

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

"COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO DE PANELES DE CAÑA GUADUA DE VIVIENDAS TRADICIONALES EN LA COSTA ECUATORIANA"

Trabajo de titulación modalidad trabajo experimental, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero Civil.

ESTUDIANTE:

VALERIA DE LOS ÁNGELES JIMÉNEZ TENORIO

TUTOR:

ING, BOLÍVAR EDUARDO PAREDES BELTRÁN, PHD.

Ambato - Ecuador

Febrero 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **"COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO DE PANELES DE CAÑA GUADUA DE VIVIENDAS TRADICIONALES EN LA COSTA ECUATORIANA"**, elaborado por la estudiante **Valeria de los Ángeles Jiménez Tenorio,** portadora de la cédula de ciudadanía con número 0550166474, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Trabajo Experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, febrero 2025

.....

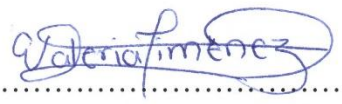
Ing. Bolívar Eduardo Paredes Beltrán, PhD.

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Valeria de los Ángeles Jiménez Tenorio**, con C.I. 0550166474 declaro que todos los contenidos y actividades expuestos en el desarrollo del presente trabajo experimental con el tema: **"COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO DE PANELES DE CAÑA GUADUA DE VIVIENDAS TRADICIONALES EN LA COSTA ECUATORIANA",** así como los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del trabajo experimental, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, febrero 2025



.....

Valeria de los Ángeles Jiménez Tenorio

C.I. 0550166474

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este trabajo experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi trabajo experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, febrero 2025

Valeria Jiménez

.....

Jiménez Tenorio Valeria de los Ángeles

C.I. 0550166474

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del trabajo experimental, realizado por el estudiante **Valeria de los Ángeles Jiménez Tenorio** de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **"COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO DE PANELES DE CAÑA GUADUA DE VIVIENDAS TRADICIONALES EN LA COSTA ECUATORIANA".**

Ambato, febrero 2025

Para constancia firma:

.....	.....
Ing. Myriam Marisol Altamirano Bayas, Mg.	Ing. Andrés Sebastián Hidalgo Velastegui, Mg.
MIEMBRO CALIFICADOR	**MIEMBRO CALIFICADOR**

DEDICATORIA

A mi madre, Mercedes Tenorio, cuyo amor incondicional y fortaleza inquebrantable han sido mi faro en esta travesía universitaria. Gracias por cada sacrificio, por cada palabra de aliento, y por enseñarme que no hay sueños demasiado grandes ni metas inalcanzables cuando se trabaja con el corazón. Este logro es tan mío como tuyo, porque tu ejemplo ha sido la raíz de mi perseverancia y determinación.

A mi abuelita, Teresa Gualpa, cuya sabiduría, ternura y enseñanzas han dejado en mi vida una marca eterna. Sus palabras de ánimo y su fe en mí han sido el motor que me impulsó a seguir adelante, incluso en los momentos más desafiantes. Gracias por enseñarme a creer en mí misma, por recordarme siempre el valor de la resiliencia y por ser una fuente constante de amor y apoyo.

A ambas, les dedico este trabajo como un humilde reflejo de todo lo que me han dado, con la esperanza de que mis logros sean una pequeña muestra del inmenso amor y gratitud que guardo en mi corazón

Ángeles.

AGRADECIMEINTOS

Quiero agradecer, en primer lugar, a Dios, quien ha sido mi guía constante a lo largo de este camino y me puso en el lugar indicado en el momento preciso. Gracias por darme salud, fortaleza y la sabiduría necesaria para enfrentar cada desafío que se presentó en mi vida universitaria. Sin su luz, este logro no habría sido posible.

A mi madre y a mi abuelita, quienes, con su amor incondicional, apoyo y fortaleza han estado siempre a mi lado. Su presencia, en mis buenos y malos momentos, ha sido mi mayor inspiración para superar cada obstáculo y alcanzar mis metas. Este logro es tanto mío como suyo, porque siempre me brindaron la fuerza para no rendirme y seguir adelante. A toda mi familia, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida. Comparto este triunfo con ustedes, porque los amo con todo mi corazón y su respaldo ha sido una fuente invaluable de motivación.

A mis profesores, quienes con su enseñanza y sabiduría han contribuido enormemente a mi formación. En especial, al ingeniero Andrés Hidalgo, por su paciencia, dedicación y por motivarme a dar siempre lo mejor de mí, incluso en los momentos más desafiantes. Por último, a mis amigos, quienes han sido una parte esencial de este proceso. Gracias por su apoyo incondicional, por estar ahí cuando más los necesité, y por creer en mí. Su compañía y ánimo han sido una gran fuente de inspiración y fortaleza.

Este logro es el resultado de amor, esfuerzo y la guía de todas las personas que han formado parte de mi camino. A todos, mi más sincera gratitud y cariño.

Ángeles.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR ii

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii

DERECHOS DE AUTOR iv

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO v

DEDICATORIA vi

AGRADECIMEINTOS vii

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS viii

ÍNDICE DE FIGURAS xi

ÍNDICE DE TABLAS xiii

INDICE DE ANEXOS xiv

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS xv

RESUMEN EJECUTIVO xvi

ABSTRACT xvii

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO 1

I. JUSTIFICACIÓN 1

II. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS 2

III. OBJETIVOS 6

A. OBJETIVO GENERAL 6

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 6

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA 7

I. EQUIPOS Y MATERIALES 7

II. MÉTODOS 8

A. ETAPA I: ESTABLECIMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE PANELES DE CAÑA GUADUA. 8

1) Preparación de las muestras. 9

2) Determinación de las propiedades físicas 9

a) Contenido de humedad. 9

b) Densidad 10

3) *Determinación de las propiedades mecánicas* 11

a) Tracción 11

b) Compresión 12

c) Flexión 13

d) Dureza 15

B. ETAPA II: EXPERIMENTACIÓN DE LA INFLAMABILIDAD DE LOS PANELES DE CAÑA GUADUA 16

1) Preparación de muestras 16

2) *Acondicionamiento de las muestras.* 19

3) Aplicación de la llama, ensayo de reacción al fuego. 20

4) Toma de datos con la cámara Térmica Avanzada. 22

C. ETAPA III: DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA, ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD E ÍNDICE DE CARBONIZACIÓN DE PANELES DE CAÑA GUADUA. 23

1) Conductividad Térmica 23

2) Determinación del índice de inflamabilidad. 23

3) Determinación del índice de carbonización. 24

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN 25

I. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS 25

A. ETAPA I: ESTABLECIMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE PANELES DE CAÑA GUADUA. 25

1) Determinación de las propiedades físicas 25

a) Contenido de humedad. 25

b) Densidad 26

2) Propiedades mecánicas 27

a) Tracción 27

b) *Compresión* 28

c) Flexión 28

d) Dureza 29

B. FASE II: EXPERIMENTACIÓN DE LA INFLAMABILIDAD DE LOS PANELES DE CAÑA GUADUA. 31

1) Resultados del Acondicionamiento de la GaK. 31

2) Resultados del Ensayo de Reacción al Fuego de la GaK 33

3) Resultados de Temperatura de la Cámara Térmica Avanzada. 37

C. FASE III: DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA, ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD E ÍNDICE DE CARBONIZACIÓN DE PANELES DE CAÑA GUADUA. 39

1) Conductividad Térmica 40

2) Determinación del índice de inflamabilidad. 40

3) Determinación del índice de carbonización. 42

II. VERIFICACIÓN DE HIPOTESIS 44

A. HIPÓTESIS 44

B. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS 44

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 46

I. CONCLUSIONES 46

II. RECOMENDACIONES 47

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 48

ANEXOS 51

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Fábrica de panes de GaK de la Fundación Hogar de Cristo ubicado en Guayaquil-Ecuador..... 9

Fig. 2 Proceso realizado para la obtención del contenido de humedad..... 10

Fig. 3 Probetas para tracción en mm..... 11

Fig. 4 Maquina Universal para ensayo de tracción, Laboratorio de Resistencia de Materiales UTA..... 12

Fig. 5 Maquina Shimadzu, para ensayo de compresión, Laboratorio de Resistencia de Materiales UTA..... 12

Fig. 6 Probetas para compresión. 13

Fig. 7 Ensayo a flexión con 4 puntos equidistantes. 14

Fig. 8 Probeta con las 5 mediciones utilizando el durómetro digital Shore D. 15

Fig. 9 Panel de caña guadua de 2.45m x 2.40 m, proveedor Fundación Hogar de Cristo. 16

Fig. 10 Preparación de muestras..... 16

Fig. 11 Especificación de las muestras..... 17

Fig. 12 Nomenclatura de la codificación de las probetas..... 17

Fig. 13 Codificación de cada probeta..... 18

Fig. 14 Muestras longitudinales y transversales a borde marcados a 150 mm de altura..... 19

Fig. 15 Muestras longitudinales y transversales a superficie marcados a 40 mm y 150 mm de altura..... 19

Fig. 16 Peso y registro de las muestras antes del acondicionamiento..... 20

Fig. 17 Muestras en la cámara de acondicionamiento..... 20

Fig. 18 Colocando la muestra en la porta probeta y calibrando la cámara de combustión 21

