

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE ARQUITECTURA

**DISEÑO E INNOVACIÓN DE ANCLAJES EN BAMBÚ: UN
CATÁLOGO ESTRUCTURAL PARA VIVIENDAS
SOSTENIBLES EN LA CULTURA SHUAR**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ARQUITECTO**

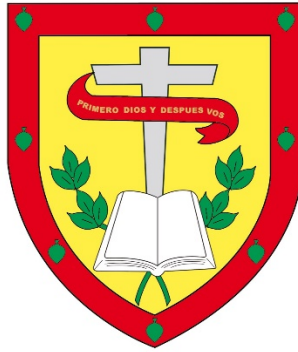
AUTOR: ABEL CAYETANO JARA ORNOÑEZ

DIRECTOR: PEDRO JAVIER ANGUMBA AGUILAR

CUENCA - ECUADOR

2025

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE ARQUITECTURA

DISEÑO E INNOVACIÓN DE ANCLAJES EN BAMBÚ: UN
CATÁLOGO ESTRUCTURAL PARA VIVIENDAS SOSTENIBLES EN
LA CULTURA SHUAR

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ARQUITECTO**

AUTOR: ABEL CAYETANO JARA ORDOÑEZ

DIRECTOR: PEDRO JAVIER ANGUMBA AGUILAR

CUENCA - ECUADOR

2025

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Yo, Abel Cayetano Jara Ordóñez portador de la cédula de ciudadanía N° 1401323660. Declaro ser el autor de la obra: “Diseño e Innovación de Anclajes en Bambú: Un Catálogo Estructural para Viviendas Sostenibles en la Cultura Shuar”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 11 de septiembre de 2025



F:

Abel Cayetano Jara Ordóñez

1401323660

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Abel Cayetano Jara Ordóñez, bajo mi supervisión.

Pedro Javier Angumba Aguilar

DIRECTOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, con profundo respeto y gratitud, a mi padre Miguel, quien ha sido y seguirá siendo un ejemplo para seguir en cada aspecto de la vida. Desde muy joven he visto en él a un hombre íntegro, perseverante y lleno de principios, cuya manera de enfrentar la vida me ha enseñado más que cualquier libro o clase. Su capacidad de trabajo, su templanza en la adversidad y su sabiduría en los momentos de incertidumbre han sido una guía constante para mí. Miguel no solo ha sido un padre, sino un maestro silencioso que, con su ejemplo diario, me ha mostrado el verdadero significado del compromiso, la responsabilidad y la honestidad.

Gracias por enseñarme que los sueños no se alcanzan por casualidad, sino con esfuerzo, constancia y humildad. Por demostrarme que no importa cuán difíciles sean las circunstancias, siempre hay una manera de avanzar con dignidad y con la frente en alto. Tus palabras sabias, tu apoyo incondicional y tu mirada firme han sido pilares fundamentales en mi formación personal y académica. Este logro es tan tuyo como mío, porque en cada página de este trabajo está impreso el ejemplo de vida que me has dado. Eres el modelo que me inspira a ser mejor cada día, a no rendirme y a construir un camino propio con principios firmes, incluso cuando el entorno se vuelve incierto.

A mi madre Jenny, por su amor infinito, sus palabras de ánimo y su apoyo incondicional en cada etapa de esta travesía. Por estar allí con una sonrisa cuando más necesitaba fortaleza, por alentarme a seguir adelante cuando sentía desfallecer, y por confiar en mí incluso en los momentos en los que yo mismo lo dudaba. Su ternura, fe y entrega han sido mi refugio y motor constante, y por ello este logro también le pertenece.

A mis hermanos, Justo y Hernán, con quienes comparto no solo lazos de sangre, sino también momentos de crecimiento, aprendizajes, desafíos y alegrías. Gracias por estar presentes con su apoyo silencioso pero constante, por su compañía cercana y por hacerme sentir que no estoy solo en este camino. Su presencia ha sido un ancla firme en medio del esfuerzo y una fuente invaluable de motivación para seguir avanzando.

A mis amigos, verdaderos compañeros de viaje, que han sido parte fundamental de esta etapa tan significativa de mi vida. Gracias por las charlas interminables, los consejos sinceros, el apoyo desinteresado y por estar presentes tanto en los días buenos como en los momentos difíciles. Su amistad ha sido un espacio de alivio, inspiración y fuerza, y cada uno de ustedes ocupa un lugar especial en este logro.

A todos ustedes, les dedico con todo mi corazón el fruto de este trabajo. Este logro no es solo académico; es también emocional, humano y profundamente compartido.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Miguel y Jenny, por ser la base de todo lo que soy. Gracias por su amor incondicional, su paciencia y su ejemplo constante de esfuerzo y perseverancia. Sin su apoyo y sacrificios, este logro no habría sido posible. A mi familia en general, por estar siempre presente en cada etapa de mi formación, brindándome ánimo y acompañamiento sincero. A mis amigos, por su compañerismo, por los momentos compartidos y por ayudarme a mantenerme firme incluso en los días más difíciles.

Expreso mi profundo agradecimiento al Arq. Pedro Angumba, quien fue guía y mentor a lo largo de este proceso. Su acompañamiento durante la elaboración de la tesis y su compromiso en las aulas de clase fueron fundamentales para mi formación académica y profesional.

Finalmente, a Rachell, por su apoyo silencioso pero constante, por sus palabras de aliento y por estar presente en los momentos en que más lo necesité. Su compañía también fue parte de la fuerza que me sostuvo en este recorrido.

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo principal diseñar sistemas de anclaje innovadores en bambú, a través de un catálogo estructural adaptado a las prácticas constructivas de la cultura Shuar, con el fin de promover la sostenibilidad ambiental y preservar el patrimonio cultural de la comunidad Kumpas en Sucúa, Ecuador. La investigación aborda la problemática de la deforestación y la falta de recursos económicos, proponiendo el bambú como una alternativa viable debido a su resistencia, disponibilidad y bajo impacto ambiental. Se realizó un estudio cualitativo mediante entrevistas semiestructuradas a 7 constructores locales y 4 expertos en construcción con bambú, observación directa y análisis de datos de campo.

Los resultados obtenidos mostraron que el 71.4% de los constructores utiliza bambú en sus construcciones, y el 100% considera la preservación de técnicas tradicionales un aspecto clave. Las pruebas mecánicas realizadas al bambú demostraron que el secado artificial incrementa significativamente su resistencia y rigidez, con un promedio de carga máxima de 2,650 kgf (secado artificial), superando al bambú verde y secado natural. La comunidad y expertos validaron el catálogo estructural de anclajes innovadores aporta soluciones técnicas que equilibran la tradición y la innovación, mejorando la durabilidad y eficiencia de las construcciones. Este trabajo ofrece un enfoque práctico y sostenible para la construcción en comunidades amazónicas.

Palabras clave: bambú, construcción sostenible, Shuar, anclajes, innovación.

ABSTRACT

The main objective of this study is to design innovative bamboo anchoring systems through a structural catalog adapted to the construction practices of the Shuar culture, aiming to promote environmental sustainability and preserve the cultural heritage of the Kumpas community in Sucúa, Ecuador. The research addresses the problems of deforestation and the lack of economic resources by proposing bamboo as a viable alternative due to its strength, availability, and low environmental impact. A qualitative study was conducted using semi-structured interviews with seven local builders and four experts in bamboo construction, direct observation, and field data analysis.

The results showed that 71.4% of builders use bamboo in their constructions and 100% consider the preservation of traditional techniques a key aspect. Mechanical tests carried out on bamboo showed that artificial drying significantly increases its strength and stiffness, with an average maximum load of 2,650 kgf (artificially drying), surpassing green and naturally dried bamboo. The community and experts validated that the catalog of innovative anchoring systems provides technical solutions that balance tradition and innovation, improving the durability and efficiency of constructions. This work offers a practical and sustainable approach to construction in Amazonian communities.

Keywords: bamboo, sustainable construction, Shuar, anchors, innovation

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	
CERTIFICACIÓN	- 4 -
DEDICATORIA	- 5 -
AGRADECIMIENTOS	- 6 -
RESUMEN	- 7 -
ABSTRACT	- 8 -
ÍNDICE DE CONTENIDOS	- 9 -
LISTA DE FIGURAS	- 11 -
LISTA DE TABLAS	- 12 -
LISTA DE ANEXOS	- 13 -
CAPÍTULO I	- 14 -
1. INTRODUCCIÓN	- 14 -
CAPÍTULO II	- 17 -
2. REVISIÓN DE LITERATURA	- 17 -
2.1 EL BAMBÚ COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE	- 17 -
2.1.1 <i>Definición y características generales</i>	- 17 -
2.1.2 <i>Propiedades mecánicas del bambú</i>	- 17 -
2.1.3 <i>Especies comunes en el Ecuador: Guadua angustifolia</i>	- 18 -
2.1.4 <i>Morfología y partes de la guadua angustifolia</i>	- 18 -
2.2 SISTEMAS DE ANCLAJE Y ENSAMBLES EN ESTRUCTURAS DE BAMBÚ	- 19 -
2.2.1 <i>Técnicas tradicionales de ensamble</i>	- 19 -
2.3 INNOVACIONES ACTUALES EN ANCLAJES.....	- 22 -
2.3.1 <i>Polín de bambú ensamblado</i>	- 22 -
2.3.2 <i>Anclaje flexible para paneles ecológicos (GMC)</i>	- 22 -
2.3.3 <i>Conectores de extremidades de bambú</i>	- 23 -
2.3.4 <i>Técnicas tradicionales vs. Modernas de ensamblajes con bambú</i>	- 23 -
2.4 VENTAJAS Y DESAFÍOS	- 25 -
2.5 CULTURA SHUAR Y SU RELACIÓN CON EL HÁBITAT	- 26 -
2.5.1 <i>Ubicación y contexto sociocultural</i>	- 26 -
2.5.2 <i>Arquitectura tradicional Shuar</i>	- 27 -
2.5.3 <i>Problemáticas y retos actuales</i>	- 30 -
2.5.4 <i>Relación de la normativa ecuatoriana y colombiana sobre la construcción con bambú</i> ... -	33 -
2.6 ANÁLISIS DE LOS REFERENTES	- 34 -
2.6.1 <i>Referente uno: Casa Convento</i>	- 35 -
2.6.2 <i>Referente dos: Casa Milguadas</i>	- 37 -
2.6.3 <i>Referente tres: Casa Endémica</i>	- 39 -
CAPÍTULO III	- 44 -
3. MATERIALES Y MÉTODOS (METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN)	- 44 -
3.1 MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN	- 45 -
3.1.1 <i>Entrevista semiestructurada</i>	- 45 -
3.1.2 <i>Observación directa</i>	- 45 -
3.1.3 <i>Diario de campo</i>	- 45 -

3.2	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	- 46 -
3.2.1	<i>Datos cualitativos (entrevistas, observaciones y diario de campo)</i>	- 46 -
3.2.2	<i>Datos cuantitativos (respuestas cerradas en las entrevistas)</i>	- 46 -
3.3	INFORME TÉCNICO CONCRETO 2000X.....	- 47 -
CAPÍTULO IV.....		- 54 -
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 54 -
4.1	ANÁLISIS DE SITIO	- 54 -
4.1.1	<i>Ubicación y delimitación del área de estudio</i>	- 54 -
4.1.2	<i>Accesibilidad y conectividad vial</i>	- 56 -
4.1.3	<i>Topografía y relieve</i>	- 57 -
4.1.4	<i>Cobertura vegetal y estado del paisaje</i>	- 57 -
4.1.5	<i>Clima y condiciones bioclimáticas</i>	- 58 -
4.1.6	<i>Suelo y condiciones geotécnicas</i>	- 58 -
4.1.7	<i>Equipamiento y servicios urbanos existentes</i>	- 59 -
4.1.8	<i>Diagnóstico y conclusiones del sitio</i>	- 59 -
4.2	RESULTADO Y DISCUSIÓN 1	- 60 -
4.2.1	<i>Discusión</i>	- 63 -
4.3	RESULTADO Y DISCUSIÓN 2	- 64 -
4.3.1	<i>Discusión</i>	- 69 -
4.4	RESULTADO Y DISCUSIÓN 3	- 71 -
4.4.1	<i>Discusión</i>	- 75 -
4.5	RESULTADO OBJETIVO ESPECÍFICO DOS	- 77 -
4.5.1	<i>Catálogo innovador</i>	- 77 -
4.6	RESULTADO OBJETIVO ESPECÍFICO TRES	- 85 -
4.6.1	<i>Catálogo estructural</i>	- 86 -
CAPÍTULO V.....		- 109 -
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	- 109 -
5.1	CONCLUSIONES	- 109 -
5.2	RECOMENDACIONES	- 110 -
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		- 111 -
ANEXOS		- 117 -

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Morfología de la guadua.....	- 19 -
Figura 2: Ensamble-Boca de pescado.....	- 20 -
Figura 3: Unión pico de flauta.....	- 20 -
Figura 4: Ejemplos de uniones con fibras naturales	- 21 -
Figura 5: Unión con pasador.....	- 22 -
Figura 6: Esquema de organización del espacio Shuar	- 27 -
Figura 7: Vivienda típica Shuar.....	- 28 -
Figura 8: Vivienda techo a dos aguas.....	- 29 -
Figura 9: Estructura "pau".....	- 29 -
Figura 10: Fases de la investigación.....	- 44 -
Figura 11: Diferentes tipos de bambú que se utilizaron en las pruebas.....	- 51 -
Figura 12: Ensayo de bambú a flexión.....	- 51 -
Figura 13: Probetas de bambú.....	- 52 -
Figura 14: Ensayo de bambú compresión.....	- 53 -
Figura 15: Mapa del Ecuador.....	- 54 -
Figura 16: Mapa de la provincia de Morona Santiago.....	- 55 -
Figura 17: Mapa del Cantón Sucúa-Parroquia Huambi	- 55 -
Figura 18: Estado vial de la comunidad	- 56 -
Figura 19: Senderos peatonales	- 57 -
Figura 20: Tipos de proyectos en los que ha implementado el bambú	- 65 -
Figura 21: Especies de bambú utilizadas.....	- 65 -
Figura 22: Criterios de selección.....	- 66 -
Figura 23: Ventajas técnicas del bambú en comparación con otros materiales.....	- 66 -
Figura 24: Desafíos técnicos y logísticos en la construcción con bambú.....	- 67 -
Figura 25: Soluciones estructurales y sistemas de anclaje	- 68 -
Figura 26: Métodos de tratamiento del bambú.....	- 68 -
Figura 27: Recomendaciones para proteger el bambú.....	- 69 -

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Técnicas tradicionales y modernas de los ensamblajes con bambú	- 23 -
Tabla 2: Lecciones aprendidas y limitaciones técnicas de los referentes.....	- 42 -
Tabla 3: Instrumentos y materiales utilizados	- 46 -
Tabla 4: Análisis fichas de observación.....	- 60 -
Tabla 5: ¿Qué materiales tradicionales utiliza para construir viviendas?.....	- 61 -
Tabla 6: ¿Qué tipo de madera emplean con mayor frecuencia en la comunidad?.....	- 61 -
Tabla 7: ¿Qué criterios utilizan para elegir la madera o bambú adecuado?.....	- 62 -
Tabla 8: ¿Qué problemas ha enfrentado al construir con bambú o madera?.....	- 62 -
Tabla 9: ¿Considera que se deberían recuperar o enseñar más las técnicas tradicionales de construcción a los jóvenes?	- 63 -
Tabla 10: ¿Le gustaría incorporar nuevas técnicas modernas para combinar con sus conocimientos tradicionales?	- 63 -
Tabla 11: Resultados de compresión en muestras verdes	- 71 -
Tabla 12: Resultados de compresión en muestras secadas al natural	- 71 -
Tabla 13: Resultados de compresión en muestras secadas artificialmente	- 72 -
Tabla 14: Resultados de flexión en muestras verdes.....	- 72 -
Tabla 15: Resultados de flexión en muestras secadas al natural	- 73 -
Tabla 16: Resultados de flexión en muestras secadas artificialmente.....	- 74 -

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Entrevista semiestructurada a constructores	- 117 -
Anexo 2 Entrevista semiestructurada a expertos	- 120 -
Anexo 3. Ensayos Guadúa-flexión	- 122 -
Anexo 4. Ensayos guadua- compresión	- 126 -
Anexo 5. Máquina CONCRETO 2000X	- 128 -
Anexo 6. Ensayos guadua a compresión	- 129 -
Anexo 7. Ensayos guadua-flexión	- 130 -

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación nace de la necesidad de encontrar soluciones sostenibles y culturalmente pertinentes para la construcción de viviendas en la cultura Shuar del oriente ecuatoriano, específicamente en la comunidad Kumpas ubicada en el cantón Sucúa en Morona Santiago. La deforestación causada por la tala descontrolada de árboles para actividades diarias, sumada a la falta de recursos económicos ha provocado que el equilibrio ambiental y la calidad de vida de la población sean afectadas. Para evitar que esta situación siga escalando es importante que exista mayor difusión acerca de la aplicación de materiales alternativos como el bambú por sus características de resistencia, disponibilidad y bajo impacto ambiental (Barnet, 2020).

Estudios como el de Añazco (2013) centrados en las propiedades técnicas de la especie *Guadua angustifolia*, demuestran la capacidad estructural y la potencial del bambú como un sustituto sostenible de la madera en contextos rurales. Pero, cabe mencionar que dichas propiedades no han sido aprovechadas al máximo en las comunidades Shuar, ya sea por la falta de conocimiento técnico, manuales adaptados o carencia de recursos para implementar nuevas tecnologías.

En ese contexto surge la presente investigación, para articular los conocimientos tradicionales de la comunidad Kumpas con herramientas actuales de diseño estructural, para el desarrollo de soluciones viables, seguras y en armonía con el entorno. Motivo por el que se propone diseñar un catálogo estructural de anclajes en bambú basado en un proceso participativo y contextualizado que ofrezca alternativas sostenibles y adaptadas a la realidad de la comunidad.

Problemática

En el Oriente ecuatoriano, la cultura Shuar enfrenta una doble problemática: la creciente deforestación de árboles y la falta de recursos monetarios, los cuales impactan significativamente tanto en el ambiente natural como en la calidad de vida de sus comunidades. La deforestación, impulsada en parte por la necesidad de obtener madera para construcción y otras actividades de subsistencia, ha acelerado la pérdida de biodiversidad y ha comprometido la sostenibilidad de los ecosistemas que tradicionalmente sustentan a la cultura Shuar. Esta presión sobre los recursos forestales resulta no solo en la reducción de áreas boscosas vitales, sino también en la disminución de la disponibilidad de materiales de construcción y recursos básicos (Rubenstein, 2002).

Además, la carencia de recursos económicos limita las alternativas de los Shuar para adoptar prácticas de construcción sostenibles, así como el acceso a tecnologías y materiales alternativos, como el bambú, que podrían reducir su dependencia de la madera y mitigar la deforestación. Esta falta de recursos monetarios no solo restringe las posibilidades de inversión en métodos de construcción ambientalmente responsables, sino que también agudiza el ciclo de pobreza y marginación al que se enfrenta esta comunidad, perpetuando la explotación de sus propios ecosistemas (Gnerre, 2000).

La problemática que surge, entonces, se centra en cómo encontrar soluciones que integren materiales sostenibles y sistemas de construcción accesibles para los Shuar, que respeten su cultura y entorno natural, y al mismo tiempo sean económicamente viables. La investigación en alternativas estructurales como el bambú y su potencial para reducir la deforestación es crucial, ofreciendo a la comunidad Shuar una vía para mejorar su calidad de vida y preservar su patrimonio cultural sin comprometer la sostenibilidad ambiental.

El desconocimiento sobre el uso del bambú como material de construcción constituye una problemática significativa que limita su adopción en proyectos constructivos, a pesar de sus propiedades estructurales sobresalientes, como resistencia, flexibilidad y sostenibilidad. En muchas regiones, el bambú es percibido únicamente como un recurso artesanal o decorativo, lo que genera prejuicios sobre su durabilidad y capacidad para ser utilizado en edificaciones seguras y duraderas. Esta falta de conocimiento técnico, sumada a la ausencia de programas educativos y campañas de sensibilización, ha restringido su aplicación frente a materiales convencionales como el concreto o la madera. Esta situación refleja la necesidad de abordar la falta de difusión y formación en torno al potencial constructivo del bambú, lo cual permitiría aprovechar un recurso abundante, económico y ambientalmente sostenible (Ladino, 2023).

Para dicho fin, se plantea como objetivo general:

- Diseñar e innovar sistemas de anclaje en bambú mediante un catálogo estructural, adaptado a las prácticas constructivas de la cultura Shuar, para promover la sostenibilidad ambiental y la preservación cultural.

Y como objetivos específicos:

- Analizar las propiedades mecánicas y constructivas del bambú utilizado por la cultura Shuar, a través de estudios de campo y recopilación de información técnica.
- Proponer diseños de anclajes innovadores que maximicen las propiedades del bambú, integrando técnicas tradicionales y herramientas digitales.

- Elaborar un catálogo estructural con los diseños validados, que funcione como herramienta práctica para la construcción sostenible en las comunidades amazónicas.

En cuanto a la metodología la investigación se basa en el enfoque cualitativo y la participación activa de los constructores de la comunidad Kumpas y se llevó a cabo en cuatro fases: revisión teórica, trabajo de campo, diseño y validación de prototipos y finalmente la elaboración del catálogo. Para el análisis de datos se emplearon los softwares ATLAS.ti (para codificar la información cualitativa) y SPSS (para los datos cerrados). Además, para el diseño de los prototipos se emplearon AutoCAD y Revit, para garantizar la precisión técnica y la adaptabilidad cultural de las propuestas.

De manera que la propuesta aporte soluciones estructurales y fortalezca el patrimonio constructivo ancestral que genere autonomía técnica y además una arquitectura sostenible que vaya desde las comunidades y sirva de ejemplo para todo el Ecuador.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El bambú como material de construcción sostenible

2.1.1 Definición y características generales.

Es un material natural utilizado para la construcción de viviendas en diversas poblaciones. En América Latina se estima que existen 20 géneros y 429 especies distribuidas desde México hasta Argentina. El bambú posee ventajas productivas, económicas y ambientales, debido a que se propaga sin necesidad de replantarlo y su crecimiento es rápido (Torres et al., 2019).

Dentro de sus características se encuentran:

- **Rápido crecimiento:** considerada como la planta de más rápido crecimiento en el planeta, alcanzando su altura máxima entre 20 a 30 días dependiendo de la especie, como, por ejemplo, *Phyllostachys edulis* alcanzó un crecimiento de 121 cm/día en Kyoto, Japón (Vilela et al., 2020).
- **Propiedades estructurales:** posee una excelente relación resistencia-peso que es comparable o superior a algunas maderas. Su buen comportamiento con relación a la flexión y a la tracción lo hace ideal para estructuras de medianas y grandes luces.
- **Fácil de transportar:** su sección circular es generalmente hueca lo hace más liviano, fácil de transportar y almacenar y facilita la construcción rápida de estructuras ya sean temporales o permanentes.
- **Material renovable:** al regenerarse totalmente en tres o cuatro años, se considera un recurso renovable y más accesible para la construcción comparado con otros materiales (Vilela et al., 2020).

2.1.2 Propiedades mecánicas del bambú

A continuación, se presentan las propiedades más importantes:

- **Resistencia a la tracción:** puede alcanzar valores de 200-300 N/mm² (20,000-30,000 kg/cm²) según la especie y condiciones de prueba, llegando a ser hasta cuatro veces superior a su resistencia a compresión.
- **Resistencia a compresión:** presenta una buena resistencia a compresión, pero el pandeo puede ser un problema en elementos largos y delgados razón por la que es común emplear columnas compuestas por varias barras de bambú para mejorar la estabilidad.

- **Resistencia a cortante:** aunque considerada la propiedad mecánica más baja mejora en la zona de los nudos razón por la que en aplicaciones estructurales se emplean soluciones de barras dobles o triples para compensar esta debilidad.
- **Módulo de elasticidad:** tiene la capacidad de soportar deformaciones reversibles significativas sin sufrir un daño permanente.
- **Densidad:** que varía de acuerdo con la especie y la edad del bambú.

2.1.3 Especies comunes en el Ecuador: *Guadua angustifolia*.

De acuerdo con la Estrategia Nacional del Bambú (2019), en Ecuador existen variedad de especies de bambú entre nativas e introducidas. Entre las segundas, que además son especies exóticas, se mencionan *Phyllostachys nigra* y *Phyllostachys pubescens* (conocido como bambú moso de China).

El mismo documento señala que el bambú ocupa una superficie total de 600,026 ha, es decir, el 2% del territorio nacional y se encuentra distribuido en la Costa (65%), Amazonía (23,5%) y la Sierra (10%). En 16 de las 24 provincias del país esta especie se produce de manera abundante debido a las condiciones edafoclimáticas que favorecen su desarrollo y que solo el 15,000 ha están siendo aprovechadas actualmente.

La especie *Guadua angustifolia* en la que se basa la presente investigación, posee una estructura elegante y versátil. sus tallos son cilíndricos y huecos que alcanzan alturas que superan los 20 m. En relación con las hojas, son lanceoladas y se disponen de forma alternada a lo largo del tallo, mientras que sus raíces son rizomatosas, extendiéndose a lo largo del suelo para proporcionar estabilidad la planta (Calle, 2024).

2.1.4 Morfología y partes de la *Guadua angustifolia*.

La *Guadua* está formada por las siguientes partes (Fig. 1):

- Rizomas: se forman en el suelo de manera subterránea como superficial y le proporcionan soporte a la planta.
- Cepa: es la porción inicial del tallo compuesta por fibras compactas y resistentes en una longitud de 4m.
- Basa: es la parte más útil de la planta y tiene un diámetro más regular que las otras partes.
- Tallo o culmo: es cilíndrico que está compuesto por nudos y entrenudos.
- Hojas lanceoladas y que protegen a los rizomas hasta la formación del tallo.
- El follaje: contiene hojas triangulares y alargadas que realizan la fotosíntesis.
- Floración: es un evento extraño y puede tardar décadas en ocurrir (Aguilar, 2019).

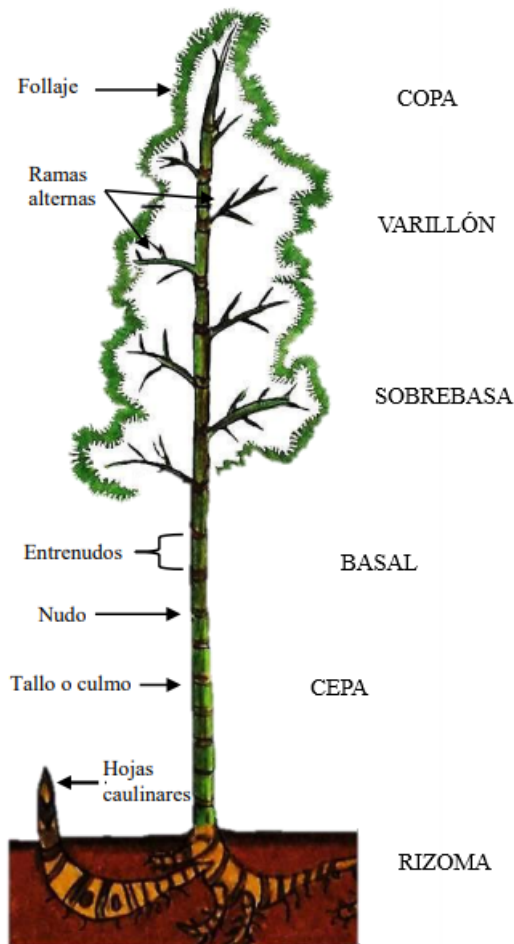


Figura 1: Morfología de la guadua

Fuente: Vargas, A (2022).

2.2 Sistemas de anclaje y ensambles en estructuras de bambú

2.2.1 Técnicas tradicionales de ensamble.

En el siguiente apartado se muestran de manera ilustrativa y resumida las técnicas más conocidas:

Boca de pescado

Sirve para unir el extremo de una caña rolliza a otra perpendicular. Para que la unión sea más fija se puede modelar una especie de “oreja”, que es un pequeño segmento de caña ubicado en la parte inferior de la boca, diseñado para encajar en un orificio realizado en la segunda caña. Dicha parte extra se coloca a 2 o 3 cm del nudo más cercano, para que el sistema garantice una fijación mucho más estable a las estructuras de bambú (Mora, 2015).

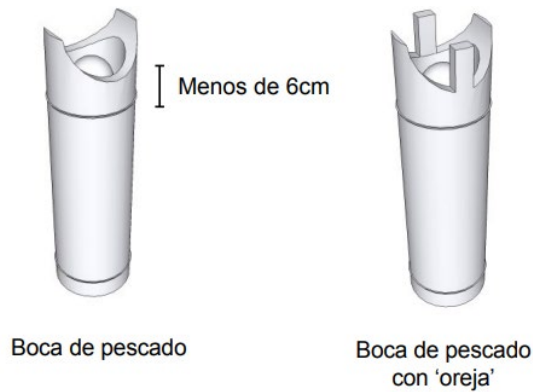


Figura 2: Ensamble-Boca de pescado

Fuente: Morán (2015).

Unión pico de flauta

Se emplea cuando se requiere unir una caña rolliza a otra con un ángulo distinto a 90°. Se caracteriza porque preserva una sección intacta del extremo de la caña, es decir, no se la corta, para aportar mayor resistencia a la unión. Es ideal para estructuras que necesitan mayor estabilidad en ángulos variables y en construcciones donde el bambú necesita tener ajustes más precisos en las uniones.

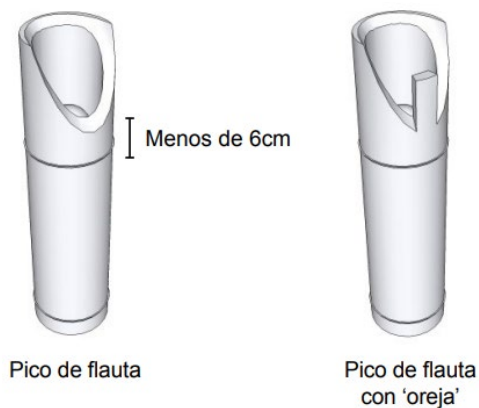


Figura 3: Unión pico de flauta

Fuente: Mora (2015).

Uniones con fibras naturales

Los principales materiales orgánicos que se utilizan son tiras de bambú y fibras de palma que ofrecen compatibilidad ecológica con la estructura. Estos materiales flexibles y resistentes permiten ajustes durante el montaje y mantienen una armonía estética natural. Dentro de sus desventajas se encuentra que son susceptibles al ataque de plagas y hongos y requieren mano de obra especializada como en el caso de ratán. Es recomendable que las fibras sean verdes o remojadas porque al secarse contraen y aprietan mejor las piezas (Ordóñez et al., 2011).

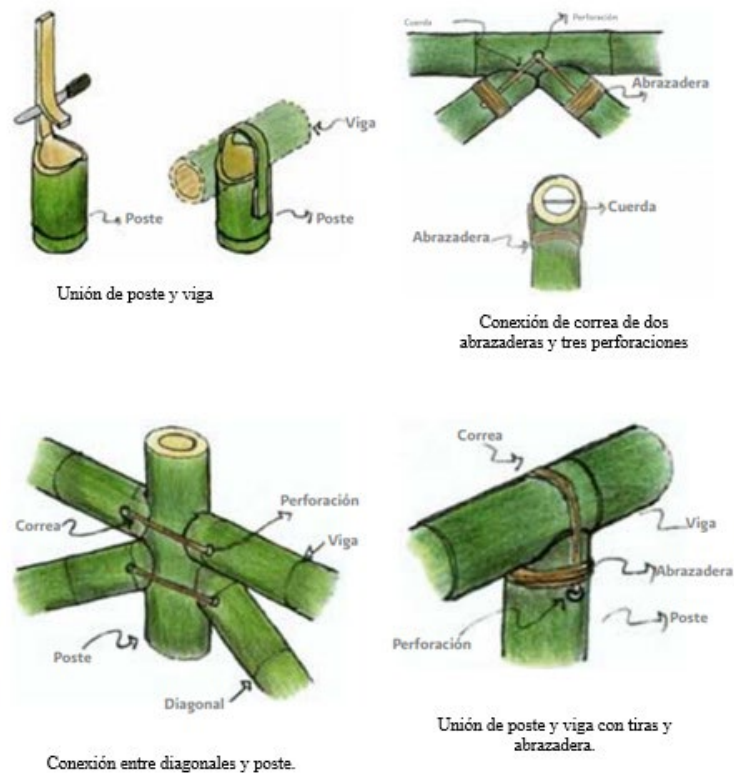


Figura 4: Ejemplos de uniones con fibras naturales

Fuente: Ordóñez et.al (2011).

