



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE ARQUITECTURA

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

TEMA

**DISEÑO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PANEL
PREFABRICADO CON CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA
PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL**

TUTOR

Arq. JOSÉ ALEXANDER MENDOZA BENNET

AUTOR

BAYAS RODRÍGUEZ ERICK OSWALDO

GUAYAQUIL

2025

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

Diseño y Evaluación Económica del panel prefabricado con caña guadua angustifolia para viviendas de interés social

AUTOR/ES:

Bayas Rodríguez Erick Oswaldo

TUTOR:

Arq. José Alexander Mendoza Bennet

INSTITUCIÓN:

Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil

Grado obtenido:

Arquitecto

FACULTAD:

Ingeniería, Industria Y
Construcción

CARRERA:

Arquitectura

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2025

N. DE PÁGS:

94

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción

PALABRAS CLAVE: Exclusión social, Prefabricación, Diseño de proyecto, Desarrollo sostenible

RESUMEN:

En el presente estudio se llevó a cabo un análisis detallado de las propiedades de la caña Guadua Angustifolia, enfocándose en su obtención, preparación y adecuación para su uso en la fabricación de paneles prefabricados que combinan caña guadua y poliestireno. Este material compuesto se plantea como una alternativa innovadora dentro del ámbito de la construcción.

Para validar la viabilidad de esta propuesta, se realizaron ensayos de compresión y flexión que permitieron evaluar el desempeño mecánico del material. Adicionalmente, se desarrolló un análisis comparativo que abarcó diversas dimensiones: estructural, funcional, formal y ambiental. Este enfoque integral permitió identificar las características del uso de estos paneles frente a los sistemas constructivos convencionales.

Asimismo, se consideró el impacto económico de la propuesta, evaluando su factibilidad en términos de costos y beneficios. Esta comparación buscó determinar si los paneles prefabricados de caña guadua y poliestireno pueden convertirse en una solución sostenible, eficiente y accesible, no solo desde el punto de vista estructural, sino también en términos de sostenibilidad ambiental y funcionalidad en el diseño arquitectónico.

En conclusión, el proyecto no solo explora las posibilidades técnicas de la caña guadua como material constructivo, sino que también invita a reflexionar sobre la necesidad de integrar materiales locales y sostenibles en la arquitectura, promoviendo alternativas que contribuyan al desarrollo de la industria de la construcción en el país.

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (Web):		
ADJUNTO PDF:	SI ☒	NO ☐
CONTACTO CON AUTOR/ES: Bayas Rodríguez Erick Oswaldo	Teléfono:	E-mail: ebayasr@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	PhD. Marcial Sebastián Calero Amores Decano de Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 241 E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec Mgtr. Arq. Peñaherrera Mayorga Fernando Nicolás Teléfono: (04) 2596500 Ext. 209 E-mail: fpenaherreram@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE SIMILITUD

TT_2E_BAYAS_RODRIGUEZ_2024 B_Turni.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

2

polired.upm.es

Fuente de Internet

1%

3

www.scielo.org.co

Fuente de Internet

1%

4

fddocuments.ec

Fuente de Internet

1%

5

repository.ugc.edu.co

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo



Verificar autenticidad del
documento por:
JONE ALEXANDER
MENDOZA BENNETT

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El estudiante egresado **BAYAS RODRÍGUEZ ERICK OSWALDO**, declara bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, **DISEÑO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PANEL PREFABRICADO CON CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL**, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores



Firma:

Bayas Rodríguez Erick Oswaldo

C.I. 0928316314

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación **DISEÑO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PANEL PREFABRICADO CON CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL**, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: **DISEÑO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PANEL PREFABRICADO CON CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL**, presentado por el estudiante **BAYAS RODRÍGUEZ ERICK OSWALDO** como requisito previo, para optar al Título de Arquitecto, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



Arq. José Alexander Mendoza Bennet

C.C. 1003161609

AGRADECIMIENTO

A Dios ante todo por mantenerme con salud y brindarme fortaleza para concluir este proyecto de graduación.

A mi familia que estuvo en todo momento dándome fuerzas para seguir adelante brindándome su apoyo incondicional.

A mi esposa por su ayuda y dedicación, durante el desarrollo de este proyecto el cual me guio en todo momento.

Erick Bayas Rodríguez

DEDICATORIA

A Dios y mi familia por estar en todo momento en especial a mis padres, motivándome día a día para culminar esta meta. A mi esposa e hijas, que son un motor constante para ser una mejor persona cada día.

Erick Bayas Rodríguez

RESUMEN

En el presente estudio se llevó a cabo un análisis detallado de las propiedades de la caña Guadua Angustifolia, enfocándose en su obtención, preparación y adecuación para su uso en la fabricación de paneles prefabricados que combinan caña guadua y poliestireno. Este material compuesto se plantea como una alternativa innovadora dentro del ámbito de la construcción.

Para validar la viabilidad de esta propuesta, se realizaron ensayos de compresión y flexión que permitieron evaluar el desempeño mecánico del material. Adicionalmente, se desarrolló un análisis comparativo que abarcó diversas dimensiones: estructural, funcional, formal y ambiental. Este enfoque integral permitió identificar las características del uso de estos paneles frente a los sistemas constructivos convencionales.

Asimismo, se consideró el impacto económico de la propuesta, evaluando su factibilidad en términos de costos y beneficios. Esta comparación buscó determinar si los paneles prefabricados de caña guadua y poliestireno pueden convertirse en una solución sostenible, eficiente y accesible, no solo desde el punto de vista estructural, sino también en términos de sostenibilidad ambiental y funcionalidad en el diseño arquitectónico.

En conclusión, el proyecto no solo explora las posibilidades técnicas de la caña guadua como material constructivo, sino que también invita a reflexionar sobre la necesidad de integrar materiales locales y sostenibles en la arquitectura, promoviendo alternativas que contribuyan al desarrollo de la industria de la construcción en el país.

Palabras clave

Exclusión social, Prefabricación, Diseño de proyectos, Desarrollo sostenible

ABSTRACT

This study conducted a detailed analysis of the properties of *Guadua angustifolia* cane, focusing on its extraction, preparation, and suitability for use in the manufacture of prefabricated panels combining guadua cane and polystyrene. This composite material is proposed as an innovative alternative in the construction sector.

To validate the viability of this proposal, compression and flexural tests were performed to evaluate the material's mechanical performance. Additionally, a comparative analysis was conducted that encompassed various dimensions: structural, functional, formal, and environmental. This comprehensive approach allowed us to identify the characteristics of using these panels compared to conventional construction systems.

The economic impact of the proposal was also considered, assessing its feasibility in terms of costs and benefits. This comparison sought to determine whether prefabricated panels made of guadua cane and polystyrene could become a sustainable, efficient, and affordable solution, not only from a structural perspective, but also in terms of environmental sustainability and functionality in architectural design.

In conclusion, the project not only explores the technical possibilities of guadua cane as a construction material, but also invites reflection on the need to integrate local and sustainable materials into architecture, promoting alternatives that contribute to the development of the country's construction industry.

Keywords

Social exclusion, Prefabrication, Project design, Sustainable development

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
ENFOQUE DE LA PROPUESTA	2
1.1. Tema:	2
1.2. Planteamiento del Problema:	2
1.3. Formulación del Problema:	5
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo General	5
1.4.2. Objetivos Específicos	5
1.5. Hipótesis	6
1.6. Línea de Investigación Institucional / Facultad.....	6
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL	7
2.1. Guadua angustifolia	7
2.2. Antecedentes	8
2.3. Fases de la Caña Guadua angustifolia	9
2.4. Partes de la Guadua	10
2.5. Utilidad de la caña de guadua.....	12
2.6. Tipos de bambú más comunes en Ecuador	13
2.7. Propiedades Mecánicas	14
2.8. Usos de la caña guadua en la construcción.....	15
2.8.1. Arquitectura tradicional.....	15
2.8.2. Arquitectura contemporánea	16
2.9. Ventajas y desventajas de la caña guadua como material constructivo.....	17
2.9.1. Ventajas	17
2.9.2. Desventajas	17
2.9.3. Ventajas ambientales de la Guadua.....	17
2.10. Poliestireno Expandido (EPS)	18
2.11. Antecedentes	19
2.12. Propiedades y características del Poliestireno Expandido (EPS)	19

2.13. Comportamiento del Poliestireno Expandido (EPS) frente al agua y vapor de agua.....	20
2.14. Mortero.....	21
2.15. Antecedentes	21
2.16. Tipos de mortero	22
2.16.1. Proporciones de mezcla:.....	23
2.16.2. Características según los materiales	23
2.17. Proceso de preparación:	24
2.18. Usos de Mortero.....	25
2.18.1. Función estructural.....	25
2.18.2. Función no estructural.....	25
2.19. Modelos análogos.	26
2.20. Modelo 1.....	26
2.20.1. Metodología	26
2.20.2. Proceso- fabricación del panel.....	27
2.20.3. Resultado... ..	28
2.21. Modelo 2.....	29
2.21.1. Metodología.....	29
2.21.2. Procedimiento para el armado y revestimiento del panel	30
2.22. Modelo 3.....	31
2.22.1. Procedimiento	32
2.22.2. Simulación térmica.....	33
2.22.3. Simulación acústica	33
2.23. Análisis comparativos con modelos análogos.....	34
2.24. Marco Legal.....	37
CAPÍTULO III.....	40
MARCO METODOLÓGICO.....	40
3.1. Enfoque de la investigación	40
3.2. Alcance de la investigación	40
3.3. Técnica e instrumentos de la investigación	40
3.4. Población y muestra.....	41
CAPITULO IV	43
PROPUESTA O INFORME	43

4.1.	Presentación, análisis y resultados	43
4.2.	Propuesta.....	43
4.2.1.	Herramientas y Materiales	43
4.2.2.	Curado De Caña Guadua.....	44
4.2.3.	Proceso De Caña Abierta.....	45
4.2.4.	Elaboración de Paneles	47
4.3.	Elaboración De Prototipos.....	49
4.3.1.	PROTOTIPO - PCYP-01	49
4.3.2.	PROTOTIPO - PCYP-02	52
4.3.3.	PROTOTIPO - PCYP-03	54
4.4.	Resultado	58
4.4.1.	Elaboración, Análisis y Costos Del Proyecto.....	58
4.4.2.	Análisis comparativo de Costo unitario por vivienda	59
4.4.3.	Elaboración de APU de Panel Ensayo #3- PCYP-03	60
	CONCLUSIONES	62
	RECOMENDACIONES.....	63
	BIBLIOGRAFÍA.....	64
	ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de bambú más Conocidos.....	13
Tabla 2 Propiedades Físicas.....	14
Tabla 3 Propiedades Mecánicas.....	14
Tabla 4 Análisis Estructural.....	34
Tabla 5 Análisis Funcional	35
Tabla 6 Análisis Formal.....	35
Tabla 7 Análisis Ambiental.....	36
Tabla 8 Ensayo #1- PCYP-01	49
Tabla 9 Ensayo #2- PCYP-02	52
Tabla 10 Ensayo #3- PCYP-03	54
Tabla 11 Tipos principales y costos promedio de paneles.....	59
Tabla 12 Análisis comparativo de Costo unitario MIDUVI vs Hogar de Cristo	60
Tabla 13 APU de Panel Ensayo #3- PCYP-03.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 Gráfico Déficit Habitacional Ecuador	3
Ilustración 2 Vivienda MIDUVI	4
Ilustración 3 Caña Guadua angustifolia	8
Ilustración 4 Etapas de la Caña Guadua angustifolia	10
Ilustración 5 Partes de Guadua angustifolia.....	12
Ilustración 6 Construcción con caña guadua	16
Ilustración 7 Estructura liviana Arquitectura contemporánea	16
Ilustración 8 Planchas de poliestireno.....	18
Ilustración 9 Fórmula Química: C ₈ H ₈	18
Ilustración 10 Ensamblado de panel	28
Ilustración 11 3D modelado de paneles.....	29
Ilustración 12 Armado Panel	31
Ilustración 13 Armado de panel terminado.....	31
Ilustración 14 Panel térmico.....	33
Ilustración 15 Viviendas en Monte Sinaí	41
Ilustración 16 Curado de la guadua angustifolia	45
Ilustración 17 Obtención de esterilla	46
Ilustración 18 Proceso para la obtención de la esterilla	46
Ilustración 19 Encofrado	47
Ilustración 20 Proceso de elaboración de paneles.....	48
Ilustración 21 Proceso de elaboración de paneles-2	48
Ilustración 22 Proceso Ensayo #1- PCYP-01.....	49
Ilustración 23 Proceso Ensayo #1- PCYP-01.....	50
Ilustración 24 Proceso Ensayo #1- PCYP-01.....	51
Ilustración 25 Proceso Ensayo #1- PCYP-01.....	51
Ilustración 26 Proceso Ensayo #2- PCYP-02.....	52
Ilustración 27 Proceso Ensayo #2- PCYP-02.....	53
Ilustración 28 Proceso Ensayo #2- PCYP-02.....	54
Ilustración 29 Proceso Ensayo #3- PCYP-03.....	55
Ilustración 30 Proceso Ensayo #3- PCYP-03.....	56
Ilustración 31 Proceso Ensayo #3- PCYP-03.....	56
Ilustración 32 Proceso Ensayo #3- PCYP-03.....	57
Ilustración 33 Prototipo Ensayo #3- PCYP-03	58

ANEXO

Anexo 1 - Ensayo De Resistencia.....	71
Anexo 2 Resultados de pruebas de compresión y flexión.....	72
Anexo 3 Certificación de Pruebas de Ensayo 1-3.....	73
Anexo 4 Certificación de Pruebas de Ensayo 2-3.....	74
Anexo 5 Certificación de Pruebas de Ensayo 3-3.....	75
Anexo 6 Ensayo de resistencia Prototipo # 2.....	76
Anexo 7 Resultados de pruebas de compresión y Flexión # 2	77
Anexo 8 Ensayo de resistencia a la compresión.....	78

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la búsqueda de soluciones constructivas sostenibles, accesibles y eficientes se ha convertido en una prioridad dentro del ámbito de la arquitectura y la ingeniería civil, especialmente en el diseño de sistemas destinados a viviendas de interés social. Los desafíos sociales, económicos y ambientales que enfrenta la construcción tradicional han impulsado el desarrollo de alternativas innovadoras, como los paneles prefabricados elaborados con materiales renovables. Entre estos, la caña Guadua ha destacado por sus propiedades estructurales, mecánicas y sostenibles, convirtiéndose en un recurso clave para la creación de sistemas constructivos que sean económicos, resistentes y respetuosos con el medio ambiente.

El presente trabajo tiene como propósito analizar modelos análogos que emplean la caña Guadua como material principal, evaluando sus características desde cuatro enfoques fundamentales: estructural, funcional, formal y ambiental. Estos modelos combinan la Guadua con otros materiales, como mortero, acero, poliuretano y cartón reciclado, para maximizar su desempeño en términos de rigidez, aislamiento térmico y acústico, durabilidad y adaptabilidad. A partir de este análisis, la investigación busca identificar estrategias y adaptaciones que permitan desarrollar un nuevo diseño de panel prefabricado optimizado, que no solo aproveche las ventajas de los materiales renovables, sino que también responda a las necesidades específicas de las viviendas de interés social.

