nombre completo:

De quien observa

Karina Belén Quizhpi Zhindon

Fecha de la salida de campo

2021-08-21

Lugares visitados en la salida de campo:

Descripción del recorrido general

Tercera Salida

Nombres del ECOMATERIAL

Nombre común que se usará más adelante en el código de identificación

Tocota

DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA DEL ECOMATERIAL

Tomar fotografía del ecomaterial para describir las partes en el informe

tocota1-1_10_57.jpg



DESCRIPCIÓN EN VIDEO DEL ECOMATERIAL

Tomar video del ecomaterial para describir las partes en el informe

Haga clic aquí para subir el archivo. (<10MB)

NOTAS COMPLEMENTARIAS

Cualquier información que pueda ayudar en la descripción posterior: altura, largo o ancho aproximado, por ejemplo

Maderable, para tablas

DESCRIPCIÓN DEL ECOMATERIAL:

Se debe completar después de la salida de campo, usando las fotos, videos y notas recolectadas

Ninguna

DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA DEL LUGAR EN DONDE SE ENCUENTRA EL ECOMATERIAL

Tomar fotografía del lugar en donde se encuentra el ecomaterial para completar la descripción en el informe

tocota-1_11_3.jpg



DESCRIPCIÓN EN VIDEO DEL LUGAR EN DONDE SE ENCUENTRA EL ECOMATERIAL

Tomar video del lugar en donde se encuentra el ecomaterial para completar la descripción en el informe

Haga clic aquí para subir el archivo. (<10MB)

NOTAS COMPLEMENTARIAS

Cualquier información que pueda ayudar en la descripción posterior: propietario de la finca, temperatura, humedad relativa, por ejemplo.

Ninguna

DESCRIPCIÓN DEL LUGAR EN DONDE SE ENCUENTRA EL ECOMATERIAL

Se debe completar después de la salida de campo, usando las fotos, videos y notas recolectadas

Bosque primario

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL LUGAR EN DONDE SE ENCUENTRA EL ECOMATERIAL

Use el GPS asociado a este instrumento

-0.706413 -77.73325 0 0

latitud (x.y °)	
-0,706413	
longitud (x.y °)	
-77,73325	
altitud (m)	
precisión (m)	

TOMAR MUESTRA SI CORRESPONDE Y ANOTAR EL CÓDIGO ASIGNADO:

Letra inicial de ecomaterial G para geológicos V para vegetales + nombre común en minúsculas + iniciales mayúsculas de quien recoge la muestra

No corresponde

OBSERVACIONES GENERALES

Otra información de interés

Ninguna

Fecha de la salida de campo	Número de salida de campo	Nombres del ECOMATERIAL	Notas complementarias	Localización geográfica	Latitud	Longitud	Altitud	Precisión
21/08/2021	Tercera Salida	Algodón	Se extrae únicamente su fibra de algodón Bosque primario	-0.706928 - 77.733164 0 0	-0.706928	-77.733164	0	0
07/08/2021	Segunda Salida	Arcilla	Ubicada en orilla de potrero sin uso	-0.9382667 - 77.887806 741.39578025887 08 5.345	-0.9382667	-77.887806	741.3957803	5.345
07/08/2021	Segunda Salida	Arcilla	Encontrada en camino de paso, al lado de potrero.	-0.9394254 - 77.8879584 748.96990070421 26 5.36	-0.9394254	-77.8879584	748.9699007	5.36
21/08/2021	Tercera Salida	Arcilla	A orilla de río.	-0.7206018 - 77.7499171 1261.7288181029 342 11.792	-0.7206018	-77.7499171	1261.728818	11.792
07/08/2021	Segunda Salida	Arcilla blanca	Al lado del río, cerca arcilla roja y gris Mesclada con tres colores: blanca, roja y gris Arriba de balneario comunitario.	-0.938267 - 77.8812493 708.59531506589 5 4.728	-0.938267	-77.8812493	708.5953151	4.728
07/08/2021	Segunda Salida	Arcilla gris	Al lado del río, arriba de balneario comunitario Arcilla color gris consistencia plástica	-0.9381643 - 77.8813252 707.72659428588 68 4.0	-0.9381643	-77.8813252	707.7265943	4.0
07/08/2021	Segunda Salida	Arcilla roja	Ubicada en orilla de río	-0.9383285 - 77.8812087 704.81800610846 31 6.646	-0.9383285	-77.8812087	704.8180061	6.646
24/07/2021	Primera Salida	Avío	Para muebles y tablas	-0.975999 - 77.876673 0 0	-0.975999	-77.876673	0	0
24/07/2021	Primera Salida	Avio de monte	Aproximadamente 20m de altura y 50cm de ancho Finca de Carlos Grefa Maderas para pilares y vigas Bosque primario	-0.9709237 - 77.8880027 714.88562815067 71 4.909	-0.9709237	-77.8880027	714.8856282	4.909
07/08/2021	Segunda Salida	Bambú gigante	Utilizado de diferentes formas, cimentaciones, columnas, tejado Bosque primario	-0.936179 - 77.887015 0 0	-0.936179	-77.887015	0	0
21/08/2021	Tercera Salida	Batea Colorada	Para tablas, cimentaciones Bosque primario	-0.701006 - 77.731361 0 0	-0.701006	-77.731361	0	0
21/08/2021	Tercera Salida de Campo	Brea	Ubicada en rocas al lado del río. Poca cantidad disponible, solo manchas en las rocas					

21/08/2021	Tercera Salida	Brea	Encontrada cerca río, según el guía local es arrastrada de río arriba En rocas ubicadas por debajo de la cascada que muestra el video del lugar.					
07/08/2021	Segunda Salida	Canelo aguacatillo		-0.9367467 - 77.8806831 706.2522768273359 6.891	-0.9367467	-77.8806831	706.2522768	6.891
24/07/2021	Primera Salida	Canelo amarillo	Puede llegar a crecer hasta 40-50m de altura, tiene un diámetro irregular aproximado de 1m Se encuentra en bosque primario Propietario Carlos Grefa					
21/08/2021	Tercera Salida	Canelo amarillo	Duro, maderable, resistente a la humedad Bosque primario	-0.703838 - 77.732821 0 0	-0.703838	-77.732821	0	0
21/08/2021	Tercera Salida	Canelo negro	Maderable Bosque primario	-0.704267 - 77.732735 0 0	-0.704267	-77.732735	0	0
07/08/2021	Segunda Salida	Caña brava	Con abundantes espinas Se observaron brotes jóvenes Ubicada en ladera de finca de Juan Grefa	-0.9332744 - 77.8843877 730.8138253472476 4.0	-0.9332744	-77.8843877	730.8138253	4
24/07/2021	Segunda Salida	Caolin	Se encontró en una de las salientes de la cascada Chiuta	-0.9638098 - 77.8855415 783.9238197191648 1770.528	-0.9638098	-77.8855415	783.9238197	1770.528
24/07/2021	Primera Salida	Caraputo	Altura 12m y grosor 20cm Propietario de la finca Carlos Grefa Palma de crecimiento rápido; es usada para cubierta porque su fibra resistente Bosque primario	-0.9681293 - 77.8879119 716.3708799177624 4.4	-0.9681293	-77.8879119	716.3708799	4.4
21/08/2021	Tercera Salida	Cedro	Se debe cortar en luna llena Usado para tablas, vigas, columnas Usado para tablas, vigas, columnas	-0.705811 - 77.733441 0 0	-0.705811	-77.733441	0	0

07/08/2021	Segunda Salida	Chonta	Su fruto se come, la madera se usa en construcción, principalmente para cimentaciones	-0.938281 - 77.888088 0 0	-0.938281	-77.888088	0	0
21/08/2021	Tercera Salida	Chuto	Maderable Bosque primario	-0.707034 - 77.732606 0 0	-0.707034	-77.732606	0	0
24/07/2021	Primera Salida	Chuncho	Ancho aproximado de 3m, altura cercana a 60m Bosque primario Finca de Carlos Grefa	-0.97098 - 77.8868442 718.18139133963 15 4.0	-0.97098	-77.8868442	718.1813913	4
24/07/2021	Primera Salida	Chuncho	Bosque primario	-0.975827 - 77.879591 0 0	-0.975827	-77.879591	0	0
07/08/2021	Segunda Salida	Chuncho	Prefiere temperatura cálidas	-0.940872 - 77.8879541 770.51872669841 12 4.889	-0.940872	-77.8879541	770.5187267	4.889
07/08/2021	Segunda Salida	Chuncho	Altura de 50m Bosque secundario Existente en zona de alto Tena	-0.9315817 - 77.8821076 744.40522756853 35 4.218	-0.9315817	-77.8821076	744.4052276	4.218
07/08/2021	Segunda Salida	Chuncho	Crece hasta una altura de 25 metros y en aproximadamente 40 a 50 años con un diámetro a la altura del pecho de 1 metro Entre los meses de julio y agosto suele botar semillas (vainas). Crece con más frecuencia en suelos arcillosos rojizos, en climas cálidos y húmedos Propietario de la finca el seños Carlos Aguinda Grefa Se encuentra con más frecuencia en las partes altas de la finca del propietario	-0.94087 - 77.887865 740.63246998104 16 4.84	-0.94087	-77.887865	740.63247	4.84