Ensamblajes con tacos y espigas

Utilizan técnicas similares a las de la carpintería tradicional y se realizan principalmente con pasadores fabricados de madera dura, bambú o acero que se insertan paralelamente al eje de los culmos y se refuerzan con pasadores más pequeños. Para tener mayor estabilidad se complementan con amarres adicionales, aunque tiene una limitación importante, y es que no utiliza la capacidad completa portante del diámetro del culmo para distribuir las cargas reduciendo su eficiencia estructural (Ordóñez et al., 2011).

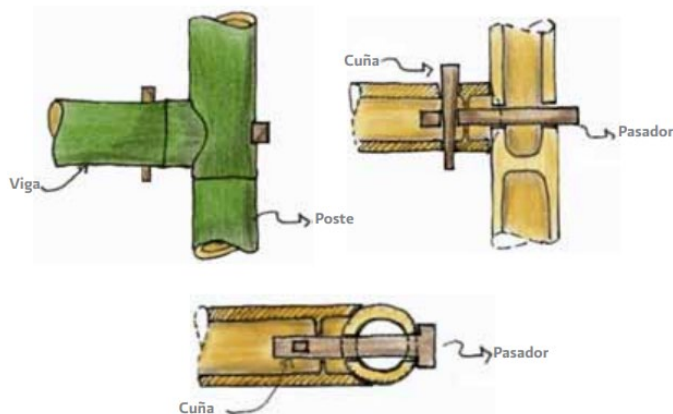


Figura 5: Unión con pasador

Fuente: Ordóñez et.al (2011).

2.3 Innovaciones actuales en anclajes

2.3.1 Polín de bambú ensamblado.

Es un elemento estructural fabricado a partir de la modificación y ensamblaje de tallos de bambú partidos de manera longitudinal en mitades o secciones que posteriormente son unidos mediante separadores y conectores para formar una viga o pieza rígida con sección rectangular cuadrada. Tiene la misma funcionalidad de una viga o morillo tradicional y se lo utiliza para soporte de cubiertas ligeras o techados como también para la conformación de estructuras más complejas.

Es un producto que no se limita a usar las partes más rectas del bambú, sino que ensambla medias cañas del bambú de distintas dimensiones y calibres, contribuyendo a la reducción del desperdicio y amplía el rango de especies que pueden ser empleadas. Otro de sus aportes a la sostenibilidad se da porque al utilizar mano de obra no especializada y materiales accesibles ofrece una alternativa económica frente a métodos convencionales de concreto y acero (Soria y Guerrero, 2019).

2.3.2 Anclaje flexible para paneles ecológicos (GMC).

Está compuesto por guadua laminada, granulados de madera y caucho. Puede utilizarse en muros divisorios en interiores, aprovechando las ventajas de los paneles ecológicos en términos de confort acústico y térmico. El anclaje tipo cola de milano evolutivo se ha adaptado para utilizarse con materiales ecológicos y paneles modulares hasta obtener una forma que otorgue mayor eficacia y distribución de cargas.

El resultado es un anclaje machihembrado circular que permite una carga adecuada, rápida instalación y desmontaje, además, de facilitar su transporte y mejorar el

aprovechamiento del espacio. Su contribución a la sostenibilidad se da porque está elaborado con materiales reutilizables y ecológicos, lo que mitiga la contaminación producida por anclajes industrializados (Gama, 2019).

2.3.3 Conectores de extremidades de bambú.

Estos conectores utilizan un sistema de expansión interno dentro de la pared del tallo para lograr la unión y que no se realicen cortes especiales, perforaciones o uso de pegamentos o morteros. Funciona mediante un dispositivo que comprime unas cuñas que se incrustan en la pared interna del bambú, lo que genera una fijación mecánica firme y ajustable.

Dentro de sus ventajas se encuentran: no requiere pegamento, mortero ni rellenos de concreto, lo que facilita su montaje y desmontaje; evita el debilitamiento del tallo, ya que elimina la necesidad de incisiones o perforaciones, que son prácticas comunes en otras técnicas, y se adapta a las variaciones del diámetro del bambú porque tiene la posibilidad de regular el sistema de expansión (Barnet y Jabrane, 2019).

2.3.4 Técnicas tradicionales vs. Modernas de ensamblajes con bambú

En la siguiente tabla comparativa se observan las técnicas tradicionales y modernas de los ensamblajes con bambú:

Tabla 1: Técnicas tradicionales y modernas de los ensamblajes con bambú

Técnica	Ventajas	Desventajas	Aplicabilidad	Usos en la cultura Shuar
Técnicas tradicionales				
Boca de pescado	-Unión firme y estable. -Permite ajustes con "orejas" para mayor fijación	-Requiere precisión en el tallado. -Depende de la calidad del bambú.	-Estructuras con uniones a 90°.	Construcción de viviendas y chozas tradicionales.
Pico de flauta	-Mayor resistencia al preservar el extremo de la caña.	-Requiere experiencia en el corte y ajuste.	-Estructuras con ángulos no rectos.	Se emplea en la fabricación de canastos y estructuras flexibles para viviendas.

	-Ideal para ángulos variables.			
Unión con fibras naturales	-Son ecológicas y proporcionan armonía. -Flexibles para ajustes durante el montaje.	-Suelen ser susceptibles a plagas y hongos. -Requiere de mano de obra especializada	-Estructuras temporales o artesanales como las cabañas.	Construcción de cabañas y utensilios.
Ensamblados con tacos y espigas	-Características similares a la carpintería tradicional. -Refuerzo con pasadores metálicos o de madera.	-Aprovechamiento limitado de la capacidad portante. -No es tan eficiente en cuestión de estructura.	-Uniones en estructuras secundarias como en muebles.	En muebles y estructuras pequeñas como sillas o mesas.
Técnicas modernas				
Polín de bambú ensamblado	-Reduce desperdicios al usar secciones irregulares. -Económico y sostenible.	-Su diseño debe ser preciso para optimizar la resistencia.	- Se observa en las vigas para cubiertas ligeras o estructuras modulares.	
Anclaje flexible GMC	-Fácil instalación y desmontaje. -Materiales ecológicos y reutilizables.	-Limitado a paneles modulares. -Depende de la calidad del laminado.	-Muros divisorios interiores con paneles ecológicos.	
Conectores de extremidades	-No son necesarios los cortes, pegamentos o morteros. -Se ajusta a diversos diámetros.	-Coste inicial más alto por el uso de tecnología. -Disponibilidad limitada en algunos mercados	-Se utilizan en las estructuras desmontables.	

Fuente: Elaboración propia.

2.4 Ventajas y desafíos

De acuerdo con Bello y Villacreses (2021) las ventajas de construir con bambú son varias:

- **Economía y rapidez:** al ser un material económico facilita la construcción.
- **Sismorresistencia:** gracias a sus propiedades de rigidez de elasticidad y flexibilidad es un material ideal para construcciones sismo resistentes porque no se rompe al curvarse.
- **Ligereza y facilidad de transporte:** por su forma circular y hueca es un material liviano y por tal motivo fácil de transportar.
- **Ecología y sostenibilidad:** es un material ecológico y sostenible por su rápida capacidad de renovación contribuyendo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible y tiene también un bajo impacto ambiental.
- **Generación de empleo:** para su procesamiento manejo y transformación se necesita personal por lo que genera empleo y contribuye a la economía local.

En complemento, los desafíos según Barnet (2020) son los siguientes:

- Exigencia con la materia prima para que por medio del control se asegure la calidad del bambú utilizado.
- Ya que el bambú es un material eco amigable hay que aprovechar su fortaleza y desarrollar proyectos eco turísticos de alto impacto.
- Desarrollar estructuras livianas y fáciles de armar como alternativas económicas y competitivas para usos industriales agrícolas comerciales entre otros.
- Para el desarrollo de modelos 3D y control de diseños complejos es necesario contar con mano de obra calificada.
- La escasez de mano de obra especializada en técnicas adecuadas para trabajar con bambú lo que aumenta los costos y dificulta su implementación a gran escala.

Finalmente, es necesario hacer referencia también a las limitaciones ambientales que se presentan respecto a la construcción con bambú. Al respecto, Bello y Villacreses (2021) indican que la humedad y el ataque de insectos son las principales a tomar en cuenta, ya que afectan a su durabilidad porque puede provocar la pudrición del material y dañarlo.

2.5 Cultura Shuar y su relación con el hábitat

2.5.1 Ubicación y contexto sociocultural.

a. Localización geográfica y relevancia ambiental.

La Amazonía es un territorio con aproximadamente 7.584.331km², distribuidos entre Ecuador, Perú, Colombia, Venezuela, Bolivia, Brasil, Surinam, Guyana francesa y Guyana. Esta región es considerada como el mayor depósito de agua dulce del mundo y el albergue de una enorme biodiversidad de flora y fauna. Desde hace miles de años, la Amazonía ha sido hogar de numerosas poblaciones indígenas organizadas y nacionalidades y pueblos con sus propias lenguas y tradiciones. Con relación a lo geográfico y cultural, la nacionalidad Shuar está presente en Ecuador y Perú, habitando en diversas provincias y distritos característicos de ambas naciones.

La investigación se enfoca en la comunidad Kumpas, ubicada al noroccidente de Sucúa, que alberga alrededor de 200 familias. Sus actividades principales son la agricultura, caza, ganadería y pesca.

b. Organización social y estructura familiar.

Tradicionalmente, el núcleo social de los Shuar estaba constituido por la familia ampliada o extendida que se conformaba por pequeñas unidades familiares que compartían una o varias residencias próximas. La sociedad de Shuar se compone por clanes y sus miembros están unidos por lazos de sangre. Con relación a la división del trabajo esta se hacía según el género y la edad. Tomando en cuenta que la familia es la unidad biológica económica social, política y cultural más importante las decisiones productivas se tomaban a nivel del grupo doméstico para garantizar la subsistencia alimentaria.

La poliginia era una práctica tradicional en la que un hombre podía tener varias esposas, esto reforzaba el liderazgo masculino, pero actualmente esta práctica está en transición hacia el matrimonio monogámico y exógamo debido a relaciones interétnicas más amplias. En relación con la propiedad privada sobre el territorio, esta no existía ya que los recursos de la selva eran compartidos por las familias y los grupos.

c. Organización sociopolítica y federaciones indígenas.

Con relación a la organización sociopolítica las comunidades Shuar están organizadas en varias federaciones y organizaciones que agrupan a la mayoría de la nacionalidad. Las principales instituciones son: La Federación Interprovincial de Centros Shuar (FICSH) compuesta por 668 centros y la Federación Independiente del Pueblo Shuar

del Ecuador (FIPSE) conformada con 47 centros en el área de Transcutucú. Estas federaciones han sido importantes en el proceso organizativo desde la década del 60 y son también parte de la Confederación de Nacionalidades Indígenas de la Amazonía Ecuatoriana (CONFENIAE) y de la Confederación de Nacionalidades Indígenas del Ecuador (CONAIE).

2.5.2 Arquitectura tradicional Shuar.

a. *Diseño y morfología de la vivienda Shuar.*

Según Kayap (2013), tradicionalmente la vivienda ancestral multifamiliar, tiene forma elíptica divide en dos áreas restringidas: el “ekent” que es la zona para las mujeres y los niños y que se relaciona con la huerta; y el “tankamash” como el área social para varones y visitantes, espacio que tiene contacto directo con el bosque, las cascadas o los ríos.

En contraste, González y Herrera (2017) señalan que la vivienda Shuar es una manifestación de su cosmovisión, porque cada elemento arquitectónico y la distribución espacial reflejan a su mitología. Asimismo, la casa es un “axis mundo” o centro del cosmos comunitario en donde se organiza el universo social y espiritual.

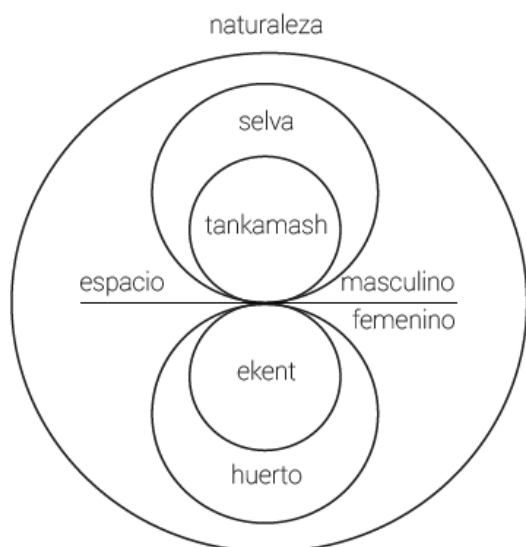


Figura 6: Esquema de organización del espacio Shuar

Fuente: Morocho (2020).

b. *Materiales y técnicas constructivas tradicionales*

Las casas están elaboradas con materiales naturales como guadua y chonta. Las tablillas de chonta se utilizan para las paredes y el techo con hojas de paja, sin el uso de

herramientas modernas. Sino mediante procesos naturales de preservación para que las viviendas se conserven en el tiempo sin contaminar el entorno. Al respecto de la guadua, existen algunas técnicas para su preservación y alargar su vida útil. El preservado y secado sirven para proteger a la caña del ataque de hongos e insectos.

- **Preservación:** que sirve para proteger a las cañas de plagas y organismos destructores. Se puede realizar mediante el curado natural y la inmersión en sales de boro. El curado natural es un método ecológico, donde las cañas maduras se cortan y se dejan en posición vertical para que se fermenten, convirtiendo a los almidones en alcohol para que actúen como insecticida.
- **Secado:** sirve para eliminar el exceso de agua en las cañas. No debe realizarse directamente al sol, sino bajo una cubierta y adecuada ventilación. Y tampoco se debe colocar directamente sobre el suelo porque la caña podría absorber hongos (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2021).

c. Diseño de las viviendas

Planta elíptica u ovalada: es la más característica de las viviendas Shuar, aunque depende también de la disponibilidad de los materiales y de la región (Chiunda, 2013).



Figura 7: Vivienda típica Shuar

Fuente: Sánchez (2016).

Techo a dos aguas: toma su nombre por la forma del techo que tiene una inclinación pronunciada para facilitar el escurrimiento de la lluvia. Se compone por lo general por hojas de palma (González y Herrera, 2017).



Figura 8: Vivienda techo a dos aguas

Fuente: Chakana Chronicles (2014).

Estructura central con postes “pau”: la casa se organiza alrededor de uno o varios postes centrales, de acuerdo con la cosmovisión de los Shuar (Pineda, 2017).



Figura 9: Estructura "pau"

Fuente: Shuarnum (2024).

d. Organización del trabajo y proceso constructivo

Es importante conocer dicho proceso para comprender las técnicas empleadas por los Shuar. A continuación, se mencionan:

- **Minga:** el proceso de construcción se realiza a través de la minga en donde vecinos y amigos contribuyen en la edificación a cambio de comida o beneficios mutuos. Durante la minga se refuerza la cohesión social y existe la transmisión de saberes ancestrales.

- **Roles:** en la construcción los hombres recolectan y ensamblan la estructura, las mujeres proporcionan alimentos y chicha para los trabajadores. Los niños ayudan en tareas menos laboriosas como la preparación de lianas empleadas para los ensamblajes
- **Planificación:** las dimensiones y proporciones se adaptaban durante el proceso al igual que el resultado final.
- **Diseño:** gira en torno al poste central conocido como “pau” que funciona como conector entre los tres niveles más importantes de la cosmovisión Shuar: cielo, mundo e inframundo que simbolizan el macrocosmos representado en la casa (Morocho, 2020).

Así también se tiene al proceso de construcción que comprende varias etapas:

- Se debe definir la disposición de la vivienda tomando como referencia el ancho y el largo del “pae” (rectángulo de la vivienda) mediante el “chinchip” (listón de hoja de tintiuk) para establecer las medidas estándar y posicionar las columnas (pau) en el terreno.
- Limpieza y nivelación del terreno para luego excavar hoyos de más o menos 80 cm y colocar “pau” que son fijados con piedras y tierra. Después, se colocan los “makiu” que son los postes laterales que sostienen las vigas y el techo.
- Las paredes se componen de tiras de chonta amarradas con bejucos, dejando aberturas pequeñas que permiten ventilación e ingreso de luz. No tienen ventanas y el fogón que se encuentra en el interior sirve para ahuyentar a los insectos.
- Finalmente, el techo se construye con hojas de palmera en varias capas, para que sea impermeable. Se juntan con enrejados y humos para evitar las plagas (Chriap et al., 2012).

2.5.3 Problemáticas y retos actuales

a. Deforestación y pérdida de recursos

La deforestación y degradación forestal son fuentes importantes de gases de efecto invernadero por ese motivo se han desarrollado iniciativas internacionales como Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD) y REDD+ que hace alusión a la conservación, gestión sostenible de los bosques y aumento de las reservas forestales de carbono. Estos programas apoyan a países en desarrollo con asistencia técnica y financiera en el marco del respeto de los derechos humanos y los derechos de los pueblos indígenas para implementar estrategias de mitigación.

La presión sobre los bosques naturales, generada por la deforestación y el cambio climático afecta a la superficie disponible para la madera y también a los ecosistemas de guadua que pueden sufrir cambios negativos y positivos según el contexto. Además, la guadua tiene dos propósitos: proteger el suelo, el agua, el aire y la fauna asociada; por otro, producción de madera para diversos usos. Esta dualidad la convierte en un recurso valioso y vulnerable dentro del manejo forestal sostenible (Añazco, 2013).

b. Influencias externas a los patrones de vida y construcción

Se refleja en el acceso a materiales industriales y técnicas constructivas ajenas a las tradicionales como el hormigón armado, techos de láminas de asbesto, cemento o zinc y el uso de maquinaria industrial para cortar la madera lo cual ha desplazado de a poco a los sistemas constructivos tradicionales basados en los recursos naturales locales.

La implantación de tipologías arquitectónicas propias de los colonos como escuelas, casas, comunales y otras infraestructuras en concreto se imponen sobre el asentamiento tradicional sin considerar la idiosincrasia ni la cultura Shuar. Dicho cambio se refleja en la disposición urbana de las aldeas ya que optan por patrones renacentistas en damero o lineales que difieren de los esquemas tradicionales.

Esta aculturación afecta también a las costumbres y forma de vida de los más jóvenes, pues tienen deseos de pertenecer a la cultura mestiza mediante la adopción de hábitos y prácticas foráneas, lo que provoca ambigüedades en la colectividad Shuar y conduce a la pérdida progresiva de su identidad cultural y tradicional (Herrera, 2008).

c. Políticas y recomendaciones para promover el uso de la guadua

La Estrategia Nacional del bambú (2019) menciona una serie de políticas y recomendaciones para el uso del recurso, con el objetivo de dinamizar el sector para aprovechar su potencial a nivel económico, social y ambiental en el país.

- Crear conciencia en los consumidores sobre los beneficios del bambú para las familias de la sociedad, para superar las resistencias culturales.
- Mejoramiento de la eficacia técnica en todo el proceso productivo, para conseguir productos de calidad a precios competitivos.
- Promover un enfoque productivo sustentable que permite el impulso del desarrollo de la cadena productiva bajo criterios de sostenibilidad y manejo adecuado del recurso.
- Aprovechar los múltiples usos del bambú para desarrollar nuevos tipos de agroindustria.

Las recomendaciones dadas tienen como objetivo que el uso del bambú sea aprovechado al máximo por los habitantes en donde el material tiene una alta disponibilidad.

e. Siembra y propagación de la guadua

En el presente apartado se detallan algunos de los métodos de siembra y propagación de la guadua expuestos por Mehecha (2021):

En primer lugar, se encuentran los métodos de propagación:

- **Propagación sexual (semillas):** Es el método menos utilizado debido a la irregularidad en la producción de semillas y su limitada viabilidad. La germinación presenta dificultades prácticas para la producción comercial de plantas y la reproducción sexual no garantiza la conservación de las características genéticas deseadas en plantaciones comerciales.
- **Propagación vegetativa (rizomas y esquejes):** Es la técnica preferida para la multiplicación de guadua porque permite mantener las cualidades genéticas y asegurar mayor uniformidad en la plantación. El método más común utilizado es la división de rizomas sanos y vigorosos.

En segundo lugar, la siembra:

- Se siembra en terrenos previamente preparados que aseguren buen drenaje condiciones adecuadas de luz y humedad. Es recomendable realizar viveros para comenzar la propagación vegetativa y posteriormente trasplantar las plántulas al campo cuando alcanzan un tamaño compatible con la supervivencia y crecimiento óptimo.
- Según el propósito y condición del terreno, la densidad de la siembra varía normalmente con un espaciamiento que permita un buen desarrollo de los tallos fácil acceso para el manejo y la cosecha.
- Durante las primeras etapas hay que proteger a las plantas de plagas, controlar la humedad, realizar fertilizaciones adecuadas para estimular la raíz y el crecimiento.
- Para mejorar la disponibilidad de nutrientes y agua es recomendable utilizar abonos orgánicos.

Y finalmente, la importancia de la calidad genética que se relaciona con la productividad y resistencia a las plagas o condiciones ambientales adversas. Para lo que

es fundamental seleccionar el material genético de alta calidad desde el principio y aplicar técnicas de propagación que mantengan dichas características.

2.5.4 Relación de la normativa ecuatoriana y colombiana sobre la construcción con bambú

En la investigación sobre diseño e innovación de anclajes en bambú para viviendas sostenibles en la cultura Shuar se necesita una comprensión de las normas técnicas que regulan el uso estructural del mismo, haciendo hincapié en las uniones y anclajes.

Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-GUADUA)

La normativa regula el diseño estructural de edificaciones con guadua angustifolia y otros tipos de bambúes con características similares. Su aplicabilidad es específica para viviendas de hasta dos niveles y estructuras de soporte con cargas vivas máximas de 2,0 kN/m². Los aspectos clave relacionados con anclajes de uniones son:

- Define los procedimientos para la selección, preparación y preservación del bambú estructural.
- Establece los requisitos para uniones y conexiones entre elementos de bambú y otros materiales como la madera, el acero y el concreto.
- Contiene recomendaciones para el diseño de anclajes y refuerzos.
- Exige que las uniones sean capaces de resistir esfuerzos de tracción, compresión y corte para evitar la concentración de esfuerzos que puedan dañar el bambú.
- Otra de las recomendaciones es el uso de conectores mecánicos, pernos, clavos, tornillos y elementos de refuerzo para mejorar la seguridad estructural de las uniones (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2016).

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10, Título G y Capítulo 12)

La normativa colombiana aplica a las edificaciones construidas con guadua angustifolia con límite de altura a dos niveles, se refiere a los usos residenciales, comerciales, industriales y educativos. El capítulo 12 menciona aspectos clave relacionados con anclajes y uniones, entre los que se encuentran:

- Los requisitos para el diseño estructural y sismo resistente de estructuras de guadua con énfasis en la seguridad ante eventos sísmicos.
- Define los tipos de uniones permitidas materiales y métodos de fijación.

- Establece los criterios para la protección de las uniones contra humedad insectos deterioro y exige que las conexiones aseguren la transferencia eficiente de cargas entre elementos.
- Exige que los anclajes y uniones sean inspeccionados y diseñados por profesionales calificados que cumplan con estándares de durabilidad y resistencia mecánica.
- Por último, prohíbe el uso de muros de mampostería o concreto en el nivel superior de viviendas de guadua con esto se garantiza la flexibilidad y seguridad de las conexiones estructurales (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2016) .

Las dos normativas proporcionan directrices técnicas para el diseño y ejecución de anclajes en estructuras de bambú lo que es fundamental para el desarrollo de catálogos de estructurales innovadores y adaptados a la cultura Shuar.

2.6 Análisis de los referentes

En este espacio se realiza un análisis de estructuras que tiene al bambú como elemento principal:

2.6.1 Referente uno: Casa Convento

NOMBRE DE LA OBRA:

Casa Convento



UBICACIÓN: Chone
ARQUITECTO: Enrique Mora
AÑO: 2014
ÁREA: 125 m²
MATERIALIDAD: Bambú

CONTEXTO:

Ubicada en la Parroquia Convento (Chone) en un entorno natural donde la presencia de grandes extensiones de bambú, una pequeña quebrada que corre frente al terreno y dos montañas de bosque húmedo que rodean el terreno.



CONSTRUCCIÓN

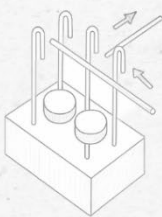
Sistema estructural: Bambú como elemento principal (900 unidades)
Más troncos de laurel para estructura secundaria.

DETALLES TÉCNICOS

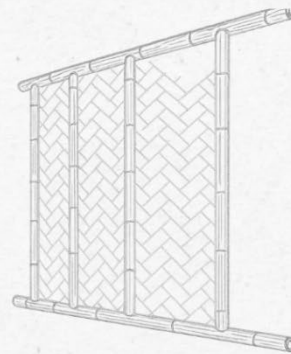
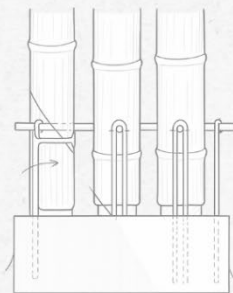
- Vivienda elevada para ventilación y protección contra inundaciones.
- Uniones y técnicas empíricas aplicadas por la familia (aprendizaje in situ).
- Ventanas y puertas abatibles para flexibilidad espacial.



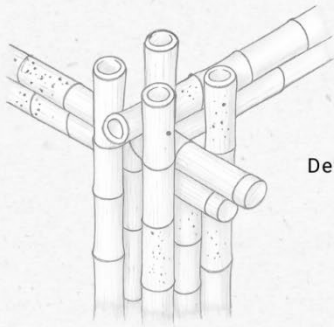
DETALLES ENSAMBLES UTILIZADOS



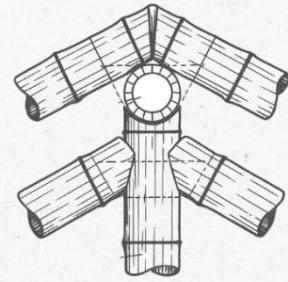
Cimientos columna



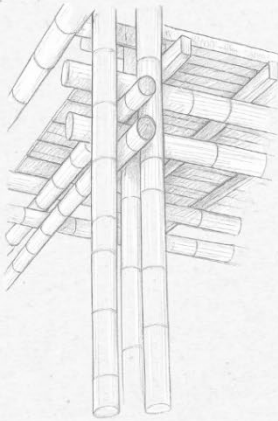
Muros



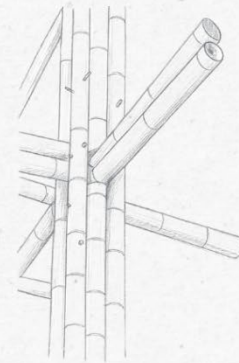
Detalles unión de columna viga



Parte superior de la cercha



Uniones vigas-columnas



MATERIALES



- Bambú extraído y curado en la finca (tratamiento in situ).
- Materiales locales complementarios: laurel, hamacas, jardines colgantes ("hera" tradicional).

MANO DE OBRA

- Capacitación a la familia dueña (sin experiencia previa en bambú).
- Uso de saberes empíricos combinados con técnicas nuevas.
- Limitante: distancia del arquitecto (6 horas), requirió instrucciones claras.



USO DEL BAMBÚ

- Estructural: Soporte principal de la vivienda.
- Cultural: Diálogo entre arquitectura vernácula y contemporánea (ej.: cocina exterior con fogón de leña).

2.6.2 Referente dos: Casa Milguaduas

NOMBRE DE LA OBRA:

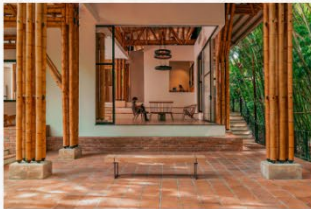
Casa Milguaduas



UBICACIÓN: Pereira-Colombia
ARQUITECTO: ritmo arquitectos
AÑO: 2021
ÁREA: 520 m²
MATERIALIDAD: Bambú

CONTEXTO:

Envuelta por un bosque de guadua nativa, la casa Milguaduas quiere ser propia de su entorno y encajar con fluidez en un relieve descendente.

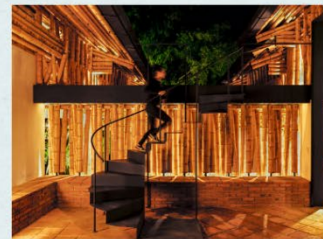


CONSTRUCCIÓN

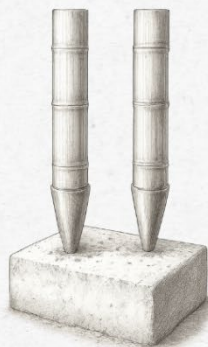
- Guadua como cortina de fachada y elemento interior (verticalidad).
- Cubiertas a dos aguas tradicionales + placa habitable moderna (recoge aguas lluvias).

DETALLES TÉCNICOS

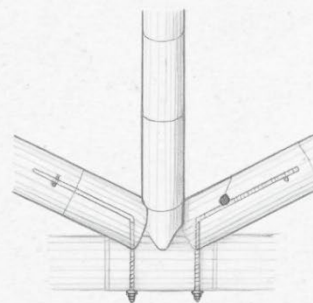
- Barandal de hierro que reinterpreta la "chambrana en macana".
- Desniveles y ventilación natural por "desencaje" entre cubierta y revestimiento.



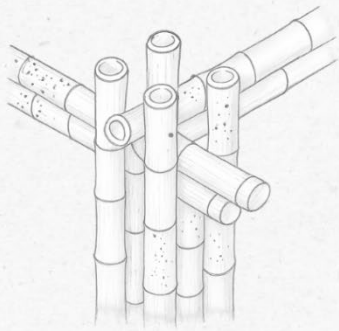
DETALLES ENSAMBLES UTILIZADOS



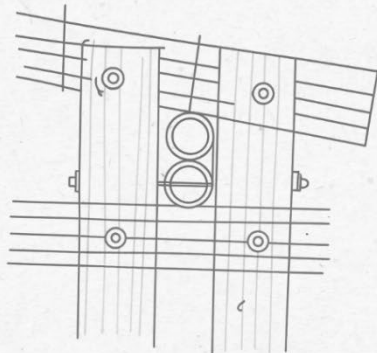
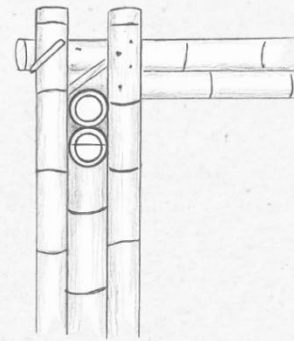
Detalle columna-cimientos



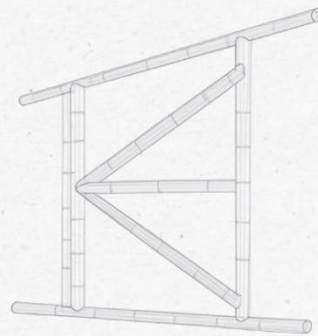
Parte inferior de la cercha



Uniones columna-viga



Unión columna-cercha



Pared



MATERIALES

- Guadua local (bosque nativo) + muro blanco, concreto, metal negro, barro cocido.
- Tratamiento: Texturas naturales y enfoque monocromático.

MANO DE OBRA

- Reinterpretación de arquetipos rurales con técnicas contemporáneas.
- Participación de artesanos locales (ej.: barandal de hierro).



USO DEL BAMBÚ

- Estético y espacial: Cortina de guadua para transparencia y conexión con el bosque.
- Bioclimático: Ventilación e iluminación natural.

2.6.3 Referente tres: Casa Endémica

NOMBRE DE LA OBRA:

Casa endémica



UBICACIÓN: Pto. Baquerizo Moreno
ARQUITECTO: ESEcolectivo Arquitectos
AÑO: 2021
ÁREA: 120 m²
MATERIALIDAD: Bambú

CONTEXTO:

La Casa Endémica apunta a ser una vivienda sencilla, eficiente y prioriza el uso de materiales y mano de obra local. El presupuesto limitado supone un reto de gestión y logística para la ejecución de la obra.



CONSTRUCCIÓN

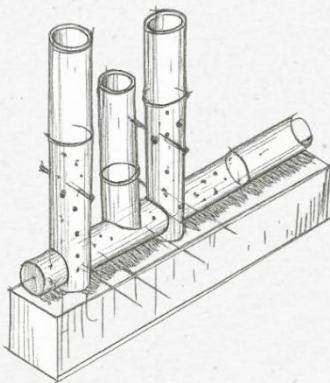
- Estructura de caña guadua recolectada y tratada localmente.
- Tres niveles con núcleo de escaleras como "chimenea" de ventilación.