Fig. 19 Verificación de la llama utilizando una galga..... 21

Fig. 20 Preparando la Cámara de combustión..... 21

Fig. 21 Muestras a borde y a superficie sometidas al ensayo. 22

Fig. 22 Utilización de la cámara térmica..... 23

Fig. 23 Muestras acondicionadas para ensayos a superficie. 32

Fig. 24 Muestras acondicionadas para ensayos a borde. 32

Fig. 25 Ensayo de muestras a superficie realizadas a 30 s. 34

Fig. 26 Ensayo de muestras a borde realizadas a 30 s. 34

Fig. 27 Ensayo de muestras a superficie realizadas a 120 s. 36

Fig. 28 Ensayo de muestras a superficie realizadas a 120 s. 36

Fig. 29 Distribución de los 5 puntos para toma de temperatura. 38

Fig. 30 Propagación de temperatura en la GaK 39

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I CARACTERISTICAS Y COMBUSTIBILIDAD DE LAS EURO CLASES 24

TABLA II RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA GaK 26

TABLA III RESULTADOS DE DENSIDAD DE LA GaK..... 27

TABLA IV RESULTADOS DEL ENSAYO A TRACCIÓN 27

TABLA V RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN 28

TABLA VI RESULTADOS DEL ENSAYO A FLEXIÓN 29

TABLA VII RESULTADOS DEL ENSAYO DEL DUROMETRO 30

TABLA VIII TABLA DE RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS 30

TABLA IX ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA DE GaK 31

TABLA X RESULTADOS DE LA GaK SOMETIDAS A LA ACCIÓN DEL FUEGO A 30 s 33

TABLA XI RESULTADOS DE LA GaK SOMETIDAS A LA ACCIÓN DEL FUEGO A 30 s 34

TABLA XII RESULTADOS DE LA GaK SOMETIDAS A LA ACCIÓN DEL FUEGO A 120 s. 35

TABLA XIII RESULTADOS DE LA GaK SOMETIDAS A LA ACCIÓN DEL FUEGO A 120 s 36

TABLA XIV RESULTADOS DE LA TEMPERATURA MÁXIMA DE LA GaK A 30s..... 37

TABLA XV RESULTADOS DE LA TEMPERATURA MÁXIMA DE LA GaK A 120s..... 38

TABLA XVI RESULTADOS DE LA DISTANCIA DE PROPAGACIÓN VERTICAL (FS). 41

TABLA XVII RESUMEN DE LA CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES ENSAYADOS SEGÚN EN 13501-1..... 42

TABLA XVIII ÍNDICE DE CARBONIZACIÓN DE LA GAK. 43

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: CÁMARA TERMODINÁMICA 52

ANEXO 2: PROPAGACIÓN VERTICAL DE LA LLAMA DE GaK. 55

ANEXO 3 INFORMES DEL ENSAYO DE FLAMABILIDAD, LIM – UTA 59

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

A	Promedio del área transversal medida en mm^2
CH	Contenido de humedad
CT	Conductividad térmica [%]
DI	Distancia de Ignición [m]
Fig.	Figura
F_{ult}	Carga máxima en N
g	Gramo
GaK	Caña Guadua Angustifolia Kunth
g/m^2	Gramo sobre metro cuadrado
IC	Índice de Carbonización %
IF	Índice de inflamabilidad [m/s]
INBAR	Red Internacional del Bambú y el Ratán
m	Metro
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca
Mi	Masa Inicial
MIDUVI	Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda
Mf	Masa Final
mm	Milímetros
mm^3	Milímetro cubico
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
NTC	Norma Técnica Colombiana
P1	Peso inicial de la muestra en estado natural en g
P2	Peso final de la muestra seca al horno en g
s	Segundo
Tf	Temperatura Final [°C]
Ti	Temperatura Inicial [°C]
tI	Tiempo de Ignición [s]
V	Volumen de la pieza en mm^3
°C	Grado centígrado
ρ	Masa por el volumen $\frac{kg}{m^3}$
m/s	metro sobre segundo
σ_{ult}	Esfuerzo último de tensión en MPa

RESUMEN EJECUTIVO

El uso de diversos materiales en la construcción de viviendas ha impulsado la necesidad de estudiar su comportamiento frente a eventos que pueden causar daños significativos a las estructuras, con el objetivo de prevenir desastres, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal caracterizar el comportamiento frente al fuego de paneles de caña guadua (Guadua Angustifolia Kunth) utilizados en construcciones ligeras en la costa ecuatoriana.

A través de una metodología experimental, la primera fase determinó las propiedades físicas y mecánicas del material, además, la segunda fase se enfocó en la norma NTE INEN-ISO 11925-2 sometiendo un total de 24 muestras a la acción directa de una llama. Estas muestras, cortadas en orientación longitudinal y transversal, fueron evaluadas tanto en el borde como en la superficie, bajo dos tiempos de exposición a la llama en 30 segundos, conforme a la norma y 120 segundos por criterio experimental. Finalmente, en la tercera etapa se calcularon los índices de inflamabilidad y carbonización a partir de los datos obtenidos. Los resultados indicaron que los paneles de caña guadua poseen una densidad promedio de 741,211 kilogramos por metro cubico y un contenido de humedad del 14,9 por ciento, cumpliendo con los requisitos básicos para su uso en aplicaciones de baja exigencia estructural. En cuanto a propiedades mecánicas, se determinó un esfuerzo de tracción de 90,2 mega pascales, compresión de 33,92 mega pascales y flexión de 47,21 mega pascales. Los ensayos de inflamabilidad demostraron que el material presenta un comportamiento favorable frente a llamas pequeñas en condiciones controladas, con un índice de carbonización promedio del 3.1 por ciento y una clasificación de contribución limitada al fuego (clase ¨D¨ según EN 13501-1). Aunque no se realizaron pruebas experimentales directas con retardantes de llama, como el octaborato de sodio tetrahidratado, la literatura revisada indica que su aplicación podría mejorar significativamente la resistencia de la caña guadua frente al fuego. Este aspecto debería investigarse en futuros estudios para determinar su eficiencia en aplicaciones constructivas.

En conclusión, la caña guadua se presenta como una alternativa sostenible y viable para la construcción en contextos de baja exigencia estructural, siempre que se implementen tratamientos preventivos y se cumplan normativas específicas. Se recomienda fomentar investigaciones adicionales, capacitar a profesionales del sector y promover estrategias de manejo sostenible de este curso renovable.

Palabras clave: NTE INEN ISO 11925-2, caña guadua, reacción al fuego, propiedades físicas y mecánicas

ABSTRACT

The use of various materials in the construction of houses has driven the need to study their behavior against events that can cause significant damage to structures, with the aim of preventing disasters. The main objective of this research work was to characterize the fire behavior of guadua cane panels (Guadua Angustifolia Kunth) used in light constructions on the Ecuadorian coast.

Through an experimental methodology, the first phase determined the physical and mechanical properties of the material. In addition, the second phase focused on the NTE INEN-ISO 11925-2 standard, subjecting a total of 24 samples to the direct action of a flame. These samples, cut in longitudinal and transverse orientation, were evaluated both at the edge and on the surface, under two flame exposure times of 30 seconds, according to the standard and 120 seconds by experimental criteria. Finally, in the third stage, the flammability and carbonization indices were calculated from the data obtained. The results indicated that the guadua cane panels have an average density of 741.211 kilograms per cubic meter and a moisture content of 14.9 percent, meeting the basic requirements for use in low structural demand applications. In terms of mechanical properties, a tensile stress of 90.2 mega pascals, compression of 33.92 mega pascals and bending of 47.21 mega pascals were determined. Flammability tests demonstrated that the material exhibits favorable behavior against small flames under controlled conditions, with an average carbonization index of 3.1 percent and a limited contribution to fire classification (class "D" according to EN 13501-1). Although direct experimental tests were not performed with flame retardants, such as sodium octaborate tetrahydrate, the literature reviewed indicates that its application could significantly improve the fire resistance of guadua cane. This aspect should be investigated in future studies to determine its efficiency in construction applications.

In conclusion, guadua cane is presented as a sustainable and viable alternative for construction in contexts of low structural demand, provided that preventive treatments are implemented and specific regulations are met. It is recommended to promote additional research, train professionals in the sector and promote sustainable management strategies for this renewable course.

Keywords: NTE INEN ISO 11925-2, guadua cane, reaction to fire, physical and mechanical properties

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

I. JUSTIFICACIÓN

En Ecuador, la construcción de viviendas se la realiza con una variedad de materiales, tales como hormigón, acero, perfiles metálicos, madera, aluminio, entre otros. Por lo cual, a lo largo de los años los diferentes eventos naturales han ocasionado daños significativos a las diversas estructuras, evidenciando que las practicas constructivas del país se basan en métodos estandarizados siendo necesario empezar a realizar construcciones de manera técnica, segura y fundamentada [1].

En este contexto los profesionales que están relacionados con la construcción han buscado alternativas que no afecten al medio ambiente, la economía y la restauración de materia prima. Uno de estos materiales es la Caña Guadua Angustifolia Kunth (GaK) utilizada ya hace muchos años por nuestros antepasados para la edificación de viviendas por su durabilidad y resistencia lo que convierte a la GaK en una opción atractiva para el desarrollo de edificaciones más sostenibles y ecológicas [1].

En la actualidad dado los estudios realizados a la población y la vulnerabilidad de la región costa del Ecuador, específicamente en la ciudad de Guayaquil, se entablo un proyecto desarrollado por la Fundación Hogar de Cristo, cuya iniciativa tiene el objetivo de hacer viviendas sociales accesibles, de bajo precio, duraderas y de rápida construcción que restituya el derecho de tener un hogar digno y seguro [2]

Las primeras construcciones se otorgaron a crédito en el año 1972, año en la que se construyeron 110 viviendas, hoy en día se producen más de 60 casas diarias. Desde su fundación hasta el año 2023 esta fundación ha construido aproximadamente 200.000 viviendas principalmente de bambú y madera [2].

Es fundamental mencionar que la Gak posee las propiedades físicas necesarias para su ejecución en la construcción, tales como densidad, porosidad, permeabilidad y resistencia al fuego. A pesar de sus ventajas significativas, los estudios frente al fuego en el contexto ecuatoriano son escasos, la falta de información técnica y científica sobre este aspecto ha limitado su aceptación.

El presente trabajo se justificó por la necesidad de comprender las propiedades combustibles de los paneles de Caña Guadua Angustifolia Kunth, utilizados cotidianamente para la construcción de viviendas en la costa ecuatoriana, con el fin de proponer recomendaciones técnicas que reduzcan el riesgo de incendios. Este estudio contribuyó con información para fortalecer la seguridad de la sociedad, salvaguardando vidas, así como promoviendo la conservación y el uso responsable de este recurso natural renovable y tradicional.

II. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

La Caña Guadua Angustifolia Kunth (GaK) es un bambú leñoso considerado como el tercer bambú más alto del mundo encontrándose entre las 20 mejores especies de bambú del planeta, por ser una planta multiusos ha sido el material más usado desde la época precolombina. En la región costa durante y después del considerado Fenómeno del Niño es común la construcción de viviendas tradicionales tipo social [3].

La caña guadua se constituye de fibras naturales fuertes las que facilitan la elaboración de diversos productos constructivos como aglomerados, pisos, paneles e incluso papel. Cabe agregar que sus propiedades estructurales como la relación resistencia / peso y la capacidad de absorber energía permite flexibilidad y resistencia haciéndolo un material de construcción sismo-resistente ideal para edificaciones de viviendas sostenibles y de bajo costo. Sin embargo, los estudios de vulnerabilidad frente al cambio climático son a gran escala, aunque su comportamiento frente al fuego es un campo que requiere una mayor investigación para garantizar la seguridad en su uso [3].

En su revisión, [4] informó sobre la durabilidad y las propiedades estructurales del bambú, específicamente la caña guadua angustifolia. En el documento se mencionó que el bambú ha sido utilizado tradicionalmente en la construcción de viviendas en la costa ecuatoriana y si el diseño y construcción son adecuados se encuentra viable para estructuras sismo resistente, la referencia a la durabilidad y la resistencia de las estructuras de bambú sugiere que hay un potencial investigador de cómo estas propiedades pueden influir en la resistencia al fuego. Además, se citó la importancia de conocer las buenas prácticas en la construcción de viviendas de bambú, lo que podría incluir consideraciones sobre la protección contra el fuego y la selección de técnicas de construcción que minimicen el riesgo de incendio.

En cuanto a, [5] en su investigación aludió que la construcción de viviendas unifamiliares utilizando Gak ha cobrado relevancia en Ecuador, especialmente en la provincia de Manabí donde este material se produce en abundancia. El estudio destacó que la bioconstrucción con caña guadua no solo responde a la demanda de vivienda, sino que también promueve la sostenibilidad y el desarrollo local, al reducir la huella ecológica de la industria de la construcción. Sin embargo, a pesar de sus ventajas estructurales y ecológicas, es fundamental investigar a profundidad este material frente a diversos riesgos, la necesidad de capacitar a las comunidades sobre el manejo sostenible de la caña y su cadena productiva se ha identificado como un aspecto crucial para garantizar la seguridad y la eficacia en la construcción.