24/07/2021	Primera Salida	Chuto	Altura aproximada de 30 metros Finca de Carlos Grefa Con olor fuerte, fácil serrar, empleado para construcción: cimiento, base y pilares Bosque primario	-0.9693453 - 77.8883457 717.06711305390 16 4.8	-0.9693453	-77.8883457	717.0671131	4.8
07/08/2021	Segunda Salida	Chuto	Postes para alumbrados, columnas, vigas	-0.937037 - 77.887058 0 0	-0.937037	-77.887058	0	0
24/07/2021	Primera Salida	Cuarzo	En el lugar se pudo encontrar varios ejemplares, pero de diferentes colores y tamaños. El ejemplar tiene de 4 a 5 cm de diámetro. El cuarzo hay blancos y otros de color que son aleaciones en el material pero que no elimina su dureza. El cuarzo es característico por su dureza. Por lo general se los encuentra en las orillas de fuentes de agua.	-0.9721588 - 77.8886226 683.57074043414 18 4.9	-0.9721588	-77.8886226	683.5707404	4.9
21/08/2021	Tercera Salida	Cuarzo	Roca de aproximadamente 3 metros cúbitos (parte visible) Bosque primario	-0.7229949 - 77.7485927 1219.7352795079 323 7.861	-0.7229949	-77.7485927	1219.73528	7.861
07/08/2021	Segunda Visita	Dendrocalamus	Mancha pequeña	-0.9372811 - 77.8873778 740.86235053145 46 4.0	-0.9372811	-77.8873778	740.8623505	4
07/08/2021	Segunda Salida	Dendrocalamus	Mancha pequeña Ubicada en finca de Pedro Aguinda	-0.9344834 - 77.8771547 707.40140172398 74 4.0	-0.9344834	-77.8771547	707.4014017	4
07/08/2021	Segunda Salida	Dendrocalamus	30 m de altura Se identifica como la planta madre de la zona; más de 30 años de edad. Finca de Carlos Grefa	-0.9319647 - 77.8831004 769.91965746107 58 4.992	-0.9319647	-77.8831004	769.9196575	4.992
07/08/2021	Segunda Salida	Guaba	De tronco rígido, madera dura, sirve para bases o columnas	-0.940277 - 77.889719 0 0	-0.940277	-77.889719	0	0

24/07/2021	Primera Salida	Guadua	15 m altura, 7 u 8cm de diámetro Delgada, especie no identificada Propietario de la finca Carlos Grefa Bosque primario	-0.9635181 - 77.8861418 816.17467326454 56 4.9	-0.9635181	-77.8861418	816.1746733	4.9
07/08/2021	Segunda Salida	Guadua	Vía a Los Tanques, a orilla de carretera Guadua de agua, gruesa, sin muchas espinas La mancha se extiende aproximadamente por 4 hectáreas	-0.9337724 - 77.8761268 670.75256850156 22 4.0	-0.9337724	-77.8761268	670.7525685	4
24/07/2021	Primera Salida	Guambula	60 a 80 años, para muebles, la parte dura va al suelo, por lo general en cimentaciones Bosque primario	-0.975549 - 77.87324 0 0	-0.975549	-77.87324	0	0
21/08/2021	Tercera Salida	Guayacan	Maderable, está en peligro de extinción, madera dura, resistente, no se apolilla Bosque primario	-0.706477 - 77.73325 0 0	-0.706477	-77.73325	0	0
24/07/2021	Primera Salida	Hilawaska	Ubicada en bosque primario Liana trepadora Se encontró en la parte baja del cerro Chiuta	-0.9657161 - 77.8867517 725.78482982828 31 71.288	-0.9657161	-77.8867517	725.7848298	71.288

24/07/2021	Primera Salida	Huambula	El ejemplar tiene de unos 60 a 80 años, tardan en crecer. Es una madera fina que puede servir para hacer muebles, también para construcción de viviendas; más es utilizado en cimentaciones de pilotes, porque no se pudre por que tiene un aceite por dentro que lo impide. No necesita de curado. Su coste es alto. El ejemplar es muy joven, tiene un diámetro de 50 a 60 cm aproximadamente. Le cae gusano y lo llaman huambula curu, es comestible. Mientras más dura es la madera más tarda en crecer. Su cáscara lo utilizan como veneno. Se encontró en medio de la selva.	-0.9712668 - 77.8884771 695.71557301723 29 4.9	-0.9712668	-77.8884771	695.715573	4.9
07/08/2021	Segunda Salida	Huarango	Árbol que sirve para la gripe	-0.939611 - 77.886758 0 0	-0.939611	-77.886758	0	0
24/07/2021	Primera Salida	Laurel	Altura aproximadamente 30 metros y diámetro aproximado de 50cm	-0.9604826 - 77.8805244 732.04863706528 12 4.97	-0.9604826	-77.8805244	732.0486371	4.97
24/07/2021	Segunda Salida	Locata	Palma usada para cubierta de techo No se pudo cargar video de descripción del lugar, pero el semejante los videos anteriores.	-0.9864498 - 77.8225953 783.92381971916 48 2194.0	-0.9864498	-77.8225953	783.9238197	2194
07/08/2021	Segunda Salida	Locata	Tarda 5 años en crecer Palma para techos Hasta 10 años aprovechamiento Filo de la vía	-0.9435635 - 77.8868904 768.2022884278 78 4.0	-0.9435635	-77.8868904	768.2022888	4

07/08/2021	Segunda Salida	Locata	Cerca a dendrocalamus Usada para cubiertas de techo	-0.9348766 - 77.8852226 723.08410006265 06 4.0	-0.9348766	-77.8852226	723.0841001	4
07/08/2021	Segunda Salida	Locata	Crece hasta 6 o 7 metros y se demora en crecer hasta 5 años. Es usada como material para cubierta de techo; sirven las hojas desde la mitad para arriba Ubicada a orilla de vía a Los Tanques					
21/08/2021	Tercera Salida	Logma	Cortar madera el luna llena Usado para tablas Bosque primario	-0.698517 - 77.731619 0 0	-0.698517	-77.731619	0	0
24/07/2021	Primera Salida	Manka Alpa	Mina capturada de 10m descubiertos y 1m de altura aproximadamente Plano geológico medido Finca de Carlos Grefa. A orilla de río Plano geológico medido Se usa en enlucidos y elaboración de súper adobe	-0.9717457 - 77.8890477 693.41446538049 98 4.966	-0.9717457	-77.8890477	693.4144654	4.966
21/08/2021	Tercera Salida	Matapalo	Se usa para muebles, no es para tablas Usado para tablas, vigas, columnas	-0.699804 - 77.731619 0 0	-0.699804	-77.731619	0	0

07/08/2021	Segunda Salida	Mezcla de arcilla roja con roca granítica meteorizada	Se encuentra debajo de roca y otra parte cubierta por material orgánico Se encontró acumulación de basura plástica en el lugar. El guía local indicó que ya no se extrae, pero que antes se usaba para alfarería en la comunidad. Arriba del balneario de Alto Tena, justo antes de la primera piscina.	-0.9381041 - 77.8812778 716.56736974229 4.978	-0.9381041	-77.8812778	716.5673697	4.978
24/07/2021	Primera Salida	Morete	Su altura varia entre 20 a 40 metros y su diámetro entre 30 y 60 cm. Se lo puede encontrar en suelos húmedos, bosques pantanosos. Tarda en crecer entre unos 6 a 7 años Cerca de fuente de agua Cerca de la casa del propietario	-0.9604054 - 77.8805682 725.08020671518 4.7	-0.9604054	-77.8805682	725.0802067	4.7
07/08/2021	Segunda Salida	Pambil	El palmito es comestible Bosque primario	-0.9347669 - 77.8758146 709.03018016760 4.166	-0.9347669	-77.8758146	709.0301802	4.166
24/07/2021	Primera Salida	Piedra bola	Se conoce también como canto rodado, su altura es aproximadamente de 20 cm, largo y ancho similar. Propietario Carlos Grefa Abundante material en el río Limolita por los granitos 1/16 y 1/64 con la mezcla de conglomerados para crear esculturas de 1m de altura o más. Se puede usar para	-0.9722157 - 77.8886773 683.56520015860 5.0	-0.9722157	-77.8886773	683.5652002	5