DETALLES TÉCNICOS

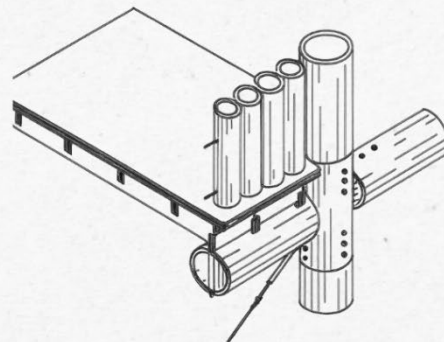
- Celosías y mobiliario en caña y cedrela (madera local).
- Cubiertas industriales por restricciones de importación.



DETALLES ENSAMBLES UTILIZADOS

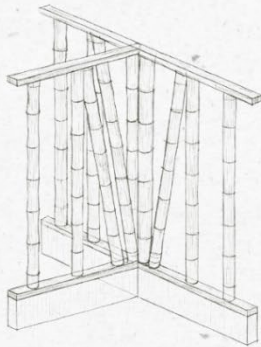


Cimientos

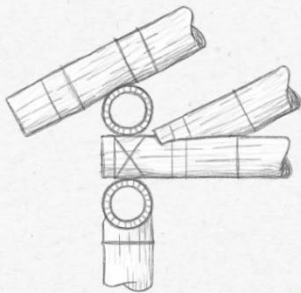
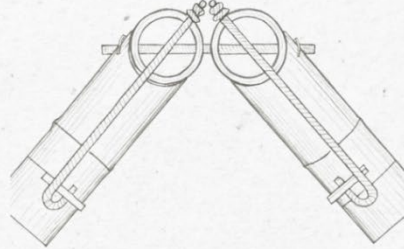


Detalle constructivo:
suelo-viga-columna-pared.

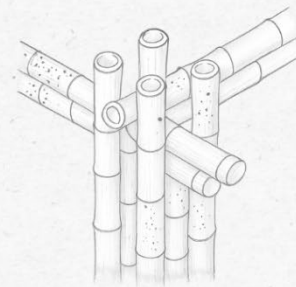
Muros



Unión de la cercha parte superior



Solera y techo



Unión columna-viga

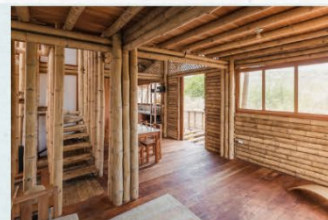


MATERIALES

- Caña guadua y cedrela (materiales locales dominantes).
- Sostenibilidad: Paneles solares, tratamiento de aguas grises con plantas.

MANO DE OBRA

- Constructor local con experiencia en guadua (segundo proyecto en caña en Galápagos).
- Seguimiento remoto por distancia y presupuesto ajustado.



USO DEL BAMBÚ

- Estructural y decorativo: Desde vigas hasta celosías y mobiliario.
- Innovación: Escasez de proyectos en bambú en Galápagos (rompe paradigmas constructivos).

Una vez realizado el análisis de los referentes arquitectónicos se identificaron estrategias clave para el diseño e innovación de los anclajes en bambú con orientación a viviendas sostenibles en la cultura Shuar. Es importante mencionar que los referentes demuestran que el bambú va más allá de su resistencia estructural y que es un material versátil que puede integrar técnicas tradicionales, innovación tecnológica y sostenibilidad ambiental.

Dentro de los hallazgos más relevantes para la investigación se encuentran:

1. Construcción y sistemas de anclaje

- **Flexibilidad y adaptabilidad:** con el análisis se evidenció que el bambú permite sistemas constructivos modulares y ligeros que son ideales para territorios en donde las condiciones climáticas o la topografía son desafiantes, como en el caso de la elevación en la Casa Convento para evitar inundaciones.
- **Uniones y anclajes**
 - **Casa Convento:** evidencia la importancia de capacitar a los trabajadores locales con respecto a las técnicas empíricas. En los cimientos se encuentra una base de hormigón en la que se insertan varillas de acero dobladas en forma de gancho, que actúan como anclajes fijos. Estas varillas atraviesan transversalmente la columna de bambú, asegurándola firmemente al cimiento e impidiendo desplazamientos horizontales o verticales. Después, están las columnas hechas por 4 piezas de bambú y las vigas de 2 piezas. Cuenta con muros hechos netamente de bambú entretejido. Por último, se encuentra la cercha y sus uniones de solera-techo, reforzadas por pernos de metal.
 - **Casa Milguaduas:** en donde el uso de las uniones metálicas en los barandales de hierro complementa la guadua sin comprometer la estética de la estructura. En los que se encuentra una unión de cimiento-viga con unas puntas metálicas ubicadas en la base del bambú, ancladas a una placa de metal. La unión de viga-columna, está realizada por vigas dobles y columnas formadas por 4 piezas de bambú. Para la elaboración de los muros se usan columnas y vigas de bambú unidas entre sí, reforzadas con diagonales que forman un entramado estructural. Este diseño aporta estabilidad, rigidez y resistencia lateral a la estructura. Las partes más importantes de la cercha serían la base y la punta, las cuales están reforzadas por pernos metálicos. Para finalizar, se obtiene el método de unión de la cercha y la columna a partir de uniones por pernos metálicos.

- **Casa Endémica:** se crean cimientos de hormigón con puntas metálicas que aíslan el material del suelo. Las uniones entre piso, vigas y columnas se refuerzan con amarres o pernos, mientras que las vigas se empalman a las columnas mediante cortes y encastres. Los muros se conforman con un entramado de columnas, vigas y diagonales que aportan rigidez. En la parte superior, la cercha concentra las cargas en un nodo reforzado, la solera superior actúa como anillo estructural que recibe los pares inclinados del techo y, en la cumbre, las piezas inclinadas se ensamblan con pernos para garantizar la estabilidad y correcta transmisión de cargas.

2. Materiales y sostenibilidad

- **Tratamiento:** las tres estructuras utilizan el bambú propio de su zona y curado *in situ* lo que contribuye a la reducción de costos y a la huella ecológica.
- **Integración cultural:** en la Casa Endémica se utiliza el cedrela, mientras que en la Casa Convento el laurel, esto demuestra la importancia de vincular los recursos locales a los diseños contemporáneos.

3. Mano de obra y participación comunitaria

- **Capacitación y empoderamiento:** en la Casa Convento y en la Casa Endémica se observa el rol de la comunidad en la construcción, que va de la mano con la cultura Shuar, ya que como se ha mencionado anteriormente, el conocimiento colectivo es fundamental.

4. Uso del bambú como componente estructural

- **Bioclimática y funcionalidad:** En la Casa Milguaduas se utiliza a la guadua como una cortina ventilada, en cambio en la Casa Endémica se integra en las escaleras para la circulación de aire.
- Se debe mencionar que el análisis de referentes también permitió recopilar las lecciones aprendidas y las limitaciones detectadas en cada una de las construcciones, mismas que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 2: Lecciones aprendidas y limitaciones técnicas de los referentes

Referente	Lecciones aprendidas	Limitaciones técnicas detectadas
Casa convento (Enrique Mora)	<ul style="list-style-type: none"> - Uso del bambú local con tratamiento <i>in situ</i> y capacitación comunitaria. - Diseño elevado para contrarrestar las inundaciones y mejorar la ventilación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dependencia de mano de obra especializada lo que requiere tiempo de capacitación. - Limitaciones en uniones estructurales complejas.

Casa Milguaduas (Ritmo Arquitectos)	-Integración estética y bioclimática del bambú. -Combinación de técnicas tradicionales y modernas.	- Costos elevados por uso de materiales híbridos. -Mantenimiento complejo del bambú por estar expuesto a la intemperie.
Casa Endémica (ESEcolectivo)	-Estructura de bambú adaptada a las condiciones climáticas extremas. -Uso de materiales 100% locales.	-Dificultad para replicar sistemas en contextos con restricciones de importación. -Escasa estandarización de anclajes en zonas remotas.

Fuente: Elaboración propia.

Para finalizar, los referentes analizados validan que el bambú es un material viable en las viviendas sostenibles, pero su éxito depende de algunas situaciones: innovación en anclajes que combinen lo tradicional con lo técnico, participación activa de la comunidad Shuar en el proceso de construcción y la adaptación bioclimática que se enfoca en resolver los desafíos que presenta cada territorio.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS (Metodología de la Investigación)

La presente investigación se basa en el enfoque cualitativo ya que busca comprender la profundidad de la realidad en su contexto (Murillo et al., 2023). Bajo dicho enfoque se analizaron las prácticas constructivas de los Shuar y se propone el diseño de soluciones técnicas adaptadas a su medio sociocultural, que además se validaron con la comunidad a través de un método de retroalimentación y ajuste que articula lo técnico con los saberes ancestrales.

La investigación se organiza en cuatro fases:

- **Fase I: Revisión teórica:** se realizó un levantamiento bibliográfico acerca del uso del bambú y una revisión sobre los referentes técnicos y culturales en torno a las viviendas sostenibles y los sistemas de anclaje.
- **Fase II: Trabajo de campo:** se realizaron visitas a la comunidad Kumpas, para aplicar las entrevistas a los constructores locales y también a los expertos. Se registraron las observaciones de carácter estructurado en las fichas y las reflexiones en el diario de campo.
- **Fase III: Diseño, modelado y validación de prototipos:** se realizó el diseño de los anclajes en los softwares especializados que son AutoCAD o Revit.
- **Fase IV: Sistematización y elaboración del catálogo estructural:** en esta fase se compilaron los diseños previamente validados, se redactó el manual que contiene ilustraciones y, por último, se hizo una revisión con los líderes comunitarios y los expertos.

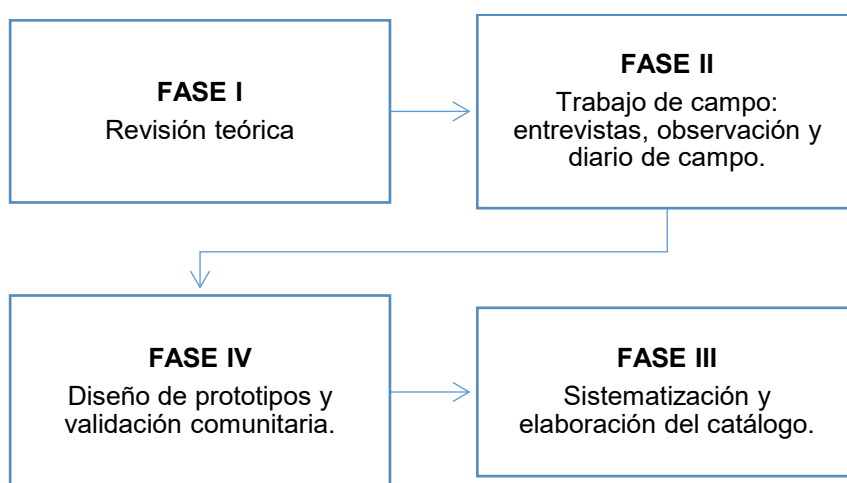


Figura 10: Fases de la investigación

Fuente: Elaboración propia

3.1 Métodos de levantamiento de información

3.1.1 Entrevista semiestructurada

Es una técnica cualitativa que se basa en la recolección de datos mediante una guía temática predefinida que responde a los objetivos de la investigación y al marco teórico y que va tomando forma según las respuestas de la entrevistado (Díaz et al., 2013). El método equilibra la coherencia de los temas con el diálogo que enriquece la profundidad de la información. La investigación aplicó entrevistas a siete constructores de la comunidad Kumpas y a cuatro expertos en construcción con bambú pertenecientes al a ciudad de Macas y Sucúa.

La guía de preguntas se agrupa por categorías, que el entrevistador en el desarrollo puede modificar para profundizar información y omitir preguntas que se han respondido de manera directa (Cadena et al., 2017). En este caso, la guía está compuesta por cuatro bloques que consisten en: experiencia general con el bambú, sistema constructivo, durabilidad y mantenimiento e innovación, normativas y transferencia de conocimiento, y 20 preguntas que engloban al tema de la investigación.

3.1.2 Observación directa

Implica que el investigador entra en contacto directo con el hecho o fenómeno que va a investigar y puede también participar en las actividades de la población de estudio, para obtener una comprensión más profunda de la situación estudiada (Sanjuán, 2010). La información se recopila mediante las fichas de observación que contribuyen a la precisión en el registro de datos y, además, ayudan a minimizar el sesgo subjetivo porque la información es uniforme y se compara consistentemente (Medina et al., 2023). Para fines de la investigación las fichas se aplicaron en el desarrollo del trabajo de campo y se registraron las prácticas constructivas, los materiales y las técnicas de anclaje que emplean los constructores.

3.1.3 Diario de campo

Es un instrumento en el que se registran de forma sistemática las experiencias de la investigación y funciona como un cuaderno de notas especializado, organizado para recopilar observaciones, reflexiones y análisis de contenido durante el desarrollo del estudio. Se documenta la realidad estudiada y facilita su transformación mediante hallazgos que se encuentran en la práctica investigativa (Luna et al., 2023). En la investigación permitió registrar el contexto de las dinámicas de la comunidad objeto de estudio.

3.2 Procesamiento de la información

Se realizó un análisis cuantitativo y cualitativo mediante herramientas especializadas para que la interpretación de datos sea rigurosa.

3.2.1 Datos cualitativos (entrevistas, observaciones y diario de campo)

Las entrevistas semiestructuradas a los constructores y expertos fueron transcritas y codificadas mediante el software ATLAS.ti que permite analizar y codificar los datos mediante redes conceptuales (Wijngaarden, 2025). Las fichas de observación y el diario de campo también se analizaron con ese software para identificar patrones comunes en las prácticas de construcción y los elementos culturales relevantes.

3.2.2 Datos cuantitativos (respuestas cerradas en las entrevistas)

Las preguntas cerradas y los datos sociodemográficos de los entrevistados fueron tabulados y procesados en el software SPSS (IBM, 2025), una herramienta especializada en la gestión de datos, análisis estadístico y creación de gráficos y tablas. En la investigación permitió obtener frecuencias, porcentajes y relaciones entre variables como lo son: los materiales más utilizados, percepciones sobre el bambú y el nivel de aceptación comunitaria.

Tabla 3: Instrumentos y materiales utilizados

Instrumento/material	Función principal
Guía de entrevistas	Permite obtener información sobre conocimientos y prácticas de construcción.
Fichas de observación	Se registran las técnicas de construcción observables.
Diario de campo	Permite registrar las reflexiones del investigador en el contexto de estudio.
Software AutoCAD y Revit	Para el modelamiento de los diseños de anclajes.
Herramientas de construcción	Para la elaboración de los prototipos
Laboratorio de materiales	Realizar los ensayos de resistencia y flexión de los anclajes.
Catálogo estructural	Colocar de forma visual y organizada los diseños de anclajes.

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Informe técnico CONCRETO 2000X

Identificación del equipo

La máquina de ensayos CONCRETO 2000X es un equipo hidráulico utilizado para determinar la resistencia a compresión de materiales de construcción, principalmente concreto. Este equipo es fundamental en laboratorios de ingeniería civil y construcción, ya que permite realizar ensayos destructivos bajo condiciones controladas. El modelo 2000X está diseñado para soportar cargas de hasta 2000 kN, lo que le permite ensayar probetas cilíndricas, prismáticas o cúbicas, conforme a los requerimientos de normas como ASTM C39/C39M y las Normas Ecuatorianas de la Construcción (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015)

Descripción general

El modelo CONCRETO 2000X está estructurado para realizar ensayos de compresión axial sobre especímenes de concreto endurecido. Consta de un bastidor de acero estructural que soporta la fuerza hidráulica aplicada mediante un pistón de doble efecto. Además, cuenta con un sistema digital de adquisición de datos y un panel de control con pantalla táctil o interfaz de software que permite configurar parámetros del ensayo, visualizar gráficos en tiempo real y almacenar resultados. Este equipo cumple con los requerimientos de precisión establecidos en la norma ISO 7500-1, categoría Clase 1 (Forney, 2024)

Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas del modelo CONCRETO 2000X lo posicionan como un equipo de alto rendimiento para ensayos en materiales estructurales. Posee una capacidad de carga máxima de 2000 kN, con un sistema de control electrónico que permite aplicar carga de forma manual o automática. Está dotado de un sensor de fuerza (célula de carga) de alta precisión, el cual garantiza una lectura confiable del esfuerzo aplicado. El sistema hidráulico opera con una bomba eléctrica que suministra presión constante y controlada, y el equipo es alimentado por corriente eléctrica de 220V/60Hz. Las platinas de carga son de acero templado y cuentan con asiento esférico para garantizar el contacto uniforme sobre la superficie de la muestra.

Componentes principales

La máquina está conformada por seis componentes principales. El primero es el chasis de carga, que constituye la estructura rígida del equipo y sostiene las platinas de compresión. El segundo es el sistema hidráulico, que permite aplicar la carga mediante un

pistón vertical accionado por presión de aceite. El tercero es la célula de carga, encargada de registrar con exactitud la fuerza aplicada. Como cuarto componente se encuentra el sistema de visualización, compuesto por una pantalla digital o un software de interfaz gráfica que permite observar los parámetros del ensayo en tiempo real. También incluye un sistema de seguridad, con cubierta protectora y botón de parada de emergencia. Finalmente, las platinas de carga permiten una distribución uniforme del esfuerzo y son ajustables según el tamaño de la muestra (Matest, 2020).

Principio de funcionamiento

El funcionamiento de la CONCRETO 2000X se basa en la aplicación progresiva de una carga axial hasta alcanzar la falla del material. El operador debe centrar adecuadamente la probeta entre las platinas de carga, asegurándose de que no existan imperfecciones en su geometría. Posteriormente, se configuran los parámetros del ensayo a través del software o panel de control, y se inicia la aplicación de carga de forma continua. Durante el proceso, se registra la magnitud del esfuerzo aplicado y se observa el comportamiento de la muestra hasta su ruptura. Una vez culminado el ensayo, se generan reportes automáticos con los valores máximos de carga y resistencia.

La Norma Técnica Colombiana NTC 5525, que regula los métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua angustifolia Kunth*, especifica en el apartado de compresión paralela a la fibra que el equipo de pruebas debe configurarse para aplicar la carga de manera constante, controlando el desplazamiento del cabezal a $0,06 \text{ mm/min} \pm 0,02 \text{ mm/min}$ y conservando este ajuste dentro de la tolerancia durante toda la ejecución, a fin de evitar efectos dinámicos que puedan afectar la validez de los resultados. El sistema de medición de fuerza ha de presentar una precisión mínima del $\pm 1 \%$, con calibración trazable a patrones certificados según la ISO 7500-1 y verificación previa a cada serie de ensayos. Además, se deben mantener condiciones ambientales controladas, normalmente de $27 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ y $70 \% \pm 5 \%$ de humedad relativa, registrando estos valores en el informe junto con la velocidad real alcanzada y la documentación correspondiente al proceso de ajuste (ICONTEC, 2007; International Organization for Standardization [ISO], 2015).

En cuanto a las pruebas de flexión estática de *Guadua angustifolia Kunth*, también incluidas en la NTC 5525, la calibración del dispositivo debe garantizar una aplicación de carga continua e ininterrumpida, ajustando el desplazamiento del cabezal para que la fractura de la probeta se produzca en un tiempo de 300 ± 120 segundos. Se admite una variación máxima del $\pm 20 \%$ respecto a la velocidad definida, la cual, en condiciones comunes, se logra con desplazamientos comprendidos entre 5 y 10

mm/min, dependiendo de la luz de ensayo y de la rigidez del material. El equipo debe poseer una exactitud mínima del $\pm 1\%$ en la medición, estar calibrado con trazabilidad a patrones certificados conforme a la ISO 7500-1 y someterse a revisiones periódicas antes de su utilización. El registro final debe incluir las condiciones ambientales observadas —generalmente $27\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $70\% \pm 5\%$ de humedad relativa—, la velocidad efectiva y el respaldo documental de la calibración efectuada (ICONTEC, 2007; International Organization for Standardization [ISO], 2019).

Ensayos que permite realizar

El equipo está diseñado para llevar a cabo distintos tipos de ensayos destructivos. Entre los más comunes se encuentra el ensayo de compresión en cilindros de concreto, conforme a la norma ASTM C39, utilizando especímenes de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura. También permite realizar ensayos de resistencia en cubos de mortero (ASTM C109), así como ensayos especiales para módulos de elasticidad y deformación con ayuda de extensómetros adicionales. Además, mediante accesorios opcionales, puede adaptarse para ensayar bloques, adoquines o elementos prefabricados de concreto.

Procedimiento operativo

El procedimiento para operar la CONCRETO 2000X incluye una serie de pasos que garantizan la correcta aplicación del ensayo. Primero, se realiza una inspección del estado del equipo y se verifica su calibración. Luego, se prepara la muestra, eliminando impurezas y verificando sus dimensiones. La probeta se coloca centrada en la platina inferior y se ajusta el espacio de carga. A continuación, se configuran los parámetros en el sistema de control y se activa el pistón hidráulico para iniciar el ensayo. La carga se aplica de forma progresiva y controlada hasta la ruptura del espécimen. Finalmente, se almacenan los datos y se realiza la limpieza del equipo para el siguiente ensayo.

Mantenimiento y cuidados

El mantenimiento del equipo es esencial para conservar su precisión y funcionalidad. Se recomienda limpiar diariamente la superficie de trabajo y las platinas luego de cada ensayo. Además, se debe revisar mensualmente el nivel de aceite hidráulico y detectar posibles fugas. De forma semestral, es necesario verificar la calibración de la célula de carga y comprobar el estado del sistema eléctrico. También se debe evitar aplicar cargas superiores a la capacidad nominal del equipo, ya que esto puede comprometer la integridad estructural de sus componentes.

Ventajas del equipo

La máquina CONCRETO 2000X presenta diversas ventajas en el ámbito de los ensayos mecánicos de materiales. Su sistema de control electrónico permite obtener resultados precisos y reproducibles. La integración con software especializado mejora el análisis de datos y la trazabilidad de resultados. Además, su estructura robusta y su sistema de seguridad garantizan la protección del operador durante los ensayos. Estas características hacen que el equipo sea ampliamente utilizado en laboratorios universitarios, centros de investigación, plantas de prefabricados y departamentos de control de calidad en obras civiles.

Ensayo a flexión en bambú: dimensiones de las probetas

Ensayo a flexión constituye uno de los procedimientos más relevantes que permite determinar la capacidad de carga del material bajo esfuerzos de flexión, condición crítica en elementos estructurales sometidos a momentos flectores. En Colombia, la normativa que regula este tipo de ensayos es el Título G, Capítulo G.12 de la NSR-10, el cual incorpora criterios de la norma internacional ISO 22157, adaptados a la realidad constructiva de la región (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2016).

Según la NSR-10, las dimensiones recomendadas para las probetas destinadas al ensayo de flexión son las siguientes: una longitud total entre 1,20 m y 1,50 m, una luz entre apoyos de 1,00 m, y un diámetro externo del culmo entre 80 mm y 130 mm. Estas medidas permiten garantizar una adecuada distribución de esfuerzos a lo largo del espécimen, asegurando condiciones de ensayo representativas del comportamiento estructural real (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2016).

Adicionalmente, la norma establece que la relación entre la longitud de la probeta y su diámetro (L/D) no debe ser menor a 10, con el propósito de minimizar los efectos de corte y asegurar un modo de falla por flexión pura. Esta condición geométrica es coherente con lo recomendado en la norma internacional ISO 22157-1:2019, que estandariza los procedimientos de ensayo físico y mecánico para bambú en todo el mundo.

En la presente investigación para elaborar dicho ensayo se utilizaron 6 probetas por cada tipo de tratado del bambú de una longitud de 1,20 m con un diámetro de 11 cm como se observa a continuación:



Figura 11. Diferentes tipos de bambú que se utilizaron en las pruebas.

Fuente: Elaboración propia



Figura 12. Ensayo de bambú a flexión

Fuente: Elaboración propia

Ensayo a compresión paralela a las fibras de bambú

El ensayo a compresión paralela a las fibras permite determinar la resistencia del bambú bajo cargas axiales, información crítica para el diseño de columnas y elementos estructurales comprimidos. En el caso de la *Guadua angustifolia* Kunth, ampliamente utilizada en la construcción en Colombia y en regiones tropicales de América Latina, este ensayo se realiza siguiendo los lineamientos establecidos en el Título G, Capítulo G.12 de la NSR-10, en concordancia con la norma internacional ISO 22157-1:2019 (ICONTEC, 2010; ISO, 2019).

Las probetas destinadas a este ensayo deben ser secciones rectas de culmo de guadua, libres de nudos, cortadas transversalmente. La longitud (L) de la probeta debe ser igual a dos veces el diámetro externo promedio (D) del espécimen, es decir, $L = 2D$. Esta proporción garantiza una relación geométrica adecuada para minimizar los efectos de pandeo y permitir una falla representativa por compresión axial.

El diámetro externo (D) aceptado para este tipo de ensayos generalmente varía entre 80 mm y 130 mm, dependiendo de la especie y la madurez del culmo. Asimismo, el espesor de la pared (t) debe registrarse, aunque no está normalizado, ya que es fundamental para calcular el área resistente real del bambú. Ambos extremos de la probeta deben estar cortados de forma plana y perpendicular al eje longitudinal, para asegurar una distribución uniforme de la carga durante la prueba.

Para realizar este ensayo se utilizaron 6 probetas por cada tipo de tratado del bambú con un diámetro de 12 cm entonces su largo sería de 24 cm.



Figura 13. Probetas de bambú

Fuente: Elaboración propia



Figura 14. Ensayo de bambú compresión

Fuente: Elaboración propia.

Conclusión

En conclusión, la máquina de ensayos CONCRETO 2000X constituye una herramienta fundamental en el análisis estructural de materiales de construcción. Su diseño técnico, capacidad de carga, precisión de medición y facilidad de operación la convierten en una solución eficiente para determinar la resistencia a compresión del concreto. Su uso adecuado, junto con un mantenimiento preventivo riguroso, asegura resultados confiables en cumplimiento con los estándares internacionales y las exigencias del sector de la construcción.

Los ensayos mecánicos de flexión y compresión paralela a las fibras en *Guadua angustifolia Kunth* constituyen herramientas fundamentales para evaluar su comportamiento estructural y validar su uso en construcciones sismo-resistentes. Según la NSR-10 y la norma ISO 22157-1:2019, las dimensiones y condiciones de las probetas están cuidadosamente definidas para garantizar resultados representativos. En el caso de la flexión, se establece una longitud entre 1,20 m y 1,50 m, una luz entre apoyos de 1,00 m y una relación L/D mayor a 10, lo que permite evitar fallas por corte y analizar adecuadamente la capacidad flectora del material.

En el ensayo a compresión, se requiere que las probetas tengan una longitud equivalente a dos veces el diámetro externo, estén libres de nudos y presenten cortes perpendiculares, asegurando condiciones de carga axiales puras. El registro del espesor de la pared, aunque no normalizado, es indispensable para calcular con precisión el área resistente y la tensión de falla. En conjunto, estos ensayos, cuando se realizan bajo estándares normativos, proporcionan datos confiables para el diseño estructural con

bambú, consolidando su viabilidad como material alternativo y sostenible en la construcción.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de sitio

4.1.1 Ubicación y delimitación del área de estudio

La Comunidad Shuar Kumpas se encuentra ubicada en la región amazónica del Ecuador, específicamente en la parroquia Huambi, al noroccidente del cantón Sucúa, dentro de la provincia de Morona Santiago. Es parte del territorio ancestral del pueblo Shuar, uno de los pueblos indígenas con mayor presencia histórica en la Amazonía ecuatoriana. Su ubicación geográfica responde a una lógica territorial tradicional, alejada de los núcleos urbanos y en estrecha vinculación con los recursos naturales circundantes.

A nivel macro, el Ecuador se sitúa en América del Sur, entre las latitudes 1°S y 5°N, y las longitudes 75°W y 81°W. Se caracteriza por una gran diversidad geográfica y bioclimática, con cuatro regiones naturales: Costa, Sierra, Amazonía y Galápagos. La región amazónica, donde se encuentra el sitio de estudio, se distingue por su densa selva tropical, alta biodiversidad y compleja red hidrográfica (Geodatos, 2025).



Figura 15 Mapa del Ecuador

Fuente: Elaboración propia.

A nivel meso, la provincia de Morona Santiago limita al norte con Pastaza, al sur con Zamora Chinchipe, al oeste con Azuay y al este con la frontera con Perú. Su capital es Macas, ciudad que actúa como nodo regional de servicios. La provincia alberga importantes extensiones de territorio indígena, incluyendo comunidades Shuar y Achuar,

en zonas de difícil acceso. Es una de las provincias con menor densidad poblacional del país, pero de alta riqueza ecológica.



Figura 16. Mapa de la provincia de Morona Santiago

Fuente: Elaboración propia.

A nivel micro, la Comunidad Shuar Kumpas se ubica aproximadamente en las coordenadas $2^{\circ}20'45''S$ y $78^{\circ}12'30''W$, altitud promedio de 950 msnm. El asentamiento se encuentra rodeado de vegetación primaria y secundaria, con delimitaciones territoriales que no siempre coinciden con los registros catastrales oficiales. Administrativamente forma parte de la parroquia Huambi, una de las zonas rurales del cantón Sucúa (Instituto Geográfico Militar, 2017).

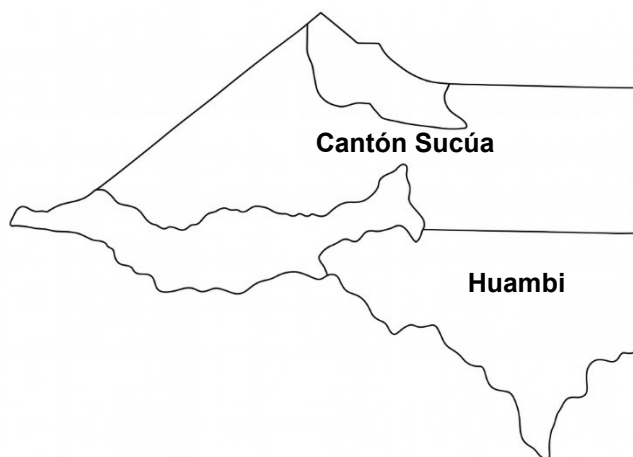


Figura 17. Mapa del Cantón Sucúa-Parroquia Huambi

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Accesibilidad y conectividad vial

La accesibilidad a la Comunidad Shuar Kumpas está condicionada por su localización en una zona de baja densidad vial y escasa presencia de infraestructura de transporte formal. Desde el centro urbano de Sucúa, se accede a través de la vía Sucúa-Huambi, un ramal de segundo orden que se bifurca hacia caminos vecinales de tipo terciario y de lastre, en algunos tramos sin mantenimiento regular. Esta condición genera dificultades de acceso, especialmente durante la temporada de lluvias, cuando los caminos se vuelven inestables o intransitables debido a la formación de barro, deslizamientos y acumulación de agua (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2025).



Figura 18. Estado vial de la comunidad

Fuente: Elaboración propia.

No existe una ruta de transporte público regular que comunique directamente al asentamiento, por lo que el traslado de personas y bienes depende de vehículos privados o colectivos comunitarios, como camionetas de doble tracción. La distancia promedio al centro urbano de Sucúa es de aproximadamente 15 kilómetros, recorridos en un tiempo estimado de 20 a 30 minutos en condiciones óptimas. Dicha distancia no solo implica una barrera física, sino también una barrera social para el acceso a servicios de salud, educación, mercados y trámites administrativos.

La conectividad vial interna de la comunidad se reduce a senderos peatonales y caminos de tierra que conectan las viviendas dispersas con el centro comunal y la escuela. Esta estructura territorial de tipo disperso responde a una lógica cultural Shuar, en la que la vivienda se integra con el bosque y mantiene cierta distancia entre unidades familiares, priorizando la autonomía y el respeto a los espacios naturales.



Figura 19. Senderos peatonales

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 Topografía y relieve

El relieve del sitio de intervención se caracteriza por una topografía ondulada, con presencia de pendientes que oscilan entre el 10% y el 35%, los sectores más suaves son los más cercanos a los cursos de agua y más pronunciadas hacia las zonas boscosas elevadas. La condición geomorfológica condiciona el uso del suelo, ya que muchas zonas presentan limitaciones para la construcción debido al riesgo de erosión, deslizamientos superficiales o escurrimientos no controlados.

4.1.4 Cobertura vegetal y estado del paisaje

La comunidad se encuentra rodeada de un entorno de selva húmeda tropical, donde predominan especies forestales nativas de gran valor ecológico y cultural. La cobertura vegetal primaria se mantiene en buen estado en sectores alejados del centro comunal, mientras que en las inmediaciones del área habitada se observan zonas de vegetación secundaria y áreas de cultivo, utilizadas en la agricultura rotativa tradicional Shuar.