Así pues, [2] mencionó que, en Ecuador el déficit habitacional ha sido un problema persistente durante más de cuatro décadas, afectando a gran parte de la población, en especial a las zonas vulnerables de la costa ecuatoriana. Según un estudio realizado por la Fundación Hogar de Cristo, la falta de acceso a una vivienda digna se relaciona directamente con el desempleo y bajos ingresos, lo que limita a las familias a derechos fundamentales como la salud, educación y vivienda. La construcción de viviendas en la región costa ha enfrentado desafíos significativos, en relación con la seguridad y sostenibilidad de los materiales utilizado. La caña guadua conocida por su resistencia y propiedades estructurales, se ha convertido en el material popular en la edificación de estas viviendas populares, aunque se debe evaluar la vulnerabilidad ante incendios para garantizar la seguridad de los habitantes en estas construcciones.

Del mismo modo, en [6] proporcionó información de la importancia del bambú, específicamente de la caña guadua destacando su relevancia en la sociedad, economía y medio ambiente, dando a conocer que este material es un recurso significativo en Ecuador con demanda interna potencial de más de 103 millones de cañas por año. Su desarrollo sostenible puede ser clave en la lucha contra la pobreza rural y la mitigación del cambio climático. Estudiar su índice de inflamabilidad y carbonización en materiales de caña guadua es relevante para comprender su comportamiento en aplicaciones constructivas y ambientales.

Al igual que, [7] donde se publicó sobre las propiedades de la Gak como material de construcción. Según la investigación la caña guadua es un material de alta resistencia muy utilizado en la construcción de viviendas, aunque presenta vulnerabilidad hablando ya de preservación y resistencia a factores ambientales como insectos y hongos.

Además, mencionó el uso de técnicas de conservación, como lo es la inmersión en solución de ácido bórico de bórax el cual ayuda a extender la vida útil de la caña guadua mejorando sus propiedades físico- mecánicas. Sin embargo, el uso de productos químicos ha preocupado al impacto ambiental, sugiriendo así la necesidad de investigar métodos de prevención sostenibles que puedan influir también en su resistencia al fuego [7].

También, [8] en su investigación se centró en las propiedades físico-mecánicas de la caña guadua de las muestras obtenidas de guaduales pertenecientes a los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen ubicadas en la provincia de Manabí- Ecuador. Aquí, se realizaron ensayos para determinar propiedades como compresión, tensión, cortante y flexión, así como el contenido de humedad, resistencia y módulo de elasticidad, siguiendo los lineamientos de la NTC 5525 los resultados arrojados en los ensayos comprueban que la resistencia y módulo de elasticidad varían por las condiciones edafoclimáticas. Este estudio buscó establecer criterios

ingenieriles para el aprovechamiento sostenible de la guadua, promoviendo su uso en la construcción.

De manera similar, en [9] realizaron una revisión exhaustiva sobre las propiedades mecánicas de la caña guadua, utilizada en construcción donde manifestaron la vulnerabilidad a la humedad, lo que afecta su durabilidad y resistencia. Es crucial secarla hasta un contenido de humedad del 12% para garantizar su idoneidad, sin embargo, existen condiciones medioambientales no aptas donde se encuentran las construcciones ubicando el valor por encima del contenido de humedad, teniendo en cuenta el reajuste de valores considerado en la Norma Técnica de construcción en caña guadua (2016). Comparado con el hormigón armado, el bambú es ligero, sismo resistente y eco amigable, analizando una ventaja significativa de fácil y rápida construcción, además de su bajo coste, aunque se debe considerar su comportamiento por su baja resistencia al fuego y su alta combustibilidad.

Por otra parte, [10] en su estudio sobre el desempeño al fuego de estructuras de bambú, Avellaneda y Montón. Han investigado el comportamiento al fuego de la especie Guadua angustifolia, destacando la influencia de la humedad, la microestructura y la impregnación de una sustancia química retardante de llama realizadas a muestras cortadas en forma transversal y longitudinal. Se observó que las zonas con alto contenido en silicio de las caras externas de la caña presentan mayor resistencia a la combustión. La impregnación con retardante de octaborato de sodio tetrahidratado mostró mejoras significativas en la resistencia al fuego del bambú, creando una capa que aísla el material combustible e impide el acceso del oxígeno, lo que puede ser relevante para estudios de inflamabilidad y carbonización en la caña Guadua.

Así mismo, [11] mencionó la necesidad de caracterizar el comportamiento del bambú frente al fuego para su uso en estructuras más complejas. En el documento se indicó que, antes de que el bambú pueda ser utilizado en aplicaciones donde las consideraciones de seguridad contra incendios son críticas, es fundamental comprender su rendimiento frente al fuego, incluyendo los mecanismos de fallo inducidos por el fuego y el comportamiento térmico y de combustión del material.

El desarrollo de nuevas herramientas para construir estructuras contra incendios seguras parte de la comprensión de las características propias del bambú permitiendo a los profesionales el diseño con los datos e información real para los distintos escenarios de incendio, estos datos ayudan a preservar vidas contando con el tiempo óptimo para la salida de los ocupantes. El documento busca incentivar a los investigadores a crear normas técnicas enfocadas exclusivamente a los diversos tipos de caña guadua con la finalidad de salvaguardar vidas y tener la seguridad en las construcciones [11].

Además, [12] manifestó que, en el contexto de Ecuador, la creación del código NEC-SE-GUADUA en 2017 por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) marcó un hito significativo en la regularización de la caña guadua como material de construcción. Este código se desarrolló tomando como referencias normativas internacionales como la Norma Técnica E 100 Bambú de Perú y el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), bajo el aval de la Organización Internacional del Bambú y el Ratán (INBAR). Este tipo de iniciativas normativas ha facilitado el uso de la guadua en proyectos arquitectónicos, garantizando seguridad y promoviendo la investigación en sus propiedades estructurales y comportamientos frente a factores como el fuego, la humedad y otros agentes biológicos.

Por una parte, en [13], detalló que la región costa de Ecuador, se caracteriza por su clima seco y árido enfrentando desafíos en la construcción de viviendas económicas y confortables debido a la variabilidad climática y el bajo poder adquisitivo de sus habitantes. La utilización de fibras y materiales orgánicos en la construcción ha demostrado un gran potencial para mejorar la eficiencia energética y la sostenibilidad de la zona, en diversos estudios se mencionó la importancia de integrar recursos naturales locales, como caña guadua en los diseños arquitectónicos lo que promueve practicas constructivas responsables. Esta investigación se centró en identificar zonas con condiciones climáticas que requieran sistemas constructivos con aislamiento térmico.

Del mismo modo, [14]determinó las propiedades térmicas en materiales tradicionales en construcción, para determinar así el acondicionamiento en construcciones de adobe y caña guadua con el uso de un software que facilitó la simulación del comportamiento estructural. El fin de su evaluación es el desempeño térmico, dando un porcentaje favorable de satisfacción ante estos materiales tradicionales los cuales menciona podrían remplazar en términos de confort fácilmente a los convencionales con un 94.23% para el adobe en la Sierra y un 41.29% para la caña guadua en la costa.

Los estudios mencionados anteriormente han proporcionado una base sólida para la comprensión de las propiedades físicas y mecánicas del bambú guadua y sus desafíos en términos de inflamabilidad. Sin embargo, descubrió una clara necesidad de investigaciones más específicas que aborden el comportamiento al fuego de los paneles de caña guadua utilizados en las viviendas tradicionales de la costa ecuatoriana. La presente investigación se enfocó en llenar este vacío, proporcionando datos cruciales que permitirán mejorar la seguridad de las construcciones y desarrollar técnicas de mitigación de incendios más efectivas.

III. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar el comportamiento frente al fuego de paneles de caña guadua de viviendas tradicionales en la costa ecuatoriana, mediante el ensayo de reacción al fuego de llama única.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1) Establecer las propiedades físicas y mecánicas de paneles de caña guadua utilizados en la construcción de viviendas tradicionales en la costa ecuatoriana.

2) Experimentar la inflamabilidad de los paneles de caña guadua utilizados en la construcción de viviendas tradicionales en la costa ecuatoriana.

3) Determinar la conductividad térmica, índice de inflamabilidad e índice de carbonización de paneles de caña guadua.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

Este estudio se divide en tres etapas principales, las que involucró análisis de documentación y ensayos experimentales controlados, orientados al cumplimiento favorable de los objetivos planteados en el capítulo I. En la primera etapa, se recolectaron muestras representativas de caña guadua (GaK) procedentes de la "Fundación Hogar de Cristo" ubicado en la ciudad de Guayaquil, con el fin de realizar pruebas de laboratorio siguiendo las normativas nacionales e internacionales. Inicialmente, se realizó una investigación y análisis de documentos para establecer las normas de ensayos favorables del material, con el propósito de determinar las propiedades físicas y mecánicas del material en mención estableciendo así una base que describe el comportamiento estructural.

En la segunda etapa, se llevaron a cabo ensayos experimentales de inflamabilidad de este producto de construcción sometido a la acción directa de llama única, según la normativa ecuatoriana NTE INEN- ISO 11925-2 [15], bajo un protocolo estandarizado que evalúo la reacción de la GaK frente al fuego.

Finalmente, la tercera etapa se centró en el cálculo del índice de inflamabilidad y carbonización a partir de los resultados obtenidos en la segunda etapa. Así mismo se realizó análisis de documentación para lograr obtener datos de las propiedades térmicas del material, obteniendo una visión integral de su comportamiento térmico y resistencia.

La combinación y cumplimiento de estas tres etapas permitió alcanzar con los objetivos propuestos del estudio, proporcionando un análisis detallado del comportamiento físico y mecánico, así como su reacción frente al fuego en la caña guadua utilizada en viviendas tradicionales.

I. EQUIPOS Y MATERIALES

En este estudio se utilizaron diversos materiales, herramientas y equipos para cumplir con los objetivos propuestos en cada una de las etapas metodológicas.

En la primera etapa, se adquirieron dos paneles laterales de caña guadua, con dimensiones de 2.40 m x 2.45 m del proveedor Fundación Hogar de Cristo. Los equipos utilizados en esta etapa incluyen: una balanza de precisión (Marca Sartorius) para pesar las probetas, un horno eléctrico para el secado de las muestras, una maquina Universal para realizar los ensayos a

tracción, una Maquina Shimadzu para ensayos de compresión y flexión, y, por ultimo un durómetro digital (Marca Shore D Durometer).

En la segunda etapa, se utilizó el material adquirido en la etapa I, se utilizó herramienta menor (Flexómetro, sierra de mano, martillo, clavos de vidrio, marcador, caladora, etc) para la realización de las probetas para cada ensayo, papel de aluminio y papel filtro para recolectar las partículas combustionadas, entre los equipos utilizados se incluye una balanza de precisión (Marca Sartorius) para pesar las probetas, una cámara de acondicionamiento (Marca Adeucarpi) para climatizar las probetas, y una cámara de combustión con campana extractora (Marca Atlas) para medir la velocidad del aire, se empleó una cámara térmica avanzada (Marca Fotric 340 Series) para medir las temperaturas alcanzadas en el ensayo, un teléfono celular para tomar fotografías y videos evidencia del ensayo, y por ultimo un cronometro digital (Marca Sper Scientific) para el registro de tiempos en el ensayo.

Finalmente, en la tercera etapa, se empleó una computadora portátil para el análisis de la información entregada por el laboratorio de los índices de inflamabilidad y carbonización, además, la búsqueda de información bibliográfica y el análisis de documentos para obtener los valores de conductividad térmica, dando así al cumplimiento de los objetivos establecidos y obteniendo resultados del material frente a su comportamiento al fuego.