24/07/2021	Primera Salida	Pita	Largo aproximado de hoja: 2 metros Crece en sombra Propietario de finca Félix Grefa Fibra para shigras y faldas.	-0.9607838 - 77.8802854 729.5883887770373 5.0	-0.9607838	-77.8802854	729.5883888	5
24/07/2021	Primera Salida	Pitchigua o Borrego		-0.9710579 - 77.8875569 719.1755176838933 4.857	-0.9710579	-77.8875569	719.1755177	4.857
24/07/2021	Primera Salida	Sandi blanco	Aproximadamente 30m de altura y 2m de diámetro La sabia es similar a leche blanquecina, usada con fines medicinales (gastritis) Propietario de finca Carlos Grefa Encontrada Junto a río	-0.9719163 - 77.8889059 689.0795533741036 4.0	-0.9719163	-77.8889059	689.0795534	4
07/08/2021	Segunda Salida	Sangre de drago	15m de altura y 40 cm de diámetro. Bosque secundario en finca de Juan Carlos Aguinda Grefa La savia es usada con propósitos medicinales. Junto a zona cultivada con guayusa.	-0.9336253 - 77.8843829 713.8192056337176 4.0	-0.9336253	-77.8843829	713.8192056	4

07/08/2021	Segunda Salida	Sangre de drago	Crece hasta una altura aproximada de 20 metros de 15 a 20 años porque su desarrollo es rápido. Su ancho a la altura del pecho puede llegar hasta un diametro de 0.60 centimetros. Hojas semiredondas. La sabia de la corteza extraída se usa con fines medicinales para curar ciertas heridas y la madera se puede usar como encofrados, tumbados, incluso para carbón. El propietario de la finca el Carlos Aguinda Grefa Se encuentra en las partes bajas y húmedas, cerca de los pantanos	-0.9336077 - 77.8843702 701.14731699231 3 5.0	-0.9336077	-77.8843702	701.147317	5
21/08/2021	Tercera Salida	Sangre de drago	Arbol de uso medicinal Bosque primario	-0.704223 - 77.732604 0 0	-0.704223	-77.732604	0	0
24/07/2021	Primera Salida	Sangre de gallina guapa	Ubicada en bosque primario	-0.9846989 - 77.8340479 725.78482982828 31 1200.0	-0.9846989	-77.8340479	725.7848298	1200
24/07/2021	Primera Salida	Shimbi	Su altura llega a ser de 10 a 15 metros. Crece en cualquier parte incluido en chacras. Cae gusano en la palma. Su fibra es utilizado para artesanías. Su fruto es similar al ungurahua. Es una fibra que sirve para artesanías y para techo de casas o cabañas. Se encontraba más o menos oculta del sol. Temperatura cálida.	-0.9698337 - 77.8882439 704.63774875280 49 4.9	-0.9698337	-77.8882439	704.6377488	4.9

07/08/2021	Segunda Salida	Tasawaska	Para hacer amarres, hay bastante en el bosque. Salen varias de una rama Enredadera Hay que plantar esqueje en un árbol que sea duro y resistente, para que no le tumbe	-0.9414909 - 77.8875496 744.88267996341 29 12.147	-0.9414909	-77.8875496	744.88268	12.147
24/07/2021	Primera Salida	Tasawaska	Es bueno para amarres o uniones, y es bastante resistente. También sirve para hacer sombreros y canastas. Encontrado en bosque primario.	-0.966285 - 77.8850108 783.75967423184 91 4.9	-0.966285	-77.8850108	783.7596742	4.9
07/08/2021	Segunda Salida	Teca de monte		-0.9375806 - 77.886551 740.02466853114 52 4.0	-0.9375806	-77.886551	740.0246685	4
21/08/2021	Tercera Salida	Tocota	Maderable, para tablas Bosque primario	-0.706413 - 77.73325 0 0	-0.706413	-77.73325	0	0
24/07/2021	Primera Salida	Ungurahua	Altura 15m y 30cm diámetro Propietario de la finca Carlos Grefa La pepa de la planta se conoce como "Shiguamuyu" Bosque primario	-0.9662204 - 77.8852363 771.22243999544 83 4.857	-0.9662204	-77.8852363	771.22244	4.857
07/08/2021	Primera Salida	Ungurahua	Es un arbol de fruto comestible, sus fibras se usan para hacer shigras	-0.938753 - 77.888432 0 0	-0.938753	-77.888432	0	0
24/07/2021	Primera Salida	Zapote	Es maderable, se puede extraer tablas, vigas, postes o largueros para la construcción de las casas Propietario de la finca Carlos Grefa Estaba cerca del río que se muestra en el vídeo	-0.9719671 - 77.8889774 670.79429921093 98 4.9	-0.9719671	-77.8889774	670.7942992	4.9

24/07/2021	Primera Salida	Zapote	Es maderable, se puede extraer tablas, vigas, postes o largueros para la construcción de las casas Propietario de la finca Carlos Grefa Estaba cerca del río que se muestra en el vídeo	-0.9719671 - 77.8889774 670.79429921093 98 4.9	-0.9719671	-77.8889774	670.7942992	4.9
------------	----------------	--------	---	--	------------	-------------	-------------	-----

Hoja: 1 de 11

Fecha de emisión: 2022-11-10

N° Informe: 22-416

Número de Orden: OT-3026-22

DATOS GENERALES DEL CLIENTE						
Nombre: UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZONICA IKIAM						
Dirección: NAPO / TENA / SAN JUAN DE MUYUNA / VÍA MUYUNA S/N Y VÍA ALTO TENA						
Teléfono: 063700040		Correo electrónico: fredy.llulluna@ikiam.edu.ec				
Persona de Contacto: Ing. Fredy Rafael Llulluna Llumiungua						
DATOS DE LA MUESTRA						
Código de Muestra LEMAT	Descripción de la muestra proporcionada por el cliente	Fecha de Recepción	Muestreo realizado por	Preparación de muestra realizada por	Condición de entrega de la muestra previo al ensayo	Fecha de Ensayo
22-8159	MJB001	2022-11-01	☒ Cliente ☐ Otros ☐ No aplica	☒ Cliente ☐ LEMAT ☐ No aplica	☒ Acorde a norma ☐ No acorde a norma ☐ No aplica	Desde 2022-11-07 hasta 2022-11-09
22-8160	MJB002	2022-11-01	☒ Cliente ☐ Otros ☐ No aplica	☒ Cliente ☐ LEMAT ☐ No aplica	☒ Acorde a norma ☐ No acorde a norma ☐ No aplica	Desde 2022-11-07 hasta 2022-11-09
22-8161	MJB003	2022-11-01	☒ Cliente ☐ Otros ☐ No aplica	☒ Cliente ☐ LEMAT ☐ No aplica	☒ Acorde a norma ☐ No acorde a norma ☐ No aplica	Desde 2022-11-07 hasta 2022-11-09
22-8162	FJB001	2022-11-01	☒ Cliente ☐ Otros ☐ No aplica	☒ Cliente ☐ LEMAT ☐ No aplica	☒ Acorde a norma ☐ No acorde a norma ☐ No aplica	Desde 2022-11-07 hasta 2022-11-09
22-8163	FJB002	2022-11-01	☒ Cliente ☐ Otros ☐ No aplica	☒ Cliente ☐ LEMAT ☐ No aplica	☒ Acorde a norma ☐ No acorde a norma ☐ No aplica	Desde 2022-11-07 hasta 2022-11-09

MC2203-02

Hoja: 2 de 11

N° Informe: 22-416

Fecha de emisión: 2022-11-10

Número de Orden: OT-3026-22

ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELO A LA FIBRA
NORMA DE ENSAYO

Método Interno basado en ASTM D143-21

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Equipos utilizados: MUE 600 kN (EM-008)

Pie de Rey (IM-222)

Velocidad de ensayo: 0.6 mm/min

CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura (máx./mín.): 23.3 °C / 22.5 °C

Humedad (máx./mín.): 57.2 % / 55.1 %

Tabla 1. Resultados. Ensayo de compresión.

Código de submuestra	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Carga máxima (kN)	Esfuerzo máximo (MPa)	Deformación a la carga máxima (%)	Tipo de falla ⁽¹⁾
22-8159-1	50.33	50.26	199.52	58.8	23.2	0.97	Shearing
22-8159-2	50.11	50.17	199.97	64.5	25.7	1.29	Shearing
22-8159-3	50.35	50.43	199.65	63.5	25.0	1.41	Shearing
22-8159-4	50.17	50.10	199.82	61.0	24.3	1.24	Shearing
22-8159-5	50.46	50.32	199.76	60.3	23.8	1.11	Shearing
Promedio				61.6	24.4	1.20	
Desviación estándar				2.3	1.0	0.17	

Tabla 2. Resultados. Ensayo de compresión.

Código de submuestra	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Carga máxima (kN)	Esfuerzo máximo (MPa)	Deformación a la carga máxima (%)	Tipo de falla ⁽¹⁾
22-8160-1	50.81	50.94	199.89	59.7	23.1	1.61	Splitting
22-8160-2	50.91	50.92	199.85	62.1	24.0	1.43	Splitting
22-8160-3	50.94	50.90	199.45	63.8	24.6	1.25	Shearing
22-8160-4	51.01	50.89	200.09	66.1	25.5	1.27	Wedge Split
22-8160-5	50.91	50.84	199.67	63.9	24.7	1.12	Shearing
Promedio				63.1	24.3	1.34	
Desviación estándar				2.4	0.9	0.19	

Tabla 3. Resultados. Ensayo de compresión.