Entre las especies más representativas se encuentran el guadúa (*Bambusa guadua*), laurel, balsa, caoba, cedro amazónico y una variedad de palmas y arbustos medicinales. Las especies cumplen funciones ecológicas clave, como la conservación de suelos, protección de fuentes hídricas y regulación del microclima. De igual manera,

poseen un valor simbólico en la cosmovisión Shuar, ya que forman parte de su medicina ancestral y prácticas rituales.

El estado del paisaje puede considerarse está bien conservado, con zonas intervenidas de manera puntual mediante sistemas agroforestales y huertos familiares. Se recomienda identificar y conservar corredores ecológicos que conecten zonas boscosas, así como establecer franjas de vegetación ribereña para evitar procesos erosivos. Toda intervención arquitectónica debe respetar y dialogar con el paisaje, utilizando materiales y soluciones constructivas que no alteren el equilibrio ambiental (Gobierno Autónomo Descentralizado Sucúa, 2025).

4.1.5 Clima y condiciones bioclimáticas

El clima de la región amazónica ecuatoriana se clasifica como tropical húmedo, caracterizado por una alta pluviosidad y temperaturas estables durante todo el año. En la Comunidad Shuar Kumpas, los registros climáticos indican una temperatura media anual entre 22°C y 26°C, con la humedad relativa superior al 85% y precipitaciones que pueden superar los 3.500 mm anuales. Condiciones que generan un ambiente cálido y húmedo constante, con escasa variación térmica estacional.

La radiación solar directa suele verse atenuada por la nubosidad densa, especialmente en las mañanas y en las temporadas de lluvia intensa, lo cual disminuye la ganancia térmica pasiva, pero permite mantener temperaturas interiores agradables si se aplica una adecuada ventilación. Los vientos predominantes provienen del este y sureste, aunque su intensidad es baja y variable debido a la barrera natural que genera la vegetación circundante.

Desde un enfoque arquitectónico, se exigen soluciones bioclimáticas pasivas, como estructuras elevadas sobre el nivel del suelo para evitar humedad por capilaridad, techos inclinados a dos aguas con amplios aleros para la evacuación pluvial, ventilación cruzada, y materiales con baja inercia térmica como la madera. El diseño debe contemplar también la protección contra insectos, entrada controlada de luz y aislamiento de espacios húmedos (Gobierno Autónomo Descentralizado Sucúa, 2023).

4.1.6 Suelo y condiciones geotécnicas

Presentan una composición franco-arcillosa con alto contenido de materia orgánica, lo que los hace aptos para actividades agrícolas, pero potencialmente inestables para construcciones convencionales si no se realiza un análisis geotécnico previo. La capacidad portante promedio se estima entre 1.0 y 1.5 kg/cm², lo cual es suficiente para edificaciones

de uno a dos niveles construidas con materiales livianos como madera, guadúa o bloque artesanal.

No se reportan antecedentes de licuefacción, sin embargo, existen sectores con riesgo de erosión en taludes descubiertos y acumulación de agua en depresiones. En zonas cercanas a riachuelos o quebradas, se debe evaluar la posibilidad de inundación estacional, lo cual refuerza la necesidad de plataformas elevadas y drenajes perimetrales.

Se recomienda realizar ensayos de penetración estándar (SPT) y pruebas de compactación in situ en el área de intervención, así como un estudio de la napa freática. Para definir el tipo y profundidad de cimentación más adecuada, minimizando riesgos estructurales y asegurando la estabilidad del proyecto a largo plazo (FAO, 2025).

4.1.7 Equipamiento y servicios urbanos existentes

La comunidad Shuar Kumpas presenta una infraestructura básica limitada, acorde a su condición rural y dispersa. El servicio de agua potable no está garantizado por una red formal, por lo que los habitantes utilizan sistemas artesanales de captación, como tuberías desde vertientes cercanas, almacenamiento en tanques y pozos familiares.

En cuanto a energía eléctrica, la comunidad dispone de un tendido eléctrico de media tensión que abastece parcialmente a las viviendas cercanas al centro comunal. No obstante, muchas familias alejadas aún dependen de velas, linternas o pequeños generadores. El alcantarillado sanitario es asenté y es reemplazado por letrinas de pozo seco o pozos sépticos rudimentarios, lo que representa un riesgo para el entorno y la salud pública.

A nivel de equipamiento social, se identifica una escuela unidocente de educación básica, un centro comunitario que sirve como espacio de reunión y una cancha comunal multiuso (Ministerio de Educación, 2024). Los servicios de salud no están presentes de manera permanente; se accede a ellos a través de brigadas itinerantes del Ministerio de Salud Pública o traslados hacia Sucúa. Por ello, se plantea la necesidad de incorporar en el diseño arquitectónico sistemas autónomos, sostenibles y adaptados a la realidad local, como biodigestores, paneles solares, captación pluvial y mobiliario educativo intercultural (Ministerio de Salud Pública, 2024).

4.1.8 Diagnóstico y conclusiones del sitio

El análisis multiescalar realizado permite identificar una serie de oportunidades clave para el desarrollo de una propuesta arquitectónica contextual, sostenible y culturalmente pertinente. Entre ellas se destacan: la existencia de materiales locales

apropiados (guadúa, madera), un clima que favorece estrategias pasivas de confort, una estructura comunitaria organizada y una identidad territorial bien definida.

No obstante, se reconocen limitaciones importantes, como la baja calidad de los servicios básicos, el acceso vial restringido, las pendientes del terreno, y la falta de estudios técnicos específicos en geotecnia e hidrología, así como la baja capacidad portante del suelo. Dichas limitaciones no deben verse como obstáculos, sino como condicionantes de diseño, que obligan a pensar en soluciones adaptadas, modulares, de bajo impacto y con enfoque participativo.

En conclusión, la Comunidad Shuar Kumpas representa un territorio con alto valor simbólico y ecológico, en el que cualquier intervención arquitectónica debe responder de forma integral al contexto físico, social y cultural. Las estrategias proyectuales deben priorizar el respeto por el entorno, el uso racional de los recursos, la autoconstrucción asistida y la generación de espacios que fortalezcan la identidad y la autonomía de la comunidad.

4.2 Resultado y discusión 1

Una vez realizado el análisis de sitio se procedió a analizar las fichas de observación y los diarios de campo que se realizaron durante dos días que se intervino en la comunidad Kumpas, de lo que se obtuvo:

Tabla 4. Análisis fichas de observación

Prácticas constructivas	Materiales utilizados	Técnicas de anclaje
Uso de madera para la construcción	Madera Chicaguiña, chonta, limoncillo.	Uso de clavos/tornillos.
Construcción de paredes y techos	Troncos de chonta, limoncillo.	No se menciona un anclaje en específico.
Uso de herramientas como, machete, hacha, cuchillo, martillo.	Guadua angustifolia, chonta.	Amarres con bejucos/sogas, inserción entre cañas con el corte “boca de pescado”
Construcción mixta entre madera y hormigón.	Varillón, basa y sobrebasa.	Uso de hormigón y bloques como material de construcción.

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera en cuanto al diario de campo que permitió determinar las dinámicas de la comunidad se obtuvo que:

- La madera es el material predominante en la construcción de las viviendas dentro de Kumpas.
- Los constructores desde jóvenes muestran su interés por los procesos de construcción.
- Las personas son renuentes a colaborar en las entrevistas, a pesar de haber socializado lo que se iba a realizar y contar con la autorización del dirigente Shuar.

Basado en esta contextualización se procedió a analizar las siete entrevistas semiestructuradas aplicadas a los constructores de la comunidad y se escogieron las preguntas más relevantes que cumplan con los siguientes criterios: técnicas tradicionales de construcción que incorporan el uso del bambú, así como los desafíos y oportunidades percibidos por la comunidad.

Tabla 5. ¿Qué materiales tradicionales utiliza para construir viviendas?

Material	Frecuencia	Porcentaje
Madera nativa	7	100%
Bambú	5	71.4%
Palma	2	28.6%
Tierra	0	0%
Cemento/bloques	3	42.9%
Otro	0	0%

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 5 los siete constructores respondieron que la madera nativa es el material principal en las construcciones, seguido del bambú con el 71.4% y de la palma y el cemento/bloques que se emplean en menor medida, lo que indica que algunos constructores combinan técnicas tradicionales con modernas.

Tabla 6. ¿Qué tipo de madera emplean con mayor frecuencia en la comunidad?

Tipo de Madera	Frecuencia	Porcentaje
Guayacán	7	100%

Cedro	2	0
Laurel	0	0%
Otro	2	28.6%

Fuente: Elaboración propia.

En relación con la madera que se emplea con mayor frecuencia en la comunidad, todos los constructores locales coincidieron que el guayacán, esto debido a su durabilidad y tradición.

Tabla 7. ¿Qué criterios utilizan para elegir la madera o bambú adecuado?

Criterio	Frecuencia	Porcentaje
Durabilidad	7	100%
Resistencia al clima	7	100%
Disponibilidad local	4	57.1%
Peso	0	0%
Otro	0	0%

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de los criterios que los constructores utilizan para elegir la madera o bambú adecuados se observa que la calidad del material, es decir, la resistencia y durabilidad priman sobre la disponibilidad, esto podría explicar el por qué no todos utilizan el bambú.

Respecto a los desafíos percibidos al usar el bambú o madera se obtuvo lo siguiente:

Tabla 8. ¿Qué problemas ha enfrentado al construir con bambú o madera?

Problema	Frecuencia	Porcentaje
Pudrición	4	57.1%
Termitas	3	42.9%
Dificultad para unir piezas	2	28.6%
Escasez de material	1	14.3%
Humedad	3	42.9%

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que son mayores los desafíos relacionados con la degradación por el agua, es decir, la pudrición 51.7% y la humedad con el 42.9%. Así como las termitas en un porcentaje similar, en especial para la madera, motivo por el que los tratamientos de preservación podrían ser clave.

Y finalmente, con relación a las oportunidades percibidas para mejorar el uso del bambú se obtuvo:

Tabla 9 ¿Considera que se deberían recuperar o enseñar más las técnicas tradicionales de construcción a los jóvenes?

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Sí	7	100%
No	0	0%

Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla se observa que existe un consenso total en preservar el conocimiento tradicional, es decir, que se quiere mantener su valor cultural y práctico.

Tabla 10. ¿Le gustaría incorporar nuevas técnicas modernas para combinar con sus conocimientos tradicionales?

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje	Opciones Específicas
Sí	5	71.4%	Hormigón con bambú, tratamiento de bambú, ensambles de madera.
No	2	28.6%	

Fuente: Elaboración propia.

Con relación a incorporar técnicas modernas con conocimientos tradicionales, existe un interés por innovar, pero sin perder lo tradicional. Por ejemplo, al querer unir al hormigón con el bambú se busca mejorar la durabilidad sin dejar de lado los materiales propios.

4.2.1 Discusión

Los hallazgos obtenidos en este estudio demuestran que existe un escenario complejo en las prácticas constructivas de la comunidad Shuar de Kumpas en donde coexisten saberes tradicionales, desafíos materiales y oportunidades de innovación.

En relación los materiales tradicionales y su permanencia, el guayacán es el material predominante, seguido del bambú con el 71,4% dando cuenta que se prefieren los

recursos locales con alta durabilidad y resistencia climática (tablas 5 y 7), estos resultados coinciden con el estudio realizado por Calderón et al. (2023) quienes encontraron que en las comunidades Shuar se priorizan los materiales que combinan la utilidad práctica y el valor cultural.

Por otro lado, las técnicas de anclaje varían desde amarres con bejucos hasta el uso de tornillos, clavos y hormigón, es decir que existe una hibridación entre lo tradicional y lo moderno y se considera una adaptación pragmática, en donde los constructores utilizan elementos modernos para solucionar problemas como la humedad en los cimientos. González y Herrera (2017) mencionan que dicho enfoque es de ayuda para mejorar la calidad de las construcciones sin afectar a la identidad cultural, situación que se alinea con el interés del 71,4% de los constructores por la combinación de técnicas (tabla 10).

Al respecto de los desafíos y posibles soluciones en este estudio se encontró que los principales problemas tienen que ver con la pudrición, las termitas y la humedad (tabla 8), que están ligados a las condiciones climáticas de la Amazonía y concuerda con Putri y Dewi (2020) quienes realizaron un estudio en clima húmedo y determinaron que estos mismos factores afectan directamente al bambú.

Finalmente, en relación con la preservación cultural y el futuro, todos los constructores de la comunidad Kumpas coincidieron en que hay que enseñar las técnicas tradicionales a los jóvenes (tabla 9) lo que indica que existe una estrategia de resiliencia cultural, en línea con lo documentado por Pineda (2017) en otras comunidades Shuar. Cabe mencionar que es importante que se promuevan proyectos piloto en los que se demuestre la eficacia de técnicas híbridas.

4.3 Resultado y discusión 2

Con relación a las entrevistas realizadas a los expertos constructores con bambú se obtuvieron los siguientes resultados que enriquecen el conocimiento sobre el potencial el bambú:

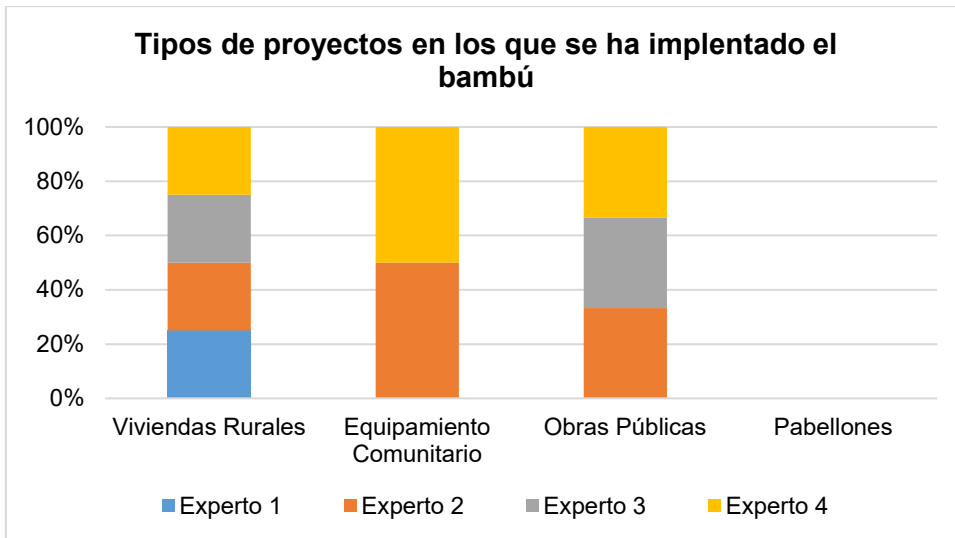


Figura 20: Tipos de proyectos en los que ha implementado el bambú

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura 16 todos los expertos coinciden en que han implementado bambú en viviendas rurales, seguido por las obras públicas y equipamiento comunitario lo que indica una posible diversificación de su uso en proyectos urbanos y comunitarios.

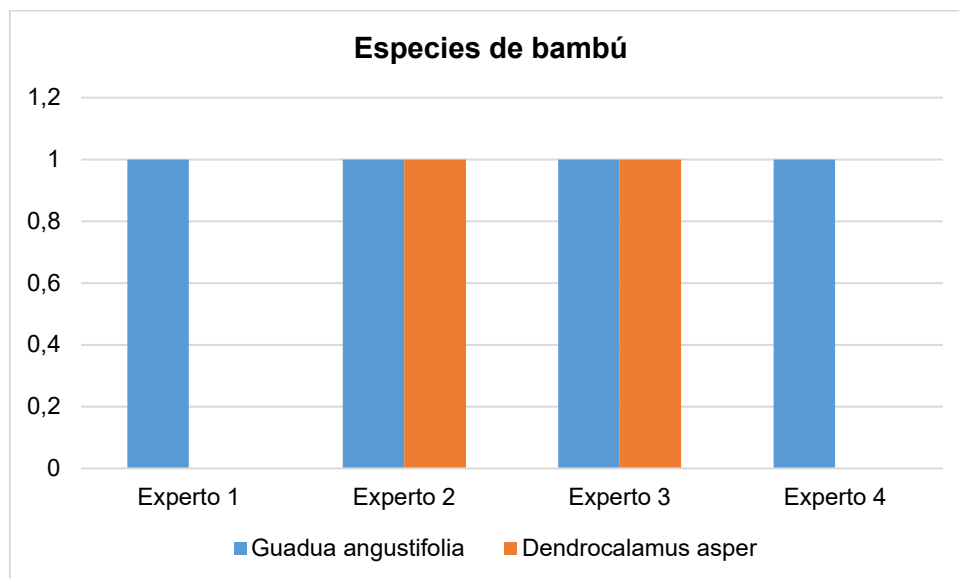


Figura 21. Especies de bambú utilizadas

Fuente: Elaboración propia.

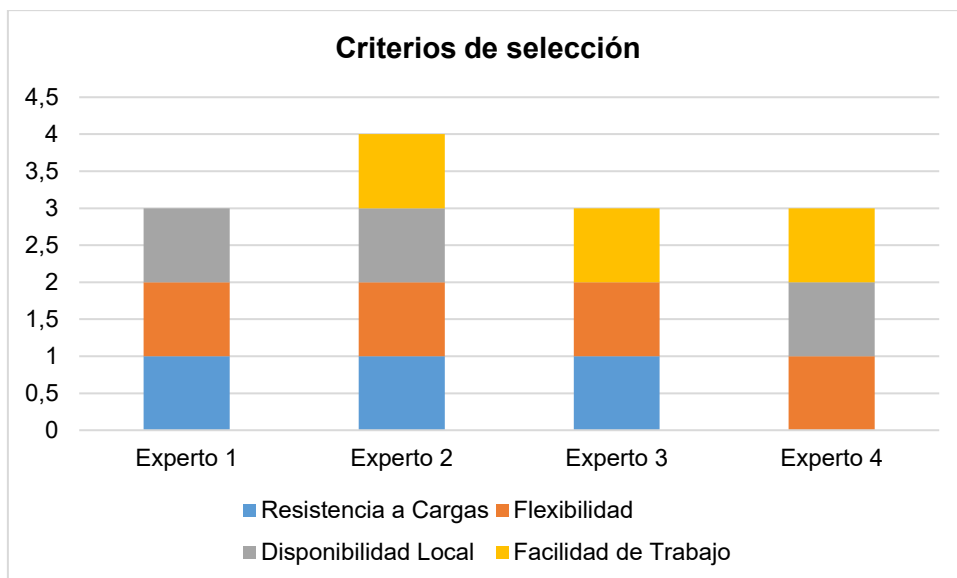


Figura 22. Criterios de selección

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa la figura 17 la especie predominante utilizada por los expertos es la guadua angustifolia demostrando su importancia en la construcción con bambú en Ecuador y Colombia. Por otro lado, en la figura 18 los criterios comunes son la resistencia a cargas, flexibilidad y la disponibilidad local en especial en las regiones amazónicas; la facilidad de trabajo y la durabilidad también son factores importantes para la elección del bambú.

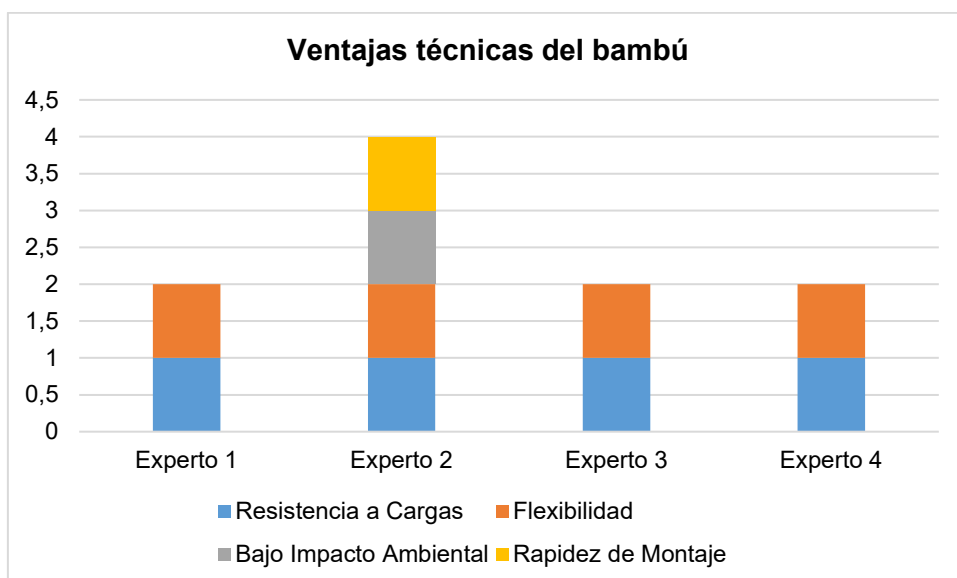


Figura 23. Ventajas técnicas del bambú en comparación con otros materiales

Fuente: Elaboración propia.

La flexibilidad y resistencia son las ventajas clave que mencionaron los expertos, seguidos por el bajo impacto ambiental y rapidez de montaje con lo que se observa un enfoque hacia la sostenibilidad y eficiencia del uso del bambú.

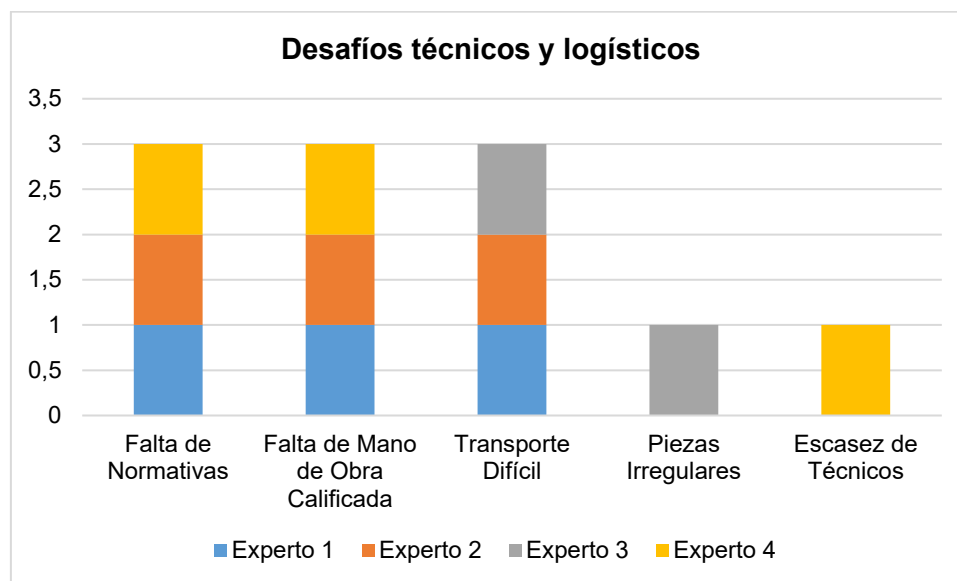


Figura 24. Desafíos técnicos y logísticos en la construcción con bambú

Fuente: Elaboración propia.

Según la figura 20 dentro de los principales desafíos se encuentran la falta de normativas claras sobre el uso del bambú en la construcción situación que limita la estandarización de este. Otros de los desafíos que se presentan tiene que ver con el transporte de este material debido a su longitud y flexibilidad que lo hace difícil de manejar y la falta de mano de obra especializada para trabajarlo.

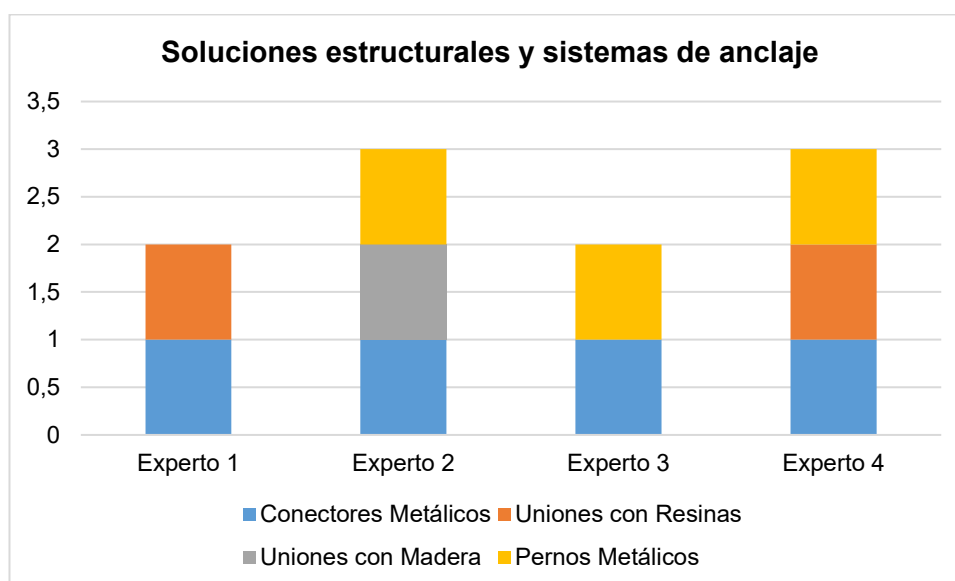


Figura 25. Soluciones estructurales y sistemas de anclaje

Fuente: Elaboración propia.

Las soluciones estructurales que mencionan los expertos varían desde el uso de las vigas de bambú hasta columnas metálicas con refuerzos para asegurar la resistencia de la estructura. Con relación a los sistemas de anclaje, los conectores metálicos son una solución que se menciona con frecuencia y demuestra su fiabilidad y durabilidad.

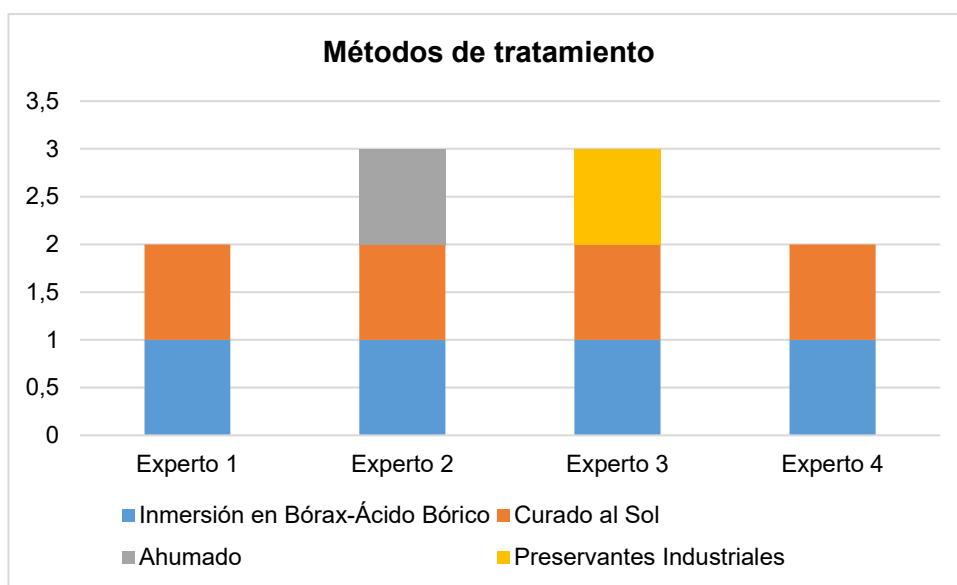


Figura 26. Métodos de tratamiento del bambú

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura 22 dentro de los métodos recomendados por los expertos entrevistados se encuentran el curado al sol y el tratamiento con bórax o ácido bórico que son esenciales para prevenir el deterioro del bambú.

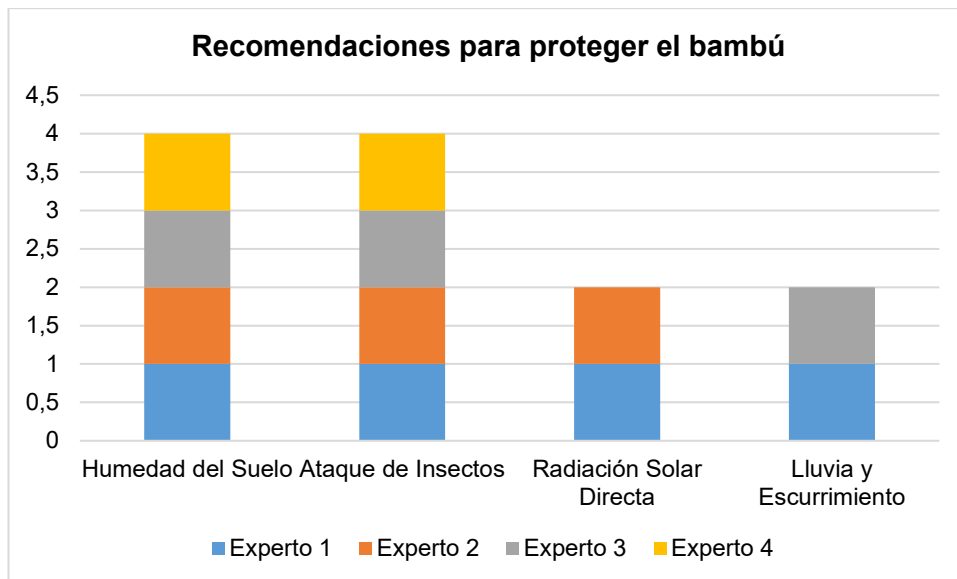


Figura 27. Recomendaciones para proteger el bambú

Fuente: Elaboración propia.

Los expertos indican que se debe procurar proteger al bambú de la humedad, radiación solar e insectos para poder garantizar su durabilidad en el tiempo y asimismo lograr que el bambú reemplace a otros materiales que utilizan en su mayoría en las comunidades.

4.3.1 Discusión

Con relación a la implementación del bambú en proyectos de construcción, los expertos respondieron de forma unánime que principalmente han llevado a cabo esta actividad en viviendas rurales a lo que Ordóñez et al. (2011) añaden que se debe a la disponibilidad local y al bajo costo del material. Además, se observó que existe una tendencia creciente para el uso del bambú en obras públicas.

Acerca de las especies de bambú y los criterios de selección se encontró que la especie guadua angustifolia es la más utilizada por todos los expertos debido a sus propiedades estructurales como la flexibilidad y resistencia (Acosta et al., 2021). La elección de esta especie tiene que ver con la disponibilidad local, lo que reduce considerablemente los costos de transporte y la hace accesible.

Sobre las ventajas técnicas del bambú, los expertos coincidieron en que la alta resistencia a cargas, flexibilidad y capacidad para absorber cargas sísmicas son las principales ventajas que tiene ese material y que según Bello y Villacreses (2021) se derivan de su estructura hueca y circular que además le proporciona rigidez y elasticidad.

Además, su buena resistencia al corte paralelo hace que este material sea ideal para construcciones en zonas sísmicas o con requerimientos estructurales exigentes.

Respecto a los desafíos técnicos y logísticos, el tema principal fue la falta de normativas específicas para la construcción con bambú situación que limita la estandarización y el desarrollo de mejores prácticas relacionadas a la construcción. Otro reto de acuerdo con los expertos es el transporte del bambú, esto debido a su longitud y flexibilidad incrementando el riesgo de daños durante el traslado (Barbaro, 2007).

En cuanto a las soluciones estructurales, se identificaron al uso de conectores metálicos y uniones con resinas como los factores clave que permiten mejorar la durabilidad y la resistencia de las estructuras de bambú. Ya que según la investigación realizada por González y Samudio (2020) estos sistemas de conexión ayudan a evitar un rápido deterioro y mejorar la seguridad estructural.

Por otro lado, los tratamientos que recomiendan los expertos para el bambú son: inmersión en bórax- ácido bórico que permiten asegurar la durabilidad de este material y sirven, además, para prevenir los ataques de insectos y la humedad del suelo, considerados como los factores más críticos para la preservación del bambú en ambientes tropicales (Putri y Dewi, 2020).

En resumen, el bambú es una opción viable y sostenible para la construcción con énfasis especial en las viviendas de interés social, así como en las obras públicas. Pero, el desarrollo de normativas claras, la formación de mano de obra especializada y la optimización de la logística de transporte son áreas clave en las que debe trabajar con el objetivo de masificar su uso.