II. MÉTODOS

Como se mencionó previamente, el siguiente trabajo experimental se estructuro en tres etapas, las cuales se describen a continuación:

A. ETAPA I: ESTABLECIMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE PANELES DE CAÑA GUADUA.

En la etapa inicial, se empleó, un método primario basado en la experimentación, considerando los datos estadísticos obtenidos en [16] y [17], de acuerdo con estos datos, la tasa media de crecimiento poblacional anual en los últimos años es del 1,95%, acompañado de una elevada tasa de pobreza, Además en [18] se mencionó que la caña guadua en Ecuador crece de manera silvestre, lo que facilita su uso en la construcción de viviendas al reducir considerablemente su costo.

Como resultado, en [19] se obtiene información estadística del censo realizado en el año 2022 donde el 0.93% de 5.062.650 viviendas son construidas con paredes de panel fabricado

de caña guadua, reflejando su importante papel en la identidad nacional, especialmente en lo que respecta a las construcciones de viviendas tradicionales y ancestrales. Por esta razón, se justificó la elección de este material, dado a su alto nivel de demanda y uso.

1) Preparación de las muestras.

Con el material establecido, se procedió a la adquisición de los paneles de caña guadua en La Fundación Hogar de Cristo, ubicado en la ciudad de Guayaquil Fig. 1. Sin embargo, se desconoce información detallada sobre su origen, ya que los paneles se encuentran cortados y procesados en diferentes dimensiones y estructura. Se seleccionaron al azar dos paneles laterales de 2.40 m x 2.45 m para la elaboración de muestras destinadas a los ensayos.



Fig. 1 Fábrica de panes de GaK de la Fundación Hogar de Cristo ubicado en Guayaquil-Ecuador.

A partir del método experimental, se realizó un trabajo empírico basado en la norma UNE ISO – 22157 (2024) en conjunto a la Norma NTC 5525, con las cuales se determinó las propiedades físicas y mecánicas de la Gak, con ensayos de laboratorio tales como pruebas de contenido de humedad, densidad, tracción, compresión y flexión en muestras de bambú.

2) Determinación de las propiedades físicas

a) Contenido de humedad.

La humedad es una propiedad fundamental para evaluarse, ya que impacta directamente en el comportamiento mecánico de la GaK. Este parámetro se expresa como el porcentaje resultante de la relación entre la masa de agua presente en la pieza y su masa en estado seco. Factores como el clima, la altura y la edad del cumulo influye significativamente en su contenido de humedad [20].

Para determinar este contenido, las muestras se analizaron inmediatamente después de cada prueba mecánica, siendo el número de muestras igual al de los ensayos ejecutados. Las muestras de forma prismática, deben tener dimensiones aproximadas de 25 mm de ancho, 25 mm de alto y un grosor equivalente a 8mm lo que corresponde a la pared del culmo. Estas se pesaron con una precisión de 0.1 g antes de ser sometidas el secado en horno a una temperatura constante de 101 a 105 °C por un periodo de 24 horas Fig. 2. Finalmente se realizó un análisis para verificar los pesos obtenidos tras el secado.



Fig. 2 Proceso realizado para la obtención del contenido de humedad.

El porcentaje de contenido de humedad se lo obtuvo con la siguiente formula:

$$CH = \frac{(P_1 - P_2)}{P_2} * 100 \qquad (1)$$

Donde:

CH= Contenido de humedad en porcentaje %.

P1= Peso inicial de la muestra en estado natural en g.

P2= Peso final de la muestra seca al horno en g.

b) Densidad

La determinación de la masa por volumen se realizó según lineamientos establecidos en la norma NTC 5525 [20]. El procedimiento inició con la recolección de muestras cercanas a las zonas de falla, asegurándose de pesar cada una con precisión de 0.1 gramos. Para el cálculo del volumen se realizaron mediciones directas de sus dimensiones, mediante el método de Arquímedes. La densidad se definió como la relación entre la masa seca por la unidad de volumen de cada probeta y se la obtiene con la siguiente ecuación:

$$\rho = (\frac{m}{V}) * 10^3 \quad (2)$$

Donde:

ρ= Masa por el volumen $\frac{kg}{m^3}$

m= Masa de la pieza en gramos

V= Volumen de la pieza en mL

10^3= Factor de corrección de unidades.

3) *Determinación de las propiedades mecánicas*

a) Tracción

La resistencia a la tracción es una propiedad esencial que determina la capacidad de la GaK para soportar esfuerzos en tensión antes de alcanzar su punto de falla. Este parámetro se evalúo aplicando gradualmente cargas crecientes mediante el uso de una Maquina Universal de ensayos, conforme a las especificaciones de la NTC 5525[20].

Para realizar el ensayo, se prepararon probetas específicas Fig. 3 para representar las condiciones estructurales del material tomadas de la parte basal, media y superior del tronco de guadua y acopladas según la norma.

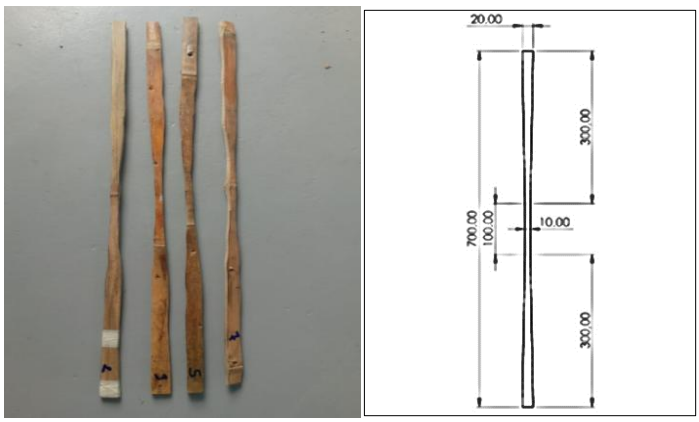


Fig. 3 Probetas para tracción en mm

La máquina universal para el ensayo Fig. 4, debe prevenir el giro longitudinal de la muestra y la fuerza ser aplicada a lo largo del eje longitudinal de la pieza, la carga aplicada continuamente a una velocidad de los cabezales de 0.01 mm/s, medida al 1% y las dimensiones de corte fueron medidas a una precisión de 0.1 milímetros.

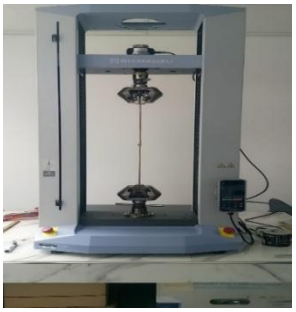


Fig. 4 Maquina Universal para ensayo de tracción, Laboratorio de Resistencia de Materiales UTA.

El esfuerzo ultimo de tensión se calcula con la siguiente formula:

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A} \quad (3)$$

Donde:

σ_{ult}= Esfuerzo último de tensión en MPa.

F_{ult}= Carga máxima en N.

A= Promedio del área transversal medida en mm^2.

El ensayo permitió identificar no solo su resistencia máxima, sino también su comportamiento elástico y plástico bajo condiciones de carga. Estos resultados son esenciales para comprender el rendimiento estructural de los paneles.

b) Compresión

La resistencia a la compresión es una propiedad critica para evaluar la capacidad de la caña guadua de soportar cargas aplicadas de manera paralela a su eje longitudinal sin fallar. Según lo estipulado en la norma NTC 5525 [20], se realizaron ensayos específicos utilizando una maquina universal de compresión equipadas con platinas Fig. 5. Este diseño garantizó una distribución uniforme de la carga sobre los extremos de las muestras. Adicionalmente, se empleó una capa intermedia entre las superficies de contacto para minimizar la fricción y evitar concentraciones de esfuerzo que pudieran afectar los resultados.



Fig. 5 Maquina Shimadzu, para ensayo de compresión, Laboratorio de Resistencia de Materiales UTA.

Los ensayos de compresión paralela al eje se llevaron a cabo en especímenes cuidadosamente seleccionados, libres de nudos, para garantizar la homogeneidad del material y reducir las variables que pudieran influir en los resultados. La longitud de cada espécimen fue igual a su diámetro externo, conforme a las especificaciones de la norma Fig. 6.



Fig. 6 Probetas para compresión.

Durante las pruebas, se aplicó una carga inicial pequeña, no superior a 1 kN, a una velocidad constante de 0.01 mm/s, lo que permitió una evaluación precisa y gradual de esfuerzo máximo soportado por las muestras.

Los esfuerzos máximos de compresión se determinaron con la fórmula:

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A} \qquad (4)$$

Donde:

σ_{ult}= Esfuerzo último de compresión en MPa (o N/mm^2)

F_{ult}= Carga máxima a la cual falla la probeta en N

A= Promedio del área transversal medida en mm^2

c) Flexión

La determinación de la capacidad de flexión de los culmos de caña se llevó a cabo mediante el ensayo a flexión de cuatro puntos, siguiendo las directrices establecidas en la norma NTC 5525 [20]. Este método permite evaluar no solo la resistencia máxima a la flexión, sino también el módulo nominal de elasticidad del material, una propiedad clave que describe su comportamiento frente a esfuerzos de deformación.

Los culmos no deben tener defectos visibles, además el espacio libre entre apoyos debe ser al menos 30*D del diámetro externo. Se determinó el valor medio del diámetro externo D y el espesor de la pared t para calcular el momento de inercia, el valor de I_B se usó para predecir el comportamiento durante el ensayo.

$$I_B = \frac{\pi}{64} * [D^4 - (D - 2t)^4] \quad (5)$$

Donde:

I_B= Momento de inercia en mm4

$\pi = 3.1416$

D= Diámetro externo de la guadua

d= Diámetro interno de la guadua

t= Espesor de la guadua D-d

El procedimiento consistió en aplicar una carga gradual en dos puntos equidistantes, situados a lo largo de la longitud del culmo entre soportes del dispositivo de ensayo Fig 7. Este sistema de cuatro puntos distribuye las cargas de manera uniforme, garantizando que el esfuerzo de flexión sea constante en la sección central del espécimen, lo que permite obtener resultados más precisos y representativos de las características del material.



Fig. 7 Ensayo a flexión con 4 puntos equidistantes.

La aplicación de la carga debe ser constante con el 1% de confiabilidad y se debe hacer uniformemente a velocidad constante. La velocidad de ensayo realizado es de 0.05 mm/s, con esto se observó la carga máxima a la cual fallo la guadua.

d) Dureza

El ensayo de dureza se realizó conforme a la Norma ISO 868 [21], utilizando un durómetro digital (Marca Shore D) [22], para determinar la dureza por penetración se seleccionó la muestra, asegurándonos que sea plana y uniforme, con un espesor mínimo de 6mm, como lo estipula la norma. Primero, se coloca la muestra sobre una superficie dura, horizontal y plana, segundo se aplica el penetrador sobre el primer punto asegurándonos que permanezca paralelo a la superficie y se tomó la lectura al instante para una lectura inmediata, se realizaron 5 mediciones en diferentes puntos de la probeta, las cuales se separaron por lo menos 6 mm entre sí Fig. 8, y se calculó el valor promedio.



Fig. 8 Probeta con las 5 mediciones utilizando el durómetro digital Shore D.

Este procedimiento permite evaluar la resistencia del material a la penetración, proporcionando datos precisos sobre su dureza, que son esenciales para determinar si idoneidad en aplicaciones constructivas.