Código de submuestra	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Carga máxima (kN)	Esfuerzo máximo (MPa)	Deformación a la carga máxima (%)	Tipo de falla ⁽¹⁾
22-8161-1	50.51	50.51	199.55	84.5	33.1	0.90	Shearing
22-8161-2	50.53	50.59	199.88	93.3	36.5	0.98	Shearing
22-8161-3	50.50	50.58	199.48	77.7	30.4	0.94	Shearing
22-8161-4	50.60	50.59	199.55	84.3	32.9	0.79	Shearing
22-8161-5	50.66	50.55	199.89	83.9	32.8	0.89	Shearing
Promedio				84.7	33.1	0.90	
Desviación estándar				5.6	2.2	0.07	

OBSERVACIONES:

- Las muestras y la información de las mismas fueron proporcionadas por el cliente.

⁽¹⁾ Los tipos de fallas se indican según la figura 10 de la normativa ASTM D143.

Los resultados declarados en este informe se refieren únicamente a los objetos ensayados o calibrados.

Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc. que se indiquen en este informe, están fuera del alcance de acreditación del SAE. Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe, salvo aprobación escrita del Laboratorio de Evaluación de Materiales.

Campus Gustavo Galindo Velasco, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción.

km 30.5 Vía Perimetral | Telf.: (593-4) 2269 269 ext. 1375 | e-mail: lemat@espol.edu.ec

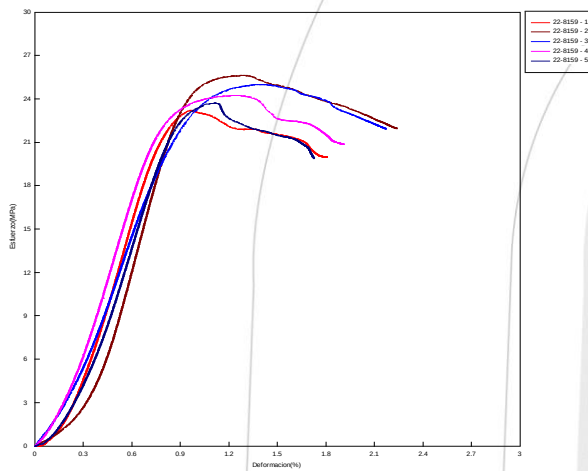
Guayaquil - Ecuador

MC2201-06

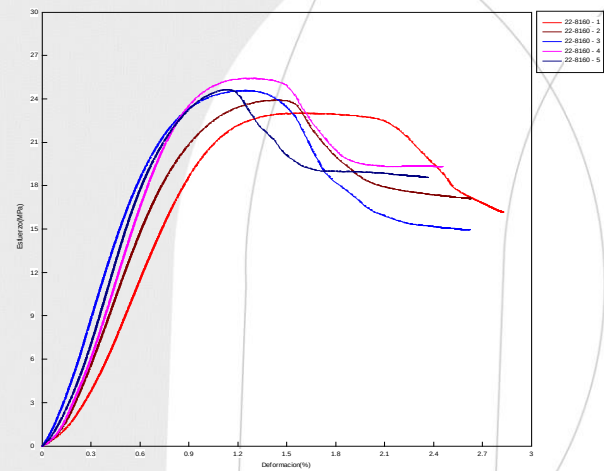
Hoja: 3 de 11
Nº Informe: 22-416

Fecha de emisión: 2022-11-10
Número de Orden: OT-3026-22

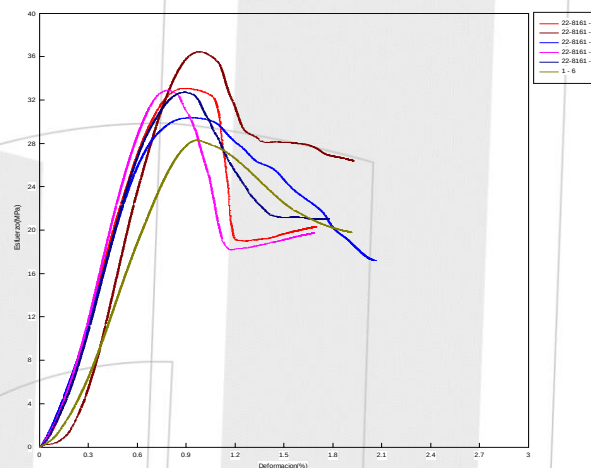
ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELO A LA FIBRA



Gráfica 1. Esfuerzo vs. Deformación. Muestra 22-8159.



Gráfica 2. Esfuerzo vs. Deformación. Muestra 22-8160.



Gráfica 3. Esfuerzo vs. Deformación. Muestra 22-8161.

Hoja: 4 de 11
N° Informe: 22-416

Fecha de emisión: 2022-11-10
Número de Orden: OT-3026-22

ENSAYO DE FLEXIÓN

NORMA DE ENSAYO

Método Interno basado en ASTM D143-21

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Equipos utilizados: MUE 600 kN (EM-008)

Pie de Rey (IM-222)

Velocidad de ensayo: 1.3 mm/min

Separación entre soportes: 360 mm

Diámetro de rodillos: 50 mm

CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura (máx./mín.): 23.3 °C / 22.5 °C

Humedad (máx./mín.): 57.2 % / 55.1 %

Tabla 4. Resultados. Ensayo de flexión.

Código de submuestra	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kN)	Esfuerzo máximo (MPa)	Deformación a la carga máxima (%)	Tipo de falla ⁽¹⁾
22-8159-1	25.48	25.67	1.12	36.3	1.68	Brash Tension
22-8159-2	25.63	25.54	0.90	28.8	1.59	Cross-Grain Tension
22-8159-3	25.63	25.79	1.47	46.7	1.37	Brash Tension
22-8159-4	25.53	25.55	1.09	35.5	1.72	Simple Tension
22-8159-5	25.61	25.63	1.14	36.7	1.05	Cross-Grain Tension
Promedio			1.14	36.8	1.48	
Desviación estándar			0.21	6.4	0.28	

Tabla 5. Resultados. Ensayo de flexión.

Código de submuestra	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kN)	Esfuerzo máximo (MPa)	Deformación a la carga máxima (%)	Tipo de falla ⁽¹⁾
22-8160-1	25.55	25.65	1.26	40.6	1.10	Splintering Tension
22-8160-2	25.84	25.56	0.81	25.7	0.82	Brash Tension
22-8160-3	25.56	25.49	1.05	34.2	1.15	Splintering Tension
22-8160-4	25.55	25.74	1.07	34.4	1.15	Splintering Tension
22-8160-5	25.54	25.73	0.67	21.5	0.72	Brash Tension
Promedio			0.97	31.3	0.99	
Desviación estándar			0.23	7.6	0.20	

Tabla 6. Resultados. Ensayo de flexión.

Código de submuestra	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kN)	Esfuerzo máximo (MPa)	Deformación a la carga máxima (%)	Tipo de falla ⁽¹⁾
22-8161-1	25.51	25.48	1.42	46.2	1.26	Splintering Tension
22-8161-2	25.49	25.50	1.68	54.6	1.56	Splintering Tension
22-8161-3	25.42	25.57	1.57	51.2	1.45	Splintering Tension
22-8161-4	25.53	25.44	1.51	49.2	1.46	Splintering Tension
22-8161-5	25.46	25.51	1.77	57.9	0.97	Splintering Tension
Promedio			1.59	51.8	1.34	
Desviación estándar			0.14	4.6	0.23	

OBSERVACIONES:

- Las muestras y la información de las mismas fueron proporcionadas por el cliente.

⁽¹⁾ Los tipos de fallas se indican según la figura 6 de la normativa ASTM D143.

Los resultados declarados en este informe se refieren únicamente a los objetos ensayados o calibrados.

Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc. que se indiquen en este informe, están fuera del alcance de acreditación del SAE. Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe, salvo aprobación escrita del Laboratorio de Evaluación de Materiales.