4.4 Resultado y discusión 3

El análisis técnico de la flexión del bambú a través de las pruebas arrojó los siguientes resultados:

Tabla 11. Resultados de compresión en muestras verdes

Verde (Recién cortada)			
Nombre	Max. Fuerza	Max, Desplazamiento	Max. Deformación
Parámetros	Calc. At Entire Areas	Calc. At Entire Areas	Calc. At Entire Areas
Unidad	Kgf	mm	%
Ensayo 1	1154,2	40,0939	2,40563
Ensayo 2	1629,29	51,8506	3,11104
Ensayo 3	1103,08	23,6959	1,42175
Ensayo 4	1195,99	26,2324	1,57394
Ensayo 5	1129,47	32,5711	1,95427
Ensayo 6	1439,1	36,5564	2,19338
Promedio	1275,19	35,1667	2,11000

Tabla 12. Resultados de compresión en muestras secadas al natural

Secado Natural (Luz solar)			
Nombre	Max. Fuerza	Max, Desplazamiento	Max. Deformacion
Parametros	Calc. At Entire Areas	Calc. At Entire Areas	Calc. At Entire Areas
Unidad	Kgf	mm	%
Ensayo 1	538,947	11,991	0,71946
Ensayo 2	1365,72	18,393	1,10358
Ensayo 3	729,455	15,7643	0,94586

Ensayo 4	902,783	31,9765	1,91859
Ensayo 5	460,987	27,2803	1,63682
Ensayo 6	803,871	24,2711	1,43458
Promedio	800,294	21,6127	1,29315

Tabla 13. Resultados de compresión en muestras secadas artificialmente

Secado Artificial (Bórax)			
Nombre	Max. Fuerza	Max, Desplazamiento	Max. Deformacion
Parametros	Calc. At Entire Areas	Calc. At Entire Areas	Calc. At Entire Areas
Unidad	Kgf	mm	%
Ensayo 1	1154,27	23,0601	1,38361
Ensayo 2	1747,61	18,2930	1,09758
Ensayo 3	1067,00	36,2485	2,17491
Ensayo 4	1182,24	27,6149	1,65689
Ensayo 5	1612,85	22,2383	1,3343
Ensayo 6	1065,51	27,4159	1,64495
Promedio	1304,91	25,8118	1,54871

Así también se presentan los resultados de las pruebas, pero con relación a la compresión del bambú. Se tiene:

Tabla 14. Resultados de flexión en muestras verdes

Verde (Recién cortada)						
Nombre	Max. Fuerza	Max. Esfuerzo	Max. Desplazamiento	Max. Deformacion	Tangente	Secante

Parámetros	Calc. At Entire Areas	Calc. At Entire Areas	Calc. At Entire Areas	Calc. At Entire Areas	Fuerza 10 Kgf	Fuerza 10 Kgf
Unidad	Kgf	Kgf/cm2	mm	%	Kgf/mm2	Kgf/mm2
Ensayo 1	18937,7	457,972	1,81388	0,77849	336,023	155,377
Ensayo 2	19172,5	468,454	1,43463	0,60278	467,437	349,005
Ensayo 3	16300,6	512,078	1,455	0,62716	654,628	430,658
Ensayo 4	18522,2	467,55	1,59688	0,67379	418,948	249,004
Ensayo 5	16828,1	517,916	1,372	0,59394	645,294	345,96
Ensayo 6	15739,7	540,903	2,4405	1,03851	586,342	394,22
Promedio	17583,5	494,146	1,68548	0,71911	518,112	320,704

Tabla 15. Resultados de flexión en muestras secadas al natural

Secado Natural (Luz solar)						
Nombre	Max. Fuerza	Max. Esfuerzo	Max. Desplazamiento	Max. Deformacion	Tangente	Secante
Parametros	Calc. At Entire Areas	Calc. At Entire Areas	Calc. At Entire Areas	Calc. At Entire Areas	Fuerza 10 Kgf	Fuerza 10 Kgf
Unidad	Kgf	Kgf/cm2	mm	%	Kgf/mm2	Kgf/mm2
Ensayo 1	17035,0	768,864	1,6895	0,71894	563,873	503,193
Ensayo 2	16451,6	742,533	1,58075	0,69945	793,56	389,57
Ensayo 3	15492,3	677,384	1,55775	0,66856	847,782	506,631
Ensayo 4	16773,3	764,092	2,14838	0,92205	688,144	773,211
Ensayo 5	14029,6	676,889	1,06625	0,4518	1240,19	1158,97
Ensayo 6	14657,2	693,504	1,60388	0,68836	757,646	736,169
Promedio	15739,8	720,544	1,60775	0,69153	815,199	677,957

Tabla 16. Resultados de flexión en muestras secadas artificialmente

Secado Artificial (Bórax)						
Nombre	Max. Fuerza	Max. Esfuerzo	Max. Desplazamiento	Max. Deformacion	Tangente	Secante
Parámetros	Calc. At Entire Areas	Calc. At Entire Areas	Calc. At Entire Areas	Calc. At Entire Areas	Fuerza 10 Kgf	Fuerza 10 Kgf
Unidad	Kgf	Kgf/cm2	mm	%	Kgf/mm2	Kgf/mm2
Ensayo 1	23163,6	940,758	1,57675	0,67963	1873,34	1700,66
Ensayo 2	30421,9	863,066	1,53175	0,66024	853,431	1322,8
Ensayo 3	20971,0	925,835	1,62663	0,68634	1533,07	958,729
Ensayo 4	28250,0	914,544	2,50313	1,07893	774,28	613,526
Ensayo 5	25963,9	930,434	2,1575	0,92201	1174,29	1025,17
Ensayo 6	30730,4	1056,06	1,567	0,66681	942,416	445,387
Promedio	26583,5	938,4495	1,82713	0,78233	1191,80	1011,045

Los resultados obtenidos de los ensayos de propiedades mecánicas permiten establecer una comparación técnica entre los tres métodos de tratamiento evaluados: bambú verde, secado natural y secado artificial. De manera concluyente, el estudio demuestra que el bambú sometido a secado artificial exhibe las características estructurales más adecuadas para su aplicación en construcción, superando significativamente a las otras dos alternativas.

La superioridad del secado artificial se manifiesta en una mejora integral de las propiedades mecánicas del material. Este tratamiento incrementa la resistencia a la compresión, eleva los módulos de elasticidad (tangente y secante) y permite una deformación controlada bajo carga, aspectos críticos para el diseño de elementos estructurales seguros y de alto desempeño. En términos prácticos, esto se traduce en una mayor capacidad portante y una respuesta más predecible frente a esfuerzos externos.

Al comparar los valores de carga máxima soportada, el bambú secado artificial supera ampliamente tanto al bambú verde como al de secado natural. Esta mayor resistencia lo convierte en una opción idónea para componentes estructurales sometidos a cargas elevadas, como columnas, vigas o sistemas de entramado. Adicionalmente, su baja deformación relativa en relación con su alta resistencia confirma no solo su fortaleza, sino también su rigidez, una combinación esencial para garantizar estabilidad y durabilidad en las estructuras.

Frente al bambú verde, que presenta una deformación excesiva y una rigidez limitada, el secado artificial proporciona una estabilidad dimensional notablemente mejor, reduciendo el riesgo de fisuras, pandeos o fallas prematuras durante su vida útil. Asimismo, en comparación con el secado natural, el tratamiento artificial no solo ofrece un mejor desempeño mecánico, sino también una mayor uniformidad en los resultados, un factor determinante en construcción, donde la homogeneidad del material es sinónimo de confiabilidad y seguridad estructural.

4.4.1 Discusión

El notable incremento en la resistencia a la compresión y los módulos de elasticidad observado en el bambú con secado artificial concuerda con los hallazgos de Liese y Kim (2015) quienes indican que puede haber una mejora hasta del 40% en las propiedades mecánicas con procesos de secado controlado. Dicha mejora se atribuye principalmente a la reducción uniforme del contenido de humedad, que permite una mejor compactación de las fibras y una estructura interna más estable (Montoya y Jimenez, 2006).

Con relación a la mayor estabilidad dimensional obtenida con el secado artificial, esta es una característica relevante en el ámbito estructural ya que como señalan Kocaefe et al. (2015) este tipo de variaciones son consideradas como una de las principales causas en las fallas estructurales del bambú, motivo por el que, el control de este factor mediante el secado artificial es un avance significativo para otorgarle confiabilidad al material. Ya que según los resultados de la presente investigación el bambú verde muestra deformaciones de hasta un 30% mayor bajo carga.

Acercas de la uniformidad en los resultados obtenidos con el secado artificial hay que mencionar que este es otro aspecto que respalda la superioridad de la guadua, ya que como señala Briceño (2015) esta característica es fundamental para que el diseño estructural se base en

parámetros de cálculo más precisos y factores de seguridad más ajustados para optimizar el uso del material. Sin embargo, factores como el costo energético del proceso, es una situación que hay que analizar en relación con las mejoras obtenidas. Finalmente, con las pruebas realizadas se corroboró que el secado artificial representa el mejor método para el tratamiento del bambú destinado A usos estructurales ya que las mejoras documentadas relacionadas a la resistencia rigidez y estabilidad dimensional junto con la mayor uniformidad de resultados posicionan a este material como una alternativa confiable para sistemas constructivos modernos.

4.5 Resultado objetivo específico dos

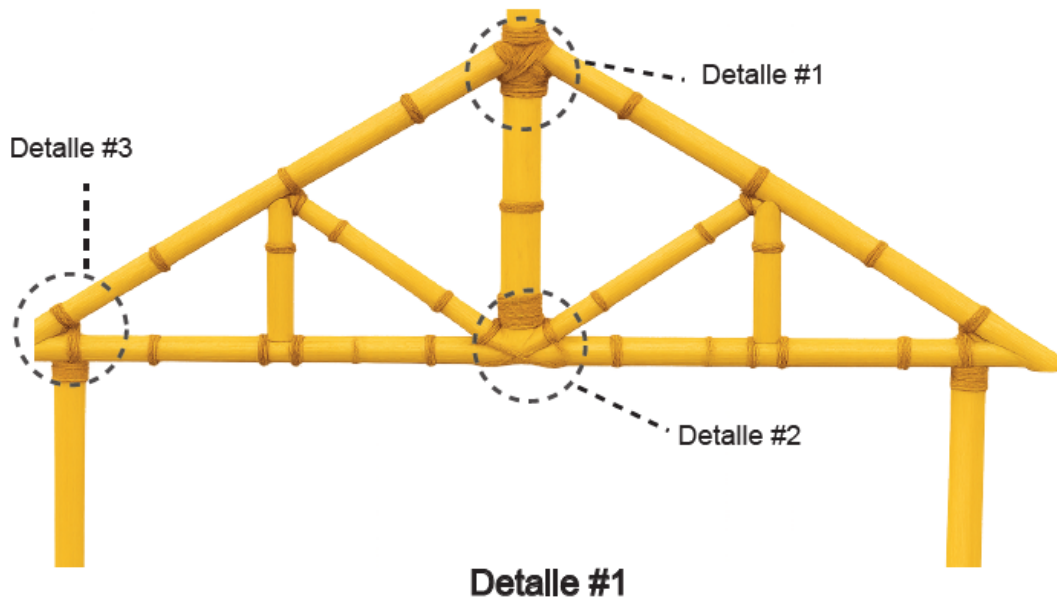
Respecto al catálogo de diseños innovadores de anclajes para bambú se ha desarrollado con el precedente de los análisis de las propiedades mecánicas del bambú y las técnicas tradicionales de la cultura Shuar. En este catálogo se encuentran una serie de prototipos de anclajes diseñados para maximizar las propiedades naturales del bambú, como son la resistencia a la tracción y flexión.

El catálogo se compone de la siguiente manera:

- Modelos 3D de los anclajes: realizados mediante modelos tridimensionales creados con herramientas de diseño como AutoCAD y Revit que permiten visualizar la forma en la que los anclajes interactúan con el bambú.
- Optimización de las propiedades mecánicas: con los diseños propuestos se busca aprovechar al máximo las características naturales del bambú, centrándose en la flexibilidad y resistencia, mediante la integración de soluciones técnicas innovadoras que cumplan con las necesidades estructurales y las tradiciones de la comunidad Kumpas.
- Evaluación técnica y participativa: los prototipos propuestos se validaron a través de pruebas mecánicas que simulan sus condiciones reales de uso. También de la participación de la comunidad Kumpas a través de las demostraciones en tiempo real para obtener una retroalimentación que parta desde lo cultural y lo ético.

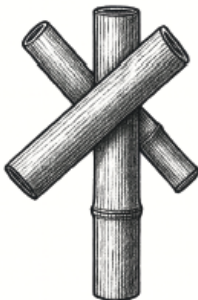
4.5.1 Catálogo innovador

Detalles constructivos de cerchas simples con amarres



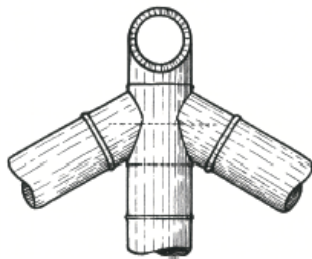
Unión entre Caballete, Par y Pendolón

Forma artesanal



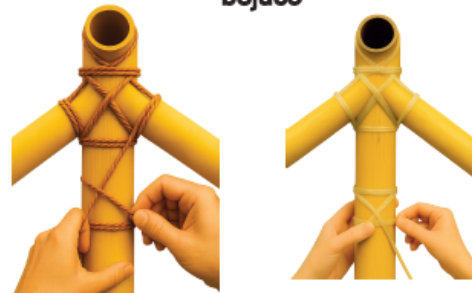
En un principio la cultura Shuar solamente usa el bambú simplemente apoyado lo cual no da seguridad a la estructura y creando roses entre piezas de bambú

Moderna



En la forma moderna ya se usan las entalladuras para lograr una estabilidad a la estructura con el uso de pernos de hierro

Propuesta de Diseño en plástico PET y bejuco

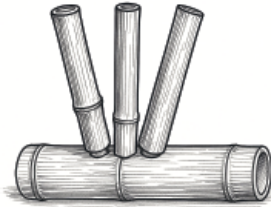


Para la falta de recursos económicos se diseñó una alternativa ecológica en donde el Par y el caballete están asegurados al pendolón con amarres hechos en plástico PET o bejuco los cuales actúan como un refuerzo asegurando la estructura evitando la fricción. Este sistema es diseñado para que los Shuar no hagan gastos económicos al momento de comprar materiales de hierro

Detalle #2

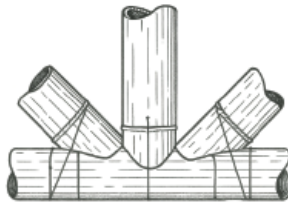
Unión entre tirante y trompapunta (base inferior de la cercha)

Forma artesanal



Se parte de una forma apoyada de la trompapunta y el tirante en donde se crea una inseguridad por fricción ya que estas piezas no están fijadas.

Moderna



Se usan las talladuras para unir los filos del tirante con la trompapunta pero usando alambre y pernos de hierro.

Propuesta de Diseño en plástico PET y bejuco



Se diseñó el refuerzo de las uniones usando las cuerdas hechas por bejucos o plásticos PET para ayudar a asegurar la trompapunta con el tirante evitando el uso de alambres y pernos de hierro, así evitamos la fricción y desgaste entre estas piezas.

Detalle #3

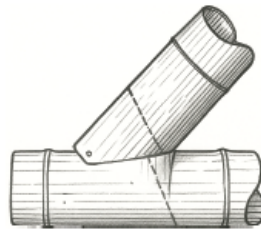
Unión entre tirante y trompapunta (esquina inferior izquierda de la cercha)

Forma artesanal



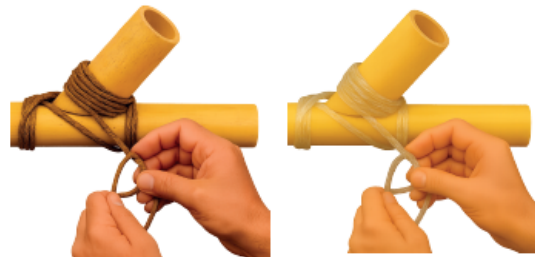
En un comienzo se tallaba un agujero en la viga para que la trompapunta sea introducida pero nacen problemas como la debilitación de la viga.

Moderna



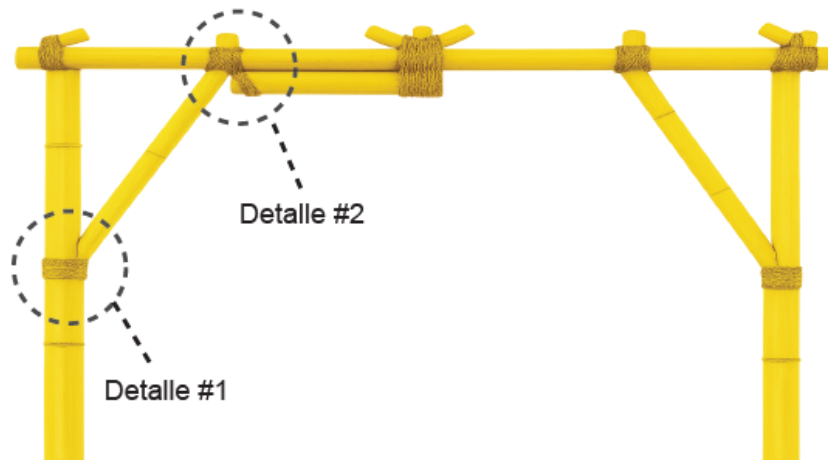
Con la ayuda del corte de pico de flauta se unen las dos piezas de bambú con ayuda de alambre y pernos de hierro.

Propuesta de Diseño en plástico PET y bejuco



El refuerzo diseñado para las uniones de la trompapunta y la viga por medio de la entalladura de pico de flauta con ayuda de las cuerdas hechas por bejucos o plásticos PET haciendo que se anule el roce de las piezas teniendo en cuenta que ya no se utiliza ningún tipo de metal.

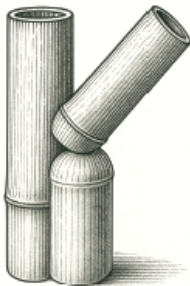
Construcción de pórticos con amarres



Detalle #1

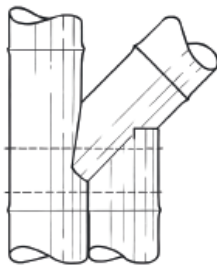
Unión del diagonal o riostra con la columna

Forma artesanal



Tradicionalmente no se usó ni un tipo de ensamble o entalladura entre la riostra y la columna pero surgen problemas como la inseguridad de no usar un refuerzo entre estas piezas.

Moderna



Las tres piezas de bambú se unen con la ayuda de ensambles pero usando alambres y pernos de hierro

Propuesta de Diseño en plástico PET y bejuco

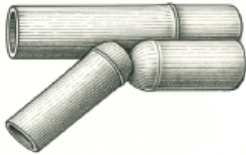


Se aplicó un diseño en donde la riostra este unida con la columna con ayuda con amarres de bejuco y cuerdas de plástico PET en donde se soluciona el problema de la inseguridad de que se desmonten estas piezas ya que ya existe un refuerzo sin usar alambres ni pernos de hierro

Detalle #2

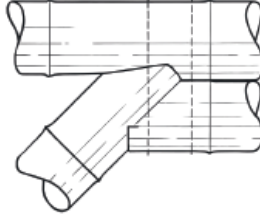
Unión del diagonal con la parte inferior del tirante o viga

Forma artesanal



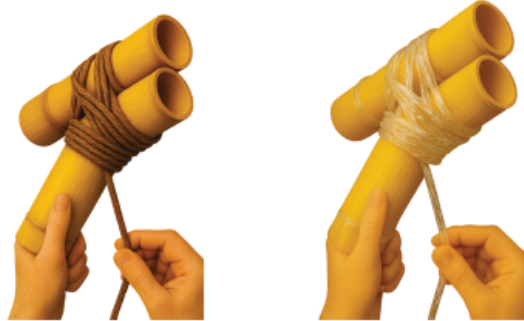
En un principio no se usó ni un tipo de ensamble o entalladura entre la diagonal y la viga solo era apoyado, por esto surgen problemas como el desgaste por fricción entre estas piezas.

Moderna



Las piezas de bambú se unen con la ayuda de ensambles pero usando alambres y pernos de hierro

Propuesta de Diseño en plástico PET y bejuco

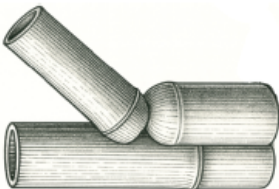


Se aplicó un diseño en donde la riostra se une con la viga con ayuda con amarres de bejuco y cuerdas de plástico PET evitando el rose entre piezas en donde se soluciona el problema de la inseguridad de que se desmonten estas piezas ya que ya existe un refuerzo sin usar alambres ni pernos de hierro

Detalle #3

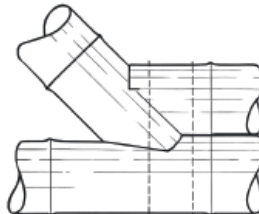
Unión del diagonal con la parte superior del tirante

Forma artesanal



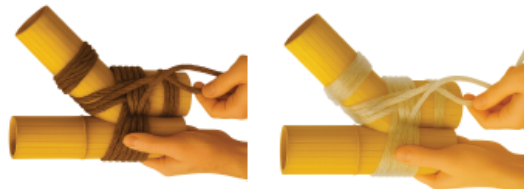
Antiguamente no se usó ni un tipo de ensamble o entalladura entre la diagonal y el tirante solo era apoyado, por esto surgen problemas como el desgaste por fricción entre estas piezas.

Moderna



Las piezas de bambú se unen con la ayuda de ensambles pero usando alambres y pernos de hierro

Propuesta de Diseño en plástico PET y bejuco

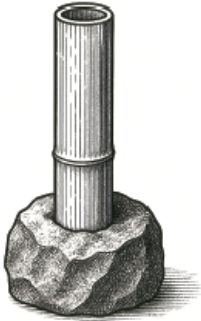


Se realizó un diseño en donde el diagonal se une con la parte superior del tirante con ayuda con amarres de bejuco y cuerdas de plástico PET evitando el rose entre piezas en donde se soluciona el problema de la inseguridad de que se desmonten estas piezas ya que ya existe un refuerzo sin usar alambres ni pernos de hierro

Cimentación con amarres

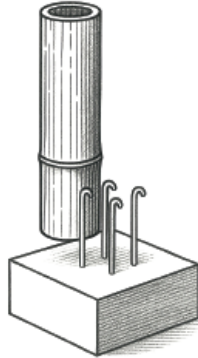
Unión entre cimiento y columna

Forma artesanal



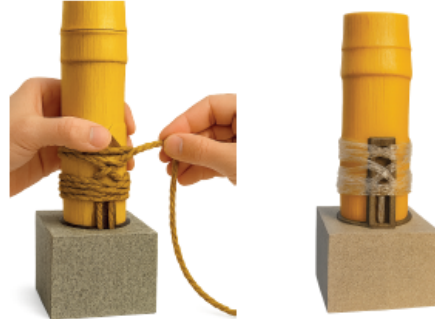
Tradicionalmente se asentaba directamente en la roca en donde estaba hecho un agujero creando un problema que sería el desgaste del bambú por la fricción

Moderna



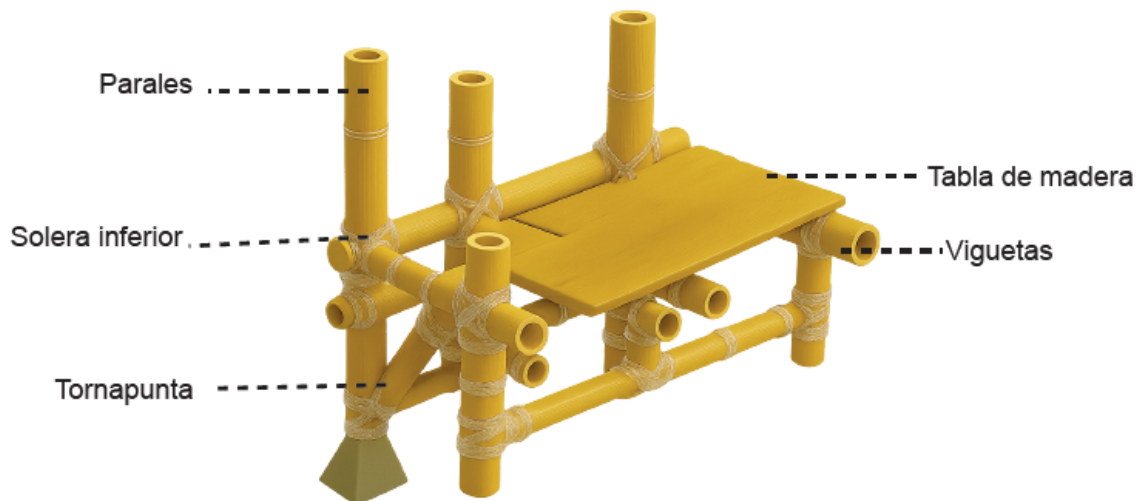
Con ayuda de ganchos J los cuales están fundidos en el cemento se introducen en el interior del bambú asegurándose vertiendo cemento al centro hueco de la pieza.

Propuesta de Diseño en plástico PET y bejuco



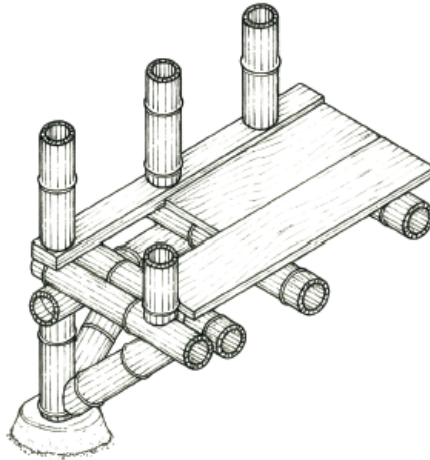
Se diseñó un refuerzo de madera con tratada con fuego haciendo más duradera la madera y evitando que se apolille, esta pieza de madera es de base redonda con orejas para que pueda ser amarrada con bejuco o cuerdas de plástico PET haciendo que el bambú no tenga ni un tipo de desgaste por la fricción

Construcción del piso con amarres



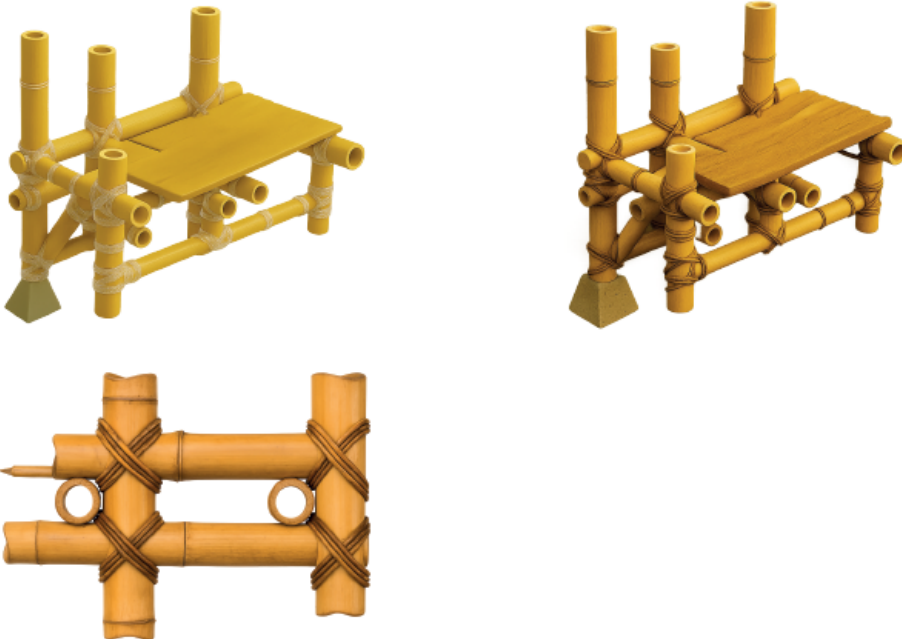
Elaboración de pisos usando refuerzos

Forma artesanal



Tradicionalmente no se usaban ni un tipo de ensamblajes, todas las piezas de bambú eran apoyadas sin usar ni un tipo de ensamble o talladura por esto se creaban desgastes por fricción sin tener ni un tipo de seguridad. Aquí se usaba la gravedad para que las piezas encajen en su sitio.

Propuesta de Diseño en plástico PET y bejuco



El refuerzo está diseñado un sistema de uniones para mejorar la estabilidad de la estructura utilizando los diferentes tipos de talladuras como boca de pescado, bisel, con dos orejas y pico de flauta aparte de esto también se asegura con ataduras ya sean de bejuco o de cuerdas de plástico PET. Este sistema está pensado para que las personas no usen alambres ni pernos.

De acuerdo con la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC), la propuesta se alinea en los siguientes aspectos:

- **Tipos de uniones y amarres:** en este catálogo innovador se presentan sistemas de uniones con bejucos y con plástico PET reciclado y es válido ya que la normativa indica que se permiten otros tipos de uniones que tengan respaldo a través de un estudio científico y con ensayos.
- **Componentes y sistemas estructurales tradicionales:** en el catálogo se presentan cerchas, pórticos, cimentaciones y entrepisos que respetan los principios estructurales aceptados en la NEC: uso de culmos de bambú, aplicación de tornapuntas, tirantes, pedolones y diagonales, inclusión de sobre cimientos y platinas metálicas y por último la separación adecuada de componentes estructurales. Temas que se explican en el capítulo 5 los numerales 5.5 a 5.8.
- **Enfoque constructivo artesanal sostenible:** en la NEC se permiten innovaciones y artesanales si se cumplen los criterios de seguridad estructural, uso de culmos de guadua debidamente preservados, secos y seleccionados. El presente catálogo además se alinea a enriquecer el enfoque de sustentabilidad.

De igual manera, el presente catálogo se alinea con El Reglamento Colombiano de Construcción sismo resistente NSR-10 de la siguiente manera:

- En el capítulo G.12 de la NSR-10 se dice que las construcciones que utilizan guadua deben diseñarse para cumplir con los requisitos sísmicos y se deben utilizar pórticos y sistemas de postes y vigas. Lo cual es aplicable a la propuesta de cerchas y pórticos construidos con bambú.
- Con relación a los materiales, esta normativa indica que el bambú debe ser preservado y secado de manera adecuada para que no se deteriore y exista seguridad estructural e indica que se permite la inclusión de materiales innovadores. Se alinea a la propuesta en el uso de amarres de plástico PET reciclado.
- Respecto del diseño sismo resistente, la NSR-10 exige que todas las estructuras de guadúa deben diseñarse bajo cálculos sismo resistentes, en este caso la propuesta de realizar amarres de PET debe realizar pruebas específicas de resistencia sísmica.

4.6 Resultado objetivo específico tres

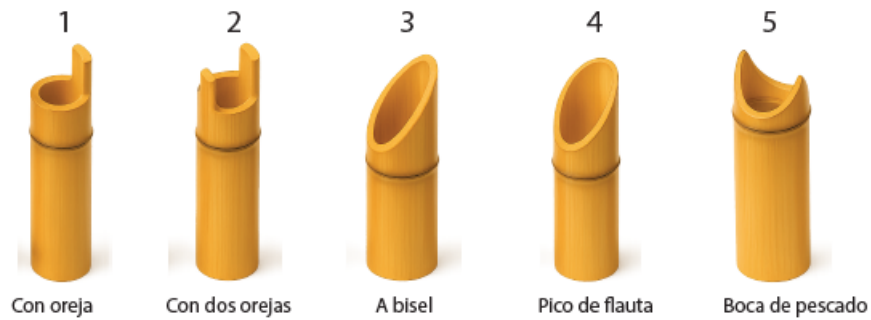
Con relación al catálogo estructural compila los diseños de anclajes de bambú, adaptados a las prácticas constructivas de la comunidad Kumpas. El objetivo de este catálogo es que sirva como una herramienta práctica y accesible que facilite la adopción de estos anclajes en las construcciones tradicionales y modernas de la comunidad.

El contenido del catálogo se divide de la siguiente manera:

- **Diseños detallados:** en los que se describen: características, técnicas, materiales utilizados y aplicaciones recomendadas para su implementación en la construcción con bambú, hay que mencionar que estos diseños son el resultado de un proceso de investigación y validación técnica.
- **Ilustraciones técnicas:** cada ilustración contiene una descripción precisa, para que se visualicen los componentes y las configuraciones de cada anclaje, tanto en lo tradicional como en lo innovador.
- **Colaboración de la comunidad y validación:** en línea con la relevancia cultural y la precisión técnica, este catálogo es el resultado del trabajo con los expertos en construcción sostenible y los constructores de la comunidad Kumpas.