La finalidad de esta investigación es que el panel resultante de este proceso analítico y experimental represente un aporte significativo para las viviendas de interés social, ofreciendo una solución constructiva que sea económica, sostenible y eficiente. De esta manera, se pretende contribuir al desarrollo de sistemas habitacionales que mejoren la calidad de vida de las comunidades más vulnerables, al tiempo que se fomenta el uso de materiales locales y técnicas sostenibles.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1. Tema:

Diseño y Evaluación Económica del panel prefabricado con caña guadua angustifolia para viviendas de interés social.

1.2. Planteamiento del Problema:

En Ecuador, la problemática de la vivienda ha sido una constante a lo largo del tiempo, y actualmente se evidencia una marcada carencia de soluciones habitacionales accesibles. Este tema puede analizarse como un indicador que recopila información sobre las necesidades y deficiencias en las viviendas, considerando aspectos como el tipo de construcción, el estado de las estructuras (paredes, pisos, techos) y las condiciones de vida de la población. En este contexto, el MIDUVI, como organismo encargado, clasifica el déficit habitacional en dos categorías principales: viviendas recuperables y viviendas irrecuperables.

Es importante señalar que las estadísticas relacionadas con este indicador no reflejan el número de familias sin vivienda propia, sino más bien la cantidad de viviendas que, pese a ser habitables, se encuentran en condiciones irrecuperables. Esto se determina a partir de los materiales predominantes utilizados en su construcción y su estado actual. Estas viviendas se contabilizan como parte del déficit habitacional cuantitativo, que incluye aquellas que deben ser reemplazadas por completo debido a la precariedad de sus materiales o su mala calidad, lo que hace inviable su rehabilitación.

Por otro lado, el déficit habitacional cualitativo se refiere a viviendas propias o privadas que presentan deficiencias en términos de espacio o estructura. Estas viviendas requieren ampliaciones o mejoras para garantizar condiciones de habitabilidad adecuadas. Este tipo de déficit se considera en las estadísticas como viviendas recuperables, ya que pueden ser mejoradas. En este análisis se incluyen aquellas

viviendas con materiales deteriorados o insuficiencia de espacio en relación al número de personas que las habitan.

Ilustración 1 Gráfico Déficit Habitacional Ecuador



Las viviendas de interés social en el Ecuador tienen como base legal y respaldo la Constitución del país, la cual garantiza el derecho a un hábitat seguro, sano y digno para todos los ciudadanos. Este tipo de viviendas están diseñadas específicamente para beneficiar a personas con recursos económicos limitados, ofreciendo una alternativa habitacional accesible en comparación con los precios del mercado inmobiliario convencional.

Por lo general, estas viviendas se construyen en zonas suburbanas y cuentan con infraestructura básica que cubre las necesidades esenciales de las familias. Su planificación y construcción son gestionadas principalmente por el gobierno ecuatoriano, con el objetivo de reducir el déficit habitacional y mejorar las condiciones de vida de las familias de bajos recursos.

Este modelo de vivienda no solo busca proporcionar un techo, sino también fomentar el desarrollo social y económico de las comunidades, asegurando que las personas tengan acceso a un espacio digno donde puedan vivir y desarrollarse integralmente.

Ilustración 2 Vivienda MIDUVI



Fuente: Medios Ediasa (2020)

Uno de los Mayores generadores en la economía ecuatoriana es el sector de la construcción, el MIDUVI siendo un ente regulador y el mediador entre el estado y la ciudadanía, considera unos parámetros ya establecidos, y los requisitos que se debe cumplir para poder acceder a una casa de interés social 100% gratuita por el estado, ejecutándolo por medio de programas y ofertas, donde sus costos van desde los 34 SBU (\$16,150) y quien asume el valor total es el estado ecuatoriano.

El objetivo de este trabajo es demostrar que se puede ampliar la utilización de materiales en la construcción, utilizando materiales de nuestro entorno natural, siendo el sector de la construcción uno de los más contaminantes del planeta, responsable del 40% de las emisiones de CO₂ a la atmosfera, nunca está de más replantearse los materiales y sistemas a los que vamos a recurrir para la construcción de nuestra vivienda, Romero (2018)

En este contexto, se emplea la caña guadua *Angustifolia*, que forma parte de la familia de los bambúes. Su ligereza contribuye a que la estructura tenga un peso reducido. Además, posee excelentes características estéticas y es reconocida como el acero vegetal, lo que facilita su integración en el ámbito de la construcción como una opción viable frente a los materiales y métodos constructivos convencionales.

Según Rea Lozano (2016), docente de la ESPE, señala que en Ecuador hay un desconocimiento sobre el uso de la caña guadua, que es erróneamente asociada con la pobreza. La empresa Bambú Export, que vende principalmente en Europa y Estados Unidos, exporta 30 contenedores al año, pero solo comercializa el 2% de su producción en Ecuador.

1.3. Formulación del Problema:

¿Cómo contribuirá la implementación de paneles prefabricados con caña guadua en la construcción de viviendas de interés social?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar un panel sustentable, utilizando como materia prima la caña guadua en la construcción de viviendas de interés social.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Recopilar datos a través de modelos análogos y realizar un análisis estructural, funcional, formal y ambiental, para implementar mejoras que optimicen el diseño del panel prefabricado con caña guadua.
- Realizar un diagnóstico a los paneles prefabricados existentes en el mercado ecuatoriano.
- Realizar un análisis físico-mecánico del panel prefabricado mediante ensayo de laboratorio.
- Como resultado presentar la propuesta del diseño de manera física por medio de un panel a escala real.
- Mostrar evaluación económica de panel prefabricado.

1.5. Hipótesis

El diseño de paneles prefabricados utilizando caña guadua no solo representa una innovación en el ámbito de la construcción. Además, al reemplazar los materiales convencionales de la construcción tradicional, se busca no solo mejorar la economía del proyecto, sino también elevar la calidad de las viviendas de interés social, garantizando estructuras más sostenibles y adaptadas a las necesidades de las comunidades.

1.6. Línea de Investigación Institucional / Facultad.

Línea Institucional de investigación es: Territorio, medio ambiente y materiales innovadores aplicados a la construcción, de la Facultad de Ingeniería industria y construcción.

Este diseño Consiste en la elaboración del panel prefabricado utilizando materiales amigables con el medio ambiente como base principal la caña guadua angustifolia que en nuestro país es muy versátil por sus diversos usos en la construcción. Concluyendo con un panel fácil de armar y transportar para su montaje en sitio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL

2.1. Guadua angustifolia

La guadua pertenece a la familia Poaceae y se distingue de otros bambúes por sus culmos largos y espinosos, hojas caulinares triangulares y características únicas en sus espiguillas y flores. En América, su distribución abarca desde México hasta Argentina, excluyendo Chile y algunas islas del Caribe, aunque ha sido introducida con éxito en lugares como Puerto Rico y Cuba.

De las 30 especies de Guadua, la Guadua angustifolia destaca por sus propiedades físicas y mecánicas, convirtiéndose en un material ideal para la construcción. Sus tallos pueden alcanzar hasta 30 metros de altura y 25 centímetros de diámetro. Es nativa de Colombia, Ecuador y Venezuela, con dos variedades exclusivas de Colombia: G. angustifolia var. Bicolor y G. angustifolia var. Nigra. En Colombia se estima que existen 54,000 hectáreas de esta especie, mientras que en Ecuador hay aproximadamente 15,000 hectáreas.

Los guaduales, conformados por individuos en diferentes estados de madurez, representan ecosistemas valiosos que cumplen funciones como la protección de suelos, agua y biodiversidad, además de ser fuente sostenible de madera. Su manejo debe ser técnico y sostenible para garantizar su productividad sin comprometer el medio ambiente.

La guadua prospera en altitudes de 0 a 1800 metros sobre el nivel del mar, con precipitaciones de 1200 a 2500 mm anuales, temperaturas entre 18°C y 25°C, y humedad relativa superior al 70%. Aunque puede adaptarse a condiciones extremas, su desarrollo óptimo se da en suelos ricos en materia orgánica, bien drenados y con texturas arenosas o limosas. Prefiere las cercanías de ríos, pero también se desarrolla bien en pendientes alejadas de fuentes de agua. Botero (2021)

Ilustración 3 Caña *Guadua angustifolia*



Fuente: Blogger Buzz (2024)

2.2. Antecedentes

La guadua, una gramínea gigante americana, fue estudiada por primera vez durante la Real Expedición Botánica en 1783 y posteriormente por Humboldt y Bonpland en su recorrido por América. Inicialmente, se clasificó dentro del género asiático *Bambusa*, pero en 1822, el botánico Karl Sigismund Kunth identificó sus características únicas y creó el género *Guadua*, utilizando el término indígena utilizado en Colombia y Ecuador.

La guadua ha sido un material empleado desde tiempos ancestrales por las comunidades originarias de la cordillera andina, manteniendo su vigencia como recurso constructivo hasta la contemporaneidad, con especial prevalencia en la zona centro-occidental del territorio colombiano. Sobre la etimología del vocablo *guadua*, aunque no existe un consenso definitivo, algunos investigadores plantean su posible procedencia del léxico venezolano. Esta hipótesis se sustenta en las denominaciones paralelas registradas en el país vecino, donde se documentan variantes fonéticas como *guadúas* y *guafa* para referirse a esta especie vegetal. La toponimia aporta evidencia

complementaria a través de la localidad de Guasdualito, cuyo nombre sugiere una raíz lingüística compartida con este fitónimo.

2.3. Fases de la Caña *Guadua angustifolia*

La guadua, al ser una monocotiledónea, no posee tejido de cambium, lo que significa que su diámetro no aumenta con el tiempo; emerge del suelo con un tamaño ya definido. Es una planta de crecimiento acelerado, capaz de crecer hasta 11 centímetros diarios, alcanzando su altura máxima, que varía entre 18 y 30 metros, en tan solo seis meses desde su brote. Su madurez estructural se logra entre los 4 y 5 años. Botero (2021)

La guadua atraviesa cuatro fases principales desde su brote hasta el final de su ciclo de vida:

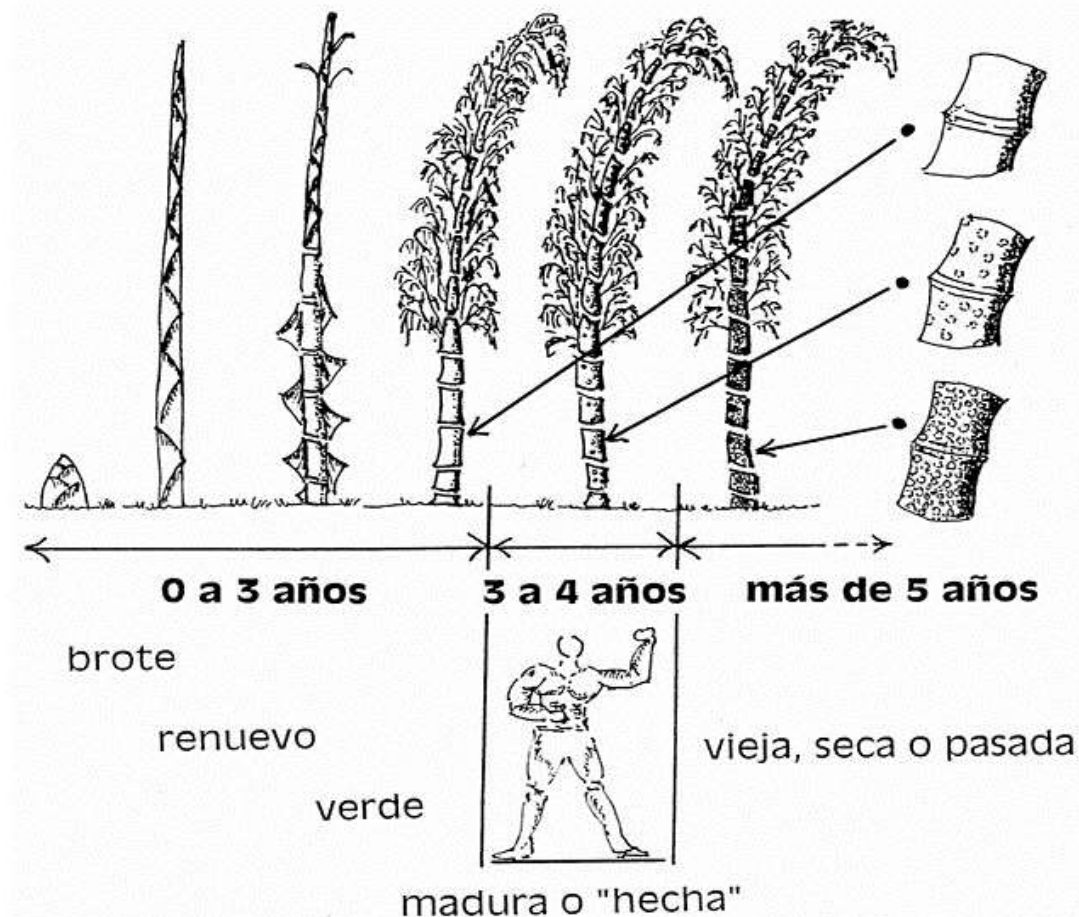
- **Renuevo o brote:** Es la etapa inicial, donde el culmo está cubierto por hojas caulinares de color café que lo protegen de insectos. Los renuevos emergen con su diámetro definitivo y los nudos compactos, como un acordeón. Durante aproximadamente seis meses, los nudos se extienden formando entrenudos, completando su crecimiento en altura.

- **Verde o joven:** Al finalizar el crecimiento, las yemas laterales generan ramas, lo que provoca la caída de las hojas caulinares y deja el tallo expuesto con un color verde esmeralda y bandas blancas en los nudos. En esta etapa, que dura hasta dos años, la madera carece de resistencia y contiene altos niveles de azúcares y almidones, por lo que no es apta para usos estructurales.

- **Madura o hecha:** La madera adquiere resistencia físico-mecánica, pierde su color verde intenso y adquiere tonos amarillentos, con manchas blancas o grises que indican su madurez. Este estado se alcanza entre los 3 y 5 años, dependiendo del clima y las condiciones del entorno, siendo el momento ideal para su cosecha.

- **Seca:** Si no se cosecha en su fase madura, la guadua pierde resistencia, sus tallos adquieren tonos rojizos o amarillentos y su follaje se seca. Esto marca el final de su ciclo de vida, afectando el ecosistema del guadua al limitar el espacio, la luz y los nutrientes necesarios para nuevos brotes, además de reducir la actividad de los rizomas.

Ilustración 4 Etapas de la Caña Guadua angustifolia



Fuente: Botero (2021)

2.4. Partes de la Guadua

- **Raíces:** Las raíces de la guadua tienen como función principal absorber nutrientes y brindar soporte a la planta. Son delgadas, fibrosas y de forma cilíndrica, además de que no incrementan su grosor con el paso del tiempo. A diferencia de otras partes de los bambúes, las raíces no están segmentadas.