B. ETAPA II: EXPERIMENTACIÓN DE LA INFLAMABILIDAD DE LOS PANELES DE CAÑA GUADUA

En esta segunda etapa, se utiliza el método primario experimental en base a la norma NTE INEN-ISO 11925-2 [15], mediante ensayos a borde y superficie con probetas realizadas en forma longitudinal y transversal para lo cual se siguió el proceso descrito a continuación.

1) Preparación de muestras

A partir del suministro del material Fig. 9, establecido en la etapa I, se realizó los diferentes cortes siendo estos de manera longitudinal y transversal del panel de caña guadua descritos en la norma [15], con medidas especificadas de 90 mm x 250 mm (Fig. 10 y Fig. 11), estableciendo el número mínimo de muestras a ensayar que a la vez son 6 probetas del material, para este trabajo experimental se ocupó 24 probetas representativas con un espesor de 8mm y una variación ±2 mm.

Establecido el número de probetas mínimas se realizó 12 probetas en forma transversal y 12 de manera longitudinal, ya que el ensayo se realizó a borde y superficie con una duración de 30 segundos según indica la norma y a 120 segundos según criterio experimental.



Fig. 9 Panel de caña guadua de 2.45m x 2.40 m, proveedor Fundación Hogar de Cristo.



Fig. 10 Preparación de muestras.



Fig. 11 Especificación de las muestras.

Con la intensión de identificar cada una de las muestras destinadas para el ensayo se procedió a la codificación de cada una de ellas, la codificación fue establecida según el tiempo a ensayar, tipo de ensayo (borde, superficie), tipo de corte (longitudinal o transversal) tal como se representa en la Fig. 12 y Fig. 13.

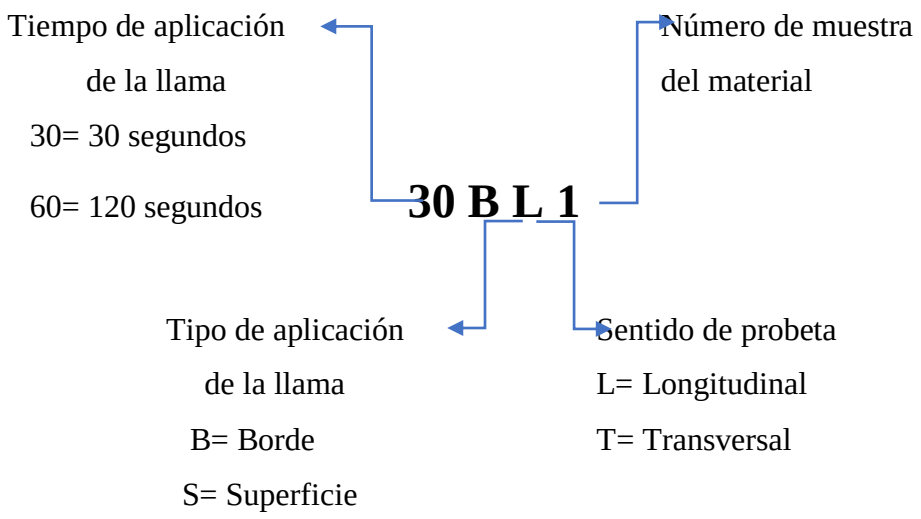


Fig. 12 Nomenclatura de la codificación de las probetas.

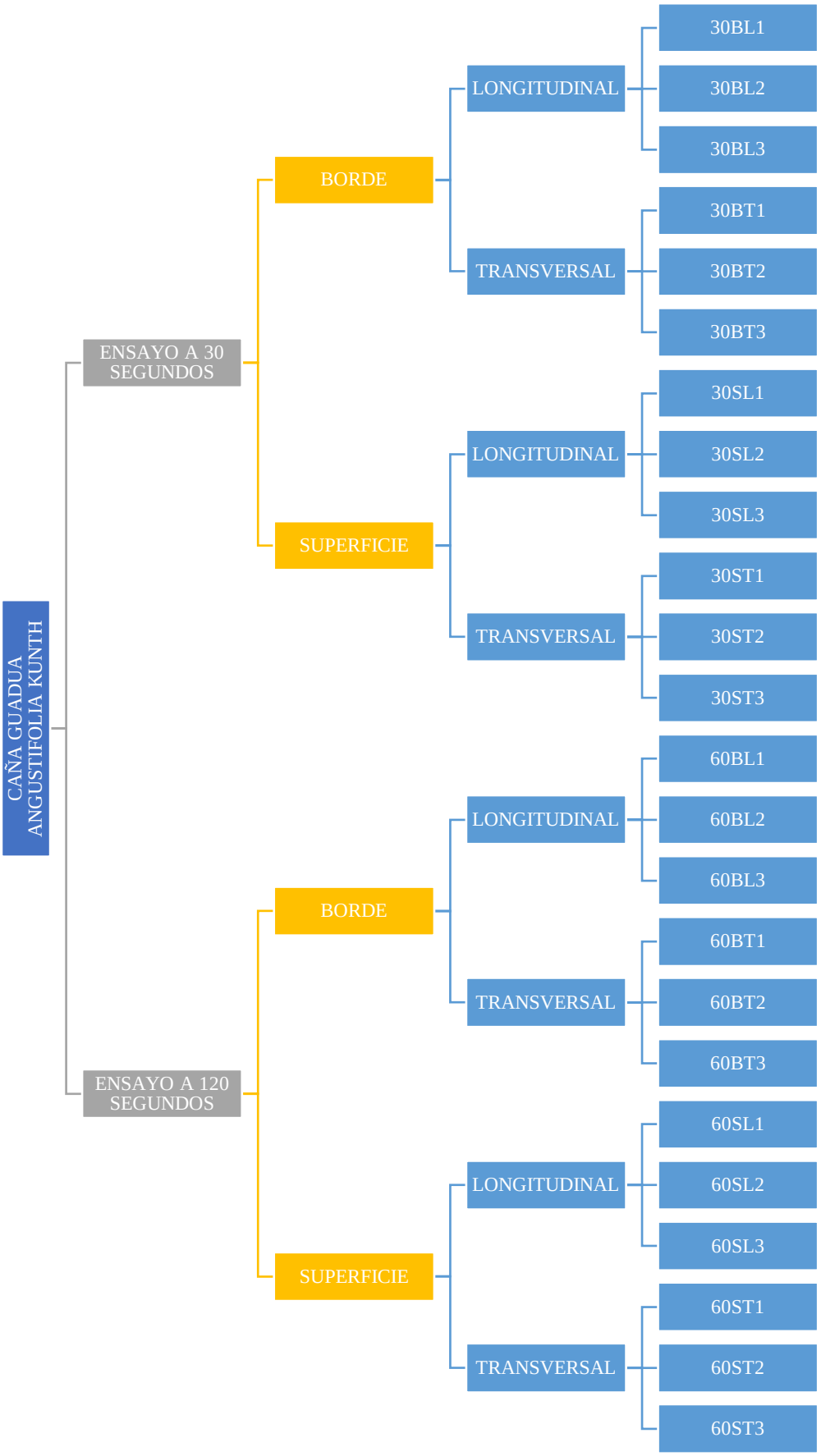


Fig. 13 Codificación de cada probeta.

Además, se marcó a cada muestra según la normativa [15], clasificándolas si el ensayo se lo realizó a borde a una altura de 150 mm y a superficie a una altura de 40 mm y a 150 mm, como se ve en la Fig. 14 y Fig. 15 respectivamente.

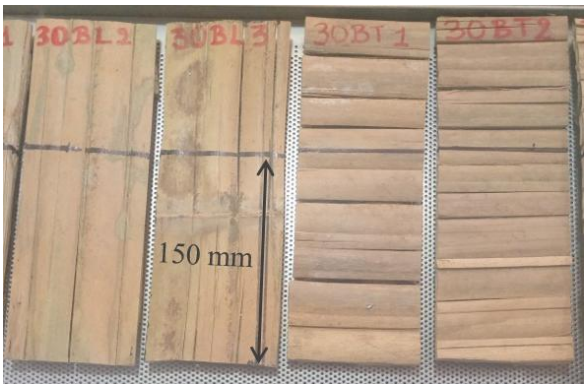


Fig. 14 Muestras longitudinales y transversales a borde marcados a 150 mm de altura

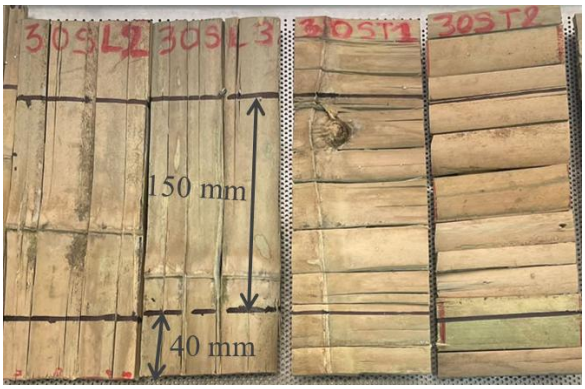


Fig. 15 Muestras longitudinales y transversales a superficie marcados a 40 mm y 150 mm de altura

2) *Acondicionamiento de las muestras.*

La norma NTE INEN-ISO 11925-2 [15], establece que el acondicionamiento de la muestra es una etapa fundamental en este ensayo, ya que asegura que las muestras se encuentren en condiciones uniformes y representativas para obtener resultados precisos y comparables, la norma [15], detalla que en un principio, las muestras deben ser pesadas tres veces consecutivas con el fin de obtener un promedio Fig. 16, antes de entrar a la cámara de acondicionamiento, se registró los valores de variación cada 24 horas a partir de su ingreso, con el propósito de obtener una masa constante a una temperatura de (23±2) °C y una humedad relativa de (50±5)%, la muestra permaneció por 72 horas en la cámara de acondicionamiento Fig. 17, hasta evidenciar que el peso de las probetas no variaba en el rango del 0.1% .



PESO INICIAL				
MUESTRAS	PESO 1	PESO 2	PESO 3	PROMEDIO
30SL1	132,85	132,85	132,85	132,85
30SL2	131,78	131,78	131,78	131,78
30SL3	140,34	140,33	140,34	140,34
30ST1	199,61	199,61	199,60	199,61
30ST2	170,56	170,56	170,56	170,56
30ST3	167,82	167,81	167,81	167,81
30BL1	122,93	122,93	122,93	122,93
30BL2	123,48	123,48	123,48	123,48
30BL 3	120,38	120,39	120,38	120,38
30BT1	162,01	162,01	162,01	162,01
30BT2	169,84	169,84	169,84	169,84
30BT3	188,41	188,41	188,41	188,41
60BL1	114,23	114,24	114,25	114,24
60BL2	114,61	114,61	114,60	114,61
60BL3	136,73	136,73	136,73	136,73
60BT1	150,35	150,37	150,36	150,36
60BT2	147,57	147,58	147,57	147,57
60BT3	183,70	183,71	183,70	183,70
60SL1	122,69	122,69	122,68	122,69
60SL2	123,91	123,90	123,90	123,90
60SL3	131,74	131,75	131,75	131,75
60ST1	158,39	158,39	158,39	158,39
60ST2	145,96	145,96	145,96	145,96
60ST3	200,44	200,43	200,44	200,44

Fig. 16 Peso y registro de las muestras antes del acondicionamiento.