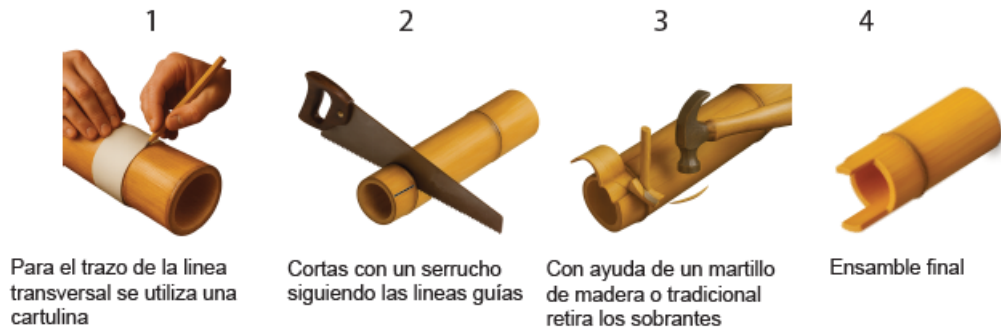
4.6.1 Catálogo estructural

Entalladuras usadas en la unión de piezas de bambú

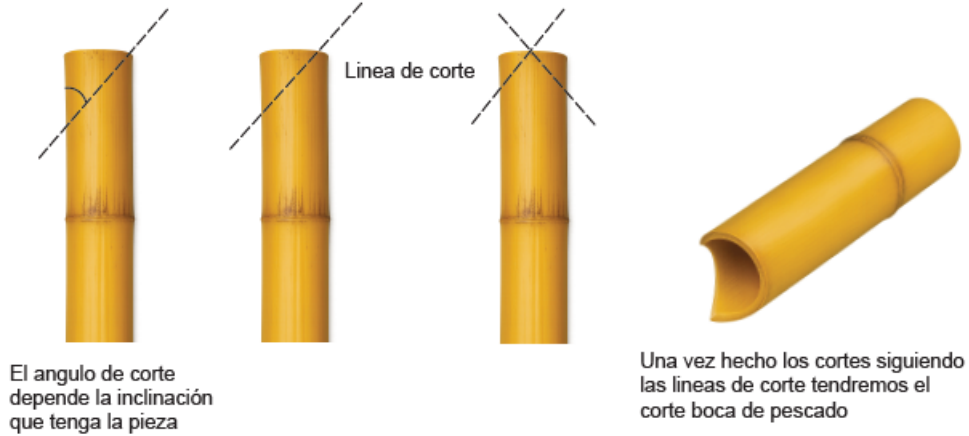


Elaboración de los tipos de ensambles

Trazado y cortado

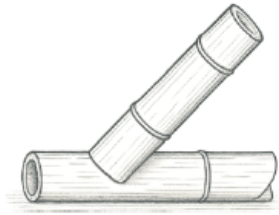


Posición de la línea de corte



Aplicación de los ensambles

Forma artesanal



En un comienzo se tallaba un agujero en la vigueta para que la trompapunta sea introducida pero al momento de realizar esto nacen problemas como la debilitación de la vigueta y la fricción que desgasta el bambú

Propuesta de diseño

A bisel



Pico de flauta

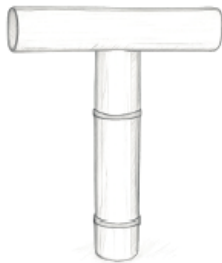


El refuerzo diseñado para las uniones de la trompapunta y la vigueta por medio de la entalladura de pico de flauta, si la superficie de la vigueta es plana se usara el corte a bisel así se podrá fijar de mejor manera estas dos piezas

Unión de piezas verticales y horizontales

Soporte con uno o dos orejas

Forma artesanal



Antiguamente al unir una viga y columna no se usaba ni un tipo de talladura haciendo que las estructuras no tengan seguridad usando unicamente el peso de la estructura para mantener fijas las piezas

Propuesta de diseño

Viga de madera rolliza



Se utiliza para recibir cargas de bambú o de madera rolliza o aserrada

Se realizó un diseño en donde al unir dos piezas de bambú que en este caso es la viga y columna estén fijas usando el soporte con dos orejas, este procedimiento ayuda que la estructura este anclado de una manera mas segura

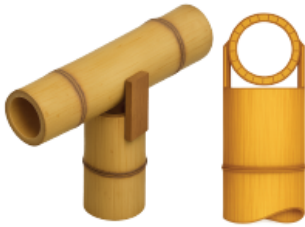
Viga de madera aserrada



Para unir una viga y columna de madera aserrada lleva el mismo procedimiento lo único que cambia es que la base de la entalladura va a ser cuadrada en donde va a ser acentuada la viga de madera

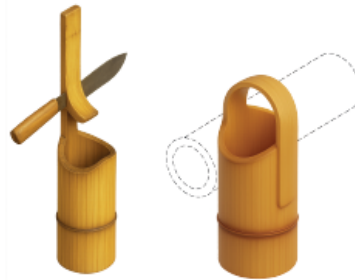
Propuesta de diseño

Soporte con oreja sobrepuesta



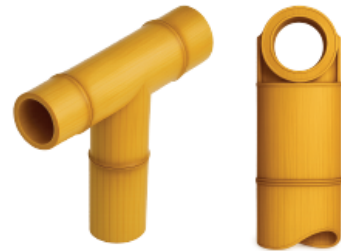
Para este diseño se le añaden 2 trozos de madera de forma rectangular los cuales son clavados a la punta superior de la columna de bambú haciendo que la viga se mantenga fija

Soporte con solapa



Se deja un trozo de bambu de forma rectangular dependiendo el diámetro de la viga sera el largo de esta cinta la cual abrazara a la pieza haciendo que esta se mantenga fija. Esto Se emplea cuando se dispone alambre para amarrar, la solapa se amarra con cintas de bambú

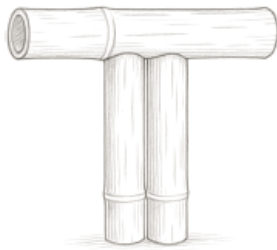
Soporte con entalladuras de boca de pescado



Se deja descansar la viga en la entalladura de boca de pescado dando seguridad a esta estructura

Doble soporte con oreja

Forma artesanal



Antes se al momento de usar 2 piezas de bambú como un refuerzo de las columnas la viga era acentuada en cima de estas siendo aseguradas unicamente por la gravedad que ejerce el peso de la estructura

Propuesta de diseño

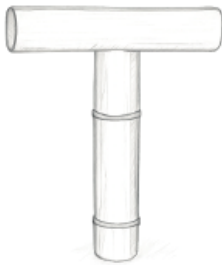


Se utiliza cuando las piezas de bambú utilizadas como vigas son de un diámetro muy grande que las utilizadas como columnas

Para el diseño de esta entalladura se realizan cortes de 90 grados a los filos de las dos piezas de bambú, estas se unen, para mantenerlas fijas se usa un rectángulo de madera el cual esta colocado en el fondo de la entalladura esta pieza también ayuda que la fricción entre viga y columna. Cabe recalcar que la pieza de madera esta curada por medio de fuego ya que así aumenta su resistencia y evita que las plagas entren a su interior

Aplicación de pasadores y anclajes en la unión de piezas horizontales y verticales

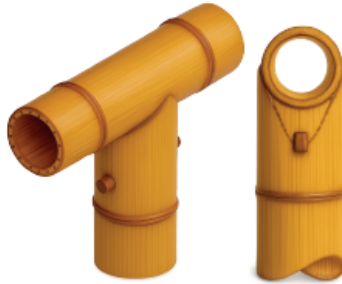
Forma artesanal



Originalmente era únicamente asentada la viga en la columna

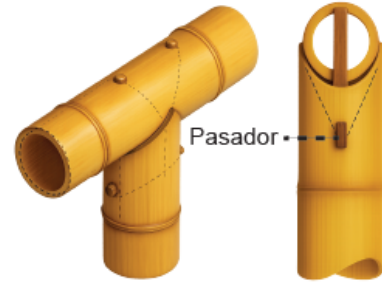
Propuesta de diseño

Unión de piezas con amarre y clavija



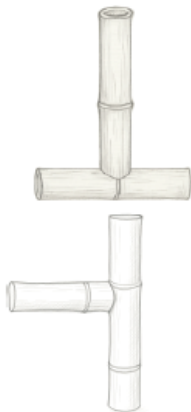
Se diseñó de tal manera la clavija se debe colocar en la columna ya sea paralela o perpendicular a la viga todo esos procedimientos se realizan en la talladura de boca de pescado

Boca de pescado con clavija



Se siguen los mismos pasos pero en esta diferencia se ocupan pasadores en la parte de arriba de la viga dando un refuerzo adicional a este sistema constructivo

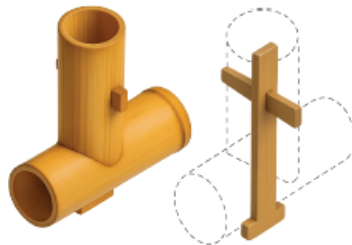
Forma artesanal



En un principio no se usó ni un tipo de ensamble o entalladura entre la columna y la viga solo era apoyado, por esto surgen problemas como el desgaste por fricción entre estas piezas.

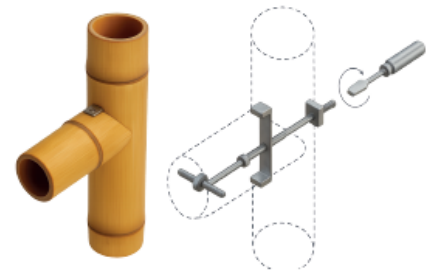
Propuesta de diseño

Unión con anclaje de madera o bambú



Este es un diseño incorpora una pieza en forma de T la cual tiene un agujero en el extremo donde es encajada la segunda pieza de forma rectangular. Son introducidas al interior de la unión para dar un refuerzo a la estructura.

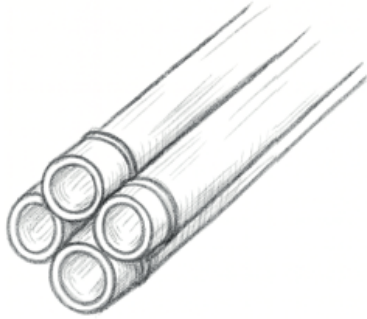
Unión con anclaje metálico



Para el anclaje metálico se emplea el mismo sistema constructivo lo único que cambia sería la propuesta que pasa a ser metálica que será ajustada por medio de pernos.

Soporte de vigas dobles y cuádruples

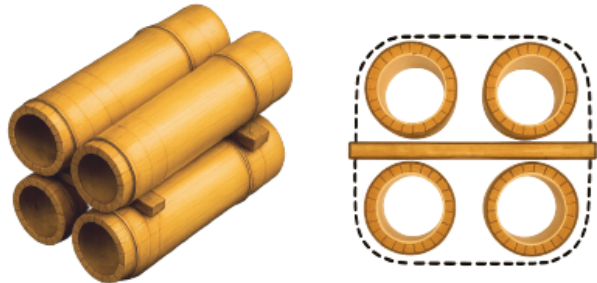
Forma artesanal



Este soporte antiguamente era la unión de 4 piezas de bambú unidas sin ni una separación para que evite que la polilla entre a dañar la estructura

Propuesta de diseño

Vigas formadas por 4



Se propuso un diseño el cual nos ayuda a dar solución del problema de la polilla se incorpora un trozo de tira de madera la cual es usada como un separador entre piezas siendo asegurado con amarres en el perímetro de la viga

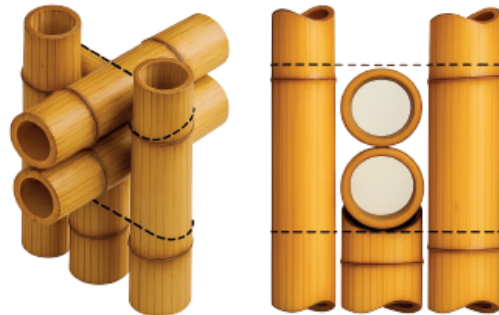
Forma artesanal



Antiguamente para dar refuerzo a la viga se aumentaba una pieza mas de bambú sobre la columna siendo asegurada unicamente por el peso de la estructura

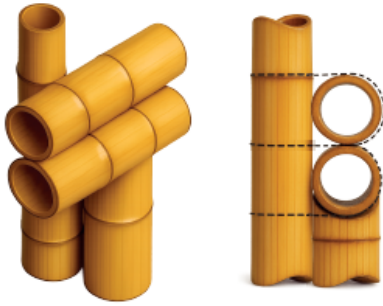
Propuesta de diseño

Vigas doble central



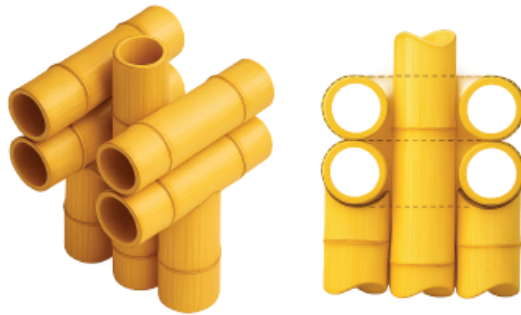
Para dar estabilidad y refuerzo a la viga se incrementan también un par de columnas lo cual actúan como estabilizador asegurado con amarres que dan la vuelta la viga y columna

Vigas doble lateral



Este sistema está diseñado cuando la viga se encuentra apegada a la pared en donde se incrementa solo una columna al lado contrario del muro

Vigas dobles laterales



Se diseñó este soporte cuando están planeado que la columna continúe al segundo piso entonces las vigas se colocan a los laterales de la columna central dando continuidad a la viga

Unión y fijación de piezas horizontales

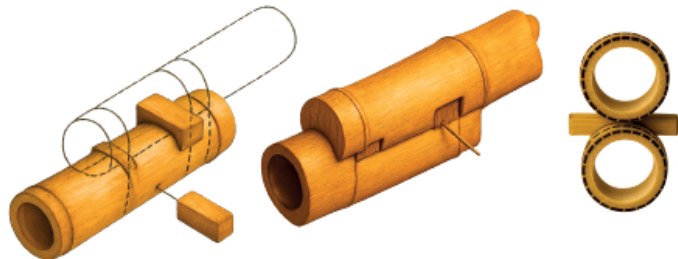
Forma artesanal



La unión de una columna doble antiguamente era asentada haciendo que exista fricción entre las piezas de bambú dando paso a la polilla

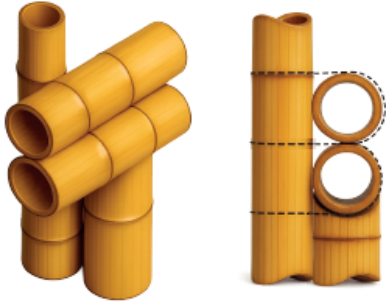
Propuesta de diseño

Unión con doble cuña de madera



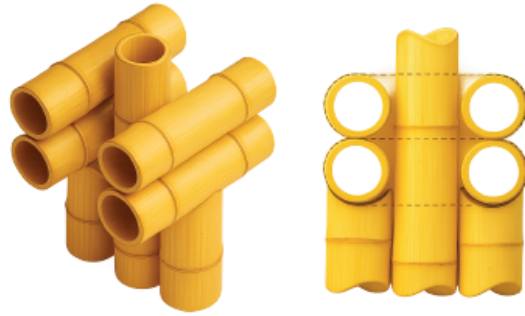
La cuña otorga estabilidad y rigidez a las estructuras evitando que se desgaste los pedazos de bambú por medio de la fricción

Vigas doble lateral



Este sistema esta diseñado cuando la viga se encuentra apegada a la pares en conde se incrementa solo una columna al lado contrario del muro

Vigas dobles laterales



Se diseñó este soporte cuando están planeado que la columna continúe al segundo piso entonces las vigas se colocan a los laterales de la columna central dando continuidad a la viga

Unión y fijación de piezas horizontales

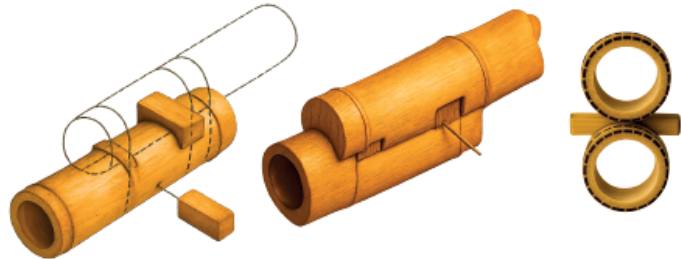
Forma artesanal



La unión de una columna doble antiguamente era asentada haciendo que exista fricción entre las piezas de bambú dando paso a la polilla

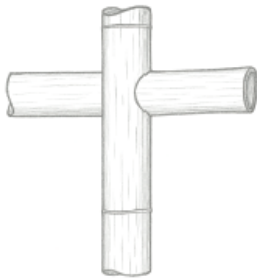
Propuesta de diseño

Unión con doble cuña de madera



La cuña otorga estabilidad y rigidez a las estructuras evitando que se desgaste los pedazos de bambú por medio de la fricción

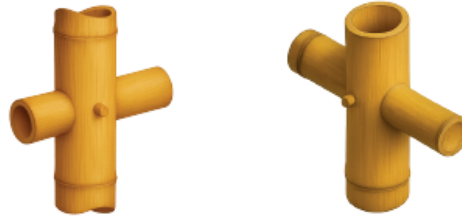
Forma artesanal



Antes se no se usaba ningún tipo de unión entre las piezas en cruz

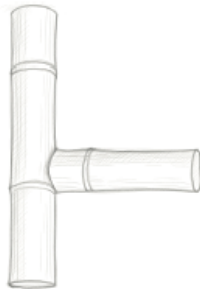
Propuesta de diseño

Unión en cruz con pasador



Para poder que esta pieza tenga un refuerzo se utiliza un pasador al interior de esta estructura para posteriormente sea amarrada para dar mas fuerza a la unión

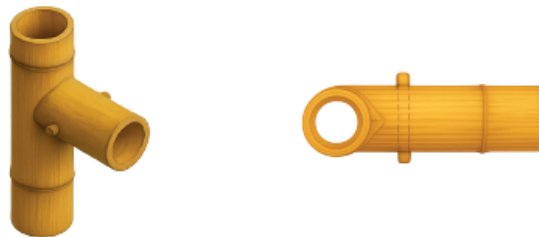
Forma artesanal



Antes se no se usaba ningún tipo de unión entre las piezas laterales

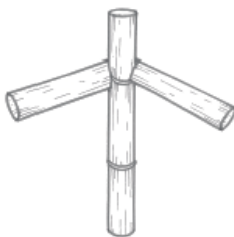
Propuesta de diseño

Unión lateral con pasador



Para poder que esta pieza tenga un refuerzo se utiliza un pasador al interior de esta estructura para posteriormente sea amarrada para dar mas fuerza a la unión la única diferencia que la unión con cruz es que esta tiene un solo brazo

Forma artesanal



Antes se no se usaba ningún tipo de unión en las esquinas

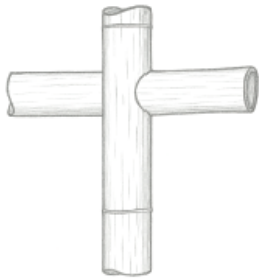
Propuesta de diseño

Unión de esquina



Para poder que esta pieza tenga un refuerzo se utiliza un pasador al interior de esta estructura para posteriormente sea amarrada para dar mas fuerza a la unión de la esquina

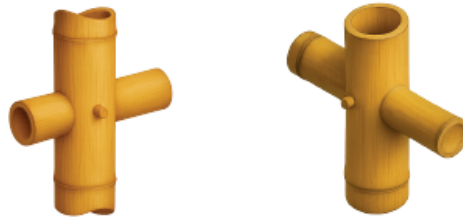
Forma artesanal



Antes se no se usaba ningún tipo de unión entre las piezas en cruz

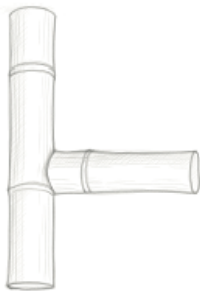
Propuesta de diseño

Unión en cruz con pasador



Para poder que esta pieza tenga un refuerzo se utiliza un pasador al interior de esta estructura para posteriormente sea amarrada para dar mas fuerza a la unión

Forma artesanal



Antes se no se usaba ningún tipo de unión entre las piezas laterales

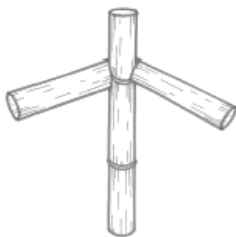
Propuesta de diseño

Unión lateral con pasador



Para poder que esta pieza tenga un refuerzo se utiliza un pasador al interior de esta estructura para posteriormente sea amarrada para dar mas fuerza a la unión la única diferencia que la unión con cruz es que esta tiene un solo brazo

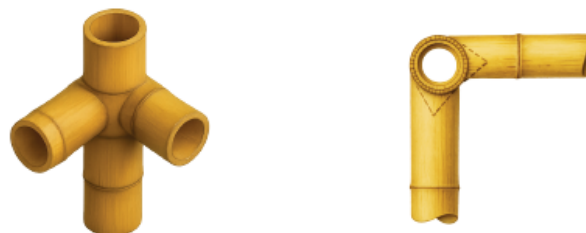
Forma artesanal



Antes se no se usaba ningún tipo de unión en las esquinas

Propuesta de diseño

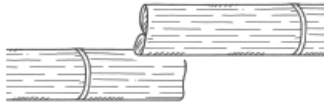
Unión de esquina



Para poder que esta pieza tenga un refuerzo se utiliza un pasador al interior de esta estructura para posteriormente sea amarrada para dar mas fuerza a la unión de la esquina

Empalmes para piezas horizontales

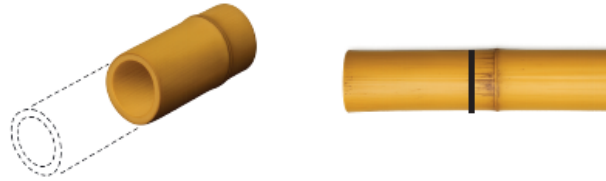
Forma artesanal



Antiguamente cuando la viga de bambú se terminaba y debía dar continuidad solo se montaba una encima de otra

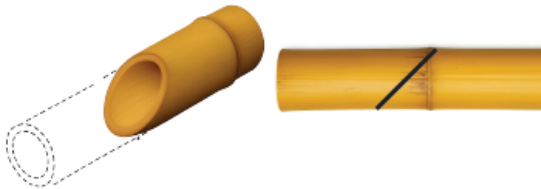
Propuesta de diseño

Al tope



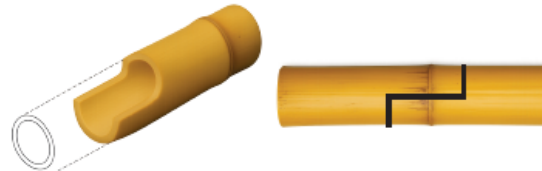
Se diseñó para que tenga continuidad mediante la unión de las 2 bocas de las piezas de bambú

A bisel



También se propone que se unan las dos piezas mediante un corte diagonal llamado bisel.

A medio bambú



Se creó un diseño en forma de Z la cual se realiza haciendo un corte a la punta del bambú de 90 grados

Con unión interna



Para dar un refuerzo cuando exista algún punto débil en la pieza se coloca un trozo de bambú con mayor diámetro

Con unión externa



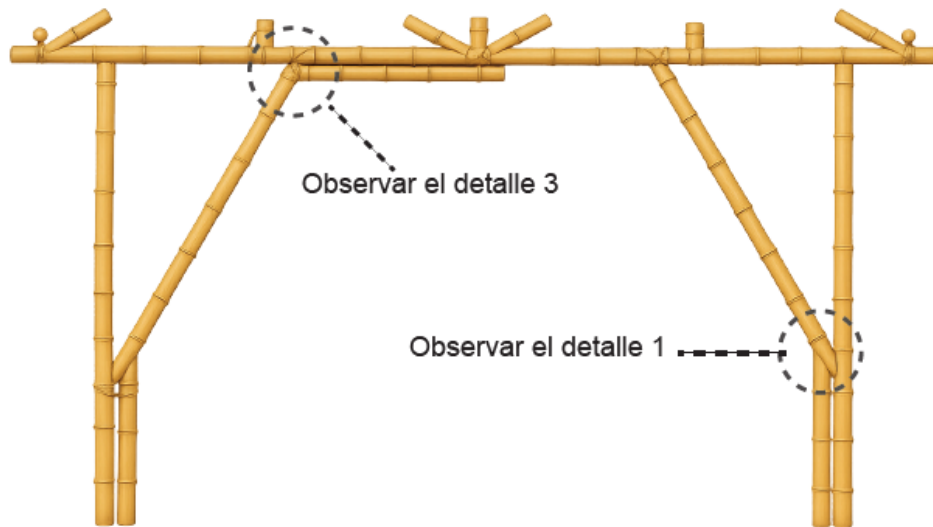
Para unir las dos piezas se usa un tozo de bambú mas grueso que envuelve los dos extremos o bocas de la pieza horizontal

Telescopio



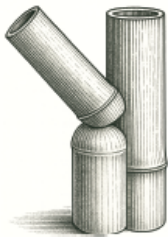
Para este tipo de unión se necesita una pieza de bambú de menor diámetro que las que se van a unir y esta va en el interior de las bocas de las piezas de bambú

Construcción de pórticos



Detalle 1

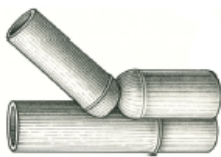
Forma artesanal



Tradicionalmente no se usó ni un tipo de ensamble o entalladura entre la riostra y la columna pero surgen problemas como la inseguridad de no usar un refuerzo entre estas piezas.

Detalle 2

Forma artesanal



En un principio no se usó ni un tipo de ensamble o entalladura entre la diagonal y la viga solo era apoyado, por esto surgen problemas como el desgaste por fricción entre estas piezas.

Propuesta de diseño

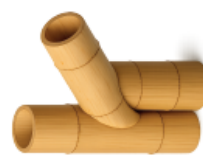
Unión de la riostra con la columna



Se aplicó un diseño en donde la riostra este unida con la columna con ayuda con amarres en donde se soluciona el problema de la inseguridad de que se desmonten estas piezas ya que ya existe un refuerzo sin usar alambres ni pernos de hierro

Propuesta de diseño

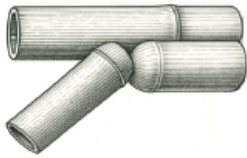
Unión del diagonal con la parte superior del tirante



Se aplicó un diseño en donde la riostra se une con la viga con ayuda con amarres evitando el rose entre piezas en donde se soluciona el problema de la inseguridad de que se desmonten estas piezas ya que ya existe un refuerzo sin usar alambres ni pernos de hierro

Detalle 3

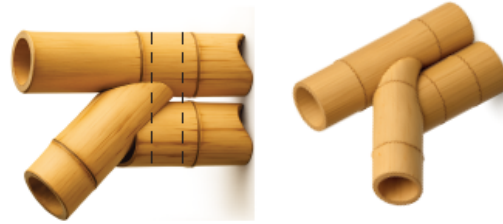
Forma artesanal



Antiguamente no se usó ni un tipo de ensamble o entalladura entre la diagonal y el tirante solo era apoyado, por esto surgen problemas como el desgaste por fricción entre estas piezas.

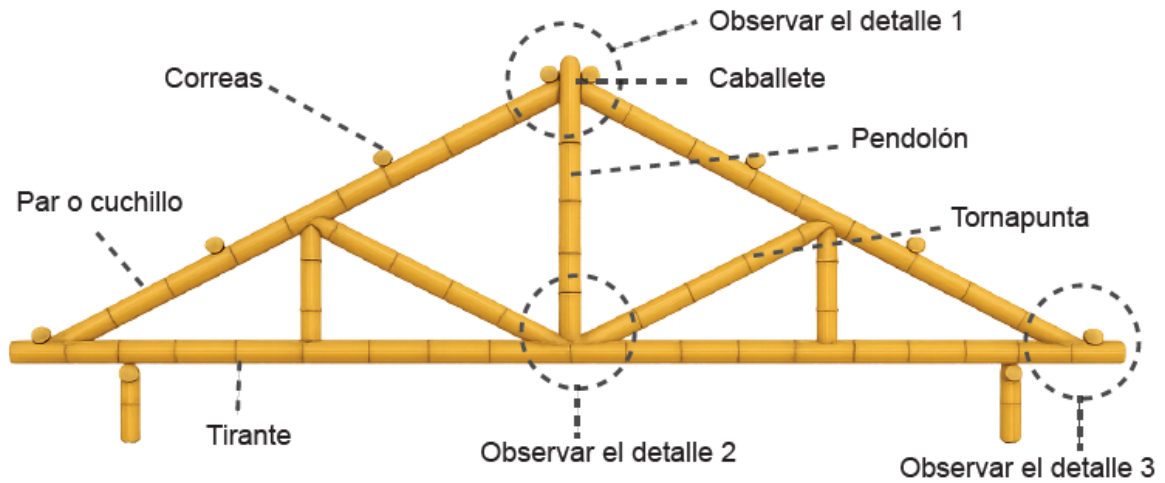
Propuesta de diseño

Unión del diagonal con la parte inferior del tirante



Se realizó un diseño en donde el diagonal se une con la parte superior del tirante con ayuda con amarres evitando el rose entre piezas en donde se soluciona el problema de la inseguridad de que se desmonten estas piezas ya que ya existe un refuerzo sin usar alambres ni pernos de hierro

Detalle constructivo de una cercha simple



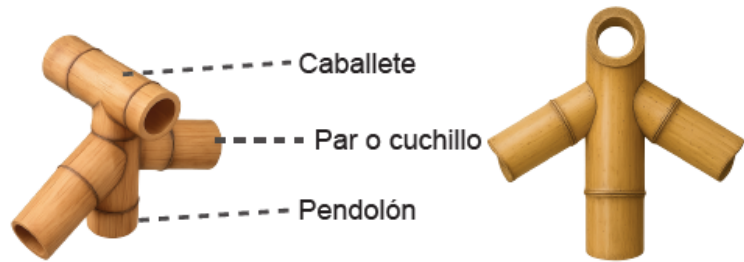
Detalle 1

Forma artesanal



En un principio la cultura Shuar solamente usa el bambú simplemente apoyado lo cual no da seguridad a la estructura y creando roses entre piezas de bambú

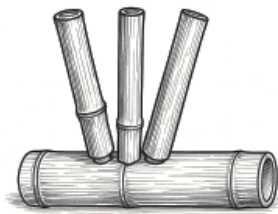
Propuesta de diseño



Para la falta de recursos se diseñó una alternativa en donde el par y el caballete están asegurados al pendolón con amarres o clavos de bambú los cuales actúan como un refuerzo asegurando la estructura evitando la fricción. Este sistema es diseñado para que los Shuar no hagan gastos económicos al momento de comprar materiales de hierro

Detalle 2

Forma artesanal



Se parte de una forma apoyada de la trompapunta y el tirante en donde se crea una inseguridad por fricción ya que estas piezas no están fijadas.

Propuesta de diseño



Se diseñó el refuerzo de las uniones usando las cuerdas o clavos de bambú para ayudar a asegurar la trompapaunta con el tirante evitando el uso de alambres y pernos de hierro, así evitamos la fricción y desgaste entre estas piezas.

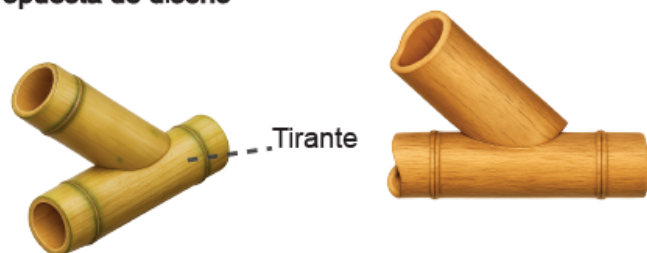
Detalle 3

Forma artesanal



En un comienzo se tallaba un agujero en la vigueta para que la trompapaunta sea introducida pero nacen problemas como la debilitación de la vigueta

Propuesta de diseño

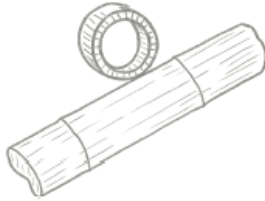


El refuerzo diseñado para las uniones de la trompapaunta y la vigueta por medio de la entalladura de pico de flauta con ayuda de las cuerdas o clavos de bambú haciendo que se anule el rose de las piezas teniendo en cuenta que ya no se utiliza ningún tipo de metal

Unión entre pares, correas y cabios

Detalle 1

Forma artesanal



En un principio no se usó ni un tipo de ensamble o entalladura entre las correas y el cabio solo era apoyado, por esto surgen problemas como el desgaste por fricción entre estas piezas.