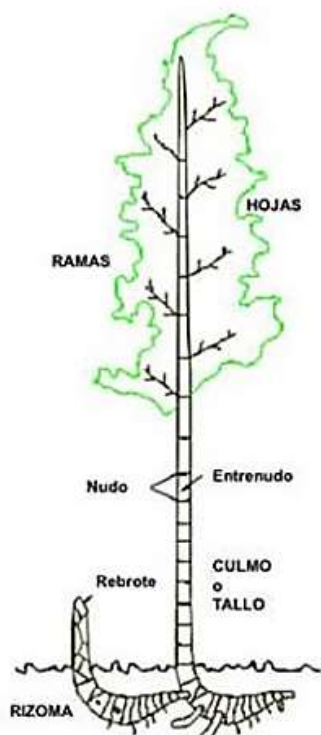
- **Rizomas:** Estas estructuras subterráneas poseen una yema apical que da origen a un nuevo tallo aéreo, mientras que las yemas laterales permiten la extensión del rizoma, repitiendo el patrón de ramificación. Este mecanismo de crecimiento es responsable de la densidad característica de los rodales de guadua.

- **Tallo o culmo:** Es una estructura cilíndrica y cónica, compuesta por entrenudos huecos separados por tabiques o nudos que aportan rigidez, flexibilidad y resistencia. Su color es verde, presenta espinas y en los nudos tiene pequeños pelos blancos. La guadua no cuenta con tejido cambium, lo que significa que su diámetro no aumenta con el tiempo, pero sí varía según la altura del tallo, que se divide en tres secciones (basal, media y apical) y cinco partes (cepa, basa, sobre basa, varillón y copa). El culmo alcanza su altura máxima en un periodo de 4 a 6 meses, pudiendo llegar a medir hasta 20 metros con diámetros entre 5 y 19 centímetros. El grosor de los entrenudos varía de 1 a 2.5 centímetros, dependiendo de su posición en el tallo.

- **Ramas:** Estas se desarrollan a partir de las yemas nodales del tallo y se distribuyen de forma alterna. Su función principal es sostener las hojas, las cuales realizan procesos fisiológicos esenciales para la planta.

- **Hojas:** Tienen forma lanceolada, con un tamaño promedio de 15 a 20 centímetros de largo y entre 2 a 5 centímetros de ancho. Además, la guadua cuenta con hojas caulinares, que cubren el tallo desde su formación hasta su madurez. Estas hojas caulinares son de color café y presentan pequeñas pelusas como mecanismo de defensa. Herrera, Sandoval, (1999).

Ilustración 5 Partes de Guadua angustifolia



Fuente: Bambusa Estudio (2022)

2.5. Utilidad de la caña de guadua

- **Conservación:** tiene efectos protectores con el suelo sosteniéndolo con su sistema entretelado de raíces conservándolo ya que sostiene en la laderas y orillas de ríos evitando la erosión.
- **Ecológico:** es un gran productor de oxígeno y retenedor de dióxido de carbono, contribuyendo con la disminución del cambio climático.
- **Económico:** tiene ventaja de reproducirse de forma rápida, lo que lo convierte en un recurso renovable, presenta un alto rendimiento en volúmenes por hectáreas. La guadua es una especie nativa de nuestro país con grandes posibilidades económicas.
- **Cultural:** es parte de la historia, desde épocas precolombinas conocida internacionalmente.
- **Artesanal:** su forma, resistencia, flexibilidad, estética y duración es lo adecuado para la fabricación de mobiliarios, revestimientos en interiores y exteriores además de la fabricación de innumerables artesanías.

- **Arquitectónico:** ha demostrado ser un material resistente con diversas propiedades que lo hacen apto para la construcción y decoración de ambientes. Casa (2012)

2.6. Tipos de bambú más comunes en Ecuador

La caña Guadua está constituida por uno de los géneros más importantes del bambú, nativa de América latina, específicamente del corredor de los andes, formada por unas 30 especies entre las cuales destaca, la angustifolia Kunth por sus propiedades extraordinarias físico mecánica, gracias a esto siendo una de las más importantes. Es de color verde cuando se seca y de color amarilla cuando se corta, es de característica liviana y a su vez elástica, pero muestra una relación de peso-fuerza mayor que el acero siendo este, uno de los materiales más flexibles, Igualmente posee una gran consistencia a la compresión y también una gran firmeza a la tracción, tarda de 3 a 5 años en conseguir la madurez siendo uno de los materiales de construcción más baratos.

Tabla 1 Tipos de bambú más Conocidos

Especie	Nombre común	Diámetro	Uso
Dendrocalamus asper	Bambú gigante	10-12 cm	Construcción
Guadua angustifolia	Caña guadua	8-10 cm	Construcción
Bambusa tunda	Bambú de la India sin espinas	5-8 cm	Muebles, pequeñas construcciones
Dendrocalamus oldhamii	Bambú del carpintero (Taiwán)	5-10 cm	Muebles, pequeñas construcciones
Phyllostachys aurea	Caña de pescar, bambú de oro	2-3 cm	Cubierta para paredes y tumbados
Phyllostachys bambusoides	Bambú Barriga de Buddha	8-10 cm	Fácil de dividir para tejer cestas

Fuente: Parque Bambú Ecuador, (2020)

2.7. Propiedades Mecánicas

Los estudios actuales han permitido determinar con precisión las propiedades físico-mecánicas de la guadua angustifolia Kunth (GAK), resaltando la importancia de conocer sus valores frente a esfuerzos como compresión, tracción y flexión. Estos análisis garantizan que el material cumpla con los estándares mínimos de resistencia necesarios para soportar diferentes tipos de cargas. Además, estas propiedades, que dependen en gran medida de la estructura interna del material, son fundamentales al momento de diseñar y construir con guadua, ya que su comportamiento puede ser medido y evaluado para asegurar su eficacia en aplicaciones arquitectónicas. Páez Cornejo y otros (2022)

Se elaborará un Cuadro de Propiedades Físico-Mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth (GAK) Basado en estudios técnicos y normativas internacionales, donde se resumen las características clave de este material estructural:

Tabla 2 Propiedades Físicas

Parámetro	Valor Promedio	Método de Ensayo
Densidad básica	0.65 - 0.75 g/cm ³	ASTM D2395
Contenido de humedad	12% - 15% (equilibrio)	NTC 5525 (Secado en horno)
Contracción radial	3.5% - 5.8%	ISO 4477
Contracción tangencial	6.2% - 8.5%	ISO 4477
Relación hueca/pared	0.85 - 1.20	Análisis tomográfico

Elaborado por: Bayas (2025)

Tabla 3 Propiedades Mecánicas

Propiedad	Valor (MPa)	Condiciones
Resistencia a compresión paralela	45 - 65 MPa	Edad 4-6 años, base del tallo
Resistencia a tracción	120 - 180 MPa	Fibras longitudinales
Módulo de elasticidad (E)	8,000 - 12,000 MPa	Carga estática
Resistencia al corte	6 - 9 MPa	Ensayo de torsión
Flexión estática (MOR)	70 - 95 MPa	Vano de 1.5 m

Elaborado por: Bayas (2025)

Cabe mencionar que existen Factores de Variación que hay que tomar en cuenta a la hora de realizar este ensayo, ejemplo;

Posición en el tallo:

Base: Mayor densidad (0.73 g/cm³) vs. ápice (0.62 g/cm³)

Resistencia a compresión disminuye un 15-20% hacia la parte superior

Edad de la caña:

Máxima resistencia mecánica entre 4-6 años

Reducción del 30% en módulo elástico después de 8 años

Tratamientos químicos:

El método Boucherie incrementa la durabilidad sin afectar resistencia.

2.8. Usos de la caña guadua en la construcción

Construcciones de Edificaciones. El bambú puede tener diversos trabajos y aplicaciones en la arquitectura, como tabiques, falsos techos, armarios, muebles, lámparas, puertas, ventanas, cortinas y elementos decorativos, además tiene las propiedades necesarias para elementos estructurales verticales de columnas.

Una de las propiedades más interesantes de la guadua es la firmeza a la tensión de las fibras, y en cotejo con la madera tiene una gran ventaja porque tiene fibras en toda la planta que hacen que los diversos elementos sean fuertes, como la resistencia al fuego. La caña de guadua puede considerarse la única alternativa a la madera y se considera aún mejor en términos de calidad, elegancia y durabilidad. Rivadeneira (2019)

2.8.1. Arquitectura tradicional

La guadua, un tipo de caña, es empleada en la construcción de casas, puentes y diversas edificaciones tradicionales en las zonas rurales de Ecuador. Su atractivo natural y su flexibilidad para adaptarse a distintos diseños arquitectónicos la posicionan como un material muy práctico y funcional.

Ilustración 6 Construcción con caña guadua



Fuente: Rivadeneira (2011)

2.8.2. Arquitectura contemporánea

En el ámbito de la arquitectura moderna, la guadua se utiliza en proyectos innovadores que buscan combinar la tradición con propuestas creativas. Su capacidad para dar forma a estructuras livianas y ecológicas la convierte en una opción favorita entre los arquitectos que priorizan la sostenibilidad en sus diseños.

Ilustración 7 Estructura liviana Arquitectura contemporánea



Fuente: Rivadeneira (2011)

2.9. Ventajas y desventajas de la caña guadua como material constructivo.

2.9.1. Ventajas

La guadua es un material renovable, biodegradable y respetuoso con el medio ambiente. Su precio es considerablemente más accesible en comparación con otros materiales de construcción, lo que la hace una alternativa económica y sostenible.

2.9.2. Desventajas

A pesar de su durabilidad, la guadua necesita ser tratada correctamente para prevenir daños ocasionados por la humedad y plagas. Además, su calidad y resistencia pueden variar según su procedencia y las condiciones de cultivo.

2.9.3. Ventajas ambientales de la Guadua

La guadua es un recurso natural con un impacto ambiental significativo, ya que contribuye a la conservación del suelo, previene la erosión, regula el flujo de agua en ríos y arroyos, aporta materia orgánica al ecosistema y actúa como un eficiente sumidero de dióxido de carbono (CO₂). Su rápido crecimiento, tanto en la superficie como bajo tierra, gracias a una red de rizomas que se desarrolla en las capas superficiales del suelo (entre 20 y 50 centímetros de profundidad), le permite adaptarse y estabilizar áreas degradadas o inestables. Esto la convierte en una herramienta clave para la recuperación ambiental y la protección de suelos vulnerables.

Además, la guadua es altamente eficiente en la captura de CO₂, transformándolo en oxígeno en niveles que superan en un 35% a los árboles tradicionales. Este proceso la posiciona como un elemento esencial en la mejora de la calidad del aire y en el mantenimiento de un ecosistema saludable. Estudios recientes han demostrado que, durante los primeros siete años de crecimiento de nuevas plantaciones de guadua, esta puede fijar hasta 550 toneladas métricas de CO₂ por hectárea. Este hallazgo es crucial, ya que abre la posibilidad de integrar la guadua en sistemas internacionales de comercio de derechos de emisión de carbono, generando beneficios adicionales tanto para los agricultores como para los inversionistas que apuestan por su cultivo. Además, su

producción es sostenible y no genera emisiones contaminantes, lo que refuerza su papel como un recurso ambientalmente responsable.

2.10. Poliestireno Expandido (EPS)

El poliestireno expandido, conocido por sus siglas en inglés como Expanded PolyStyrene (EPS), es un material plástico rígido y de estructura celular. Se obtiene mediante el moldeo de pequeñas perlas preexpandidas de poliestireno expandible o de alguno de sus copolímeros. Su estructura se caracteriza por estar compuesta de celdas cerradas llenas de aire. Textos científicos (2005)

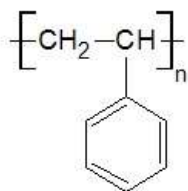
Ilustración 8 Planchas de poliestireno



Fuente: Textos científicos (2005)

Este material es comúnmente identificado con otros nombres, como Espumafon o Espuma Flex, dependiendo del contexto o la región.

Ilustración 9 Fórmula Química: C₈H₈



Fuente: Textos científicos (2005)

2.11. Antecedentes

El estireno, un líquido incoloro, fue aislado por primera vez en 1831 a partir de la corteza de un árbol. Actualmente, se obtiene principalmente del petróleo. En la década de 1930, el poliestireno fue sintetizado por primera vez a nivel industrial. Más tarde, hacia finales de los años 50, la empresa alemana BASF, liderada por el Dr. F. Stastny, desarrolló un nuevo material: el poliestireno expandible, comercializado bajo la marca Styropor. Ese mismo año, este material fue utilizado como aislante en un edificio dentro de la planta donde se realizó el descubrimiento. Pasados 45 años, un equipo de técnicos y escribanos europeos retiró una parte del material utilizado en esa construcción para someterlo a pruebas rigurosas. Los resultados demostraron que, a pesar del tiempo, el poliestireno expandido mantenía intactas todas sus propiedades, evidenciando su durabilidad y resistencia.

2.12. Propiedades y características del Poliestireno Expandido (EPS)

Densidad

El EPS se caracteriza por ser extremadamente ligero, pero al mismo tiempo resistente. Dependiendo de su aplicación, las densidades de este material oscilan entre los 10 kg/m³ y los 35 kg/m³.

Color

El poliestireno expandido tiene un color blanco natural, resultado de la refracción de la luz en su estructura celular.

Resistencia mecánica

Las propiedades mecánicas del EPS están directamente relacionadas con su densidad. A mayor densidad aparente, mayor será su capacidad de resistencia a esfuerzos mecánicos, como lo demuestran diversos estudios y gráficos realizados sobre este material.

Aislamiento térmico

Una de las principales ventajas del EPS es su excelente capacidad de aislamiento térmico, lo que lo convierte en un material ideal para aplicaciones como cerramientos de edificios o embalajes de alimentos frescos y perecederos, como las cajas para pescado.

Esta capacidad aislante se debe a su estructura celular, compuesta en un 98% por aire atrapado y solo un 2% por poliestireno sólido. El aire en reposo actúa como un excelente aislante térmico, lo que explica la eficiencia del EPS en este aspecto. El nivel de aislamiento térmico de un material se mide por su coeficiente de conductividad térmica, el cual en el caso del EPS varía según su densidad aparente, al igual que sus propiedades mecánicas.

2.13. Comportamiento del Poliestireno Expandido (EPS) frente al agua y vapor de agua

A diferencia de otros materiales utilizados en aislamiento y embalaje, el EPS no es higroscópico, lo que significa que no absorbe humedad del ambiente. Incluso cuando se sumerge completamente en agua, su nivel de absorción es muy bajo, con valores que oscilan entre el 1% y el 3% de su volumen tras un ensayo de inmersión de 28 días. Sin embargo, aunque el agua líquida apenas penetra en su estructura, el vapor de agua sí puede difundirse a través de las celdas del material cuando existe un gradiente de presión y temperatura entre ambos lados del EPS.

Estabilidad dimensional del EPS

Como ocurre con cualquier material, los productos de EPS experimentan ligeras variaciones en sus dimensiones debido a los cambios térmicos. Estas variaciones se miden mediante el coeficiente de dilatación térmica, que en el caso del EPS es independiente de su densidad y tiene un rango de $5-7 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. Esto equivale a una expansión de entre 0,05 y 0,07 mm por metro de longitud por cada grado Kelvin.

Estabilidad del EPS frente a la temperatura

Además de los cambios dimensionales mencionados, el EPS puede sufrir alteraciones debido a la acción térmica. Este material es seguro para su uso en un amplio rango de temperaturas. En el extremo inferior, no existen limitaciones significativas salvo las contracciones dimensionales por frío extremo. En el extremo superior, el EPS puede soportar temperaturas de hasta 100 °C durante periodos cortos y hasta 80 °C en exposiciones prolongadas bajo una carga de 20 kPa, sin que sus propiedades se vean afectadas.