Fig. 17 Muestras en la cámara de acondicionamiento.

El equilibrio higroscópico asegura que las muestras no absorban ni pierdan humedad al ser trasladadas o manipulada, lo que podría alterar su reacción ante la llama. Este equilibrio es crucial para que las pruebas de inflamabilidad reflejen los datos confiables, una vez acondicionado, el material debe mantenerse en el mismo ambiente controlado y evitar cambios bruscos de temperatura, las muestras pueden permanecer en un ambiente no controlado hasta 30 min después de salir de la cámara de acondicionamiento, asegurando que el material se evaluó en condiciones estandarizadas, representando su comportamiento real en escenarios frente a una llama pequeña.

3) Aplicación de la llama, ensayo de reacción al fuego.

Este proceso simuló cómo se comportó el material en caso de contacto directo con una llama pequeña, lo cual fue fundamental para determinar su potencial de propagación de incendios, primero, colocamos la muestra en el portabrobetas Fig.18 y verificamos que el equipo se encuentre en condiciones adecuadas, el quemador debe estar a 45° perpendicular a la muestra, la altura de la llama se ajustó a 20 mm ± 2mm misma que se verifico con la galga antes de cada

ensayo Fig. 19, para que cumpla con los requisitos de la norma, la presión del gas propano se ajustó a 20 kPa esto es según el proveedor para mantener una llama estable, además el ensayo se lo realizo en un entorno con una mínima corriente de aire presente en la cámara de combustión, donde según normativa cumplió con una velocidad entre (0.7± 0.1) m/s Fig 20.



Fig. 18 Colocando la muestra en la porta probeta y calibrando la cámara de combustión



Fig. 19 Verificación de la llama utilizando una galga



Fig. 20 Preparando la Cámara de combustión

Adicional, se colocó una bandeja de papel aluminio de (100x 50x 10) mm que en su interior contuvo un papel filtro de masa por unidad de área de (75 ±15) g/m^2 para la obtención de cualquier partícula o residuo carbonizado del ensayo con el propósito de clasificar al material.

En base a la norma las muestras fueron sometidas a la llama durante 30s, y basándonos en el análisis de los resultados de las primeras muestras el segundo tiempo a criterio experimental fue de 120s. Así mismo, se indica que el tiempo total del ensayo es de 60 s y 240 s respectivamente, para observar el comportamiento del material con y sin presencia directa de la llama.

Finalmente, con todos los parámetros establecidos se procedió a someter la muestra al fuego y con ayuda de un cronometro se verifico el tiempo de ignición tanto de las muestras a borde como a superficie Fig. 21.



Fig. 21 Muestras a borde y a superficie sometidas al ensayo.

4) Toma de datos con la cámara Térmica Avanzada.

Para la correcta toma y verificación de datos es necesario emplear equipos capacitados para obtener datos precisos, por esto fue importante emplear el uso de la cámara térmica avanzada Fig. 22 lo que permite obtener datos de temperatura máxima para los paneles de GaK.

Para esto, es necesario comprender el uso y configuración de este equipo como se indica en [23] obteniendo resultados comprensibles, la grabación con la cámara térmica está en función del tiempo del ensayo y tiene una duración de 60 s y 240 s respectivamente para cada condición, desde que la llama se encuentra en contacto con la muestra hasta la terminación del ensayo.

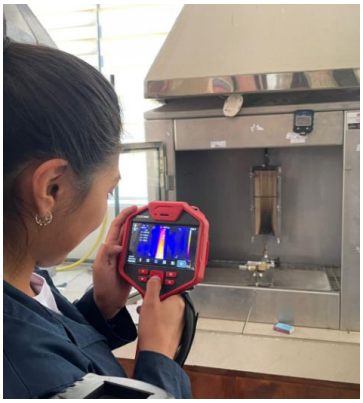


Fig. 22 Utilización de la cámara térmica.

C. ETAPA III: DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA, ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD E ÍNDICE DE CARBONIZACIÓN DE PANELES DE CAÑA GUADUA.

A través de la investigación cuantitativa y cualitativa se determinó la reacción al fuego de este material, lo que permitió establecer su comportamiento frente a una fuente de ignición.

1) Conductividad Térmica

Esta etapa se realizó mediante un método secundario de recolección de datos, donde se analizaron los documentos técnicos y literatura científica relevante para determinar los valores de conductividad térmica de la caña guadua. Este enfoque permitió recopilar datos provenientes de investigaciones previas y compararlos con parámetros estándares de otros materiales de construcción.

El análisis incluyo la revisión de estudios que evaluaron la transferencia de calor en materiales lignocelulósicos bajo condiciones de densidad, humedad y temperatura. Además, se consideraron referencias que reportan valores específicos de conductividad térmica en vatios por metro kelvin (W/m*K), contextualizando los resultados dentro del rango aceptado para aplicaciones constructivas. Este proceso fue clave para validar el desempeño térmico de la caña guadua y su potencial como material sostenible en estructuras arquitectónicas.

2) Determinación del índice de inflamabilidad.

El cálculo del índice de inflamabilidad se realizó conforme a la norma NTE INEN-ISO 11925-2 [24], la cual establece el procedimiento para evaluar la reacción al fuego de los materiales de construcción bajo la acción directa de la llama única ya establecido en la etapa II.

Los resultados obtenidos, incluyeron la altura máxima de la llama, el tiempo de propagación y la presencia de ignición o gotas inflamadas estos fueron utilizados para determinar este parámetro y lograr clasificar el material (ver TABLA I) siguiendo los parámetros en la norma EN 13501-1:2007 que se refiere a la Tabla 1 – Clases de comportamiento de reacción al fuego para productos de construcción, excluidos los revestimientos de suelo y los productos aislantes térmicos para tubos lineales, ya que dependiendo del ensayo ISO 11925-2 se puede catalogar en la clase B,C,D,E,F.

TABLA I

CARACTERISTICAS Y COMBUSTIBILIDAD DE LAS EURO CLASES

Clase	**Interpretación**
A1	No combustible. Sin contribución al fuego
A2	Poco combustible. Sin contribución al fuego
B	Combustible con contribución muy limitada al fuego
C	Combustible con contribución limitada al fuego
D	Combustible con contribución media al fuego
E	Combustible con contribución alta al fuego
F	Sin clasificar

Fuente: Clasificación de productos de construcción según UNE EN 1301-1

3) Determinación del índice de carbonización.

Después de los ensayos de inflamabilidad, se procederá a evaluar el grado de carbonización de las probetas, mediante el peso inicial de la probeta y el peso final, los resultados obtenidos permiten evaluar la capacidad del material para resistir la combustión.

$$IC: \frac{(m_i - m_f)}{m_i} * 100 \qquad (5)$$

Donde:

IC: Índice de Carbonización %

Mi: Masa Inicial

Mf: Masa Final

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

I. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se presentan y analizan los resultados obtenidos a lo largo del proceso investigativo, con base en las fases metodológicas previamente descritas. Los datos recopilados en cada etapa han sido procesados y organizados para evaluar de manera integral las propiedades físicas, mecánicas y de reacción al fuego de la GaK.

A. ETAPA I: ESTABLECIMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE PANELES DE CAÑA GUADUA.

Es importante destacar que la caña guadua, al ser un material natural anisotrópico, presenta variaciones significativas en sus propiedades físicas y mecánicas dependiendo de su orientación y composición. Estas características influyen directamente en su comportamiento frente al fuego, lo que resalta la importancia de establecer con precisión sus propiedades. En esta etapa se evaluaron los parámetros clave del material. Estos datos proporcionan una base sólida para comprender y predecir el desempeño de los paneles de guadua en condiciones de incendio.

1) Determinación de las propiedades físicas

a) Contenido de humedad.

En este apartado se presentan los resultados del análisis del contenido de humedad, donde se analizaron 12 muestras seleccionadas de los ensayos mecánicos de tracción, compresión y flexión. Estas muestras sometidas a un proceso de pesaje y secado arrojaron los resultados calculados con un nivel de confiabilidad del 1% (ver TABLA II). Este análisis es clave para comprender la influencia de la humedad en el comportamiento estructural de la GaK.

TABLA II

RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA GaK

CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA	**PESO DE GaK HUMEDA (g)**	**PESO DE GaK SECA (g)**	**CONTENIDO DE HUMEDAD (%)**	**CH PROMEDIO (%)**
P1	5,7	4,9	16,3	14,9
P2	4,1	3,5	17,1	
P3	5,4	4,5	20,0	
P4	3,4	3,0	13,3	
P5	3,3	2,8	17,9	
P6	3,4	3,0	13,3	
P7	3,1	2,6	19,2	
P8	1,9	1,7	11,8	
P9	2,9	2,6	11,5	
P10	2,1	1,9	10,5	
P11	2,2	1,9	15,8	
P12	2,0	1,8	11,1	
P13	2,4	2,1	14,3	
P14	2,9	2,5	16,0	

Interpretación: El análisis del contenido de humedad de las muestras, obtenidos con dimensiones aproximadas de 25 mm de alto, 25 mm de ancho y un grosor de pared de 8 mm± 2mm, según lo estipulado en la norma colombiana NTC 5525, permitió determinar un valor medio del 14.9%. este resultado, calculado a partir de los medios aritméticos de los valores individuales, se encuentra dentro de los rangos establecidos para materiales de construcción de caña guadua, siendo inferiores al 25% y cumpliendo con el límite máximo permisible de 30%. Este nivel de humedad es adecuado para garantizar un desempeño óptimo en aplicaciones constructivas, ya que evita problemas asociados con humedad excesiva, como deformaciones o disminución de la resistencia mecánica asegurando un comportamiento más predecible frente al fuego.

b) Densidad

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en la determinación de la densidad de los paneles de GaK (ver TABLA III), la densidad es un parámetro para evaluar el desempeño en aplicaciones constructivas. Para esto, se realizaron mediciones precisas de masa y volumen de las muestras mediante el principio de Arquímedes, garantizando la confiabilidad de los datos.

TABLA III

RESULTADOS DE DENSIDAD DE LA GaK

Densidad

Muestra	**Masa de GaK seca (g)**	**Volumen (mL)**	**Densidad (g/ml)**	**Densidad (Kg/m3)**	**Densidad promedio (Kg/m^3)**
P1	1,8	2,3	0,7826087	782,6087	741,211
P2	2,6	3,6	0,7222	722,22	
P3	1,9	2,4	0,791	791,66667	
P4	1,9	2,6	0,730	730,76923	
P5	1,8	2,5	0,720	720	
P6	2,1	3	0,700	700	

Interpretación: La densidad de los paneles de caña guadua reflejan valores consistentes con los rangos reportados. La densidad promedio se encuentra en 741.211kg/m^3, calculada como la relación entre la masa seca y el volumen de las muestras, fue determinada mediante el principio de Arquímedes. Este parámetro influenciado por la estructura celular de la GaK y su contenido de humedad, demuestra una correlación directa con las propiedades mecánicas y físicas del material.

2) Propiedades mecánicas

a) Tracción

Los resultados obtenidos en los ensayos de tracción (ver TABLA IV), son fundamentales para comprender el desempeño mecánico de los paneles de caña guadua, especialmente en aplicaciones estructurales donde la resistencia a esfuerzos paralelos a las fibras es crucial.