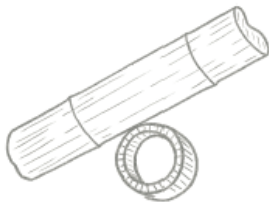
Propuesta de diseño



Se diseñó una forma de mantener fijo el cabio con la correa usando un clavo hecho con bambú que mantiene fija la estructura así evitando la fricción y el desgaste entre las piezas

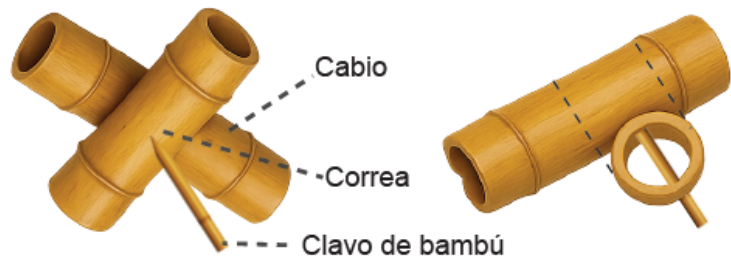
Detalle 2

Forma artesanal



En un principio no se usó ni un tipo de ensamble o entalladura entre las correas y el cabio solo era apoyado, por esto surgen problemas como el desgaste por fricción entre estas piezas. La diferencia con la anterior es que el cabio va arriba de la correa

Propuesta de diseño



Se diseñó una forma de mantener fijo la correa con el cabio usando un clavo hecho con bambú que mantiene fija la estructura así evitando la fricción y el desgaste entre las piezas

Techos cónicos

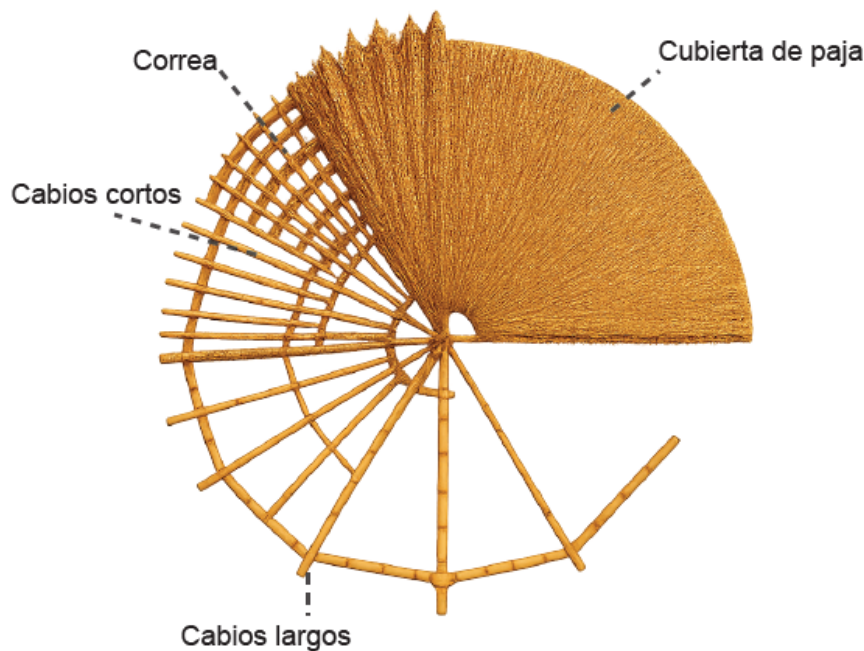
Forma artesanal



La choza tradicional de planta circular se construye con paralelos verticales de madera hincados en el suelo y unidos con amarres horizontales que forman el cerramiento. Su techo cónico se apoya en cabios de bambú que convergen en la cumbre y sostienen una cubierta de paja colocada en capas traslapadas, lo que garantiza impermeabilidad y aislamiento. La estructura, sin cimentación profunda y en ocasiones reforzada con piedras en la base, resulta liviana, flexible y adecuada para climas húmedos tropicales por su frescura, ventilación y resistencia a las lluvias.

Detalle 1

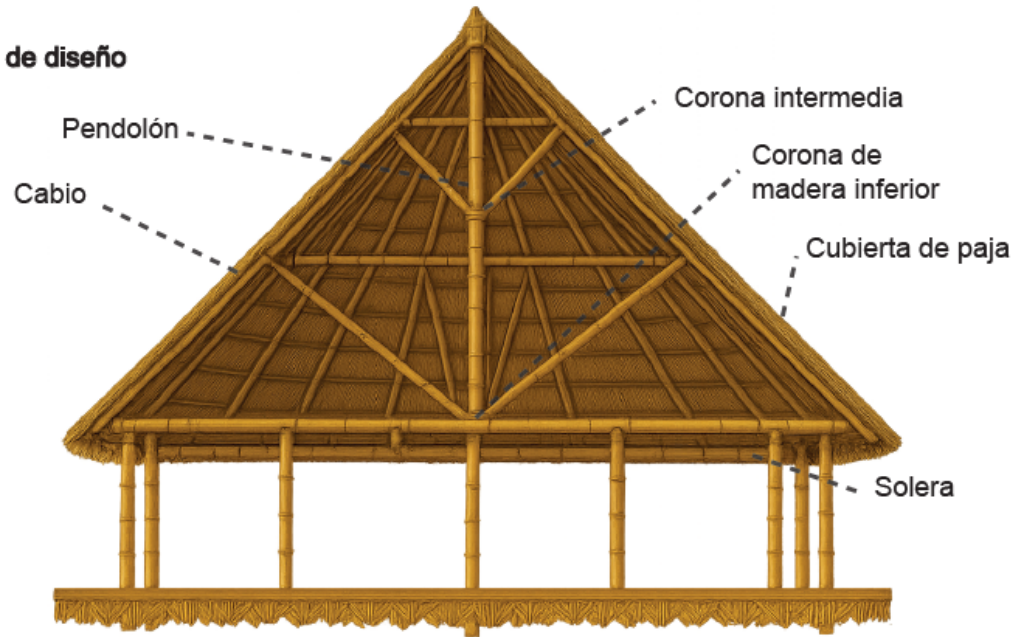
Propuesta de diseño



La estructura principal está formada por un anillo de bambú que actúa como base, sobre el cual se apoyan los cabios largos, dispuestos de manera radial desde el centro hacia la periferia para dar soporte y estabilidad al techo. Entre estos se intercalan los cabios cortos, que refuerzan la estructura y ayudan a sostener de manera uniforme la carga de la cubierta. A lo largo de los cabios se colocan las correas de bambú, que funcionan como elementos horizontales de amarre y soporte continuo para la fijación del material de cubierta. Finalmente, sobre esta malla estructural se coloca la cubierta de paja, dispuesta en capas superpuestas desde la base hacia la parte superior, lo que garantiza impermeabilidad, ventilación natural y aislamiento térmico. Este sistema constructivo destaca por su ligereza, flexibilidad sísmica y adaptación climática, aprovechando materiales locales renovables como el bambú y la paja

Detalle 2

Propuesta de diseño



La base está formada por una solera de bambú sobre columnas que sirve de amarre y repartición de cargas. De ella parten los cabios, inclinados hacia la cumbre, que conforman el esqueleto del techo y sostienen la cubierta. En el vértice superior, los cabios se unen a la corona de madera inferior y a la corona intermedia, que distribuyen las cargas. El pendolón refuerza el centro, conectando las coronas y transmitiendo esfuerzos hacia abajo. Finalmente, la cubierta de paja se coloca en capas superpuestas, garantizando impermeabilidad, aislamiento térmico y una estructura ligera, resistente y adaptada al clima húmedo tropical.

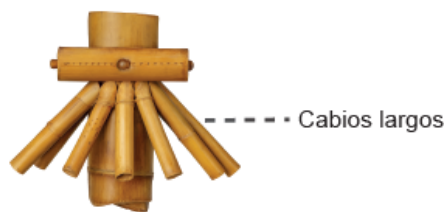
Detalle 1

Punta de la cubierta



Detalle 2

Corona de madera superior



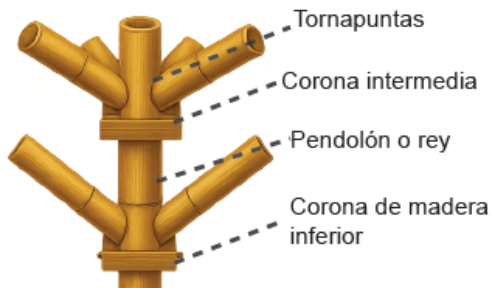
Detalle 3

Corona de madera superior vista en planta



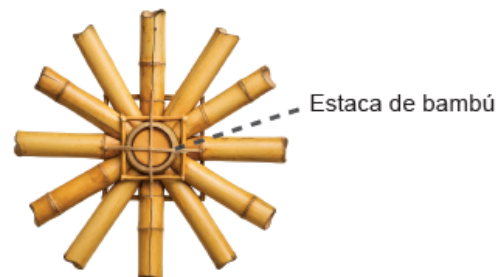
Detalle 4

Coronas de madera intermedia e inferior

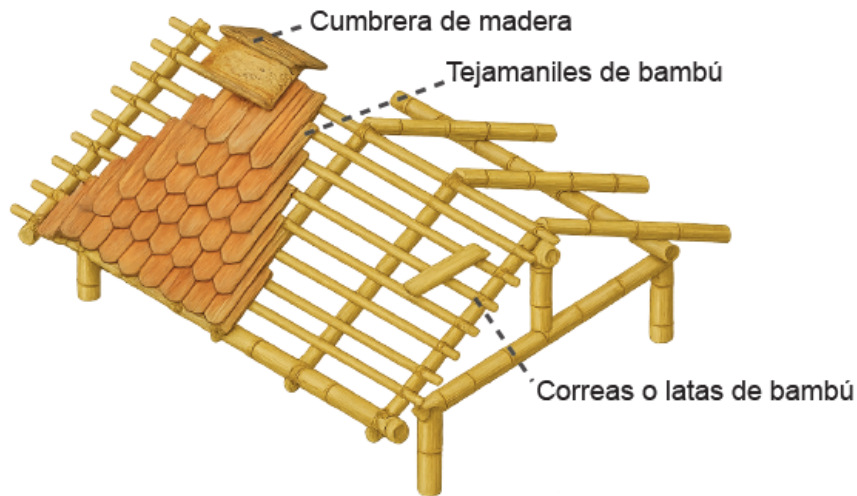


Detalle 5

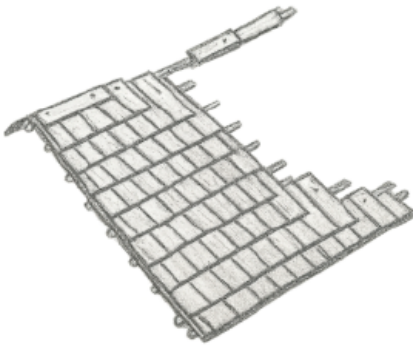
Coronas de madera intermedia e inferior vista en planta



Tejamaniles de bambú



Forma artesanal



Los tejamaniles son tablillas delgadas de madera utilizadas tradicionalmente como recubrimiento en techos. Su elaboración consiste en seleccionar troncos rectos de maderas resistentes y durables, como pino o cedro, que luego se cortan en bloques adecuados. Estos bloques se rajan manualmente con hacha o cuña siguiendo la fibra de la madera para obtener piezas delgadas y alargadas. Posteriormente, se afinan con machete o cepillo para darles uniformidad en el grosor y forma, procurando que tengan una cara lisa y otra rugosa para favorecer la adherencia. Finalmente, los tejamaniles se dejan secar al aire libre para reducir la humedad y evitar deformaciones, quedando listos para ser colocados en los techos de manera traslapada para asegurar impermeabilidad y durabilidad.

Propuesta de diseño

Elaboración de los tejamaniles

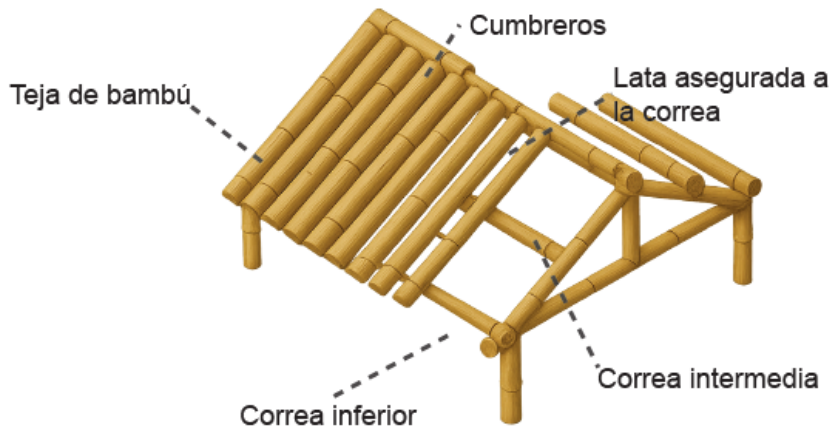


Colocación de tejamaniles de bambú

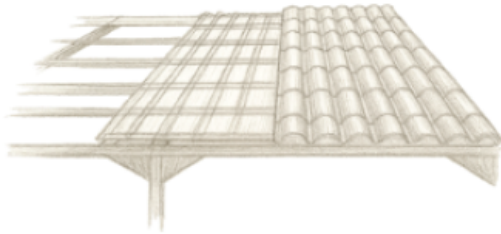


Los tejamaniles de bambú se elaboran con culmos maduros, seleccionados por su resistencia. Los tallos se cortan en secciones, se abren en láminas planas y se afinan con cortes y cepillado para uniformar su espesor. Luego se secan al aire libre o en hornos para reducir humedad y prevenir deformaciones. Finalmente, se almacenan y se colocan en techos de forma traslapada, asegurando impermeabilidad, ligereza y un acabado natural resistente.

Tejas de bambú



Forma artesanal



Las tejas se fabrican de barro cocido o cemento: en barro, la arcilla se mezcla con agua, se moldea, seca y cuece en horno; en cemento, se mezcla con arena, agua y aditivos, se moldea y fragua. Para su colocación, se instalan sobre cabios y correas con una base de listones, colocándolas de forma traslapada desde el alero hasta la cumbre, donde piezas especiales sellan la unión y aseguran impermeabilidad y correcta evacuación del agua.

Propuesta de diseño

Detalle 1



Detalle 3



Detalle 2

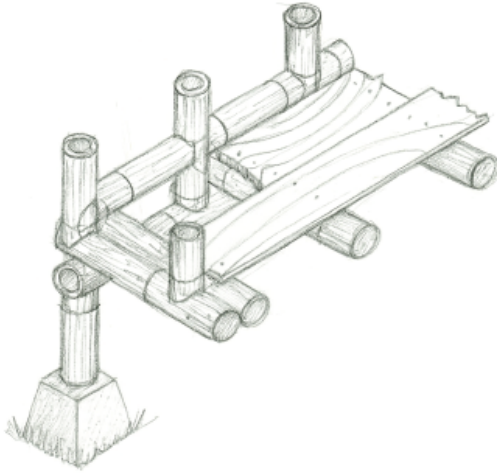


Detalle 4



Construcción del piso y del entramado de la pared

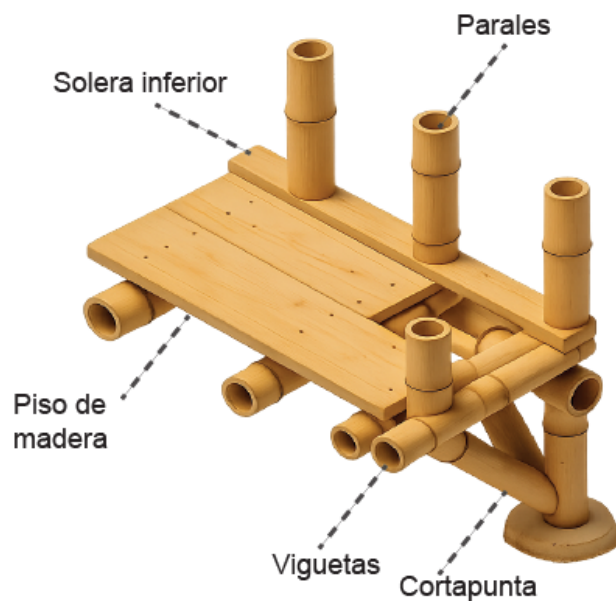
Forma artesanal



En un principio no se usó ni un tipo de ensamble en la elaboración del piso solo se usan la colocación de piezas de bambú una en cima de otra sosteniéndose solo con el peso de la estructura. No existe un sistema de repartición de pesos

Propuesta de diseño

Detalle 1



Alzada



El sistema se compone de parales (columnas verticales de bambú) que transmiten las cargas al terreno, reforzados por cortapuntas (elementos diagonales) que brindan estabilidad y evitan el pandeo o desplazamiento lateral. Sobre los parales descansan las viguetas (bambú dispuesto en sentido horizontal) que funcionan como soporte intermedio y distribuyen el peso de manera uniforme. Encima de estas se coloca la solera inferior, que actúa como pieza de amarre y estabilización, sirviendo de apoyo directo al piso de madera, encargado de conformar la superficie transitable. Este sistema aprovecha la resistencia a la compresión del bambú en los parales y su flexibilidad en las viguetas, logrando una estructura ligera, resistente y adecuada para construcciones tradicionales y sostenibles.

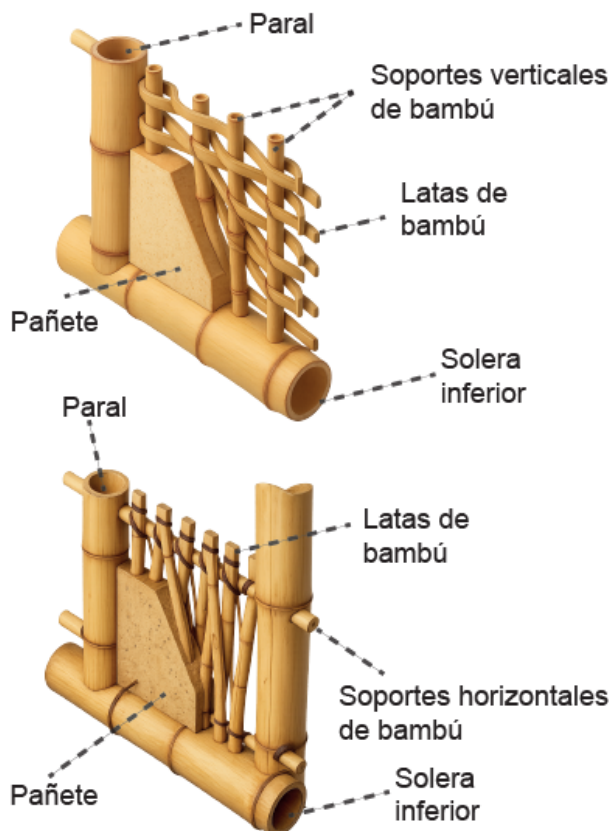
Pared de quincha

Forma artesanal



La pared de quincha se construye armando primero un entramado varas de madera delgada colocadas de forma horizontal y amarradas a un marco estructural de madera o caña vertical. Este entramado funciona como un enrejado que da soporte y estabilidad. Luego, sobre esa malla se aplica barro mezclado con paja, fibras vegetales o estiércol, lo que permite rellenar y compactar los espacios hasta formar un muro sólido. Una vez seco, el acabado puede alisarse con más barro fino o cubrirse con cal o yeso, logrando una superficie resistente, aislante y flexible.

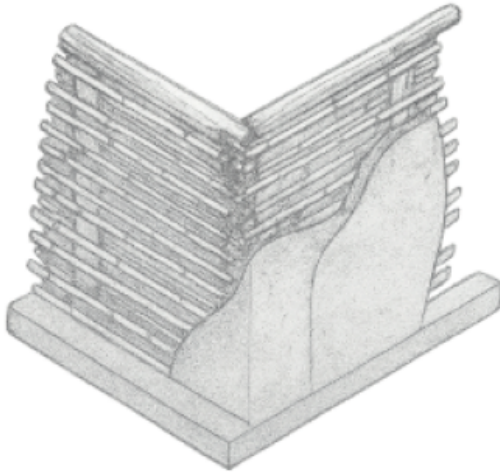
Propuesta de diseño



Las paredes de quincha son comunes en viviendas económicas debido a su resistencia y estética, ya que dejan visibles los marcos de bambú, generando una apariencia similar a los muros tradicionales japoneses. Se pueden construir mediante dos métodos según la orientación del entreteji-do: en el método A, las latas se colocan verticalmente entre soportes horizontales unidos al paral o columna, mientras que en el método B se colocan horizontalmente entre elementos verticales fijados a las soleras. Para ambos casos, la separación entre soportes varía de 50 a 70 cm. Se utilizan latas de bambú de 2 a 3 años, flexibles y resistentes, ajustando la distancia de los soportes si son muy delgadas. El recubrimiento se realiza con 2 a 3 capas de mortero, preferiblemente de cemento, aplicando la primera capa con fuerza para lograr una adecuada adhesión entre ambas caras del muro.

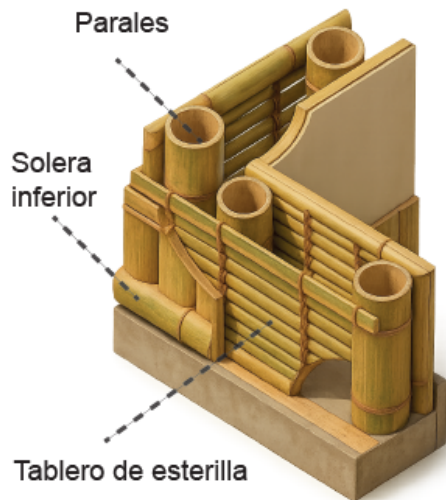
Pared de bahareque

Forma artesanal



La pared de bahareque se construye levantando primero un armazón de madera compuesto por postes verticales y travesaños horizontales que conforman un marco rígido. Sobre esta estructura se fijan cañas, ramas entrelazadas de manera densa, que sirven como soporte y entramado. Posteriormente, se aplica una mezcla de barro, tierra, paja y, en ocasiones, estiércol, que se va prensando y adhiriendo al entramado hasta cubrirlo por completo. Al secar, se obtiene un muro firme, ligero y flexible, con buenas propiedades térmicas y de resistencia sísmica, que puede rematarse con enlucidos de cal, barro fino o pintura natural.

Propuesta de diseño

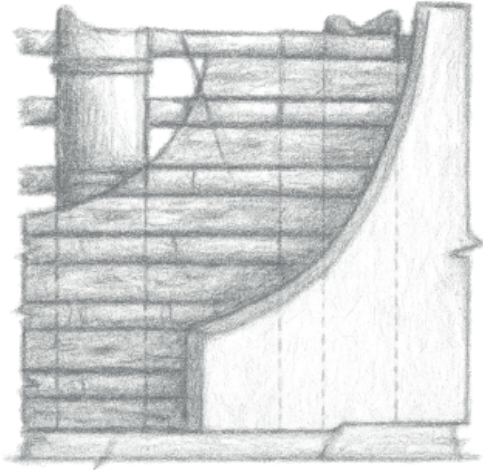


El sistema de bahareque emplea parales de bambú de 10 cm de diámetro, dispuestos a distancias uniformes de entre 30 y 40 cm, fijados verticalmente a soleras superiores e inferiores. Luego se recubren por ambos lados con tableros de esterilla colocados horizontalmente, con su cara lisa orientada hacia el interior. Estos tableros se aseguran con cintas de bambú o alambre galvanizado, usando puntillas separadas a no más de 8 cm. Es importante alternar los extremos angostos y anchos de los tableros, y ubicar las esterillas más gruesas en las zonas de menor diámetro de los parales para mantener una superficie alineada. Si se emplean esterillas muy delgadas, la separación entre parales debe reducirse a 30 cm para evitar fisuras en el recubrimiento final.

El recubrimiento de los muros de bahareque se hace aplicando sobre ellos 2 capas de mortero de tierra o barro y boniga en proporción 1:2 o de cemento y arena en proporción 1:5

Pared de barro embutido

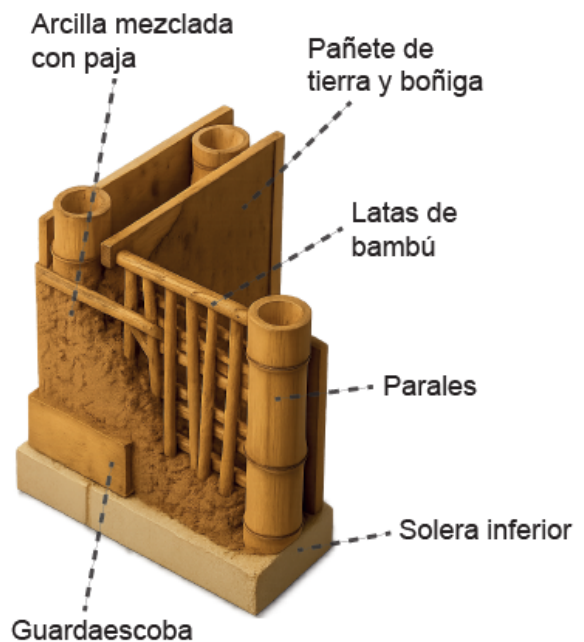
Forma artesanal



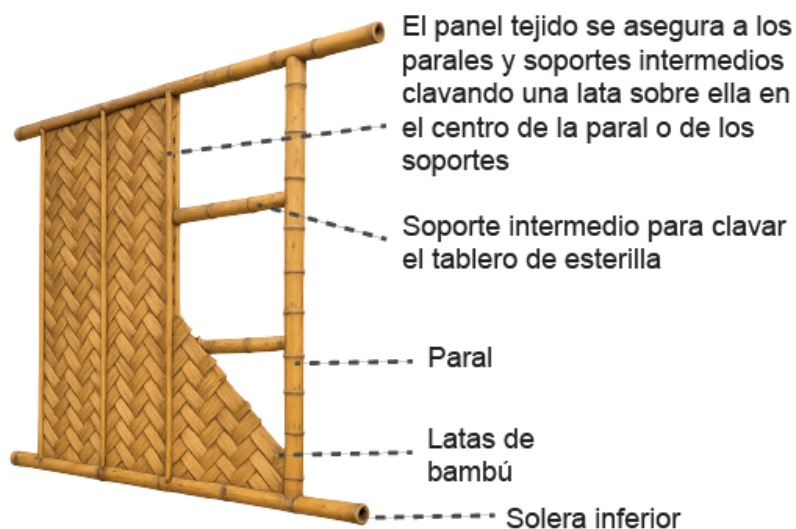
La pared de barro embutido se elabora colocando primero una estructura de varas o listones de madera dispuestos en forma vertical u horizontal, formando un entramado abierto. Sobre este entramado se va embutiendo directamente el barro mezclado con paja u otros aglutinantes naturales, presionándolo con las manos o herramientas para que penetre y quede firmemente adherido entre los espacios de la caña o madera. El barro se aplica por capas sucesivas hasta alcanzar el grosor deseado del muro. Una vez seco, se puede alisar con una capa más fina de barro o terminar con enlucidos de cal, obteniendo una pared sólida, térmica y de bajo costo.

Propuesta de diseño

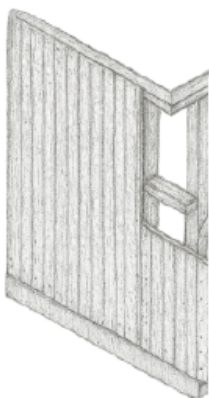
La pared de embutido, también conocida como muro de barro embutido, se construye de forma similar al sistema de bahareque, pero utilizando latas de bambú de 4 cm de ancho en lugar de estrialla. Estas se clavan horizontalmente sobre los parales, con el lado externo hacia adentro y con 8 cm de separación, permitiendo rellenar el muro con una mezcla de arcilla húmeda y paja, que se presiona hasta nivelarla con el borde de las latas. El muro se deja secar por al menos un mes antes de aplicar dos capas de pañete de tierra con boñiga, como en el bahareque. Si se usan latas muy delgadas, los parales deben colocarse a no más de 30 cm. Las latas pueden disponerse en ambas caras a la misma altura o en forma alternada. En esquinas, se recomienda que las latas se crucen en distintos niveles para reforzar la unión.



Pared con paneles de esterilla tejida



Forma artesanal



La pared de tablas de madera se construye a partir de un armazón estructural compuesto por postes y vigas de madera, generalmente de sección rectangular. Sobre esta estructura se clavan o atornillan de manera vertical u horizontal las tablas, procurando que queden bien ajustadas entre sí para evitar filtraciones de aire o agua. En algunos casos, se colocan machihembradas para lograr un mejor ensamble y mayor hermeticidad. Una vez fijadas, las tablas pueden dejarse al natural, protegerse con aceites o barnices, o cubrirse con pintura, logrando un muro ligero, resistente y estéticamente cálido que mantiene la identidad rústica de la madera.

Propuesta de diseño



Los paneles se realizan a partir del tejido de fajas de esterilla hechas de bambú de 5 a 20 cm de ancho

Ajuste del tejido



Recorte de los bordes



CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. Con el desarrollo de la investigación se diseñó un catálogo estructural con sistemas de anclaje innovadores que adaptan las propiedades del bombo a las prácticas constructivas de la comunidad Kumpas. Se integraron técnicas tradicionales y modernas para proporcionar soluciones viables y sostenibles a la comunidad por lo que este catálogo funciona como una herramienta que facilita la implementación de anclajes de bambú en las construcciones y respeta su cosmovisión y las particularidades del entorno.
2. La investigación centrada en la especie guadua angustifolia demostró que tiene propiedades mecánicas importantes que permiten su uso en la construcción sostenible mediante las pruebas realizadas al bambú se encontró que el secado artificial incrementa su resistencia y rigidez haciéndolo un material estructural adecuado para diferentes tipos de edificaciones incluidas las zonas rurales con condiciones ambientales adversas.
3. Con relación al impacto cultural y ambiental esta investigación demuestra que es importante preservar el conocimiento tradicional de la construcción Shuar centrada al uso del bambú. La comunidad se mostró activa para aprender e incorporar las nuevas tecnologías sin perder sus raíces culturales esto de la mano con la implementación del catálogo estructural que contribuirá a la sostenibilidad ambiental mediante el aprovechamiento del bambuco a material renovable y de bajo impacto ecológico.
4. Por último, con respecto a los desafíos y oportunidades se tiene que, aunque el uso del bambú es ampliamente aceptado existen desafíos como la falta de normas específicas la escasez de mano de obra especializada y los problemas relacionados con la humedad y las plagas. Pero también es importante recalcar el interés de combinar técnicas tradicionales con innovaciones modernas por parte de la comunidad como una oportunidad para mejorar la construcción sostenible.