Campus Gustavo Galindo Velasco, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción.

km 30.5 Vía Perimetral | Telf.: (593-4) 2269 269 ext. 1375 | e-mail: lemat@espol.edu.ec

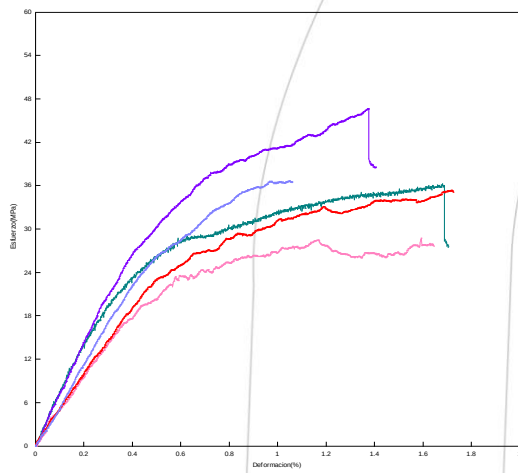
Guayaquil - Ecuador

MC2201-06

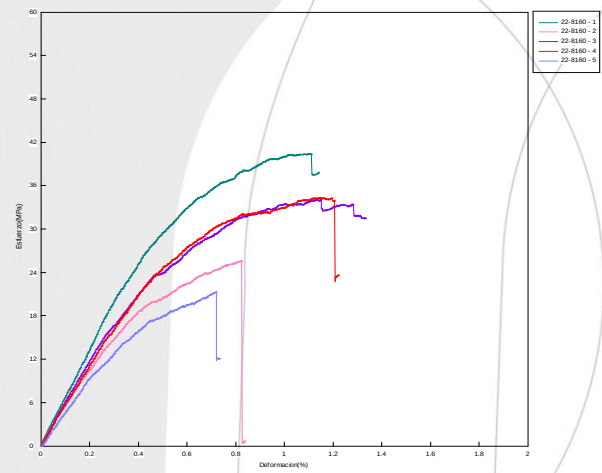
Hoja: 5 de 11
N° Informe: 22-416

Fecha de emisión: 2022-11-10
Número de Orden: OT-3026-22

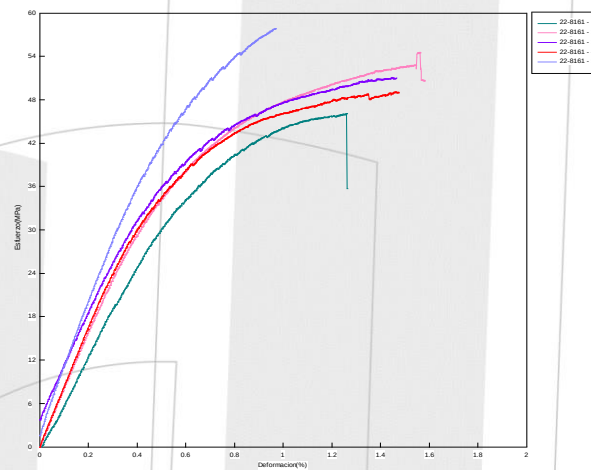
ENSAYO DE FLEXIÓN



Gráfica 4. Esfuerzo vs. Deformación. Muestra 22-8159.



Gráfica 5. Esfuerzo vs. Deformación. Muestra 22-8160.



Gráfica 6. Esfuerzo vs. Deformación. Muestra 22-8161.

Hoja: 6 de 11

Fecha de emisión: 2022-11-10

N° Informe: 22-416

Número de Orden: OT-3026-22

ENSAYO DE CIZALLA PARALELO A LA FIBRA
NORMA DE ENSAYO

Método Interno basado en ASTM D143-21

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Equipos utilizados: MUE 600 kN (EM-008)

Pie de Rey (IM-222)

Velocidad de ensayo: 0.6 mm/min

CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura (máx./mín.): 23.0 °C / 22.2 °C

Humedad (máx./mín.): 57.0 % / 55.5 %

Tabla 7. Resultados. Ensayo de cizalla.

Código de submuestra	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kN)
22-8159-1	50.43	50.56	11.4
22-8159-2	50.49	50.03	12.5
22-8159-3	50.28	49.88	16.7
22-8159-4	50.06	49.97	18.8
22-8159-5	50.38	49.90	13.3
Promedio			14.5
Desviación estándar			3.1

Tabla 8. Resultados. Ensayo de cizalla.

Código de submuestra	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kN)
22-8160-1	50.39	50.62	15.9
22-8160-2	50.64	50.42	14.3
22-8160-3	50.82	50.60	12.9
22-8160-4	50.48	50.73	13.8
22-8160-5	50.62	50.15	16.4
Promedio			14.6
Desviación estándar			1.5

Tabla 9. Resultados. Ensayo de cizalla.

Código de submuestra	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kN)
22-8161-1	50.13	50.29	20.6
22-8161-2	50.24	50.25	21.1
22-8161-3	50.30	50.52	17.5
22-8161-4	50.25	50.50	19.4
22-8161-5	50.32	50.51	19.4
Promedio			19.6
Desviación estándar			1.4

OBSERVACIONES:

- Las muestras y la información de las mismas fueron proporcionadas por el cliente.

Los resultados declarados en este informe se refieren únicamente a los objetos ensayados o calibrados.

Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc. que se indiquen en este informe, están fuera del alcance de acreditación del SAE. Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe, salvo aprobación escrita del Laboratorio de Evaluación de Materiales.

Campus Gustavo Galindo Velasco, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción.

km 30.5 Vía Perimetral | Telf.: (593-4) 2269 269 ext. 1375 | e-mail: lemat@espol.edu.ec

Guayaquil - Ecuador

MC2201-06

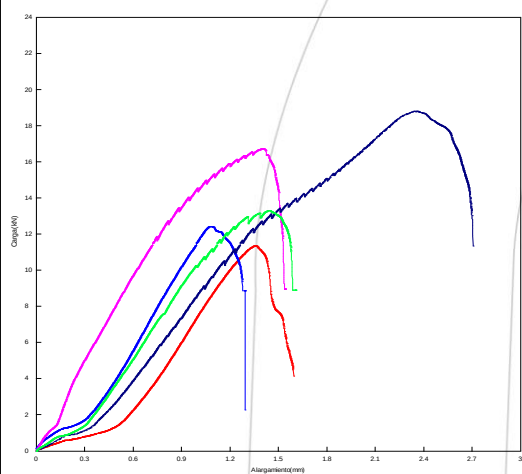
Hoja: 7 de 11

Nº Informe: 22-416

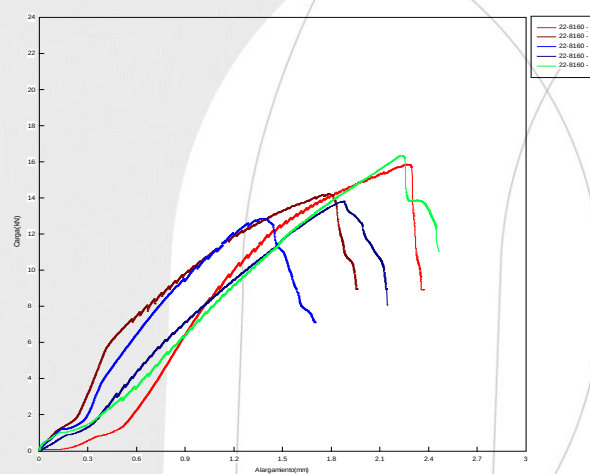
Fecha de emisión: 2022-11-10

Número de Orden: OT-3026-22

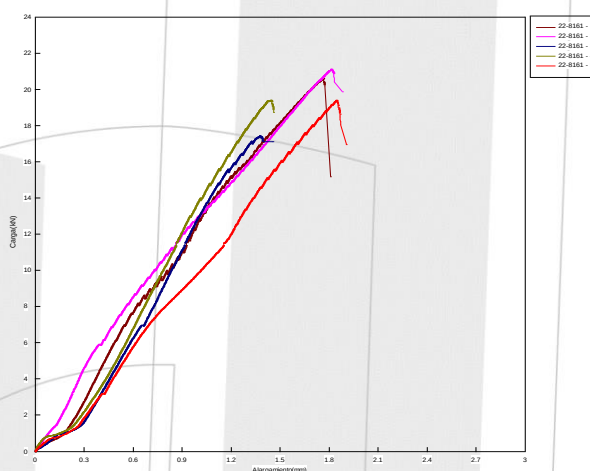
ENSAYO DE CIZALLA PARALELO A LA FIBRA



Gráfica 7. Carga vs. Alargamiento. Muestra 22-8159.



Gráfica 8. Carga vs. Alargamiento. Muestra 22-8160.



Gráfica 9. Carga vs. Alargamiento. Muestra 22-8161.

Hoja: 8 de 11

Fecha de emisión: 2022-11-10

N° Informe: 22-416

Número de Orden: OT-3026-22

ENSAYO DE TENSION

NORMA DE ENSAYO

Método Interno basado en ISO 2307-14

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Equipos utilizados: MUE 600 kN (EM-008)

Pie de Rey (IM-222)

Velocidad de ensayo: 50 mm/min

Separación entre mordazas: 200 mm

CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura (máx./mín.): 23.5 °C / 22.5 °C

Humedad (máx./mín.): 57.3 % / 55.5 %

Tabla 10. Resultados. Ensayo de tensión.

Código de submuestra	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kN)
22-8162-1	1.93	6.34	0.37
22-8162-2	3.25	4.82	0.51
22-8162-3	3.61	4.76	0.41
22-8162-4	3.15	3.85	0.31
22-8162-5	2.92	3.97	0.34
Promedio			0.39
Desviación estándar			0.08

Tabla 11. Resultados. Ensayo de tensión.

Código de submuestra	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Carga máxima (kN)
22-8163-1	2.36	4.02	0.26
22-8163-2	2.19	4.33	0.27
22-8163-3	2.47	3.88	0.30
22-8163-4	2.22	3.57	0.24
22-8163-5	2.13	4.12	0.22
Promedio			0.26
Desviación estándar			0.03

OBSERVACIONES:

- Las muestras y la información de las mismas fueron proporcionadas por el cliente.