TABLA IV

RESULTADOS DEL ENSAYO A TRACCIÓN

Ensayo a tracción

Muestra	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**T6**	**Promedio**
Espesor (mm)	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	**8,0**
Anchura (mm)	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	**10,0**
Área (mm^2)	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	**80,0**
Carga máxima (N)	6193,15	8539,65	4021,95	5969,48	7378,82	11182,00	**7214,2**
Esfuerzo último de tensión (MPa)	77,41	106,75	50,27	74,62	92,24	139,78	**90,2**
Módulo elástico (GPa)	20,09	19,77	11,84	15,10	20,68	12,87	**16,7**

Interpretación: Los resultados obtenidos del ensayo de tracción revelan la capacidad de la GaK para resistir esfuerzos paralelos a las fibras antes de alcanzar su punto de ruptura. El esfuerzo último de tracción promedio de las muestras es de 90,2 MPa y su Módulo elástico es de 16,7 GPa estos valores se mantienen en los rangos reportados en investigaciones previas, confirmando la adecuada resistencia del material para aplicaciones estructurales.

b) *Compresión*

Este ensayo permitió comprender el comportamiento mecánico de la caña guadua bajo cargas axiales, determinando la resistencia máxima del material antes de su falla, un parámetro crítico en aplicaciones estructurales. Dado que caña guadua es un material anisotrópico, su capacidad de compresión varía en función de factores y las características específicas de cada muestra. A continuación de presentan los resultados obtenidos (ver TABLA V), considerando la importancia de esta propiedad en la estabilidad estructural.

TABLA V

RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN

Ensayo a compresión

Muestra	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**	**Promedio**
Diámetro exterior (D) (mm)	81,26	80,00	86,00	84,48	86,77	78,64	**82,86**
Diámetro interior (d) (mm)	61,67	60,00	70,00	72,12	71,19	64,70	**66,61**
Área (mm2)	2199,11	2199,11	1960,35	1520,20	1932,88	1569,35	**1896,83**
Longitud (mm)	81,79	83,11	84,17	87,17	88,52	136,38	**93,52**
Fuerza (N)	78995,10	71340,20	64696,60	64377,80	64471,20	41471,80	**64225,45**
Esfuerzo máximo (MPa)	35,92	32,44	33,00	42,35	33,36	26,43	**33,92**

Interpretación: El promedio de la fuerza máxima registrada durante los ensayos fue de 64,22545 kN, con un esfuerzo máximo de 33,92 MPa. Estos resultados destacan la notable capacidad de la caña guadua para soportar fuerzas considerables antes de alcanzar el punto de falla estructural, lo que resalta su potencial como material de construcción. Los valores obtenidos de tensión y deformación máxima proporcionaran información valiosa para comprender el comportamiento mecánico de la caña bajo condiciones de carga axial, permitiendo evaluar su idoneidad en aplicaciones estructurales.

c) Flexión

Este ensayo, basado en el método de carga en cuatro puntos, permitió evaluar el comportamiento mecánico de la caña al someterla a cargas distribuidas sobre una distancia media entre los soportes del dispositivo de prueba. Los datos obtenidos son fundamentales para comprender la capacidad estructural del material, proporcionando información sobre su desempeño frente a esfuerzos de flexión (ver TABLA VI), aspectos esenciales para garantizar la seguridad y eficiencia estructural.

TABLA VI

RESULTADOS DEL ENSAYO A FLEXIÓN

Ensayo a flexión

Muestra	**Unidad**	**P1**	**P2**	**Promedio**
Diámetro externo (d)	mm	76,000	82,000	**79,000**
Diámetro interno (d)	mm	60,000	64,000	**62,000**
Área	mm2	1709,030	2064,031	**1886,531**
Inercia	mm4	1453681,152	1999565,568	**1726623,360**
Fuerza	N	69983,80	79526,90	**74755,350**
Esfuerzo máximo	MPa	47,1339	47,3043	**47,21914**
Desplazamiento máximo	mm	20,318	24,047	**22,1824**

Interpretación: Los resultados muestran un desempeño significativo en cuanto a su resistencia mecánica y deformación. En promedio, la fuerza máxima registrada fue de 74,755 kN, con un esfuerzo máximo alcanzado de 47,218 MPa. Además, se observó un desplazamiento máximo promedio de 22,1824 mm, acompañado de una deformación media del 0,84312%. Estos valores reflejan las características propias del material, destacando su capacidad de soportar cargas antes de alcanzar el punto de falla. La baja desviación estándar de los resultados indica una distribución uniforme y consistente en el comportamiento de las muestras ensayadas.

d) Dureza

Se presentan los resultados obtenidos del ensayo de dureza realizado a las probetas de GaK con la utilización de un durómetro digital. Este ensayo permitió evaluar la resistencia del material frente a la penetración, un parámetro clave para determinar su desempeño en aplicaciones estructurales. Los valores obtenidos se resumen en esta sección (ver TABLA VII), destacando las variaciones de la dureza en función de las características físicas y mecánicas del material. Estos resultados son fundamentales para comprender su calidad y comportamiento.

TABLA VII

RESULTADOS DEL ENSAYO DEL DUROMETRO

N° de muestras	Shore D
1	90,5
2	87,5
3	87,5
4	87,5
5	92,5
Promedio	**89,1**

Interpretación: El valor promedio de dureza obtenido es de 89.1 Shore D, indica que la caña guadua presenta una alta resistencia superficial comparable a materiales rígidos como ciertos polímeros o maderas densas. Este resultado sugiere que el material es adecuado para aplicaciones donde se requiere resistencia al rayado, al desgaste y a impactos, lo que refuerza su utilidad como recurso estructural en la construcción. La baja variabilidad observada en las mediciones refleja una buena homogeneidad en las propiedades del material, lo que asegura su desempeño consistente en diferentes usos.

Por último, se presenta un resumen de los datos obtenidos de las propiedades físicas y mecánicas de los ensayos realizados. Los resultados (ver TABLA VIII), reflejan el desempeño notable del material, destacando su alta resistencia mecánica, estas características posicionan a la caña guadua como un recurso competitivo y sostenible en aplicaciones constructivas, especialmente en estructuras que requieren resistencia y durabilidad. Los resultados proporcionan una visión general que facilita la comparación de los valores obtenidos con rangos típicos reportados en investigaciones previas.

TABLA VIII

TABLA DE RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

Propiedades de la Caña Guadua (GaK)

Humedad	14.9%
Densidad	741.211 Kg/m^3
Espesor	8 mm
Tracción	90.2 MPa
Compresión	33.92 MPa
Flexión	47.21 MPa
Módulo elástico	16.7 GPa
Dureza	89.1 Shore D

B. FASE II: EXPERIMENTACIÓN DE LA INFLAMABILIDAD DE LOS PANELES DE CAÑA GUADUA.

En esta segunda etapa, se llevó a cabo el ensayo de reacción al fuego siguiendo lineamientos establecidos por la norma NTE INEN- ISO 11925-2, que evalúa la inflamabilidad de los productos de construcción al ser sometidos a la acción directa de una llama única, este ensayo tiene como objetivo analizar y discutir la facilidad con la que un material puede inflamarse, particularmente durante las etapas iniciales de un incendio. A partir de los resultados obtenidos, se examinan las condiciones que influyen en el comportamiento del material, incluyendo su capacidad para resistir la ignición en un tiempo de exposición de 30 segundos y 120 segundos.

1) Resultados del Acondicionamiento de la GaK.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante el proceso de acondicionamiento de las muestras de caña guadua. Este proceso se realizó cumpliendo con los parámetros establecidos para las dimensiones, la humedad relativa, la temperatura y la cantidad de muestras dispuestas en orientaciones longitudinales y transversales. El análisis refleja el grado de acondicionamiento alcanzado en cada muestra Fig. 23 y Fig.24, garantizando la homogeneidad necesaria para el ensayo. Los resultados obtenidos se encuentran documentados, tal como se evidencia (ver TABLA IX), y se definió de la variación de pesos de los últimos dos registros realizados a las 48 y 72 horas respectivamente.

TABLA IX

ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA DE GaK

Tipo de material : Caña guadua Gak

Espesor: 8 mm	Acondicionamiento: 72 horas
N° de muestras longitudinales: 12	Variación de peso: 0.1% o 0.1 gramo
N° de muestras transversales: 12	Dimensiones: 250 mm x 90mm
Proveedor: Fundación Hogar de Cristo	Humedad relativa: 52.60%
	Temperatura: 22.5 °C

Código de probetas	**Peso Inicial (g)**	**Peso a 24 horas (g)**	**Peso a 48 horas (g)**	**Peso a 72 horas (g)**	**Variación de peso (g)**	**Cumple % Acond.**
30SL1	132,85	132,54	132,26	132,29	0,03	Si
30SL2	131,78	131,54	131,29	131,36	0,07	Si
30SL3	140,34	140,02	139,78	139,84	0,06	Si
30ST1	199,61	197,94	197,33	197,37	0,04	Si
30ST2	170,56	169,45	168,93	168,98	0,05	Si
30ST3	167,81	167,03	166,55	166,63	0,08	Si
30BL1	122,93	122,60	122,39	122,43	0,04	Si
30BL2	123,48	123,12	122,89	122,91	0,02	Si
30BL 3	120,38	120,04	119,77	119,82	0,05	Si
30BT1	162,01	161,03	160,53	160,54	0,01	Si
30BT2	169,84	167,96	167,30	167,30	0,00	Si
30BT3	188,41	187,14	186,53	186,56	0,03	Si
60SL1	122,69	121,92	122,10	122,10	0,00	Si
60SL2	123,90	123,11	123,35	123,36	0,01	Si
60SL3	131,75	131,04	131,27	131,30	0,03	Si
60ST1	158,39	157,28	157,59	157,63	0,04	Si
60ST2	145,96	145,09	145,41	145,44	0,03	Si
60ST3	200,44	199,46	199,80	199,84	0,04	Si
60BL1	114,24	113,73	113,91	113,93	0,02	Si
60BL2	114,61	114,02	114,19	114,21	0,02	Si
60BL3	136,73	135,99	136,16	136,19	0,03	Si
60BT1	150,36	149,75	150,00	150,05	0,05	Si
60BT2	147,57	146,86	147,10	147,13	0,03	Si
60BT3	183,70	182,61	182,89	182,91	0,02	Si



Fig. 23 Muestras acondicionadas para ensayos a superficie.



Fig. 24 Muestras acondicionadas para ensayos a borde.

Interpretación: Los resultados de acondicionamiento en las 24 muestras de caña guadua están cumpliendo con el rango de variación de peso establecido ya que la diferencia se encuentra alrededor del 0.1%, establecido en la normativa NTE INEN ISO 11925-2, donde además indica los parámetros que se establecieron para el correcto proceso con una humedad relativa de 52.60% y una temperatura de 22.5°C. Este proceso se lo realizo por 72 horas, en intervalos de 24 h obteniendo los pesos mencionados en la TABLA IX.

2) Resultados del Ensayo de Reacción al Fuego de la GaK

Una vez que las muestras estuvieron acondicionadas, se procedió a realizar el ensayo de reacción al fuego. Los resultados obtenidos se presentan en (ver TABLA X, XI) para un tiempo de exposición de 30 s, y en (ver TABLA XII y XIII) para el ensayo a fuego realizado a 120s. además se muestra en las Fig. 25,26,27 y 28 las probetas después de someterlas al fuego en sus tiempos de exposición respectivos.