Comportamiento del EPS frente a factores atmosféricos

Entre los factores ambientales, la radiación ultravioleta (UV) es el más relevante para el EPS. Una exposición prolongada a la luz UV provoca que la superficie del material adquiera un tono amarillento y se vuelva más frágil, lo que facilita su erosión por la acción del viento y la lluvia. No obstante, este deterioro puede prevenirse fácilmente mediante el uso de pinturas, recubrimientos o revestimientos protectores en aplicaciones de construcción. Textos científicos (2005)

2.14. Mortero

El mortero es un material esencial en la construcción, empleado para unir materiales, alisar superficies y fortalecer estructuras. Se utiliza en proyectos como edificios, puentes y carreteras debido a sus propiedades adhesivas y de resistencia. Gonzalez (2018)

2.15. Antecedentes

Se remonta a la antigüedad, cuando se usaban mezclas de arena y cemento para unir piedras y ladrillos. Con el paso del tiempo, el mortero ha incorporado nuevos materiales y métodos, lo que ha permitido la creación de estructuras más sólidas y seguras.

2.16. Tipos de mortero

De acuerdo con su proceso de endurecimiento, los morteros se clasifican en dos tipos principales:

- **Morteros aéreos**

Estos morteros se solidifican al estar expuestos al aire, ya que pierden agua por evaporación y su fraguado ocurre de manera lenta mediante un proceso conocido como carbonatación.

- **Morteros hidráulicos o acuáticos**

Este tipo de mortero tiene la capacidad de endurecer incluso bajo el agua, gracias a su composición, que les permite alcanzar resistencias iniciales relativamente elevadas. Gutiérrez de López (2003)

Además, su clasificación también puede depender de los materiales que los conforman.

- **Morteros calcáreos**

Estos morteros utilizan la cal como aglomerante principal y se clasifican según el tipo de cal utilizada

- **Aéreos**

Endurecen al contacto con el aire. Las variedades más comunes son la cal blanca y la cal gris (dolomítica). En este tipo de morteros, la arena tiene como propósito principal reducir las grietas que podrían formarse debido a la contracción del mortero al perder agua. Se recomienda que la arena tenga partículas angulares y esté libre de materia orgánica.

2.16.1. Proporciones de mezcla:

- Para revoques: 1 parte de cemento por 2 partes de arena.
- Para mampostería simple: 1:3 o 1:4.
- Un exceso de arena reduce la ductilidad y la trabajabilidad del mortero.

Morteros de yeso

Se elaboran mezclando yeso hidratado con agua, y la proporción de agua varía según el grado de cocción, calidad y finura del yeso:

- 50% de agua para trabajos comunes.
- 60% para estucos.
- 70% para moldes.

El mortero debe prepararse en el momento en que se va a utilizar, ya que comienza a fraguar en aproximadamente cinco minutos y completa el proceso en unos quince minutos.

Morteros de cal y cemento

Son ideales cuando se requiere una mezcla con buena trabajabilidad, alta retención de agua y mayor resistencia que los morteros de cal pura. En estos morteros, una parte del cemento se reemplaza por cal, por lo que también se les conoce como Morteros de Cemento Rebajado.

Proporciones comunes:

- 1:2:6 o 1:2:10 (cemento, cal y arena).
- La cantidad de agua necesaria depende de la composición y la consistencia deseada.

2.16.2. Características según los materiales

Alto contenido de cemento: Mayor resistencia, menor tiempo entre amasado y colocación, menor trabajabilidad y mayor contracción en seco.

Alto contenido de cal: Menor resistencia, mayor tiempo entre amasado y colocación, mayor plasticidad y permeabilidad, pero mayor retracción.

Alto contenido de arena: Baja resistencia, menor trabajabilidad, pero poca contracción.

Es fundamental ajustar las proporciones a las necesidades específicas de la obra.

Morteros de cemento: Se componen de cemento Portland y arena, destacándose por su alta resistencia. Este tipo de mortero es hidráulico y debe ser preparado y colocado rápidamente para evitar pérdidas en su calidad.

2.17. Proceso de preparación:

- Primero se mezclan el cemento y la arena.
- Luego se añade el agua.

Factores importantes:

- Las características de la arena (granulometría, forma, textura y contenido de materia orgánica) influyen directamente en la calidad del mortero.
- En algunos casos, se utiliza arena con pequeñas cantidades de limo o arcilla para mejorar la trabajabilidad, aunque esto reduce la resistencia del mortero.

Consideraciones según la proporción de cemento:

- **Bajo contenido de cemento:** Mezcla áspera y poco trabajable, ya que no hay suficiente pasta de cemento para lubricar las partículas de arena.
- **Alto contenido de cemento:** Mezcla muy resistente, pero con alta retracción durante el secado, lo que la hace susceptible a grietas. Este tipo de mortero se utiliza principalmente en obras de ingeniería que requieren alta resistencia, como muros de contención o cimientos.

2.18. Usos de Mortero

El mortero es un material esencial en la construcción, utilizado para diversas aplicaciones dependiendo de sus características y funciones. Estos son los principales usos del mortero:

2.18.1. Función estructural

El mortero puede cumplir un rol estructural, siendo empleado en la construcción de elementos que soportan cargas. Dentro de esta categoría se encuentran:

Mortero de pega:

- Se utiliza para unir piezas en la mampostería estructural (como ladrillos o bloques).
- Debe tener propiedades especiales, como alta resistencia a tensiones y compresiones, ya que está sometido a las exigencias del sistema constructivo.
- Es clave para garantizar la estabilidad y durabilidad de las estructuras.

Mortero de relleno:

- Se emplea para llenar las celdas de los bloques de mampostería estructural.
- Al igual que el mortero de pega, requiere una resistencia adecuada para soportar las cargas estructurales.

2.18.2. Función no estructural

En este caso, el mortero no soporta cargas, sino que se usa principalmente como recubrimiento. Este tipo de mortero se aplica en:

Mortero de recubrimiento:

- Su función principal es estética y de acabado, proporcionando una superficie uniforme y lista para la pintura o decoración.
- No necesita una resistencia específica, pero la plasticidad es una característica fundamental para facilitar su aplicación y lograr un buen acabado.
- Se utiliza en revestimientos, repellos o revoques.

- En resumen, los morteros pueden ser diseñados y utilizados según las necesidades específicas del proyecto, ya sea para funciones estructurales (pega y relleno) o no estructurales (recubrimiento). Gutiérrez de López (2003)

2.19. Modelos análogos.

2.20. Modelo 1

Panel prefabricado de guadua-acero-mortero micro vibrado con ceniza de cáscara de arroz para vivienda de interés social.

Materiales

Paneles de madera: caña abierta de Guadua (*angustifolia* Kunth)

Mortero con CCA micro vibrado

Malla de acero electrosoldado

Cáscara de arroz

2.20.1. Metodología

Este estudio se enfoca en un sistema constructivo alternativo para Vivienda de Interés Social (VIS), que utiliza paneles de caña Guadua y un mortero de CCA micro vibrado reforzado con malla de acero. Se busca que los materiales sean accesibles, que la tecnología sea fácil de difundir y que se optimice el uso de recursos, reduciendo el peso de los elementos y minimizando el trabajo en el lugar de construcción. Se priorizan materiales de la arquitectura vernácula de Guayaquil, como la caña Guadua, que son populares por sus buenas propiedades. Al revisar modelos similares, se encontraron oportunidades de mejora en el diseño y la producción del modelo MACAHO de la FHC. Este modelo utiliza un armazón de madera para unir las esterillas de caña y aplicar el mortero. El mortero tiene un grosor de 2 cm en el taller y se añade una capa final de 3 cm en obra. Se observó que el panel más grande, que pesa 114.67 kg, puede ser aligerado junto con los demás paneles. Almeida et al. (2019)

2.20.2. Proceso- fabricación del panel

- En la primera etapa, las fibras de caña de bambú se colocan horizontalmente, con los nudos en vertical. Esta disposición optimiza el ensamblaje, evitando desperdicios y ubicando los nudos en áreas de mayor complejidad estructural, lo que rigidiza el panel. Se forma un machihembrado alternado de alas de 20 cm de ancho y 35 cm de altura, brindando continuidad y rigidez a los paneles. La esterilla de Guadua tiene un espesor de aproximadamente 2 cm.
- Se ha utilizado alambre de amarre calibre 18 (1.25 mm de diámetro), fabricado según las normas NTE-INEN 2480. Este alambre asegura una malla electrosoldada R-158 de acero de 5.5 mm de diámetro, con separación de 20 cm entre aceros. La malla mejora la adherencia entre el mortero y la esterilla, previene fisuras y absorbe esfuerzos de tracción (Pruebas previas con morteros sin refuerzos y con mallas de menor calibre (1.65 mm-1.24 mm) no dieron buenos resultados.
- El siguiente paso consiste en instalar un marco perimetral de acero, que evitará la pérdida de mortero por los bordes y proporcionará un acabado recto en las aristas del mortero.
- Se aplica mortero con CCA, micro vibrado. La mezcla es 2:2:1 con una relación agua/cemento de 0.50, superando el 75% del peso del cemento para reducir costos y porosidad. Esto mejora la densidad y protege el acero. La capa de mortero es de 2 cm, resultando en un total de 4 cm. Se debe evitar el sol para conservar la humedad.
- Una vez endurecidos, los paneles se trasladan al sitio, donde se colocarán sobre un zócalo de adoquines o bloques para proteger la caña de la humedad antes del montaje.

Ilustración 10 Ensamblado de panel



Nota: Armado de Mesa vibratoria para ensamblar panel

Fuente: Almeida et al. (2019)

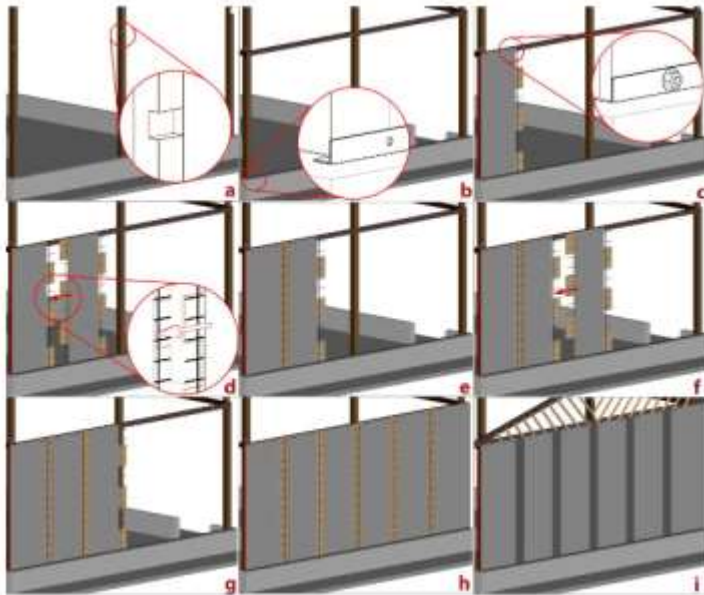
2.20.3. Resultado

La propuesta arquitectónica presenta dimensiones de 5.10m x 5.10m, con una cubierta a dos aguas y alturas que oscilan entre 2.45m y 2.46m. Se utilizará un contrapiso/solera común, y el zócalo se elevará a 35 cm. Las 9 columnas cuadradas de 10 cm de lado se fijarán al zócalo, siguiendo el modelo MACAHO. El modelo tridimensional, ilustra los elementos constructivos, incluyendo la esterilla de caña, columnas de madera y celosías para ventilación, así como el mortero prefabricado con CCA y el zócalo de hormigón.

El proceso de montaje, comienza con el contrapiso y zócalo, seguido del anclaje de las columnas de madera. Los paneles se fijan a listones de madera, asegurando su alineación mediante un perfil angular de acero. La vivienda consta de 27 paneles en 6 tipologías, con los más grandes de 0.95m x 2.10m y 1.05m x 2.10m, y los más pequeños de 1.05m x 0.35m y 1.05m x 0.70m. Se emplearán varillas de acero corrugado para

reforzar las uniones, y se optó por sumar los volúmenes de materiales para facilitar el análisis comparativo, considerando que cada ala del machihembrado mide 35 cm de alto y 20 cm de ancho.

Ilustración 11 3D modelado de paneles



Nota: Armado de paneles diferentes piezas

Fuente: Almeida et al. (2019)

2.21. Modelo 2

Construcción Sostenible A Partir De Paneles Prefabricados De Caña Guadua Y Poliuretano.

2.21.1. Metodología

La metodología empleada para preparar la caña guadua fue el método Boucherie, desarrollado por el Dr. M. Auguste Boucherie y patentado en Francia en 1838, destinado a la preservación de maderas. Este proceso implica la penetración de sulfato de cobre u otro preservante a través del extremo de la caña mediante presión hidrostática, lo que desplaza la savia de su lugar. Este tratamiento es adecuado para la albura de madera en estado verde y recién cortada. Además, el método Boucherie se puede utilizar para

extraer la savia de la caña de bambú, perforando la caña e introduciendo ácido bórico y bórax a presión para eliminar la savia.

En cuanto a las dimensiones de los paneles en aplicaciones prácticas, estas pueden variar, siendo los más frecuentes 60 cm x 1.20 m y 1.20 m x 2.40 m. También es viable ensamblar los paneles en el sitio, lo que representa una opción más eficiente al optimizar el uso de recursos. Para este proyecto, se eligieron dimensiones de 20 cm x 70 cm, tomando en cuenta el equipo disponible en el laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Central del Ecuador, lo que facilitará las pruebas de los paneles. Así, la caña guadua fue cortada a 20 cm para ajustarse al marco de madera correspondiente, que tiene las medidas mencionadas: 20 cm x 70 cm. Erreyes y Gomez (2015)

2.21.2. Procedimiento para el armado y revestimiento del panel

1. Corte de caña según los parámetros establecidos, teniendo en cuenta la luna menguante.
2. Curado de la caña a través de su inmersión en una mezcla de ácido bórico y bórax
3. Construcción del marco estructural de madera con secciones de 3 cm x 3 cm y 20 cm x 70 cm. Es importante destacar que estas dimensiones del panel se establecen para facilitar las pruebas en el laboratorio.
4. Cortar la caña guadua que ha sido curada previamente, de manera que se ajuste al marco estructural de madera de 20 cm x 70 cm
5. Se coloca la caña guadua en el marco de madera utilizando clavos de media pulgada, comenzando por fijar una de las caras del panel.
6. Se coloca espuma de poliuretano en el interior del panel. Luego, se fija la caña guadua en el lado opuesto del panel utilizando el mismo método, asegurando así que el panel quede completamente cerrado.
7. Se instala una malla fina que cubre todo el panel para mejorar la adherencia entre el panel y el mortero que se aplicará posteriormente.

8. Elaboración del mortero con una proporción de 1:2.5. Se aplica una capa de mortero al panel para mejorar su apariencia estética y ofrecer una protección adicional contra factores externos como agua, hongos y plagas. Además, se realiza el curado de los paneles de caña guadua.

Ilustración 12 Armado Panel



Fuente: Erreyes y Gomez (2015)

Ilustración 13 Armado de panel terminado



Fuente: Erreyes y Gomez (2015)

2.22. Modelo 3

Muro panel térmico estructural compuesto en guadua y cartón Modelo experimental aplicado al clima de la zona cafetera.