Los resultados declarados en este informe se refieren únicamente a los objetos ensayados o calibrados.

Las opiniones, interpretaciones, inspecciones, etc. que se indiquen en este informe, están fuera del alcance de acreditación del SAE.

Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe, salvo aprobación escrita del Laboratorio de Evaluación de Materiales.

Campus Gustavo Galindo Velasco, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción.

km 30.5 Vía Perimetral | Telf.: (593-4) 2269 269 ext. 1375 | e-mail: lemat@espol.edu.ec

Guayaquil - Ecuador

MC2201-06

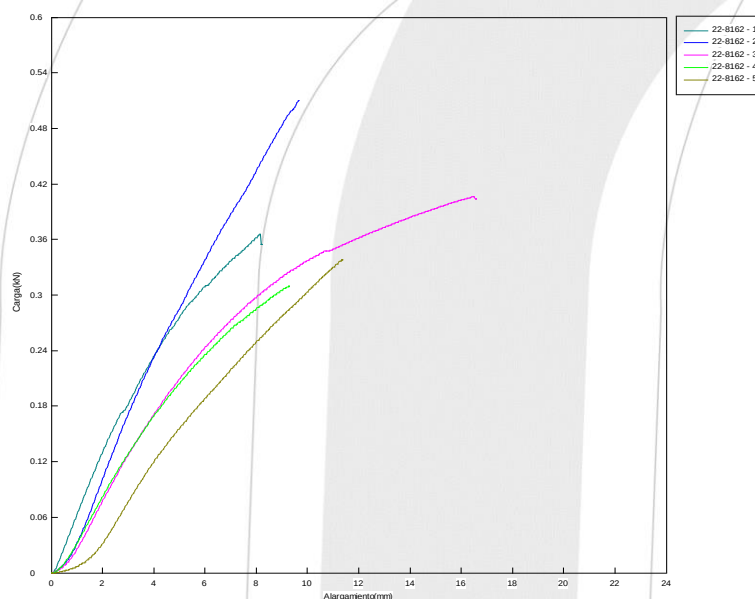
Hoja: 9 de 11

Nº Informe: 22-416

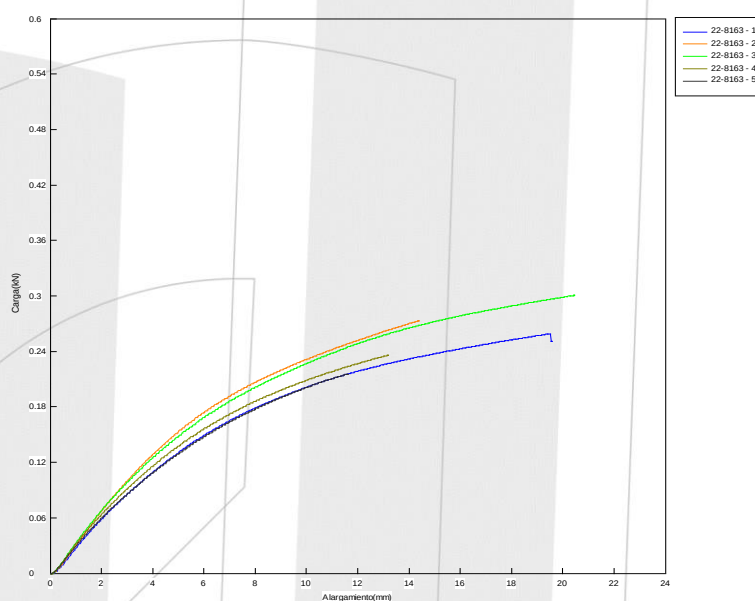
Fecha de emisión: 2022-11-10

Número de Orden: OT-3026-22

ENSAYO DE TENSIÓN



Gráfica 10. Carga vs. Alargamiento. Muestra 22-8162.



Gráfica 11. Carga vs. Alargamiento. Muestra 22-8163.

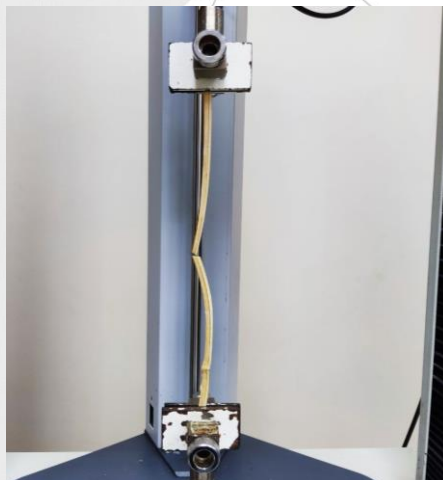
Hoja: 10 de 11
N° Informe: 22-416

Fecha de emisión: 2022-11-10
Número de Orden: OT-3026-22

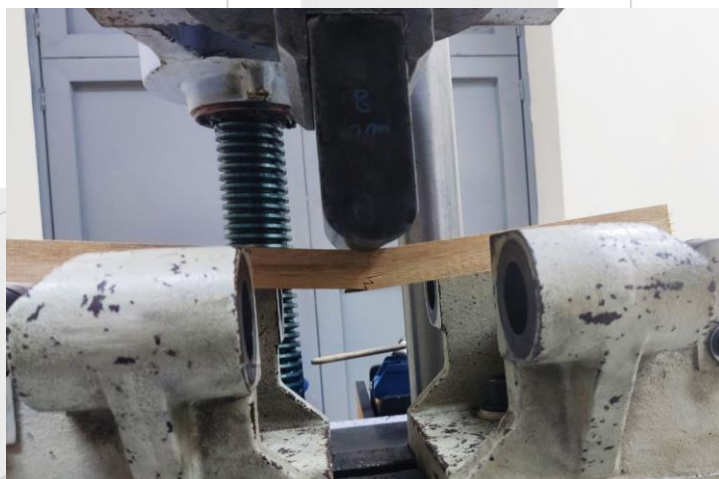
FOTOGRAFÍAS DE ENSAYOS



Fotografía 1. Ensayo de compresión.



Fotografía 2. Ensayo de tensión.



Fotografía 3. Ensayo de compresión.



Fotografía 4. Ensayo de Cizalla.

Hoja: 11 de 11

Fecha de emisión: 2022-11-10

N° Informe: 22-416

Número de Orden: OT-3026-22

RESUMEN DE RESULTADOS

Tabla 12. Resumen de resultados.

Ensayo	Código de muestra	Propiedad medida		
		Carga Máxima (kN)	Esfuerzo máximo (MPa)	Deformación a la carga máxima (%)
Compresión paralelo a la fibra	22-8159	61.6	24.4	1.20
	22-8160	63.1	24.3	1.34
	22-8161	84.7	33.1	0.90
Flexión	22-8159	1.14	36.8	1.48
	22-8160	0.97	31.3	0.99
	22-8161	1.59	51.8	1.34
Cizalla paralelo a la fibra	22-8159	14.5	-	-
	22-8160	14.6	-	-
	22-8161	19.6	-	-
Tensión	22-8162	0.39	-	-
	22-8163	0.26	-	-

OBSERVACIONES:

Los resultados emitidos en este informe se refieren exclusivamente a los materiales, muestras o equipos que se indican en el mismo. Salvo mención expresa, las muestras o equipos han sido libremente elegidas y enviadas por el cliente.



Firmado electrónicamente por:
**ANDRES ALBERT
DAMIAN VALLEJO**

Departamento Técnico

ANEXO 17: COMPROBACIONES DE DISEÑO

VIGAS PRINCIPALES

ALGORITMO PARA ESTRUCTURAS DE BAMBÚ				
VARIABLE	VALOR	UNIDA DES	DEFINICIÓN.	EXT RAS
0.- INGRESO DE LA GEOMETRÍA Y PROPIEDADES DEL BAMBÚ				
D	12	cm	Diametro exterior	
t	2	cm	Espesor del culmo de bambú	
d	8	cm	Diámetro interior	
lo=	816,81	cm ⁴	Inercia de la sección transversal	
PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS				
E0.5	122366,4	Kgf/c m ²	Módulo de Elasticidad promedio	
E0.05	76479	Kgf/c m ²	Módulo de Elasticidad 0.05	
Emin	40788,8	Kgf/c m ²	Módulo de Elasticidad mínimo	
G0.5	4370,23	Kgf/c m ²	Módulo de corte promedio	
G0.05	2731,39	Kgf/c m ²	Módulo de corte 0.05	
Gmin	1456,74	Kgf/c m ²	Módulo de corte mínimo	
ESFUERZOS ADMISIBLES				
Fb	152,96	Kgf/c m ²	Esfuerzo admisible a Flexión	
Ft	193,75	Kgf/c m ²	Esfuerzo admisible a Tracción	
Fc	142,76	Kgf/c m ²	Esfuerzo admisible a Compresión longitudinal	
Fp	14,28	Kgf/c m ²	Esfuerzo admisible a compresión trasnversal	
Fv	12,24	Kgf/c m ²	Esfuerzo admisible a Corte	
CARGAS MUERTAS				
M	22,8722	Kgf/c m ²	Otros cargas	
Techo	1764	Kgf/c m ²	Piso de madera	
CARGA M adc	20	42,8722		
	1764	Kgf/c m ²	Carga muerta total	
CARGA VIVA				
CALGA L	200	Kgf/c m ²	Carga viva total	
CARGA DE DISEÑO				