5.2 Recomendaciones

1. Se recomienda continuar con la capacitación y difusión de las técnicas de anclaje de bambú hacia los constructores locales, y también de las nuevas técnicas de anclaje propuestas en el catálogo estructural, para contribuir a mejorar la calidad y durabilidad de las construcciones y asegurar que los conocimientos técnicos sean transferidos a las futuras generaciones.
2. Es importante que las entidades competentes establezcan normativas para la construcción con bambú en zonas rurales las mismas que deberán incluir directrices claras sobre la preservación el tratamiento y el uso estructural del bambú para garantizar seguridad y sostenibilidad en las edificaciones.
3. Debido a que se identificaron problemas relacionados con la degradación del usa la humedad y a las plagas es recomendable continuar con investigaciones acerca de métodos de preservación que aumenten la durabilidad del material en ambientes tropicales, así como la implementación de tratamientos ecológicos y económicos como el curado con bórax que será clave para proteger el bambú y mejorar su vida útil.
4. Se recomienda promover el uso de herramientas digitales para el diseño y construcción de estructuras de bambú como son AutoCAD y Revit ya que permiten una mejor precisión y eficiencia en los modelos de las construcciones. Ya que si bien es cierto se necesita adoptar técnicas modernas las mismas no deben comprometer las tradiciones culturales, sino que más bien deben complementarlas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, D., González, C., & Pérez, C. (2021). Condiciones edafológicas y climáticas para el crecimiento de la guadua angustifolia Kunth. En *Guadua angustifolia: el oro verde por descubrir* (pp. 55–61). Corporación Universitaria Un Minuto de Dios.
- Aguilar, P. (2019). *Análisis del comportamiento estructural del bambú del tipo “Guadúa Angustifolia Kunth” como material de construcción en sustitución del hormigón armado* [Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito].
[https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17760/1/UPS - ST004332.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17760/1/UPS-ST004332.pdf)
- Añazco, M. (2013). *Estudio de vulnerabilidad del bambú (guadua angustifolia) al cambio climático en la costa del Ecuador y norte de Perú*.
<https://keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Adaptacion-Riesgo/3.pdf>
- Barbaro, G. (2007). *Transformación e industrialización del bambú*. Sustainable&Technologies. <https://www.sustainable-technologies.eu/wp-content/PDF-articles/bambu-2.pdf>
- Barnet, Y. (2020). Logros y desafíos de la construcción con bambú en el Perú. *Bambucyt*, 3, 23–30. https://www.researchgate.net/profile/Yann-Barnet/publication/352895950_LOGROS_Y_DESAFIOS_DE_LA_CONSTRUCCION_CON_BAMBU_EN_EL_PERU/links/60de437b299bf1ea9ed5f45f/LOGROS-Y-DESAFIOS-DE-LA-CONSTRUCCION-CON-BAMBU-EN-EL-PERU.pdf
- Barnet, Y., & Jabrane, F. (2019). Conectores de extremidades de bambú para estructuras exploración de un sistema de incrustación en la pared interna del tallo. *Campus*, 24(27), 53–65. <https://www.usmp.edu.pe/campus/pdf/revista27/articulo5.pdf>
- Bello, J., & Villacreses, C. (2021). Ventajas y desventajas del sistema constructivo con bambú frente al sistema de hormigón armado en viviendas de interés social. *Polo del conocimiento*, 6(9), 1987–2011.
<https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3152/6938>
- Briceño, P. (2015). *Determinación experimental del contenido de humedad de equilibrio de la guadua angustifolia kuth para la construcción de los isoterma de sorción* [Tesis de Grado, Universidad la Gran Colombia].
<https://repository.ugc.edu.co/server/api/core/bitstreams/fff113bd-bf83-4d38-8ce4-2171f6bf25d5/content>

- Cadena, P., Mendel, R., Aguilar, J., Rendón, R., Salinas, E., Cruz, F., & Sangerman, D. (2017). Métodos cuantitativos, métodos cualitativos o su combinación en la investigación: un acercamiento en las ciencias sociales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(7), 1603. <https://bit.ly/35lqdV8>
- Calderón, T., Vanegas, A., & Flores, A. (2023). Estrategias para la construcción sostenible de viviendas en la Asociación “Shuar Cultural Center” (Ecuador), adaptadas a su entorno rural. *Digital Publisher CEIT*, 1(1), 385–403. https://www.593dp.com/index.php/593_Digital_Publisher/article/view/1684/1422
- Calle, N. (2024). *Efecto de tres sustratos en la propagación asexual de caña guadua (Guadua angustifolia Kunth) en el cantón El Triunfo* [Universidad Agraria del Ecuador]. [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CALLE ORTIZ NAGELLY BEATRIZ.pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CALLE%20ORTIZ%20NAGELLY%20BEATRIZ.pdf)
- Chiunda, L. (2013). *La arquitectura y la cosmovisión shuar y su influencia en la convivencia familiar de la comunidad Shaim* [Universidad de Cuenca]. <https://repositoriointerculturalidad.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/4435/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chriap, N., Jimbiquiti, L., Kayap, O., & Kuja, E. (2012). *Sabiduría de la cultura shuar de la Amazonía Ecuatoriana*. Universidad de Cuenca. https://educacionbilingue.gob.ec/wp-content/uploads/2019/12/2-Sabiduria-de-la-Cultura-Shuar-T2_compressed-1.pdf
- Díaz, L., Torruco, U., Martínez, M., & Varela, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en Educación Médica*, 2(7), 162–167. <https://www.redalyc.org/pdf/3497/349733228009.pdf>
- FAO. (2025). *Mapa de suelos del Ecuador y base de datos latinoamericana*. <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases>
- Forney. (2024). *Forney material testing machines*. <https://forneyonline.com/machine-types/>
- Gama, C. (2019). *Anclaje flexible para paneles ecológicos de guadua laminada y granulados en madera de caucho (GMC)* [Universidad La Gran Colombia]. <https://repository.ugc.edu.co/server/api/core/bitstreams/0cad3959-69fb-4653-b74f-d25c1bcbec67/content>

- Geodatos. (2025). *Coordenadas geográficas de Ecuador*.
<https://www.geodatos.net/coordenadas/ecuador>
- Gnerre, M. (2000). *Perfil descriptivo e Histórico-Comparativo de una Lengua Amazónica: el Shuar (Jíbaro)*. Universidad del País Vasco. Vitoria-Gasteiz.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Sucúa. (2023). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial el Cantón Sucúa 2023-2027*. https://sucua.gob.ec/wp-content/uploads/ARCHIVOS/PDOT/PDOT_SUCUA2023_2027.pdf
- Gobierno Autónomo Descentralizado Sucúa. (2025). *Territorio y población*.
<https://sucua.gob.ec/sucua/territorio-y-poblacion/>
- González, J., & Samudio, Y. (2020). *Conexiones estructurales de guadua: una revisión de literatura* [Tesis de Grado, Universidad Católica de Colombia].
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/26585/1/TG.pdf>
- González, S., & Herrera, I. (2017). La arquitectura shuar: ordenando el espacio mítico. *Revista Española de Antropología Americana*, 47, 161–179.
<https://doi.org/https://doi.org/10.5209/REAA.61976>
- Herrera, I. (2008). *La vivienda shuar al suroriente ecuatoriano* [Universidad Nacional Autónoma de México].
<https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000644936/3/0644936.pdf>
- IBM. (2025). *Características*. <https://www.ibm.com/es-es/products/spss-statistics/features>
- Instituto Geográfico Militar. (2017). *Geoportal*. <https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/>
- Kayap, A. (2013). *La arquitectura de la casa shuar en las comunidades del cantón Nangaritza, provincia de Zamora Chinchipe* [Universidad de Cuenca]. <https://rest-dspace.ucuenca.edu.ec/server/api/core/bitstreams/f542bd9a-7a89-47b8-b61d-20a60b21f444/content>
- Kocaeffe, D., Huang, X., & Kocaeffe, Y. (2015). Dimensional Stabilization of Wood. *Curr Forestry Rep*, 151–161. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40725-015-0017-5>
- Liese, W., & Kim, H. (2015). Preservation and Drying of Bamboo. En *Bamboo* (pp. 257–297). Springer International Publishing Switzerland.
- Luna, G., Nava, A., & Martínez, D. (2023). El diario de campo como herramienta formativa durante el proceso de aprendizaje en el diseño de información. *Zincografía*, 6(11),

245–264. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-84372022000100245&script=sci_abstract&lng=es

Matest. (2020). *Concrete Testing Equipment – Compression Machines*.

https://www.matest.com/es/producto/c083-concrete-compression-machine-2000-kn-450-000-lb-servo-plus-progress?utm_source=chatgpt.com

Medina, M., Rojas, R., Bustamante, W., & Loaiza, R. (2023). Instrumentos de Investigación. En *Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación* (pp. 43–44). Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C.

Mehecha, G. (2021). Siembra y propagación de la guadua. En *La Guadua* (pp. 76–90). UNIMINUTO. [https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/13238/3/Libro_La_gadua_\(Guardia_angustifolia\)_Kunth_El_otro_verde_por_descubrir_2021.pdf](https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/13238/3/Libro_La_gadua_(Guardia_angustifolia)_Kunth_El_otro_verde_por_descubrir_2021.pdf)

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2019). *Ecuador: Estrategia Nacional del Bambú 2018-2022*. <https://bambuecuador.wordpress.com/wp-content/uploads/2019/03/estrategia-nacional-bambc3ba-2018-2022-versic3b3n-resumida.pdf>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2016). *Reglamento colombiano de construcción sismo resistente*. <https://guaduabambucolombia.co/wp-content/uploads/2013/02/manual-de-sismoresistencia-snr-10-pag-1-113-143.pdf>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2021). *Manual de manejo integral del bambú*. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2364306/Manual_de_manejo_integral_del_bambú_%28pag%29.pdf.pdf

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). *Capítulos de la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción)*. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2016). *Estructuras de Guadúa*. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/16.-NEC-SE-GUADUA-VERSION-FINAL-WEB-MAR-2017.pdf>

Ministerio de Educación. (2024). *Datos Abiertos del Ministerio de Educación del Ecuador*. <https://educacion.gob.ec/datos-abiertos/>

- Ministerio de Salud Pública. (2024). *Hospital Básico Sucúa*.
<https://www.salud.gob.ec/hospital-basico-pio-xii-sucua/>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2025). *Red vial Estatal ecuatoriana en kilómetros*. <https://datosabiertos.gob.ec/dataset/red-vial-estatal-ecuatoriana-en-kilometros>
- Montoya, J., & Jimenez, E. (2006). Determinación de la curva de secado al aire libre, mediante modelación matemática y experimental de la guadua angustifolia. *Scientia et Technica*, 12(30), 415–419. <https://www.redalyc.org/pdf/849/84920491021.pdf>
- Mora, J. (2015). *Manual de construcción Construir con bambú “caña de Guayaquil”*. Red Internacional de Bambú y Ratán, INBAR. <https://bambuecuador.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/01/2015-manual-construir-con-bambu-perucc81.pdf>
- Morocho, D. (2020). Arquitectura shuar. En *Estudio de los valores materiales e inmateriales del patrimonio arquitectónico en Yantzaza (Ecuador)* (pp. 43–61). Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/handle/10251/159781>
- Murillo, M., Cejas, M., & Liccioni, E. (2023). Enfoque cuantitativo. En *Enfoque cuantitativo y cualitativo: una mirada de los métodos mixtos* (pp. 24–34). Fundación Editorial Universitaria Ezequiel Zamora.
https://www.researchgate.net/publication/374418696_ENFOQUE_CUANTITATIVO_y_CUALITATIVO_Una_mirada_de_los_metodos_mixtos
- Ordóñez, V., Mejía, M., & Bárcenas, G. (2011). *Manual para la construcción sustentable con bambú*. Comisión Nacional Forestal.
https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/manual_para_la_construccion_sustentable_con_bambu.pdf
- Pineda, I. (2017). *Vivienda shuar: estudio, interpretación y rescate del sistema constructivo para su aplicación en viviendas de alojamiento ecoturístico* [Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/16489>
- Putri, A., & Dewi, O. (2020). Overview of Bamboo Preservation Methods for Construction Use in Hot Humid Climate. *International Journal of Built Environment and Scientific Research*, 4(1), 1–10.
https://www.researchgate.net/publication/351106023_Overview_of_Bamboo_Preservation_Methods_for_Construction_Use_in_Hot_Humid_Climate

- Rubenstein, S. (2002). *Alejandro Tsakimp: a Shuar healer in the margins of history*. Lincoln : University of Nebraska Press.
- Sanjuán, L. (2010). *La observación*. UNAM.
https://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sanjuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf
- Soria, F., & Guerrero, L. (2019). Polín de bambú ensamblado: diseño alternativo para construcción de estructuras ligeras. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, 25, 1–17. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477958274015>
- Torres, B., Segara, M., & Bragança, L. (2019). El bambú como alternativa de construcción sostenible. *Revistas UNNE*, 5, 389–400.
<https://revistas.unne.edu.ar/index.php/eitt/article/view/3787>
- Vilela, D., Chamba, M., & León, O. (2020). El bambú y su importancia como un material estructural para la construcción. *Bosques Latitud Cero1*, 10(1), 57–68.
<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/719>
- Wijngaarden, V. (2025). *La aplicación de ATLAS.ti en diferentes estrategias de análisis de datos cualitativos*. Atlas.ti. <https://atlasti.com/es/research-hub/la-aplicacion-de-atlasti-en-diferentes-estrategias-de-analisis-de-datos-cualitativos>

ANEXOS

Anexo 1: Entrevista semiestructurada a constructores

ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA A CONSTRUCTORES DE LA COMUNIDAD SHUAR

Objetivo: Recopilar información detallada sobre las técnicas, materiales, procesos y saberes tradicionales vinculados a la construcción con bambú y madera en la comunidad Shuar, así como su relación con la sostenibilidad, los recursos forestales y la transmisión de conocimientos ancestrales.

Datos generales del entrevistado

Nombre completo:

Edad:

Comunidad:

Años de experiencia como constructor:

¿Construye actualmente? Sí No

¿Forma parte de una asociación o grupo de constructores? Sí No

Sección 1: Conocimientos generales sobre construcción

¿Qué materiales tradicionales utiliza para construir viviendas? (Puede seleccionar más de uno)

Madera nativa Bambú Palma Tierra Cemento/bloques Otro: _____

¿De qué forma aprendió a construir viviendas?

Por tradición familiar (padre, abuelo)

Observando y practicando

Mediante talleres o capacitaciones

Otro: _____

¿Qué tipo de madera emplean con mayor frecuencia en su comunidad?

Laurel Cedro Guayacán Otro: _____

¿Qué criterios utilizan para elegir la madera o el bambú adecuado?

Durabilidad Peso Resistencia al clima Disponibilidad local Otro: _____

Sección 2: Sistema constructivo y técnica tradicional

¿Cómo describiría el proceso para construir una vivienda en su comunidad desde los cimientos hasta la cubierta?

(Respuesta abierta)

¿Qué tipo de cimentación utilizan comúnmente?

Piedra Troncos enterrados directamente Zapatas de concreto No se usa cimentación
Otro: _____

¿Qué tipos de columnas o postes emplean para sostener las viviendas?

Madera entera Madera laminada artesanal Bambú reforzado Otro: _____

¿Cómo se fijan las columnas al suelo o a los cimientos?

Enterradas directamente
 Con encajes en piedras
 Sujetadas con sogas o bejucos
 Otro: _____

¿Qué técnica de unión utilizan entre las maderas o bambúes?

Amarre con bejucos o fibras naturales
 Ensamblados tradicionales (machihembrado, encaje)
 Clavos o tornillos
 Otro: _____

¿Qué tipo de cubierta o techo es el más usado?

Palma Teja artesanal Zinc Otro: _____

Cuáles son las dimensiones promedio de una vivienda tradicional Shuar?

(Respuesta abierta)

Sección 3: Percepción, sostenibilidad y futuro

¿Considera que las viviendas construidas con madera o bambú son duraderas? ¿Por qué?

(Respuesta abierta)

¿Qué ventajas identifica al usar bambú o madera frente a otros materiales como el cemento o bloques?

Más fresco Más económico Más rápido de construir Más amigable con la naturaleza
Otro: _____

¿Qué problemas ha enfrentado al construir con bambú o madera?

Pudrición Termitas Dificultad para unir las piezas Escasez del material Otro:

¿Ha notado cambios en la disponibilidad de árboles o bambú en los últimos años?

Sí, hay menos recursos disponibles

No ha cambiado mucho

Hay más control y cuidado de los recursos

(Explique su respuesta si desea): _____

¿Considera que se deberían recuperar o enseñar más las técnicas tradicionales de construcción a los jóvenes?

Sí No No sabe

¿Le gustaría incorporar nuevas técnicas modernas para combinar con sus conocimientos tradicionales?

Sí No Tal vez

(¿Cuáles le interesan?): _____



Anexo 2 Entrevista semiestructurada a expertos

ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA A EXPERTOS EN CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ

Propósito: Recopilar información técnica y especializada sobre el uso del bambú en sistemas constructivos, incluyendo experiencias, criterios estructurales, detalles constructivos, prácticas de preservación y recomendaciones para mejorar la durabilidad, aplicabilidad y sostenibilidad del material.

Datos generales del entrevistado

Nombre completo:

Profesión / Especialidad técnica: curso en Bambú

Años de experiencia trabajando con bambú:

País y región donde ha desarrollado proyectos:

Institución o entidad con la que colabora (si aplica):

Bloque 1: Experiencia general con bambú

¿En qué tipos de proyectos ha implementado bambú como componente estructural?

Viviendas rurales Equipamiento comunitario Obras públicas Pabellones Otro:

¿Qué especies de bambú ha utilizado en sus construcciones? ¿Qué criterios usa para su selección?

¿Qué ventajas técnicas destaca del bambú en comparación con materiales como madera sólida, acero o concreto?

¿Cuáles considera que son los principales desafíos técnicos y logísticos al usar bambú en obra?

Bloque 2: Sistema constructivo

¿Qué tipo de cimentación considera más adecuada para edificaciones con estructura principal en bambú?

Zapatas aisladas Dados de hormigón con anclajes metálicos Empotramiento directo

Otro: _____

¿Qué soluciones estructurales utiliza para las columnas o soportes verticales de bambú?

¿Prefiere usar bambú en su estado cilíndrico o lo transforma (partido, laminado)?

¿Qué consideraciones tiene en cuanto a carga axial, pandeo o protección al contacto con el suelo?

¿Qué diámetro y espesor de pared considera óptimos para columnas y elementos portantes de bambú? ¿Por qué?

¿Cuál es el sistema de anclaje o conexión más eficiente en términos estructurales y de durabilidad?

Conectores metálicos Ensamblados con madera o piezas artesanales Uniones con resinas o pegamentos Otro: _____

¿Qué tipo de uniones recomienda para:

Unión columna-viga:

Cruces diagonales (arriostres):

Estructuras modulares o prefabricadas?

¿Qué estrategias constructivas emplea para mejorar la resistencia sísmica de una estructura de bambú?

Bloque 3: Durabilidad y mantenimiento

¿Cuál es el tiempo de vida útil estimado de una estructura de bambú bien diseñada y mantenida?

¿Qué métodos de tratamiento o preservación del bambú recomienda antes de su uso en obra?

Inmersión en bórax- Ácido bórico Ahumado Curado al sol Preservantes industriales Otro: _____

¿Qué recomendaciones daría para proteger el bambú frente a:

Humedad del suelo:

Ataque de insectos:

Radiación solar directa:

Lluvia y escurrimiento?

¿Qué tipo de cubiertas (techos) considera más apropiadas para prolongar la vida del bambú como estructura?

¿Es viable reutilizar bambú estructural en nuevos proyectos? ¿En qué condiciones?

Bloque 4: Innovación, normativas y transferencia de conocimiento

¿Conoce o ha utilizado normas técnicas específicas para construcción con bambú (por ejemplo: ISO 22156, normas INBAR, NTE INEN)? ¿Cómo ha sido su aplicación?

¿Cree necesario desarrollar un reglamento estructural nacional específico para el uso del bambú? ¿Qué aspectos debería incluir?

¿Cuál ha sido su experiencia trabajando con comunidades o pueblos indígenas que utilizan bambú tradicionalmente? ¿Qué se puede aprender de ellos?

¿Qué tipo de herramientas visuales considera más efectivas para capacitar constructores en el uso técnico del bambú?

Manuales visuales Modelos BIM / CAD Talleres presenciales Prototipos a escala Otro: _____

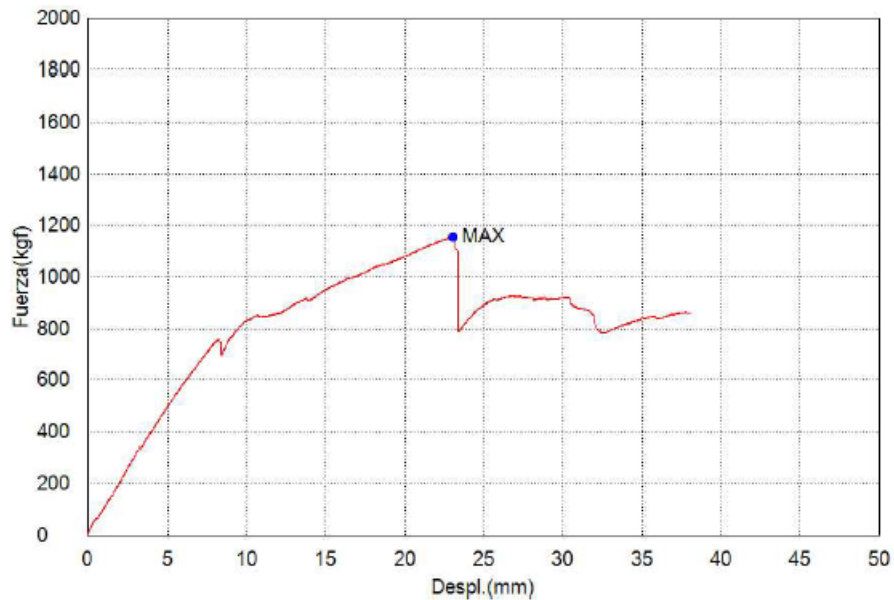
¿Qué condiciones cree necesarias para masificar el uso del bambú estructural en proyectos públicos o urbanos?

Anexo 3. Ensayos Guadúa-flexión

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20250708_1139.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	8/7/2025	Fecha de ensayo	8/7/2025
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Flexión 3 ptos.
Velocidad	10mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre Parametros	Max_Fuerza Calc. at Entire Areas kgf	Max._Desplazamiento Calc. at Entire Areas mm	Max_Deformacion Calc. at Entire Areas %	Max_Deformacion Calc. at Entire Areas %
1_1	1154,27	23,0601	1,38361	1,38361
Media	1154,27	23,0601	1,38361	1,38361
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

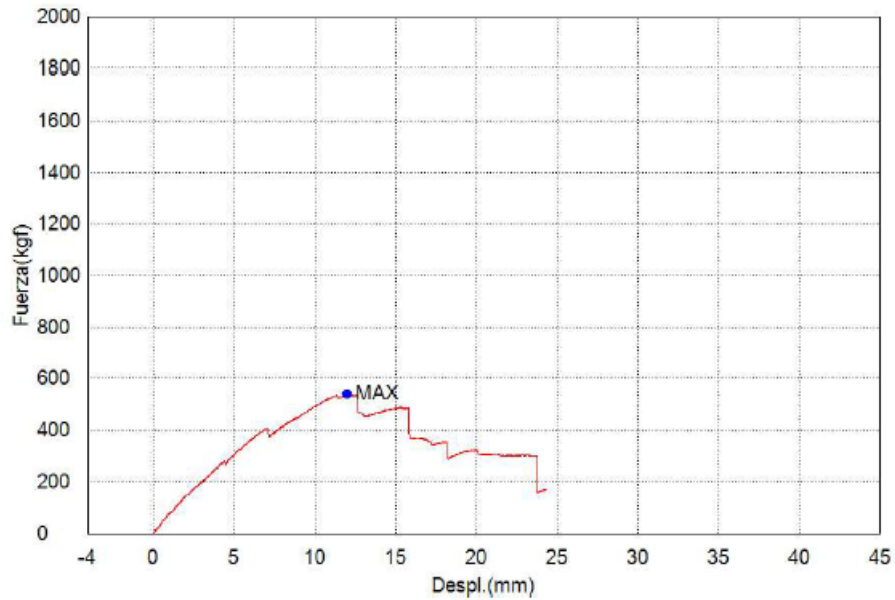


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20250708_1218.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	8/7/2025	Fecha de ensayo	8/7/2025
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Flexión 3 ptos.
Velocidad	10mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre Parametros Unidad	Max._Fuerza Calc. at Entire Areas kgf	Max._Desplazamiento Calc. at Entire Areas mm	Max._Deformacion Calc. at Entire Areas %	Max._Deformacion Calc. at Entire Areas %
1 1	538,947	11,9910	0,71946	0,71946
Media	538,947	11,9910	0,71946	0,71946
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

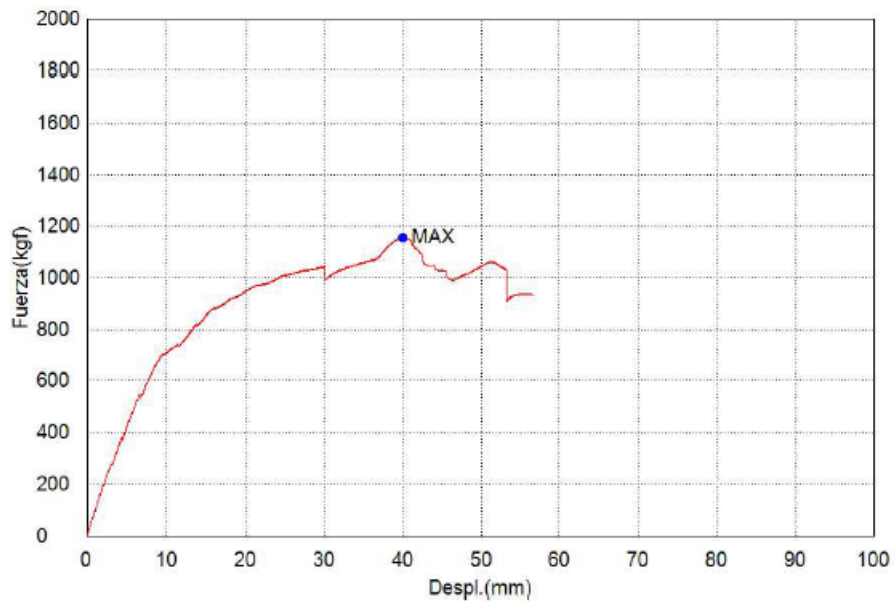


Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	_20250708_1303.xtux	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	8/7/2025	Fecha de ensayo	8/7/2025
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Flexión 3 ptos.
Velocidad	10mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre Parametros Unidad	Max_Fuerza Calc. at Entire Areas kgf	Max. _Desplazamiento Calc. at Entire Areas mm	Max_Deformacion Calc. at Entire Areas %	Max_Deformacion Calc. at Entire Areas %
1_1	1154,20	40,0939	2,40563	2,40563
Media	1154,20	40,0939	2,40563	2,40563
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000



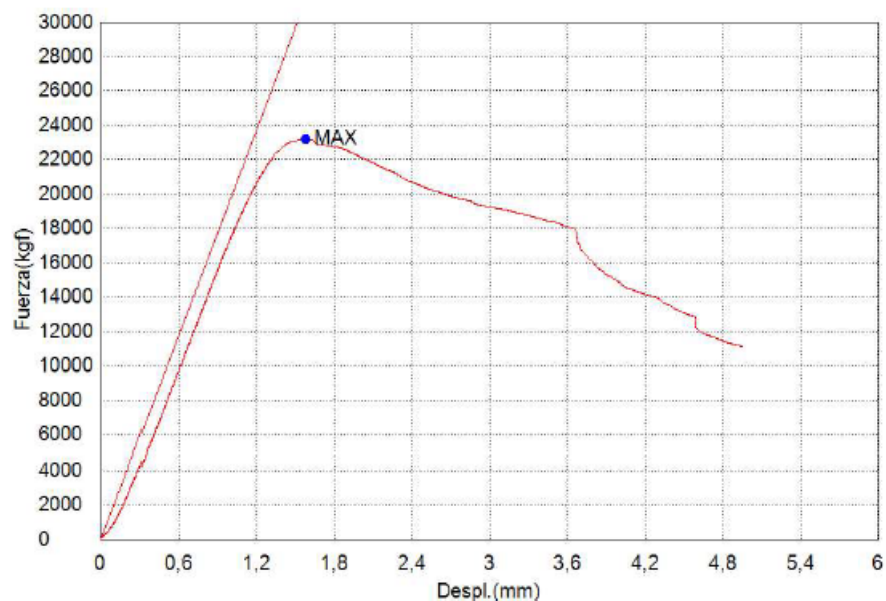
Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	Tesis_Abel_Jara_20250624_0959.xtux	Nombre de metodo de ensayo	Tesis_Abel_Jara.xmux
Fecha de informe	24/6/2025	Fecha de ensayo	24/6/2025
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	0,6mm/min	Forma	Tubo1
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre Parametros Unidad	Max._Fuerza Calc. at Entire Areas kgf	Max._ESFUERZO Calc. at Entire Areas kgf/cm2	Max._Desplazamiento Calc. at Entire Areas mm	Max._Deformacion Calc. at Entire Areas %
1_1	23163.6	940.758	1,57675	0.67963
Media	23163.6	940.758	1,57675	0.67963
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Nombre Parametros Unidad	Tangente Fuerza 10 kgf kgf/mm2	Secante Fuerza 10 kgf kgf/mm2
1_1	1873.34	1700.66
Media	1873.34	1700.66
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000



Comentarios

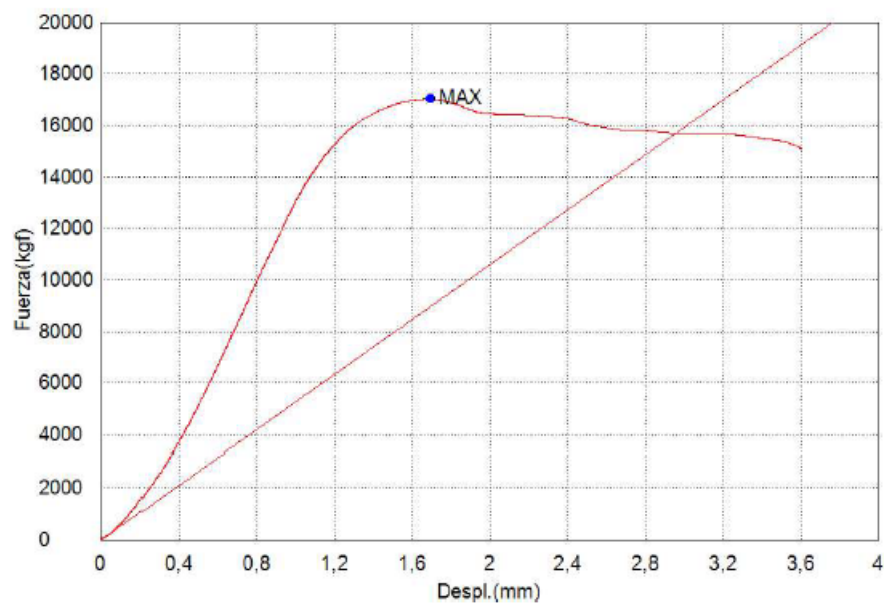
Anexo 4. Ensayos guadua- compresión

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	Tesis_Abel_Jara_20250624_0959.xtux	Nombre de metodo de ensayo	Tesis_Abel_Jara.xmux
Fecha de informe	24/6/2025	Fecha de ensayo	24/6/2025
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	0,6mm/min	Forma	Tubo1
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre Parametros Unidad	Max._Fuerza Calc. at Entire Areas kgf	Max._ESFUERZO Calc. at Entire Areas kgf/cm2	Max._Desplazamiento Calc. at Entire Areas mm	Max._Deformacion Calc. at Entire Areas %
1_1	17035,0	768.864	1.68950	0,71894
Media	17035,0	768.864	1.68950	0,71894
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Nombre Parametros Unidad	Tangente Fuerza 10 kgf kgf/mm2	Secante Fuerza 10 kgf kgf/mm2
1_1	563.873	503.193
Media	563.873	503.193
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000



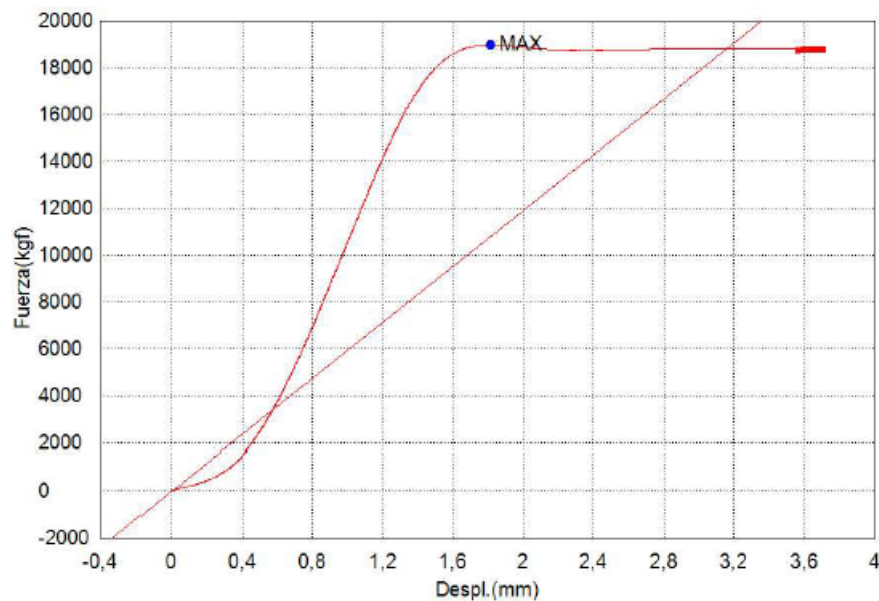
Comentarios

Titulo

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	Tesis_Abel_Jara_2025062 4_1317.xtux	Nombre de metodo de ensayo	Tesis_Abel_Jara.xmux
Fecha de informe	24/6/2025	Fecha de ensayo	24/6/2025
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	0,6mm/min	Forma	Tubo1
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre Parametros	Max._Fuerza Calc. at Entire Areas kgf	Max._ESFUERZO Calc. at Entire Areas kgf/cm2	Max._Desplazamiento Calc. at Entire Areas mm	Max._Deformacion Calc. at Entire Areas %
1_1	18937.7	457.972	1.81388	0.77849
Media	18937.7	457.972	1.81388	0.77849
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Nombre Parametros	Tangente Fuerza 10 kgf kgf/mm2	Secante Fuerza 10 kgf kgf/mm2
1_1	336.023	155.377
Media	336.023	155.377
Desviacion Estandar	--	--
Rango	0,00000	0,00000



Comentarios

Anexo 5. Máquina CONCRETO 2000X



Anexo 6. Ensayos guadua a compresión



Guadua verde



Guadua- secado natural



Guadua- secado artificial

Anexo 7. Ensayos guadua-flexión



Guadua verde



Guadua- secado natural



Guadua- secado artificial

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Abel Cayetano Jara Ordoñez portador de la cédula de ciudadanía N.º 1401323660. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Diseño e innovación de anclajes en bambú: un catálogo estructural para viviendas sostenibles en la cultura shuar” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca 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 para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 11 de septiembre de 2025



F:

Abel Cayetano Jara Ordoñez

1401323660