Materiales

- Se utilizan virutas o astillas de fibra de guadua como subproducto de la fabricación de tablillas, canoas, esterillas y otros cortes que se comercializan en el sector de la construcción.
- El adhesivo empleado para la fabricación de los tableros es la urea formaldehído.
- Para el aislamiento, se utiliza una triple lámina de cartón panel, con un grosor de 31 mm cada una.
- Además, se aplica el adhesivo Carpincol 2500 de Pegatex para unir las tres capas del panel.
- Por último, se utiliza un barniz transparente a base de uretano.

2.22.1. Procedimiento

1. El proceso se lleva a cabo siguiendo las directrices actuales de los fabricantes, con la única variación de sustituir la viruta de pino y abeto por viruta de guadua.
2. Se selecciona la materia prima de guadua en forma de hojuela o viruta, con un espesor de entre 0,6 y 1,2 mm y dimensiones de 10 a 20 mm de ancho por 15 a 30 mm de largo, adecuada para la fabricación de tableros OSB. Esta materia prima se seca hasta alcanzar un contenido de humedad del 5% utilizando un horno de convección.
3. Luego, se procede al encolado de las partículas con resina de urea-formaldehído, cuyas especificaciones incluyen una densidad de 1270 kg/m³ y un contenido de sólidos del 65%. Se forma el tablero en capas y se introduce en una prensa de un solo piso a una temperatura de 210 °C, aplicando una presión de 42 kg/cm² durante 4 minutos.

4. Finalmente, se realizan ensayos físico-mecánicos en una máquina universal para medir las propiedades de enlace interno, así como los módulos de elasticidad y de rotura.

Ilustración 14 Panel térmico



Fuente: Cajiao (2018)

2.22.2. Simulación térmica

En el análisis térmico, se identificaron temperaturas exteriores promedio de 15,8 °C, con un incremento de 1,92 °C en las temperaturas mínimas y una disminución de 2,85 °C en las máximas promedio. Esto se debe principalmente al eficiente aislamiento térmico proporcionado por el vacío generado entre las celdas del sistema de panal de abejas fabricado en cartón reciclado. Este comportamiento térmico contribuye significativamente al control interno de la temperatura, siendo un aspecto clave para garantizar el confort habitacional dentro de la edificación.

2.22.3. Simulación acústica

En cuanto al comportamiento acústico, los resultados indican niveles de aislamiento constantes en el panel, manteniéndose dentro de los 40 decibeles permitidos, según las frecuencias de ruido entre 50 y 250 Hz. Para niveles de ruido en el rango de 55 a 65 decibeles, el aislamiento logra cubrir frecuencias de hasta 1.750 Hz,

permaneciendo dentro de los límites aceptables. Aunque los valores obtenidos no presentan diferencias significativas con respecto a los modelos de referencia, el sistema muestra una mayor capacidad de absorción acústica, manteniéndose dentro de los promedios de tolerancia auditiva. Cajiao (2018)

2.23. Análisis comparativos con modelos análogos

Tabla 4 Análisis Estructural

Aspecto	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Materialidad	Caña Guadua, mortero con ceniza de cáscara de arroz (CCA), malla de acero electrosoldado.	Caña Guadua tratada, espuma de poliuretano, marco de madera, mortero.	Virutas de Guadua, resina de urea-formaldehído, cartón panal, adhesivo 2500, barniz.
Rigidez	Diseño machihembrado y malla de acero mejoran la rigidez y resistencia estructural.	La espuma de poliuretano contribuye a la rigidez y capacidad de carga del panel.	Las virutas de Guadua y el cartón panal aportan rigidez al panel, con buen comportamiento mecánico.
Peso y manejo	Paneles pesados (114.67 kg para los más grandes).	Ligero y fácil de transportar gracias al núcleo de poliuretano.	Paneles de peso moderado, optimizados para transporte y montaje rápido.

Elaborado por: Bayas (2025)

Tabla 5 Análisis Funcional

Aspecto	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Uso	Vivienda de Interés Social (VIS), con enfoque en economía y simplicidad constructiva.	Vivienda sostenible adaptable a diferentes aplicaciones.	Vivienda sostenible en climas cálidos y húmedos, como la zona cafetera.
Montaje	Prefabricación y ensamblaje sencillo en obra, con fijación en zócalos de hormigón.	Ensamblaje en sitio, optimizando recursos y tiempo.	Prefabricación completa de los paneles para instalación rápida en obra.
Durabilidad	Protección contra humedad mediante zócalos elevados y mortero CCA.	Tratamiento químico de la caña para resistencia a plagas y hongos.	Resistencia térmica y acústica, con protección mediante barniz y adhesivos.

Elaborado por: Bayas (2025)

Tabla 6 Análisis Formal

Aspecto	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Dimensiones	Paneles de varios tamaños (0.95 m x 2.10 m a 1.05 m x 0.35 m).	Paneles estándar de 20 cm x 70 cm, adaptables a mayor tamaño en proyectos reales.	Paneles con grosor optimizado (31 mm por capa de cartón panel).
Estética	Combinación de caña Guadua y mortero, con ventilación mediante celosías.	Superficie uniforme gracias al mortero, con apariencia funcional.	Textura natural de las virutas de Guadua, con acabado orgánico y cálido.

Elaborado por: Bayas (2025)

Tabla 7 Análisis Ambiental

Aspecto	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Sostenibilidad	Uso de materiales locales (Guadua, ceniza de cáscara de arroz) reduce impacto ambiental.	Uso de caña Guadua renovable, pero el poliuretano tiene impacto petroquímico.	Subproductos reciclados (virutas de Guadua, cartón) fomentan la economía circular.
Aislamiento térmico	Aislamiento moderado, no detallado en el análisis.	Espuma de poliuretano mejora significativamente el aislamiento térmico.	Triple capa de cartón panal ofrece excelente aislamiento térmico.
Impacto químico	Protección del acero con mortero CCA, sin compuestos químicos peligrosos.	Uso de ácido bórico y bórax requiere manejo cuidadoso para evitar contaminación.	Resina de urea-formaldehído puede liberar compuestos orgánicos volátiles (COV).

Elaborado por: Bayas (2025)

2.24. Marco Legal

Basado en la NEC-SE-GUADÚA (Norma Ecuatoriana de la Construcción - Estructuras de Guadúa) y documentos complementarios

1. Artículo 4.1.3 - Selección y clasificación del guadúa

Capítulo 4: Materiales y especificaciones técnicas

A: Diámetro mínimo de 9 cm en la base para elementos estructurales principales

C: Prohibición de uso de cañas con más de 3 nudos fracturados por metro lineal

2. Artículo 5.2.1 - Tratamientos preservativos

Capítulo 5: Procesos de inmunización

D: Método Boucherie modificado con solución de ácido bórico al 5% como estándar obligatorio

F: Penetración mínima de 8 mm en pruebas de penetrómetro para garantizar durabilidad.

3. Artículo 6.3.4 - Diseño de uniones metálicas

Capítulo 6: Diseño estructural

B: Uso de pernos DIN 933 M10 en conexiones críticas con torque de apriete de 45 N·m.

E: Refuerzo diagonal obligatorio en paneles para zonas sísmicas de categoría 2B o superior

4. Artículo 7.1.2 - Control de calidad en fabricación

Capítulo 7: Control y certificación

A: Muestreo de 1 panel cada 50 unidades para ensayos de compresión axial (carga mínima 12 kN/m²)

C: Humedad máxima permitida del 15% al momento de la instalación.

La Ley Orgánica de Vivienda de Interés Social

tiene como propósito principal garantizar el acceso a una vivienda digna para todos los ciudadanos, especialmente aquellos en situación de vulnerabilidad o con recursos económicos limitados. Esta normativa establece un marco legal que promueve

la construcción, adquisición y mejoramiento de viviendas de interés social, fomentando la equidad y la inclusión social en el ámbito habitacional.

1. Derecho a la Vivienda Digna

Reconoce la vivienda como un derecho fundamental, en concordancia con los principios de la Constitución ecuatoriana, asegurando que las políticas públicas estén orientadas a satisfacer esta necesidad básica.

2. Definición de Vivienda de Interés Social

Se considera como vivienda de interés social aquella que está destinada a personas o familias con ingresos bajos, diseñada para brindar condiciones adecuadas de habitabilidad, seguridad y acceso a servicios básicos.

3. Participación del Estado

El Estado desempeña un rol central en la planificación, promoción y ejecución de programas habitacionales, mediante la asignación de recursos, subsidios y financiamiento accesible. Además, regula y supervisa a los actores involucrados en el sector de la vivienda.

4. Fomento de la Inclusión Social

La ley prioriza el acceso a la vivienda para grupos vulnerables, como mujeres jefas de hogar, personas con discapacidad, adultos mayores y comunidades indígenas o campesinas, garantizando su participación en los programas de vivienda.

5. Incentivos para la Construcción

Se establecen beneficios y estímulos para las empresas constructoras y promotores inmobiliarios que desarrollen proyectos de interés social, tales como exenciones tributarias, facilidades administrativas y acceso a financiamiento preferencial.

6. Financiamiento y Subsidios

La normativa incluye mecanismos de financiamiento accesibles, a través de créditos hipotecarios con tasas de interés reducidas, así como subsidios directos para facilitar la adquisición de viviendas por parte de las familias de bajos ingresos.

7. Ordenamiento Territorial y Uso del Suelo

Promueve un desarrollo urbano planificado y sostenible, asegurando que las viviendas de interés social se ubiquen en zonas con acceso a transporte, servicios básicos, educación y salud, evitando la segregación urbana.

8. Control y Fiscalización

Se establecen mecanismos de supervisión para garantizar que los proyectos habitacionales cumplan con los estándares de calidad, sostenibilidad y accesibilidad establecidos por la ley.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de la investigación

Con base en la información alcanzada de la descripción detallada de la Caña Guadua Angustifolia, se concluyó que el planteamiento del proyecto contó con un método deductivo. En el estudio se compilaron una serie de información pertinente al tema, y con ello el análisis mismo que permitió concluir que es adecuado para el diseño de panel prefabricado con el objetivo de validar el proceso logrado durante la producción y los experimentos.

3.2. Alcance de la investigación

Para el actual proyecto de diseño del panel prefabricado con caña guadua angustifolia (GAK) para la construcción de viviendas de interés social, se estimó que el tipo de investigación empleada es de representación experimental misma que expone su efectividad al ser utilizado en la construcción. Por lo consiguiente, a través de pruebas de laboratorio pertinentes, creamos varias muestras para demostrar que las cañas se pueden adaptar y unir para producir un nuevo material.

3.3. Técnica e instrumentos de la investigación

El presente proyecto pretende investigar a través de ensayos de laboratorio, comprobar la respuesta de los prototipos a los parámetros mínimos y propiedades que les obliguen a soportar cargas máximas durante la flexión y compresión, de forma que este nuevo material pase a formar parte de la estructura. A su vez, los informes obtenidos mediante herramientas matemáticas serán analizados para encontrar medidas adecuadas que cumplan con los requisitos de calidad del panel prefabricado con caña guadua angustifolia.

3.4. Población y muestra

Etapas de crecimiento de la mancha urbana Guayaquil, año 1995 – 2021, La aparición de los primeros asentamientos informales en la zona de estudio acaparando ilegalmente el uso de suelo llegando a ocasionar condiciones irregulares, provocando esto una afectación en la trama urbana hasta llegar a ocupar la totalidad del uso de suelo siendo su característica más predominante el área residencial subdividiéndose en 38 cooperativas cercanas, Monte Sinaí, Voluntad de Dios, Realidad de Dios, Valle Hermoso etc.

Según el censo 2010 la Provincia de Guayas cuantifica un numero de 3.645.485 con un porcentaje de 25,2% del porcentaje valido de un 100%. En el sector de Monte Sinaí escogido para el presente trabajo por ser un lugar carente de viviendas, ubicado en el noroeste de Guayaquil, a lo largo de la vía Perimetral, residen más de 30.000 familias distribuidas en un área de 9.325 hectáreas. Este territorio tiene su origen en asentamientos informales y enfrenta múltiples desafíos asociados a la pobreza. Entre las principales carencias está la falta de acceso completo a servicios básicos.

Ilustración 15 Viviendas en Monte Sinaí



Elaborado por: Bayas (2025)

Es preciso señalar que la muestra es un distintivo que se caracteriza por demostrar los resultados de la tesis. Cabe remarcar que es un método para probar el procedimiento o pertenencia de una cantidad que dependió directamente del estudio y las problemáticas de la investigación, metodología y diseño. Para obtener el objetivo del proyecto se tomó en cuenta la elaboración de diferentes paneles o prototipos, alternando diferentes dosificaciones descritas en las tablas de combinaciones de ejemplares, materiales que usamos: (espuma de poliuretano, cemento, arena, tabla de encofrado, caña guadua y panel de poliestireno), utilizando una parihuela de molde para elaboración de modelos de dimensiones; 100cm de ancho por 50cm de alto x 20cm de profundidad.

CAPITULO IV

PROPUESTA O INFORME

4.1. Presentación, análisis y resultados

Para lograr el objetivo de obtener el panel prefabricado con caña guadua elaboramos varios prototipos de muestras con diferentes combinaciones o dosificaciones en base a un porcentaje de área total del Panel, tomando como referencia un panel de dimensiones (3.00mtx2.00mt) de escala natural (1/1), trabajando con un modelo a escala de reducción (1/3), para de esta manera obtener muestras necesarias para ensayos en el laboratorio. Se realizaron 3 modelos de muestras de los cuales se eligió 1, el mismo que obtuvo resultados favorables para los ensayos a flexión y compresión, las unidades que no pasaron las pruebas son debido a la combinación de la caña guadua y de materiales no rigidizadores haciendo muy débil en los ensayos y muestras realizadas.

4.2. Propuesta

Se colocó una malla de caña guadua abierta o aplastada en el cien por ciento del área del panel prefabricado, adicionando u alternando diferentes materiales llegando a la obtención de la más óptima que está representada en el panel (Ensayo #3- PCYP-03), que describiremos a continuación.

Realizamos prototipos de mezclas híbridas entre poliestireno, fibra de caña, cemento y arena, obteniendo unos resultados muy favorables, esta combinación es la más adecuada para que trabaje con el hormigón, sin que se deteriore y tenga la resistencia deseada.

4.2.1. Herramientas y Materiales

Para elaborar este prototipo de Panel con los materiales mencionados y herramientas necesarias se realizó la compra en diferentes sectores de Guayaquil. A

continuación, la lista de materiales y herramientas usados para la obtención de prototipo de Panel prefabricado con caña Guadua para vivienda de interés social

- Panel de Poliestireno
- Caña guadua
- Arena
- Cemento
- Parihuela 100cm x 50cm x 20cm
- Bailejo
- Pala cuadrada
- Agua
- Cortadora de madera

4.2.2. Curado De Caña Guadua

Antes de iniciar el proceso constructivo usando como materia prima la Caña Guadua debe someterse a un proceso de inmunización y prevenir que sea atacada por insectos y mayor mente por hongos naturales del Bambú, la Caña se sumerge en una solución de sales de bórax y ácido bórico por la facilidad de acceso a estos químicos y sus costos, siendo este el método más usado sin debilitar sus propiedades físicas y preservando por más tiempo su vida útil, para la elaboración de dicha solución se toma una relación de 1Kg – 1Kg – 50Lt se deja sumergidas en un promedio de 4 a 6 días.