CARGA M+L	242,872	Kgf/c	2176	m ²	Carga de diseño.
1.- VIGAS PRINCIPALES					
SECCIÓN	2C5F		(ver tabla 00A)		
ÁREA	628,32	cm ²	Área de la sección		
Ycg (cm)	30	cm	Centro de gravedad y-y		
Xcg (cm)	12	cm	Centro de gravedad x-x		
Inercia (cm4) X-X	189123,88	cm ⁴	Momento de Inercia x.x		
radio de giro X-X	17,35	cm	Radio de giro x-x		
S Módulo de sección(cm3) X-X	6304,13	cm ³	Módulo de sección x-x		
h (cm)	60	cm	Altura total de la sección		
Inercia (cm4) Y-Y	30787,61	cm ⁴	Momento de inercia y-y		
radio de giro Y-Y	7,00	cm	Radio de giro y-y		
S Módulo de sección(cm3) Y-Y	2565,63	cm ³	Módulo de sección y-y		
DATOS DE VIGAS					
Lvp	5	m	Longitud máxima de la viga secundaria		
Sepvs (D<S<= 50 cm)	500	cm	Separación de las vigas secundarias		
q	979,20	Kgf/m	Cargal lineal sobre vigas secundarias		
V	2448,00	Kgf	Cortante actuante sobre la viga secundaria		
M	3060	kgf.m	Momento actuante sobre la viga secundaria		
Delta	240		Coeficiente de deflexión		
Dads	21	mm	Deflexión admisible normativa		
CÁLCULO DE CARGA PARA SECCIONES					
W	1214,36	Kgf/m	carga para el cálculo de sección.		
W-i	1214,36	Kgf/m	carga para deflexiones inmediatas.		
W-f	1900,21	Kgf/m	Carga para deflexiones diferidas.		
INERCIAS POR DEMANDA DE DISEÑO PARA CONTROL DE DEFLEXIONES					D/C
PARA (E 0.05)					
Iw (E005)	62024,84	cm ⁴	Inercia para el cálculo de sección		32,8 %
Iw-i (E005)	62024,84	cm ⁴	Inercia para verificación de deflexiones i		32,8 %
Iw-f (E005)	97055,39	cm ⁴	Inercia para verificación de deflexiones f		51,3 %
PARA (E min) PREFERENCIAL					

Iw (Emin)	116296,58	cm ⁴	Inercia para el cálculo de sección	61,5 %
Iw-i (Emin)	116296,58	cm ⁴	Inercia para verificación de deflexiones i	61,5 %
Iw-f (Emin)	181978,86	cm ⁴	Inercia para verificación de deflexiones f	96,2 %
FLEXIÓN				
CD	0,9	0,57	Coeficiente de modificación por duración de la carga	
Cm	0,7		Coeficiente de modificación por contenido de humedad	
Ct	1		Coeficiente de modificación por temperatura	
CL	0,98		Coeficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas	
CF	1		Coeficiente de modificación por forma	
Cr	1		Coeficiente de modificación por distribución de cargas	
Cc	0,93		Coeficiente de modificación por cortante	
f`b	87,83	Kgf/c m ²	Esfuerzo admisible modificado a flexión	
fb	48,54	Kgf/c m ²	Esfuerzo a flexión actuante	
D/C	55,3%		Demanda/Capacidad	
CORTANTE				
Vcal	1860,48	Kg	Cortante de cálculo	
CD	0,9	0,66	Coeficiente de modificación por duración de la carga	
Cm	0,8		Coeficiente de modificación por contenido de humedad (localidades de Ecuador)	
Ct	1		Coeficiente de modificación por temperatura	
CL	0,98		Coeficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas (H/b)	
CF	1		Coeficiente de modificación por forma	
Cr	1		Coeficiente de modificación por distribución de cargas	
Cc (Lvs/D mayor 15)	0,93		Coeficiente de modificación por cortante	
F`v	8,03	Kgf/c m ²	Esfuerzo admisible modificado para corte	
Fv	5,77	Kgf/c m ²	Esfuerzo cortante	
D/C	71,9%		Demanda/Capacidad	
APLASTAMIENTO				
b	30	cm	Ancho de apoyo donde descanza la viga secundaria (>= Diámetro exterior)	
CD	0,9	0,66	Coeficiente de modificación por duración de la carga	

Cm	0,8		Coeficiente de modificación por contenido de humedad	
Ct	1		Coeficiente de modificación por temperatura	
CL	0,98		Coeficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas	
CF	1		Coeficiente de modificación por forma	
Cr	1		Coeficiente de modificación por distribución de cargas	
Cc	0,93		Coeficiente de modificación por cortante	
C-relleno o C-vacio	SI		Condición de relleno de mortero	
F`p	9,37	Kgf/c m ²	Esfuerzo admisible modificado para corte transversal	
tpromedio=	18,16	cm	Espesor promedio en función del los culmos utilizados	
Fp	40,80	Kgf/c m ²		
D/C	435,5%		Demanda/Capacidad	
TENSIÓN				
CD	0,9		Coeficiente de modificación por duración de la carga	
Cm	0,8		Coeficiente de modificación por contenido de humedad	
Ct	1		Coeficiente de modificación por temperatura	
CL	0,98	0,66	Coeficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas	
CF	1		Coeficiente de modificación por forma	
Cr	1		Coeficiente de modificación por distribución de cargas	
Cc	0,93		Coeficiente de modificación por cortante	
F`p	127,14	Kgf/c m ²	Esfuerzo admisible modificado para corte transversal	
Fuerza sismo	1000	kgf	Tracción por efecto de sismo	
Fp	1,59	Kgf/c m ²	Esfuerzo cortante	
D/C	1,3%			

VIGAS SECUNDARIAS

ALGORITMO PARA ESTRUCTURAS DE BAMBÚ				
VARIABLE	VALOR	UNIDAD	DEFINICIÓN	EXTRAS
0.- INGRESO DE LA GEOMETRÍA Y PROPIEDADES DEL BAMBÚ				
D	12	cm	Diametro exterior	
t	2	cm	Espesor del culmo de bambú	
d	8	cm	Diámetro interior	
PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS				
E0.5	12236 6,4	Kgf/cm ²	Módulo de Elasticidad promedio	
E0.05	76479 40788	Kgf/cm ²	Módulo de Elasticidad 0.05	
Emin	,8	Kgf/cm ²	Módulo de Elasticidad mínimo	
G0.5	4370, 23	Kgf/cm ²	Módulo de corte promedio	
G0.05	2731, 39	Kgf/cm ²	Módulo de corte 0.05	
Gmin	1456, 74	Kgf/cm ²	Módulo de corte mínimo	
ESFUERZOS ADMISIBLES				
Fb	152,9 6	Kgf/cm ²	Esfuerzo admisible a Flexión	
Ft	193,7 5	Kgf/cm ²	Esfuerzo admisible a Tracción	
Fc	142,7 6	Kgf/cm ²	Esfuerzo admisible a Compresión longitudinal	
Fp	Kgf/cm ² 14,28	Kgf/cm ²	Esfuerzo admisible a compresión trasnversal	
Fv	Kgf/cm ² 12,24	Kgf/cm ²	Esfuerzo admisible a Corte	
CARGAS MUERTAS				
M	Kgf/cm ² 22,87	Kgf/cm ²	Otras cargas	
Pm	Kgf/cm ² 20	Kgf/cm ²	Piso de madera	
CARGA M adc	Kgf/c 42,87	m ²	Carga muerta total	
CARGA VIVA				
CALGA L	Kgf/c 200	m ²	Carga viva total	
CARGA DE DISEÑO				
CARGA M+L	242,8 7	Kg/m ²	Carga de diseño	