Ilustración 16 Curado de la guadua angustifolia



Elaborado por: Bayas (2025)

4.2.3. Proceso De Caña Abierta

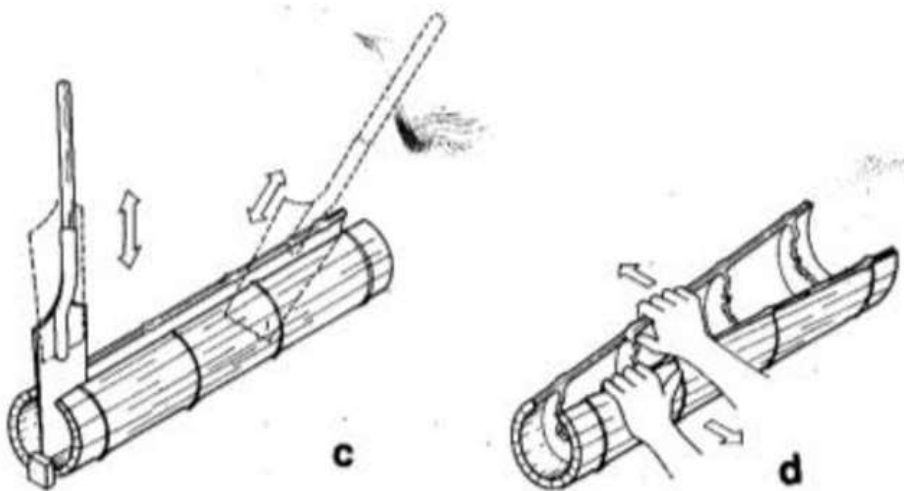
Terminado el proceso de curado de la caña guadua angustifolia se procede a realizar cortes en sentido longitudinal cortando los nudos interiores para la obtención de caña abierta, esterilla o caña plana y al abrir la caña se mantiene fusionada por su composición anatómica (fibras), se realizan cortes alrededor de la circunferencia con la finalidad de hacerla plana para la fabricación de paneles.

Ilustración 17 Obtención de esterilla



Elaborado por: Bayas (2025)

Ilustración 18 Proceso para la obtención de la esterilla

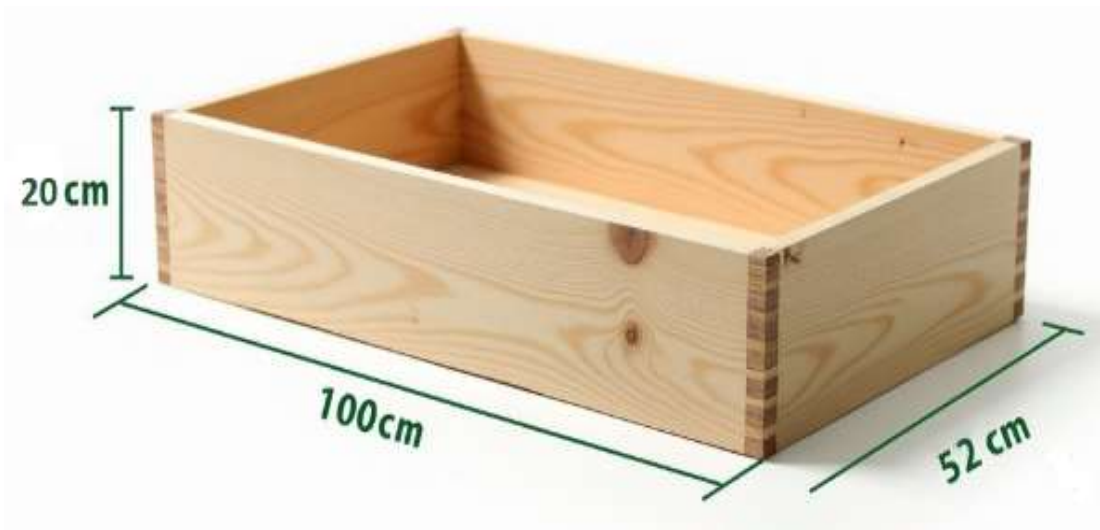


Fuente: Hidalgo (1981)

4.2.4. Elaboración de Paneles

Para la elaboración de paneles se tomó como marco tablas de encofrados con una altura de 4 metros y un espesor de 1 pulgada para recubrimiento del panel, se elaboró cortes a distancias de largo 100cm y de ancho 50cm para trabajar a una escala de reducción de (1/3).

Ilustración 19 Encofrado



Elaborado por: Bayas (2025)

Se inicia el corte de las cañas abierta a una distancia de 100 cm para iniciar el proceso de elaboración de paneles con materiales antes mencionados, se utilizó máquina de cortar madera (SKIL-SAW) para dar un mejor acabado en las aristas, se fijaron tirillas de caña para rigidizar el material de esta forma sea maleable.

Ilustración 20 Proceso de elaboración de paneles



Elaborado por: Bayas (2025)

Ilustración 21 Proceso de elaboración de paneles-2



Elaborado por: Bayas (2025)

4.3. Elaboración De Prototipos

4.3.1. PROTOTIPO - PCYP-01

Para la fabricación de nuestro primer prototipo Ensayo #1- PCYP-01 se realizaron las siguientes dosificaciones de materiales

Tabla 8 Ensayo #1- PCYP-01

Dosificación de materiales			
Materiales	Área	Cara	Tipo
Espuma Poliuretano	100%	una	amarillo claro
Fibra de Caña	100%	una	2 cm humedecida
Encofrado	100 x 50 cm		

Elaborado por: Bayas (2025)

Realizamos la elaboración en el encofrado de 100x50x20cm para la obtención de prototipo, insertamos la malla de calla angustifolia en posición ortogonal como menciona la NEC, se impregna aceite en las paredes para evitar adhesión de la espuma de poliuretano, se procede a limpiar con brocha partículas de polvo o residuos de caña

Ilustración 22 Proceso Ensayo #1- PCYP-01



Elaborado por: Bayas (2025)

Añadimos al panel, espuma de poliuretano en una cara, cubriendo un área total de la superficie, se cubre con funda plástica del panel Tomamos un tiempo de espera de 30 minutos para que la espuma cubra y se expanda dentro del encofrado, luego esperamos 1 día para que el prototipo se encuentre listo, realizado este tiempo de espera se encuentra preparado.

Ilustración 23 Proceso Ensayo #1- PCYP-01



Elaborado por: Bayas (2025)

Una vez que paso el tiempo de espera (1 días), se procede a observar que el prototipo PCYP-01 no tiene suficiente rigidez, provocando desprendimiento en sus aristas con solo presionar. Realizando una evaluación visual, llegando a la conclusión de prototipo no favorable.

Ilustración 24 Proceso Ensayo #1- PCYP-01



Elaborado por: Bayas (2025)

Ilustración 25 Proceso Ensayo #1- PCYP-01



Elaborado por: Bayas (2025)

4.3.2. PROTOTIPO - PCYP-02

Para la fabricación de nuestro segundo prototipo Ensayo #2- PCYP-02 se realizaron las siguientes dosificaciones de materiales

Tabla 9 Ensayo #2- PCYP-02

Dosificación de materiales			
Materiales	Área	Cara	Tipo
Cemento y arena	100%	ambas	mortero
Fibra de Caña	100%	una	2cm humedecida
Encofrado	100x50cm		

Elaborado por: Bayas (2025)

Se toma como molde, el cajón de 100cmX50cmX20cm, se inserta dentro del encofrado la caña abierta en posición horizontal, con una brocha y aceite se fija en las caras interiores del encofrado para evitar apego del mortero con las tablas.

Ilustración 26 Proceso Ensayo #2- PCYP-02



Elaborado por: Bayas (2025)

Después de observar los fallos del prototipo PCYP-01, se optó por cambiar otro tipo de materiales y la dosificación y tomo la decisión por adherir una mezcla de cemento y arena (mortero) y para mayor rigidez la colocación en ambas caras. Dosificación del hormigón (1:3) uno de cemento y tres de arena en proporciones iguales, obteniendo una resistencia de $f'c=280\text{kg/cm}^2$ en teoría.

Ilustración 27 Proceso Ensayo #2- PCYP-02



Elaborado por: Bayas (2025)

Se deja secar el hormigón adherido en ambas caras del panel de caña guadua, se procede a humedecer el prototipo para evitar fisuras en el hormigón dejando de 5 a 7 días hasta que el fragüe.

Pasado este tiempo se puede observar la rigidez y el color del panel prefabricado, obteniendo una muestra maciza, aprobada para el laboratorio de ensayo de materiales.

Ilustración 28 Proceso Ensayo #2- PCYP-02



Elaborado por: Bayas (2025)

4.3.3. PROTOTIPO - PCYP-03

Para la fabricación de nuestro tercer prototipo PCYP-03 se realizaron las siguientes dosificaciones de materiales.

Tabla 10 Ensayo #3- PCYP-03

Dosificación de materiales			
Materiales	Área	Cara	Tipo
Panel Poliestireno	100%	una	solido
Cemento y arena	100%	Ambas	mortero
Fibra de Caña	100%	ambas	2 cm humedecida
Encofrado	100x50cm		

Elaborado por: Bayas (2025)

Para la muestra prototipo PCYP-03 se utiliza el molde fabricado de dimensiones 100 x 50 x 20 cm, alternando en el interior del mismo, materiales y nuevas dosificaciones, creando un panel tipo sándwich, se vuelve a ubicar aceite en las paredes del molde para prevenir la unión de los materiales en su interior

Ilustración 29 Proceso Ensayo #3- PCYP-03



Elaborado por: Bayas (2025)

Se vierte una mezcla de mortero con una dosificación de 1 de cemento y 3 de arena con relación (1:3), para obtener una resistencia de 280kg/cm² en mortero.

Ilustración 30 Proceso Ensayo #3- PCYP-03



Elaborado por: Bayas (2025)

Sobre la capa de mortero ponemos el panel de caña en posición ortogonal (vertical), caña abierta y curada, se empuja la caña hasta quedar semi sumergida en la mezcla realizada

Ilustración 31 Proceso Ensayo #3- PCYP-03



Elaborado por: Bayas (2025)

Sobre el panel de caña angustifolia se pone el panel de poliestireno y se repite el proceso, una capa de malla de caña guadua, ortogonal, y arriba una capa de mortero con relación (1:3), obteniendo un panel tipo sándwich, una vez terminado el proceso se debe de esperar que el mortero fragüe.

Tomamos un tiempo de espera de dos días para retirar el encofrado, luego esperamos cinco días más para que el panel pierda su humedad, Obteniendo un resultado óptimo para el laboratorio donde se realizan las pruebas de ensayo.

Ilustración 32 Proceso Ensayo #3- PCYP-03



Elaborado por: Bayas (2025)

Se repite el proceso de curado para evitar fisuras al mortero, esperando el curado total, de un promedio de 20 días, de esta manera comprobar su resistencia a las pruebas de flexión y compresión dando lugar a resultados óptimos

4.4. Resultado

Se propone por medio de esta investigación luego de la obtención de varios resultados, el Ensayo #3- PCYP-03, un panel prefabricado de características suficientes para ser considerado como un elemento estructural, usando la caña como malla metálica cambiando el hierro por el acero vegetal (esterilla), cumpliendo al detalle y obteniendo resultados favorables.

Dando solución a unas de las problemáticas planteadas en esta investigación, tanto en costo como en sus beneficios, de esta manera se podría implementar su fabricación a gran escala, abriendo una oportunidad de ingresar al mercado competitivo de la construcción.

Ilustración 33 Prototipo Ensayo #3- PCYP-03



Elaborado por: Bayas (2025)

4.4.1. Elaboración, Análisis y Costos Del Proyecto

Tenemos un diagnóstico de costos y valoración técnica de paneles prefabricados en Ecuador (2025). Basado en análisis del mercado y referencias internacionales adaptadas al contexto local

Tabla 11 Tipos principales y costos promedio de paneles

Tipo de panel	Costo por m ² (USD)	Vida útil	Aplicación recomendada
Paneles de acero + EPS	45 - 65	25-30 años	Naves industriales, comercios
Bambú estructural	35 - 50	25 30 años	Tecnología de compactación ECOMATERIALES
Hormigón prefabricado	80 - 120	40+ años	Edificios multifamiliares
Madera tecnológica	55 - 75	15-20 años	Viviendas unifamiliares
Panel Aluminio Compuesto - PVC	90 - 130	30-35 años	Fachadas arquitectónicas

Elaborado por: Bayas (2025)

4.4.2. Análisis comparativo de Costo unitario por vivienda

Análisis comparativo de costos de Viviendas económicas MIDUVI vs. Hogar de Cristo vs Panel Prefabricado de caña guadua, Basado en políticas públicas y estudios de planificación territorial.

Tenemos algunos detalles claves como la eficiencia en costos logísticos, Hogar de Cristo reduce gastos mediante autoconstrucción asistida y materiales locales. MIDUVI ofrece mayor estandarización en procesos urbanos. En la parte sostenible, Hogar de Cristo: 35% materiales reciclados y sistemas ecológicos (baños secos). MIDUVI: Certificaciones sismo-resistentes y planes de remodelación subsidiada.

Tabla 12 Análisis comparativo de Costo unitario MIDUVI vs Hogar de Cristo

Parámetro	MIDUVI	Hogar de Cristo	Panel prefabricado
Costo promedio por vivienda	\$18,000–\$25,000	\$6,000–\$20,000	\$4,000–\$10,000
Superficie promedio	50-60 m ²	35-45 m ²	36-45 m ²
Costo por m ²	\$300–\$420	\$125–\$445	\$90–\$150
Subsidios	40-60% del costo total	55-70% (donaciones internacionales)	100% costo total asume propietario
Financiamiento	Créditos al 5.8% anual (15-25 años)	Microcréditos a tasa 0% (pobreza extrema)	Créditos al 5.8% anual (15-25 años)
Materiales clave	Bloques de hormigón armado, lana mineral	Paneles de bambú, fibras recicladas	Paneles de bambú, panel sándwich
Innovación tecnológica	Sensores sísmicos integrados	Techos captadores de agua lluvia	Paneles aislantes, sismos resistentes
Tiempo de construcción	8-12 meses	4-6 meses	1-2 meses
Mantenimiento (5 años)	\$850	\$400	\$200
Recomendación	Familias con ingresos estables	Comunidades rurales/autogestión	Familias con ingresos estables

Elaborado por: Bayas (2025)

4.4.3. Elaboración de APU de Panel Ensayo #3- PCYP-03

La siguiente tabla es una relación de costo materiales y mano de obra determinados por la unidad de metros cuadrados (m²), para validar los cuadros comparativos del costo de la vivienda.

Tabla 13 APU de Panel Ensayo #3- PCYP-03

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS		HOJA	1 de 1
RUBRO:	Ensayo #3- PCYP-03	UNIDAD:	m2
DETALLE:	PANEL TIPO SÁNDWICH e=15 cm		
EQUIPOS			

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	CST / HR	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
CONCRETERA	1,00	30,00	3,75	1,2500	4,69
HTA MENOR 5% M.O.					0,91
SIERRA CIRCULAR	1,00	18,00	2,25	1,2500	2,81
SUBTOTAL M					8,41
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR.	CST / HR	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
PEÓN E2	1,00	3,51	3,51	1,2500	4,39
ALBAÑIL D2	1,00	3,55	3,55	1,2500	4,44
MAESTRO MAYOR C1	1,00	3,93	3,93	1,2500	4,91
CARPINTERO (E.O.D2)	1,00	3,55	3,55	1,2500	4,44
SUBTOTAL N					18,18
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PREC UNT	COSTO	
		A	B	C=A*B	
CEMENTO PORTLAND	kg	0,15	7,50	1,13	
ARENA LAVADA	m3	0,10	13,50	1,35	
CAÑA GUADÚA	U	1,00	4,00	4,00	
AGUA	m3	0,18	1,24	0,22	
ALAMBRE DE AMARRE	U	0,25	1,76	0,44	
TABLA SEMIDURA ENCOFRADO	U	1,00	4,91	4,91	
CLAVOS 2 1/2	kg	0,15	1,65	0,25	
PANEL POLIESTIRENO e=8cm	U	0,50	25,00	12,50	
SUBTOTAL O					24,80
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
CEMENTO	ton-km	0,00	0,21	0,00	
AGREGADOS (arena)	m3-km	1,50	0,32	0,48	
AGREGADOS (piedra)	m3-km	15,00	0,32	4,80	
SUBTOTAL P					5,28
feb-25	TOTAL, COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				56,67
	INDIRECTOS 10,00%				5,67
	UTILIDAD				0,00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				62,34

Nota: Para este análisis de costos unitarios se consideró solo el diseño de paneles de caña guadua, no interviene dentro del costo instalaciones ni acabados

Elaborado por: Bayas (2025)

CONCLUSIONES

Luego de obtener los resultados en el laboratorio de pruebas de materiales de compresión como flexión se pudo observar un 40% mayor de resistencia en los ensayos en comparación de un ladrillo común, siendo este utilizable como un elemento estructural para soportar cargas puntuales, en las pruebas de humedad de nuestros prototipos se consiguió un 16% conservando así el rango señalado en la normativa INEN 296.

En la parte económica la discrepancia que se obtiene con los paneles prefabricado con caña guadua, a diferencia de los modelos actuales en el mercado común, se tiene un ahorro del 15%, siendo este producto más asequible para la adquisición, siendo un elemento prefabricado y listo para su instalación.

Mediante la utilización de materiales proporcionados por la naturaleza, se puede observar que hay un beneficio al poder reducir el tiempo de fabricación e instalación reduciendo el impacto ambiental producido por los desperdicios de construcción.

Realizamos diferentes dosificaciones con la finalidad de obtener un panel adecuado siendo el prototipo PCYP-03 la base para continuar con el proceso aumentando la fibra de caña en ambas caras obtenido resultados óptimos.

Se efectuó una muestra híbrido producto de una mezcla de 50% fibra de caña y 50% espuma de poliuretano, ejecutando pruebas de las cuales no se obtuvo resultados favorables en el laboratorio de ensayo.

Mejorando los prototipos se llegó a un modelo de panel tipo sándwich con recubrimiento de caña abierta en ambas caras con un enlucido de mortero de una dosificación de (1/3) con un espesor de $e=1.5$ cm, obteniendo buenos resultados de compresión y flexión, y se necesita poca energía para su elaboración.

RECOMENDACIONES

Basándonos en la planificación se hizo un estudio a los paneles prefabricados de caña guadua, Panel tipo (Ensayo #3- PCYP-03) por lo que se podría ampliar el campo de la investigación a los diferentes tipos de paneles lo cual resulta beneficioso como producto terminado reduciendo así los costos de elaboración para viviendas de interés social en la actualidad.

Para lograr tomar en cuenta otros tipos de materiales que pueden adherirse y establecer un nuevo elemento se requiere una investigación más profunda, cuya finalidad sería crear nuevos productos sostenibles cuyos beneficios son importantes para disminuir el impacto medioambiental.

BIBLIOGRAFÍA

- Albino Grajales, B. A. (2023). *Complejo cultural y turístico para la preservación de la cultura muisca en el municipio de Guatavita - Cundinamarca*. [Tesis de Arquitecto]. Universidad La Gran Colombia. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/11396/8063>
- Aliaga Dominguez, G. A., & Vilela Robles, Y. B. (2019). *Complejo turístico cultural en el Distrito de Carania - Provincia de Yauyos*. [Tesis de Arquitectura]. Universidad Ricardo Palma (Perú). Retrieved 11 de 2024, from <https://hdl.handle.net/20.500.14138/2272>
- Aliaga Rivadeneira, A. P., & Lecca Villalobos, C. C. (2021). *Gestión del turismo sostenible y el impacto ambiental del ecoturismo de Perú en comparación con los países sudamericanos: una revisión de la literatura científica*. Universidad Privada del Norte (Perú). Retrieved 11 de 2024, from <https://hdl.handle.net/11537/26238>
- Almeida Chicaiza, B. S., Muscio, E., Iparreño Zaruma, L., & Anaya Díaz, J. (2019). *Paneles prefabricados de guagua-acero-mortero microvibrado con cenizas de cascara de arroz para vivienda de interes social*. [Tesis Maestría, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio Digital. <https://doi.org/10.20868/ade.2019.3914>
- Almeida, S., Muscio, E., Iparreño, L., & Anaya, J. (2019). *Panel prefabricado de guadua-acero-mortero microvibrado con ceniza de cáscara de arroz para vivienda de interés social*. Universidad Politécnica de Madrid. <https://doi.org/https://doi.org/10.20868/ade.2019.3914>
- Arango, V., Briceño, D., & Niño, R. (2018). *Diseño de propuesta para la construcción de vivienda de interés social en barrios populares cercanos a las centralidades de Bogotá: una propuesta de ciudad sostenible*. Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- Archiexpo. (2023). *VirtualExpo Group*. Retrieved 12 de 2024, from Archiexpo: <https://www.archiexpo.es/prod/cotto-senese/product-60219-662460.html>
- Arenas Guayazan, B. D. (2019). *Propuesta para el diseño de un biodigestor anaerobio como sistema de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, generados en las viviendas del proyecto "La Villa Solar" ubicado en la ciudad de Buenaventura - Colombia*. Universidad de la Salle, Colombia. <https://hdl.handle.net/20.500.14625/21626>
- Bambusa Estudio.es. (01 de 10 de 2022). *Bambú Guadua*. Retrieved 02 de 12 de 2024, from Cañas de Guadua - Guadua angustifolia Kunth: <https://bambusa.es/caracteristicas-del-bambu/bambu-guadua>
- Belén Correa, M. A. (19 de 07 de 2020). *Estrategias de Arquitectura Vernácula para el diseño de una vivienda recreacional, en la Ciudad de Paipa, Departamento de Boyacá, Colombia*. Universidad Católica de Colombia. Retrieved 10 de 2024, from <https://hdl.handle.net/10983/26273>

- Bianculli Avalos, S. (2021). *La Arquitectura Moderna de Otros Maestros: El Lenguaje Moderno de la Arquitectura Vernácula*. [Tesis Maestría]. Universitat Politècnica de València. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/10251/175241>
- Blogger Buzz. (5 de 10 de 2024). *Nuevos Territorios y Cartografías*. Guadua: <https://pcano609.blogspot.com/2013/11/guadua.html>
- Botero Cortés, L. (2021). REPRODUCCIÓN DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA POR EL METODO DE CHUSQUINES. *IMBAR*. Guayaquil- Ecuador. https://doc-developpement-durable.org/file/Culture/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/FICHES_ARBRES/bambou/Propagation-of-Guadua-Angustifolia-using-the-Chusquines-method.pdf
- Campos, R. (2021). *Vernacular architecture in the palafitos from Chiloé* . <https://doi.org/10.20868/bma.2021.2.4682>
- Cardenas Gambini, L. F. (2021). *El turismo rural y la arquitectura vernácula de los centros recreativos del distrito de Quinua, Huamanga, Ayacucho, 2021*. [Tesis de Arquitecto]. Universidad César Vallejo. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12692/105188>
- Casa, c. E. (2012). https://casadelacultura.gob.ec/lotaip/19/2018/Julio/estatuto_organico_por_procesos_cce_julio_2018.pdf
- Cassandro Cajiao, R. (2018). *Muro panel térmico estructural compuesto en guadua y cartón : modelo experimental aplicado al clima de la zona cafetera*. [Tesis Maestría]. Universidad Católica de Colombia. <https://doi.org/https://doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.2116>
- Cassandro Cajiao, R. (2018). *Muro panel térmico estructural compuesto en guadua y cartón. Modelo experimental aplicado al clima de la zona cafetera*. [Tesis Maestría]. Universidad Católica de Colombia. <https://doi.org/https://doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.2.2116>
- Castillo Alvarez, M. L., & Sanchez Castillo, K. L. (2023). *Criterios de arquitectura vernácula aplicados al diseño de un Centro Cultural Artesanal en el distrito de Catacaos - Piura*. Universidad César Vallejo. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12692/119714>
- Castillo Ibarra Victor Alberto - Muñante Ipanaque Enrique Lidonil. (2023). Complejo turístico integral vitivinícola en el distrito de San Juan Bautista de la provincia de Ica. Lima, Peru . <https://hdl.handle.net/20.500.12692/108554>
- Castillo Moncayo, D. (2018). *Análisis de la implementación de ladrillos fabricados a partir de plástico reciclado como material de construcción*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- Córdova Gracia, Juan Andrés - Meca Espinoza, Ginna Alexandra. (06 de 05 de 2022). *Universidad Privada Antenor Orrego Peru*. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/8917>

- Cortez Jester Cruz Angela - Diaz Damarie Pacheco Quisbert. (2022). Cabañas turísticas Eco sustentables – ECOLOGE. https://issuu.com/ancruz1/docs/informe_trabajo_final_ciudades_resilientes
- Del Pezo, M. (2018). *Características agrosocioeconomica de la producción de la caña guadua en la asociación noble guadua comuna Olón parroquia Mangraroalto*. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Diaz Bustamante, Margarita Noemy - Pinedo Rojas, Neyser Eden. (15 de 07 de 2023). *Universidad Privada del Norte*. <https://hdl.handle.net/11537/34904>
- Dolores Farfan, Ana Sofia - Dos Santos Ojeda, Nilda Estefany. (2022). *Universidad Privada Antenor Orrego*. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/10318>
- Efecto Vásquez, Elizabeth Esthefany - Espinoza Toribio, Ruly Edwin. (2019). *Universidad César Vallejo*. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/60976>
- El Productor. (26 de noviembre de 2020). *Ecuador: Caña guadúa, cultivo con potencial para un desarrollo sostenible de las naciones*. El Productor: <https://elproductor.com/2020/11/ecuador-cana-guadua-cultivo-con-potencial-para-un-desarrollo-sostenible-de-las-naciones/>
- El Productor. (2020, noviembre 26). *Ecuador: Caña guadúa, cultivo con potencial para un desarrollo sostenible de las naciones*. El Productor: <https://elproductor.com/2020/11/ecuador-cana-guadua-cultivo-con-potencial-para-un-desarrollo-sostenible-de-las-naciones/>
- El Universo. (12 de septiembre de 2019). *Uso nativo de la caña guadúa y nuevos diseños, en exposición*. El Universo: <https://www.eluniverso.com/noticias/2019/09/12/nota/7513987/uso-nativo-cana-guadua-exposicion/>
- Erreyes Padilla, A. R., & Gómez Gómez, T. C. (2015). *Construcción sostenible a partir de paneles prefabricados de caña guadua y poliuretano. [Tesis Arquitecto, Universidad Central del Ecuador]*. Reposito Institucional. <https://doi.org/http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/5485>
- Erreyes Padilla, A. R., & Gómez Gómez, T. C. (2015). *Construcción Sostenible a partir de paneles prefabricados de Guadua y poliuretano. [Título de Ingeniero Civil, Universidad Central Ecuador]*. Reposito Institucional. Retrieved 02 de 12 de 2024, from <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/5485>
- Est. Arq. Roja Roberto - Est. Arq. Aguilar Jean. (2021). *Ecolodge para fortalecer el turismo sostenible en Sauce, 2021*. https://issuu.com/juanrobertorojasdavila/docs/ecolodge_para_un_turismo_sostenible_en_la_ciudad_d
- Ferrer Eyzaguirre, A. A., & Capello Villaran, I. F. (2020). *Complejo Vacacional – Recreacional En Boca Del Río – Tacna*. Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Peru. <https://hdl.handle.net/20.500.14005/9769>

- Flores Cahuana, Yanet - Guerrero Sandoval, Nereyda Cristina. (08 de 07 de 2021). *Universidad César Vallejo*. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/64592>
- Franco, D. (27 de Abril de 2021). *Ladrillos huecos, diferencia entre ladrillos portantes y no portantes*. Albañilería: <https://www.albaniles.org/albanileria/ladrillo-huecos/>
- Garay Soto, T. H. (22 de 11 de 2022). *UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN*. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/7680>
- Gonzalez, C. (2018). *La importancia del mortero en la construcción*. McGraw-Hill.
- Guadalupe Salguero, P. E. (15 de 03 de 2022). *DSpace JSPUI*. <http://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/2898>
- Gutierrez de Lopez, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción* (2 ed.). Universidad Nacional de Colombia. Retrieved 11 de 8 de 2024, from <https://www.udocz.com/apuntes/21789/el-concreto-y-otros-materiales-para-la-construccion-1>
- Herrera, G., & Sandoval, O. (1999). *Una alternativa sostenible: la guadua tecnicas de cultivo y manejo*. Corporacion Autonoma Regional del Quindio. Retrieved 16 de 10 de 2024.
- Hidalgo López , O. (1981). *Manual de Construccion Con Bambu*. Estudios Tecnicos Colombianos Ltda. Retrieved feb de 2024, from <https://arquinube.com/manual-de-construccion-con-bambu-2/>
- Laura Isabel Romero - María Isabel Fernández. (02 de 12 de 2024). El Complejo Balneario Punta Mogotes (1970-1980). 20(31 - 55), 2. <https://revistasfaud.mdp.edu.ar/registros/article/view/659>
- Livingston Bruges, D. T. (14 de 06 de 2022). *Universidad Piloto de Colombia*. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/11828>
- Marin, J., & Nuñez, K. (2021). *Uso de la Guadua Angustifolia como material sostenible en las edificaciones de Vichayito, Los Órganos, Piura - 2021*. Trujillo - Perú: Universidad César Vallejo. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/66650/Marin_GJDL-Nu%c3%b1ez_OKA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Martínez, D. (5 de febrero de 2021). *Las propiedades y usos de la guadua*. Agronegocios: <https://agronegocios.uniandes.edu.co/2021/02/las-propiedades-y-usos-de-la-guadua/>
- Martínez, D. (5 de febrero de 2021). *Las propiedades y usos de la guadua*. Agronegocios: <https://agronegocios.uniandes.edu.co/2021/02/las-propiedades-y-usos-de-la-guadua/>
- Martínez, S. (24 de junio de 2022). *Ladrillo perforado: tipos, medidas y precios*. Todofachadas: <https://todorehabilitacion.com/ladrillo-perforado-tipos-medidas-precios/>
- Maure, J. L., Candanedo, M., Madrid, J., Bolobosky, M., & Marín, N. (2018). Fabricación de ladrillos a base de polímeros PET y virutas metálicas. *Revista de iniciación científica*, 4(2). <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1816/2626>