1.- VIGAS SECUNDARIAS

SECCIÓN	2C2F		(ver tabla 00A)
ÁREA	251,33	cm ²	Área de la sección
Ycg (cm)	12	cm	Centro de gravedad y-y
Xcg (cm)	12	cm	Centro de gravedad x-x
Inercia (cm ⁴) X-X	12315,04	cm ⁴	Momento de Inercia x-x
radio de giro X-X	7,00	cm	Radio de giro x-x
S Módulo de sección(cm ³) X-X	1026,25	cm ³	Módulo de sección x-x
h (cm)	24	cm	Altura total de la sección
Inercia (cm ⁴) Y-Y	12315,04	cm ⁴	Momento de inercia y-y
radio de giro Y-Y	7,00	cm	Radio de giro y-y
S Módulo de sección(cm ³) Y-Y	1026,25	cm ³	Módulo de sección y-y
DATOS DE VIGAS			
Lvs	4	m	Longitud máxima de la viga secundaria
Sepvs (D<S<= 50 cm)	42	cm	Separación de las vigas secundarias
q	102,01	Kgf/m	Cargal lineal sobre vigas secundarias
V	204,01	Kgf	Cortante actuante sobre la viga secundaria
M	204,01	kgf.m	Momento actuante sobre la viga secundaria
Delta	240		Coeficiente de deflexión
Dads	17	mm	Deflexión admisible normativa
CÁLCULO DE CARGA PARA SECCIONES			
W	102,01	Kgf/m	Carga para el cálculo de sección
W-i	102,01	Kgf/m	Carga para deflexiones inmediatas
W-f	159,62	Kgf/m	Carga para deflexiones diferidas
INERCIAS POR DEMANDA DE DISEÑO PARA CONTROL DE DEFLEXIONES.			
PARA (E 0.05)			
Iw (E005)	2667,56	cm ⁴	Inercia para el cálculo de sección
Iw-i (E005)	2667,56	cm ⁴	Inercia para verificación de deflexiones i
Iw-f (E005)	4174,16	cm ⁴	Inercia para verificación de deflexiones f

PARA (E min) PREFERENCIAL				
Iw (Emin)	5001,68	cm ⁴	Inercia para el cálculo de sección	40,6 %
Iw-i (Emin)	5001,68	cm ⁴	Inercia para verificación de deflexiones i	40,6 %
Iw-f (Emin)	7826,55	cm ⁴	Inercia para verificación de deflexiones f	63,6 %
FLEXIÓN				
H/D	1	cm/cm	No requiere soporte lateral	
CD	0,9	0,57	Coeficiente de modificación por duración de la carga	
Cm	0,7		Coeficiente de modificación por contenido de humedad	
Ct	1		Coeficiente de modificación por temperatura	
CL	0,98		Coeficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas	
CF	1		Coeficiente de modificación por forma	
Cr	1		Coeficiente de modificación por distribución de cargas	
Cc	0,93		Coeficiente de modificación por cortante	
f`b	87,83		Kgf/cm ²	Esfuerzo admisible modificado a flexión
fb	19,88	Kgf/cm ²	Esfuerzo a flexión actuante	
D/C	22,6%		Demanda/Capacidad	
CORTANTE				
Vcal	359,04	Kg	Cortante de cálculo	
CD	0,9	0,66	Coeficiente de modificación por duración de la carga	
Cm	0,8		Coeficiente de modificación por contenido de humedad (localidades de Ecuador)	
Ct	1		Coeficiente de modificación por temperatura	
CL	0,98		Coeficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas (H/b)	
CF	1		Coeficiente de modificación por forma.	
Cr	1		Coeficiente de modificación por distribución de cargas	
Cc (Lvs/D mayor 15)	0,93		Coeficiente de modificación por cortante	
F`v	8,03		Kgf/cm ²	Esfuerzo admisible modificado para corte
Fv	2,78	Kgf/cm ²	Esfuerzo cortante	
D/C	34,7%		Demanda/Capacidad	
APLASTAMIENTO				

b	24	cm	Ancho de apoyo donde descanza la viga secundaria (>= Diámetro exterior)	
CD	0,9	0,66	Coeficiente de modificación por duración de la carga	
Cm	0,8		Coeficiente de modificación por contenido de humedad	
Ct	1		Coeficiente de modificación por temperatura	
CL	0,98		Coeficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas	
CF	1		Coeficiente de modificación por forma	
Cr	1		Coeficiente de modificación por distribución de cargas	
Cc	0,93		Coeficiente de modificación por cortante	
C-relleno o C-vacio	SI		Condición de relleno de mortero	
F`p	9,37	Kgf/cm ²	Esfuerzo admisible modificado para corte transversal	
tpromedio=	7,24	cm	Espesor promedio en función del los culmos utilizados	
Fp	4,25	Kgf/cm ²	Esfuerzo aplicable	
D/C	45,4%		Demanda/Capacidad	

TENSIÓN				
CD	0,9	0,66	Coeficiente de modificación por duración de la carga	
Cm	0,8		Coeficiente de modificación por contenido de humedad	
Ct	1		Coeficiente de modificación por temperatura.	
CL	0,98		Coeficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas.	
CF	1		Coeficiente de modificación por forma.	
Cr	1		Coeficiente de modificación por distribución de cargas.	
Cc	0,93		Coeficiente de modificación por cortante.	

COLUMNAS

SECCIONES DE COLUMNAS			
b=	30	cm	
h=	30	cm	
Np	2	Uni.	Número de pisos
Hc	3,15	m	Altura de columna
k=	0,5	Adim.	Coefficiente (en función de las condiciones de apoyo de la columna)
PEtabs=	5200	kgf	Axial Etabs
MEtabs=	1000	kgf*m	

COLUMNAS			
At=	16	m ²	Área tributaria
P=	14784	kgf	Carga axial solicitante
A=	900	cm ²	Área transversal
Ycg=	15	cm	Centroide YY
Xcg=	15	cm	Centroide XX
Iyy=	67500	cm ⁴	Inercia YY
Ixx=	67500	cm ⁴	Inercia XX
ryy=	8,66	cm	Radio de giro YY
rx=	8,66	cm	Radio de giro XX
Syy=	4500,00	cm ³	Módulo de sección elástico YY
Sxx=	4500,00	cm ³	Módulo de sección elástico XX
Zyy=	6750,00	cm ³	Módulo de sección plástico YY
Zxx=	6750,00	cm ³	Módulo de sección plástico XX
P(1m)=	90	kgf/m	Peso por cada metro de la columna
ESBELTEZ			
Lef=	1,575	m	Longitud efectiva
λyy=	5,25	adim	Esbeltez YY
λxx=	5,25	adim	Esbeltez XX
Cκ=	17,98		Límite (de esbeltez)
CORTA			Tipo de columna
CARGA AXIAL MÁXIMA ADMISIBLE			
Nadm=	133073,46	kgf	
D/C=	11%		
CARGA AXIAL MÁXIMA ADMISIBLE			
Ncr=	2601638,46	kgf	Carga crítica de Euler
km	1,01	Adim.	
D/C=	22%		
CARGA AXIAL MÁXIMA ADMISIBLE			
D/C=	21,5%		

Cargas muertas de las instalaciones tomadas a consideración

Pared de madera	125 kgf/m^2
Instalaciones	20 kgf/m^2
Piso de madera	20 kgf/m^2
Otros pesos	20 kgf/m^2
TOTAL	185 kgf/m^2

Fuente: Norma Ecuatoriana de Construcción NEC

. Carga viva

Carga Viva	200 kgf/m^2
------------	---------------------------------

. Carga de diseño

$$Cd = Cm + Cv$$

$$Cd = 385 \frac{kgf}{m^2}$$

. Longitud de viga de bambú

$$L = 4 \text{ m}$$

. Carga distribuida

$$W_u = 267.87 \frac{kgf}{m}$$

. Cortante Máximo

$$RA = RB = \frac{W_u * l}{2}$$

$$RA = RB = 535.74 \text{ kgf}$$

. Momento Máximo

$$M_{max} = \frac{W_u * l^2}{8}$$

$$M_{max} = 535.74 \text{ kgf} * m$$

. Área del bambú transversal

Datos:

$$b = 7 \text{ cm}$$

$$h = 16 \text{ cm}$$

$$A = b * h$$

$$A = 112 \text{ cm}^2$$

. Sección de vigas secundarias

Inercia en "Y"

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$I = 52389.33 \text{ cm}^4$$

. Inercia en "X"

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$I = 457.33 \text{ cm}^4$$

. Radio de giro

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

. Radio de giro en "Y"

$$r_y = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$r_y = 4.62 \text{ cm}$$

. Radio de giro en "X"

$$r_x = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$r_y = 2.02 \text{ cm}$$

. Centroide de la viga

Centroide en "Y"

$$Cg_y = \frac{b}{2}$$

$$Cg_y = 13 \text{ cm}$$

Centroide en "X"

$$Cg_x = \frac{b}{2}$$

$$Cg_x = 7 \text{ cm}$$

. Módulo de sección elástico en “Y”

$$S_y = \frac{I_y}{Cg_y}$$

$$S_y = 1577.33 \text{ cm}^3$$

. Módulo de sección elástico en “X”

$$S_x = \frac{I_x}{Cg_x}$$

$$S_y = 849.33 \text{ cm}^3$$

. Módulo de sección plástico en “Y”

$$Z_y = \frac{b \cdot h^2}{4}$$

$$Z_y = 2366 \text{ cm}^3$$

. Módulo de sección plástico en “X”

$$Z_x = \frac{b \cdot h^2}{4}$$

$$Z_x = 1274 \text{ cm}^3$$

. Flexión

$$\sigma_M = \frac{M_{max} \cdot c}{I}$$

$$\sigma_M = 203.79 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

. Flecha

$$f_{adm} = \frac{l}{300}$$

$$f_{adm} = 13.33 \text{ mm}$$

$$f = \frac{5 \cdot W_L \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

$$f = 22.5 \text{ mm}$$