- Medios Ediasa. (2020). Ecuador impulsa construcción de vivienda social. *El Diario*. Retrieved feb de 2024, from <https://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/515191-ecuador-impulsa-construccion-de-vivienda-social-con-emisin-de-bono-soberano/>
- Meza, J., & Wu, M. (2018). *Los efectos de la adición del carbonato de calcio en el mejoramiento de las características de los ladrillos artesanales del distrito de Chilca, año 2018*. Lima-Perú: Universidad Privada del Norte.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda [MIDUVI]. (dic de 2020). *Déficit Habitacional Nacional*. Retrieved 08 de feb de 2025, from [habitatyvivienda.gob: https://www.habitatyvivienda.gob.ec/deficit-habitacional-nacional/](https://www.habitatyvivienda.gob.ec/deficit-habitacional-nacional/)
- Miranda Moreno, M. S. (2022). *Corporación Universitaria del Caribe – CECAR*. <https://catalogo.cecar.edu.co/bib/34610>
- Moran, Jorge. (2011). *ETAPAS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA[Fotografía]*. https://doc-developpement-durable.org/file/Culture/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/FICHES_ARBRES/bambou/Propagation-of-Guadua-Angustifolia-using-the-Chusquines-method.pdf
- Orduña Gomez, S. (28 de 10 de 2022). *Universitat Politècnica de València*. <http://hdl.handle.net/10251/188894>
- Páez Cornejo, J. D., De la Rosa, R. Y., Verduga, G., Soto, J., & Barreto, L. (10 de Julio de 2022). CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA . *Revista CLAUSTRO*. Vol. 5. [https://doi.org/ https://doi.org/10.56124/clauastro.v5i10.0054](https://doi.org/https://doi.org/10.56124/clauastro.v5i10.0054)
- Parque Bambú Ecuador. (2020). *Parque Bambú*. Retrieved 01 de 12 de 2024, from [BAMBÚ EN VENTA: https://bospas.org/es/parque-bambu-granja-organica-especializada-en-permacultura-en-ecuador/](https://bospas.org/es/parque-bambu-granja-organica-especializada-en-permacultura-en-ecuador/)
- Paula Michalijos - Loreana Espasa. (23 de 09 de 2024). Paisaje costero y negocio inmobiliario. Mercantilización del espacio urbano en la localidad turística de Monte Hermoso, Argentina. 33(35-54), 1. <https://revistas.uns.edu.ar/rug/article/view/4373>
- Peinado Rojas, M. P. (2023). *Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Arquitectura*. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/9429>
- Pirca Palomino, R. J. (2022). *Universidad San Ignacio de Loyola*. <http://hdl.handle.net/20.500.14005/13015>
- Pons, W., & Álvarez, E. (2018). Diseño estructural sismorresistente de edificios de viviendas de mampostería reforzada para su construcción en las ciudades Bayamo y Guantánamo. *Ciencia en su PC*, 1(1). <https://www.redalyc.org/journal/1813/181358269008/181358269008.pdf>

- Quiñónez Rojas, E. A. (1 de Enero de 2022). *Universidad Técnica de Ambato*.
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/37133>
- Quispe Avila, Y. M. (2021). *Universidad Peruana Los Andes*. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/2425>
- Rea Lozano, V. (2016). Diario el telegrafo.
- Rezabala, C. J. (2021). *Aprovechamiento y usos potenciales de Guadua angustifolia Kunth en la parroquia Ayacucho, cantón Santa Ana*. Jipijapa: Universidad Estatal del Sur de Manabí.
<http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3429/1/Aprovechamiento%20y%20usos%20potenciales%20de%20Guadua%20angustifolia%20Kunth%20en%20la%20parroquia%20Ayacucho%20c%20Cant%20c3%b3n%20.pdf>
- Riao Céspedes, Y. A. (Febreo de 2022). *Universidad Politécnica de Madrid. UPM*.
<https://oa.upm.es/71507/>
- Rivadeneira Rivadeneira, R. (16 de 02 de 2011). *LAARQUITECTURA*. Retrieved 16 de 12 de 2024, from LA REVISTA ACTUAL DE ARQUITECTURA, URBANISMO Y ARTES:
<https://laarquitectura.blogspot.com/2011/02/construcciones-de-viviendas-con-cana.html>
- Rivadeneira, F. (2019, 12 10). *Facultad de Diseño y Comunicación Inscripción Más información*. Retrieved 12 22, 2024, from Uso de la Caña Guadúa: arquitectura vernácula en restaurantes de la ciudad de Portoviejo, Ecuador:
https://fido.palermo.edu/servicios_dyc/publicacionesdc/cuadernos/detalle_articulo.php?id_libro=931&id_articulo=18483
- Rivadeneira, F. (2021). *Universidad de Palermo*. <https://doi.org/10.18682/cdc.vi148.5494>
- Rivadeneira, F. (2021). Uso de la Caña Guadúa arquitectura vernácula en restaurantes de la ciudad de Portoviejo, Ecuador. Tesis de Maestría en Gestión del Diseño (2019). *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos*.
- Romero. (2018).
- Romero, J. A. (2018, Mayo 07). *7 materiales reciclados para la construcción de tu vivienda*. Arrevol:
<https://www.arrevol.com/blog/7-materiales-productos-reciclados-para-la-construccion-de-tu-vivienda>
- Rosillo Sayago, S.A. (2022). *Ladrillo*. Rosillo Sayago, S.A: <https://rosillosayago.com/tienda/ladrillos-ordinarios/>
- Salazar Mantilla, Maria Luz - Villanueva Abanto, Keyssi. (04 de 11 de 2023). *Universidad Privada del Norte*. <https://hdl.handle.net/11537/36513>
- Salazar Mantilla, Maria Luz - Villanueva Abanto, Keyssi. (2023). *Universidad Privada del Norte*.
<https://hdl.handle.net/11537/36513>

- Saldivar, M. (16 de marzo de 2017). *Tabicón*. SliderShare: <https://es.slideshare.net/MAurIlclloSALdivAR/tabicn>
- Servindi. (2020). *Mundo: Ladrillos de bambú*. Servindi: <https://www.servindi.org/actualidad/7124>
- Servindi, 2020. (2020).
- Silvestrini, J. (2020). *Cabañas ecológicas y autosuficiente*. Economía Sustentable / Noticia : <https://economiasustentable.com/noticias/impresionante-conoce-por-dentro-estas-cabanas-ecologicas-y-autosuficientes>
- Sornoza, J., Zambrano, R., Caballero, B., & Veliz, J. (2022). Materiales alternativos empleados en la construcción de viviendas en Ecuador: una revisión. *Polo del Conocimiento*, 7(4).
- Textos científicos [Fotografía]*. (s.f.). <https://www.textoscientificos.com/polimeros/poliestireno-expandido>
- Textos científicos*. (22 de Octubre de 2005). <https://www.textoscientificos.com/polimeros/poliestireno-expandido>
- Toledo Guerra, M. C. (2020). *Análisis de los impactos económicos sobre la aplicación del turismo rural comunitario como alternativa para el desarrollo sostenible en las comunidades: una revisión de la literatura científica. [Trabajo de investigación]*. Universidad Privada del Norte. Retrieved 11 de 2024, from <https://hdl.handle.net/11537/26210>
- Zambrano, M., Muñoz, J., Dueñas, A., Párraga, R., & Loor, J. (2018). Evaluación de la cascara de arroz para fabricación de ladrillos. *PRO SCIENCES*, 2(10). https://www.researchgate.net/profile/Maria-Zambrano-Velez-2/publication/333486413_Evaluacion_de_la_cascara_de_arroz_para_fabricacion_de_ladrillos_Evaluation_of_the_rice_hull_for_manufacture_of_bricks/links/5ceff4fa4585153c3da687ad/Evaluacion-de-la-cascara

ANEXOS

Anexo 1 - Ensayo De Resistencia

Se adjunta fotografías de pruebas mecánicas del panel prefabricado del prototipo Ensayo #3- PCYP-03, llevando un registro de las pruebas realizadas, se fabrica dicho ejemplar el día 16/02/2025 posterior a esto se hace el retiro del encofrado 19/02/2025, se realiza el respectivo curado con agua durante los días siguientes. Área de ensayo a compresión de este prototipo (50x25cm) = 1.250 cm², mientras que el ensayo a flexión de este panel (50x15cm) = 750cm². Para los resultados de las pruebas realizadas a varios prototipos de esta investigación se realizando en una prensa para ensayo de compresión para hormigones de la compañía:

METREXLAB CIA. LTDA.

MODELO: 001 SERIE: 054 TIPO:100 Tn

RPM:1.720 VOLTAJE:110V HP:1.0



Anexo 2 Resultados de pruebas de compresión y flexión

Ensayo #3- PCYP-03–

No.	FECHA DE REGISTRO		EDAD DIAS	CARG MAX KG.	DIMENSIONES (cm)		Factor de corrección (Tab-2- INEN-1488)	PESO (gr)	RESIST KG/cm2
	JMA	ROTURA			LARGO	ANCHO			
PUREBA DE COMPRESION									
1	16-feb	28-feb	13	1315,43	50	25	1	9,056	1,052
2	16-feb	28-feb	13	1376,62	50	25	1	9,006	1,101
3	16-feb	28-feb	13	1346,03	50	25	1	9,136	1,077
PRUEBA DE FLEXION									
4	16-feb	28-feb	13	418,08	50	15	1	9,226	0,557
5	16-feb	28-feb	13	438,48	50	15	1	9,196	0,585
6	16-feb	28-feb	13	469,07	50	15	1	9,086	0,625

Anexo 3 Certificación de Pruebas de Ensayo 1-3



REPORTE DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN

1. INTRODUCCION

Se solicitó a la empresa Xense Cía. Ltda. realizar ensayos de compresión de 6 probetas de hormigón de mampostería alternativa compuesta por poliestireno expandido, caña guadua y mortero de hormigón.

Se indican las imágenes de las probetas ensayadas.

2. OBJETIVO

Realizar 1 ensayo de compresión a cada probeta de mampostería recibida (6 probetas) con la finalidad de determinar la carga axial que soportará cada una de ellas.

3. METODOLOGÍA

El ensayo de compresión del hormigón es una prueba de laboratorio que mide la resistencia del material al ser sometido a cargas de compresión. Se realiza en probetas cilíndricas o cúbicas.

La muestra se coloca en una prensa hidráulica, que aplica una carga creciente hasta que el hormigón falla (se fractura). Este ensayo se usa para verificar la calidad del hormigón, asegurar el cumplimiento de normas técnicas y determinar su capacidad de soportar cargas.

4. PROCEDIMIENTO

1. Preparar de la probeta
2. Tarar el equipo (prensa)
3. Colocar la muestra dentro de la prensa de compresión
4. Aplicar la carga axial de forma progresiva hasta que la muestra falle (se rompa)
5. Registro de datos
6. Retiro de la probeta

5. ANÁLISIS

Se realizó el ensayo de compresión a 6 probetas y a continuación, se describen las características de las probetas analizadas.

Las dimensiones de las probetas recibidas fueron de 250x500x150mm. y estaban compuestas por 2 capas de mortero de hormigón de 1.5 cm de espesor, dos capas de

pg. 1

Anexo 4 Certificación de Pruebas de Ensayo 2-3



caña guadua de 2cm de espesor y en el centro una capa de espuma de poliestireno expandido de 8cm de espesor formando una especie de sándwich de espesor total 15cm como se muestra en la siguiente figura.



Figura 1. Composición de la probeta a ensayar

Los ensayos se realizaron a 6 probetas similares, sin embargo, en el primer ensayo se aplicó la carga en el área de 0.125 m^2 ($0.25\text{m} \times 0.50\text{m}$) y en el segundo ensayo se aplicó la carga en un área de 0.075 m^2 ($0.15\text{m} \times 0.50\text{m}$).

El primer ensayo se lo realizó a compresión y el segundo a flexión.

6. RESULTADOS

La fuerza axial que soportaron las probetas con un área de 0.125 m^2 es de 4.6kN, 4.1kN, y 4.3kN en el ensayo de compresión, mientras que, la carga axial que soportaron las probetas de 0.075 m^2 fue de 13.50 kN, 12.9 kN y 13.20 kN.

A continuación, se muestran respaldos fotográficos de los ensayos realizados.



Figura 2. Ensayo N°1

pg. 2

Anexo 5 Certificación de Pruebas de Ensayo 3-3



Figura 3. Ensayo #2



Ing. Luis Navarro
Gerente General

Anexo 6 Ensayo de resistencia Prototipo # 2

Para el prototipo **Ensayo #2- PCYP-02**, panel de características mortero en ambas caras y en la parte central malla de caña reemplazando el acero, para el proceso de fabricación y desencofrado, el espécimen se elaboró el 01 de enero de 2025, con retiro del encofrado el 03 de enero de 2025 (tras 48 horas de fraguado inicial), siguiendo los requerimientos de curado progresivo establecidos en normas de hormigón armado.

Se aplicó curado húmedo continuo durante 5 días posteriores al desencofrado, mediante riego controlado cada 8 horas, asegurando humedad relativa $\geq 95\%$ según protocolos de mantenimiento para estructuras. Para el ensayo a compresión: Área de prueba: $27 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 405 \text{ cm}^2$, y para el ensayo a flexión: $27 \text{ cm} \times 6 \text{ cm} = 162 \text{ cm}^2$



Anexo 7 Resultados de pruebas de compresión y Flexión # 2

Ensayo #2- PCYP-02

No.	FECHA DE REGISTRO		EDAD DIAS	CARG MAX KG.	DIMENSIONES (cm)		Factor de corrección (Tab-2-INEN-1488)	PESO (gr)	RESIST KG/cm2
	JMA	ROTURA			LARGO	ANCHO			
	PUREBA DE COMPRESION								
1	17-ene	23-ene	7	3090	15	27	1	14,761	7,630
2	10-ene	23-ene	14	4280	15	27	1	15,490	10,568
3	1-ene	23-ene	23	4750	15	27	1	15,348	11,728
	PRUEBA DE FLEXION								
4	17-ene	23-ene	7	290	6	27	1	16,238	1,790
5	10-ene	23-ene	14	469	6	27	1	15,725	2,895
6	1-ene	23-ene	23	490	6	27	1	15,446	3,025

Anexo 8 Ensayo de resistencia a la compresión

Ensayo #2- PCYP-02

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILI"

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO

RUESO:
NO: PCYC-05
MO DE AGREGADO: 60% Cemento 40 % Fines arena
UA- CEMENTO (VO)
METRO: $27 \times 15 = 89$ cm. ALTURA: 5

FECHA: 23- Enero- 2025
REVENIMIENTO: cm.
AGUA:
NÚMERO DE SACOS DE CEMENTO:
MÓDULO DE FINURA: 135 cm²
ÁREA: 405 cm²

CILINDRO No.	FECHA		EDAD DÍAS	CARGA MÁXIMA Kg.	RESISTENCIA Kg/cm ²	
	TOMA	ROTURA				
1	17- Enero	23- Enero	7	3090	30.88	Compresión
2	10- Enero	23- Enero	14	4280	31.70	
3	04- Enero	23- Enero	28	4750	35.18	
1	17- Enero	23- Enero	7	290	0.91	Flexión
2	10- Enero	23- Enero	14	400	0.99	
3	4- Enero	23- Enero	28	490	1.20	

NES: Historia PCYC-05 ensayo #5

Gerardo Cuervo OPERADOR ERICK BOBAY CALCULO POR VERIFICADO POR