TABLA X

RESULTADOS DE LA GaK SOMETIDAS A LA ACCIÓN DEL FUEGO A 30 s

Autor: ***Valeria Jiménez Tenorio*** Tutor: **Ing. Eduardo Paredes PhD.**

Tipo de Material:	Caña Guadua
Espesor: 8 mm	**Normativa:** NTE INEN ISO 11925-2
N° Muestras Longitudinales: *3*	**Aplicación de llama según norma:** 15 o 30 s
N° Muestras Transversales: *3*	**Aplicación de llama :** 30 s
Dimensiones de muestra: *250 mm x 90 mm*	**Duración total del ensayo:** 60 s
Aplicación de la llama: *Superficie*	**Acondicionamiento:** 72 horas

ENSAYO DE REACCIÓN AL FUEGO (FLAMABILIDAD)

Código de la probeta	**Peso antes del ensayo**	**Produce ignición**	**La llama alcanza los 150 mm**	**Tiempo que alcance los 150 mm**	**Presentación de partículas en el papel filtro**	**Peso después del ensayo**
	Gramos [g]	**30 [s]**	**30 [s]**	**30[s]**	**30[s]**	**Gramos [g]**
Longitudinal						
30SL1	132,29	Si	No	0.00	No	132,28
30SL2	131,36	Si	No	0.00	No	131,36
30SL3	139,84	Si	No	0.00	No	139,82
Transversal						
30ST1	197,37	Si	No	0.00	No	197,35
30ST2	168,98	Si	No	0.00	No	168,97
30ST3	166.63	Si	No	0.00	No	166.60



Fig. 25 Ensayo de muestras a superficie realizadas a 30 s.

TABLA XI

RESULTADOS DE LA GaK SOMETIDAS A LA ACCIÓN DEL FUEGO A 30 s

Autor: ***Valeria Jiménez Tenorio*** Tutor: **Ing. Eduardo Paredes PhD.**

Tipo de Material:	Caña Guadua
Espesor: 8 mm	**Normativa:** NTE INEN ISO 11925-2
N° Muestras Longitudinales: *3*	**Aplicación de llama según norma:** 15 o 30 s
N° Muestras Transversales: *3*	**Aplicación de llama :** 30 s
Dimensiones de muestra: *250 mm x 90 mm*	**Duración total del ensayo:** 60 s
Aplicación de la llama: *Borde*	**Acondicionamiento:** 72 horas

ENSAYO DE REACCIÓN AL FUEGO (FLAMABILIDAD)

Código de la probeta	**Peso antes del ensayo**	**Produce ignición**	**La llama alcanza los 150 mm**	**Tiempo que alcance los 150 mm**	**Presentación de partículas en el papel filtro**	**Peso después del ensayo**
	Gramos [g]	**30 [s]**	**30 [s]**	**30[s]**	**30[s]**	**Gramos [g]**
Longitudinal						
30BL1	122,43	Si	No	0.00	No	122,42
30BL2	122,91	Si	No	0.00	No	122,92
30BL 3	119,82	Si	No	0.00	No	119,82
Transversal						
30BT1	160,54	Si	No	0.00	No	160,47
30BT2	167,30	Si	No	0.00	No	167,20
30BT3	186,56	Si	No	0.00	No	186,42



Fig. 26 Ensayo de muestras a borde realizadas a 30 s.

Interpretación: Los resultados obtenidos y presentados en las tablas tras la aplicación de la llama a los paneles de GaK durante 30 s, en conformidad con la normativa NTE INEN-ISO 11925-2 muestran que ninguna de las llamas alcanzó el estado de ignición ni de propagación de la llama, ni superó los 150 mm dentro del tiempo establecido. Según lo dispuesto por la norma, si el tiempo de aplicación de la llama es de 30 s, el ensayo debe prolongarse hasta los 60 s apagada la llama y verificar si alcanza la altura mencionada. En caso de combustión, se registra el tiempo en que la llama llega a esa altura; de no alcanzarlo no se anota ningún valor. Además, se verifico la ignición en el papel filtro colocado bajo las muestras, obteniendo un resultado de no propagación, ya que no se producen gotas inflamadas ni se alcanzó la combustión inicial del material. Estos resultados destacan la resistencia del material frente a condiciones iniciales de inflamabilidad.

TABLA XII

RESULTADOS DE LA GaK SOMETIDAS A LA ACCIÓN DEL FUEGO A 120 s.

Autor: ***Valeria Jiménez Tenorio*** Tutor: **Ing. Eduardo Paredes PhD.**

Tipo de Material:	Caña Guadua
Espesor: 8 mm	**Normativa:** NTE INEN ISO 11925-2
N° Muestras Longitudinales: *3*	**Aplicación de llama según norma:** 15 o 30 s
N° Muestras Transversales: *3*	**Aplicación de llama :** 120 s
Dimensiones de muestra: *250 mm x 90 mm*	**Duración total del ensayo:** 240 s
Aplicación de la llama: *Superficie*	**Acondicionamiento:** 72 horas

ENSAYO DE REACCIÓN AL FUEGO (FLAMABILIDAD)

Código de la probeta	**Peso antes del ensayo**	**Produce ignición**	**La llama alcanza los 150 mm**	**Tiempo que alcance los 150 mm**	**Presentación de partículas en el papel filtro**	**Peso después del ensayo**
	Gramos [g]	**30 [s]**	**30 [s]**	**30[s]**	**30[s]**	**Gramos [g]**
Longitudinal						
60SL1	122,10	Si	No	0.00	No	106.81
60SL2	123,36	Si	No	0.00	No	94.69
60SL3	131,30	Si	No	0.00	No	130.98
Transversal						
60ST1	157,63	Si	No	0.00	No	148.54
60ST2	145,44	Si	No	0.00	No	146.14
60ST3	199,84	Si	No	0.00	No	181.72



Fig. 27 Ensayo de muestras a superficie realizadas a 120 s.

TABLA XIII

RESULTADOS DE LA GaK SOMETIDAS A LA ACCIÓN DEL FUEGO A 120 s

Autor: ***Valeria Jiménez Tenorio*** Tutor: **Ing. Eduardo Paredes PhD.**

Tipo de Material:	**Caña Guadua**
Espesor: 8 mm	**Normativa:** NTE INEN ISO 11925-2
N° Muestras Longitudinales: *3*	**Aplicación de llama según norma:** 15 o 30 s
N° Muestras Transversales: *3*	**Aplicación de llama :** 120 s
Dimensiones de muestra: *250 mm x 90 mm*	**Duración total del ensayo:** 240 s
Aplicación de la llama: *Borde*	**Acondicionamiento:** 72 horas

ENSAYO DE REACCIÓN AL FUEGO (FLAMABILIDAD)

Código de la probeta	**Peso antes del ensayo**	**Produce ignición**	**La llama alcanza los 150 mm**	**Tiempo que alcance los 150 mm**	**Presentación de partículas en el papel filtro**	**Peso después del ensayo**
	Gramos [g]	**120 [s]**	**120 [s]**	**120[s]**	**120[s]**	**Gramos [g]**
Longitudinal						
60BL1	113,93	Si	No	0.00	No	121.5
60BL2	114,21	Si	No	0.00	No	122,47
60BL3	136,19	Si	No	0.00	No	130.31
Transversal						
60BT1	150,05	Si	No	0.00	No	156.92
60BT2	147,13	Si	No	0.00	No	144.81
60BT3	182,91	Si	No	0.00	No	199.18



Fig. 28 Ensayo de muestras a superficie realizadas a 120 s.

Interpretación: Los resultados obtenidos y presentados en las TABLAS XII Y XIII, tras la aplicación de la llama a los paneles de GaK durante 120 s, adaptándola con la normativa NTE INEN-ISO 11925-2. Muestran que ninguna de las llamas alcanzó el estado de ignición ni de propagación de la llama, ni superó los 150 mm dentro del tiempo establecido. Según lo dispuesto por la norma, si el tiempo de aplicación de la llama es de 120 s, el ensayo debe prolongarse hasta los 240 s apagada la llama y verificar si alcanza la altura mencionada. En caso de combustión, se registra el tiempo en que la llama llega a esa altura; de no alcanzarlo no se anota ningún valor. Además, se verifico la ignición en el papel filtro colocado bajo las muestras, obteniendo un resultado de no propagación, ya que no se producen gotas inflamadas ni se alcanzó la combustión inicial del material.

3) Resultados de Temperatura de la Cámara Térmica Avanzada.

Los datos obtenidos del registro de temperatura en las distintas muestras de GaK, de espesor de 8 mm, se expresan en grados centígrados y corresponden al valor máximo alcanzado en el tiempo de exposición del ensayo al fuego, registrando los valores con una cámara térnica avanzada. Estos resultados permiten identificar el punto máximo de calor y evaluar la propagación de la llama. Los valores detallados se presentan en la Tabla XIV y XV, mientras que las imágenes térmicas capturadas durante el ensayo se encuentran en el Anexo 1, proporcionando así un respaldo visual.

TABLA XIV

RESULTADOS DE LA TEMPERATURA MÁXIMA DE LA GaK A 30s

Código de probeta	**Calor máximo**	**Propagación de llama luego de la aplicación de la llama**
	°C	Si o No
30SL1	444,67	SI
30SL2	434,44	SI
30SL3	449,28	SI
30ST1	444,83	SI
30ST2	443,17	SI
30ST3	451,67	SI
30BL1	449,27	SI
30BL2	446,00	SI
30BL 3	431,89	SI
30BT1	449,61	SI
30BT2	459,56	SI
30BT3	472,11	SI

TABLA XV

RESULTADOS DE LA TEMPERATURA MÁXIMA DE LA GaK A 120s

Código de probeta	**Calor máximo**	**Propagación de llama luego de la aplicación de la llama**
60SL2	530,67	SI
60SL3	548,50	SI
60ST1	537,60	SI
60ST2	541,50	SI
60ST3	543,20	SI
60BL1	547,33	SI
60BL2	551,00	SI
60BL3	526,33	SI
60BT1	520,10	SI
60BT2	522,30	SI
60BT3	530,00	SI

Interpretación: El valor máximo de temperatura registrado, 537.67°C, supera significativamente los puntos típicos de ignición de materiales. Este resultado indica una fase avanzada de degradación térmica, aunque el material soporta estas temperaturas sin desintegrarse completamente.

La división de la sonda en secciones Fig. 29 permitió identificar variaciones térmicas a lo largo de su longitud, lo que aporta información clave sobre el comportamiento del material frente al calor y la capacidad de transferencia térmica de la caña guadua. Los datos registrados en cada sección reflejan cómo la estructura del material influye en la propagación del calor Fig.30.

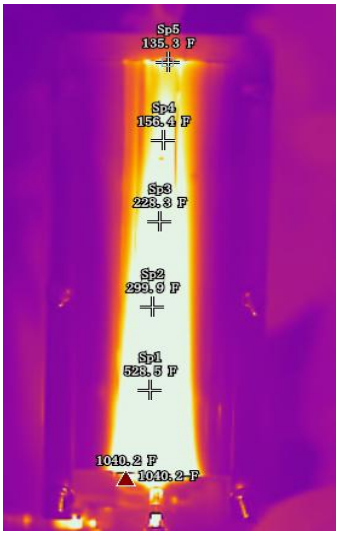


Fig. 29 Distribución de los 5 puntos para toma de temperatura.

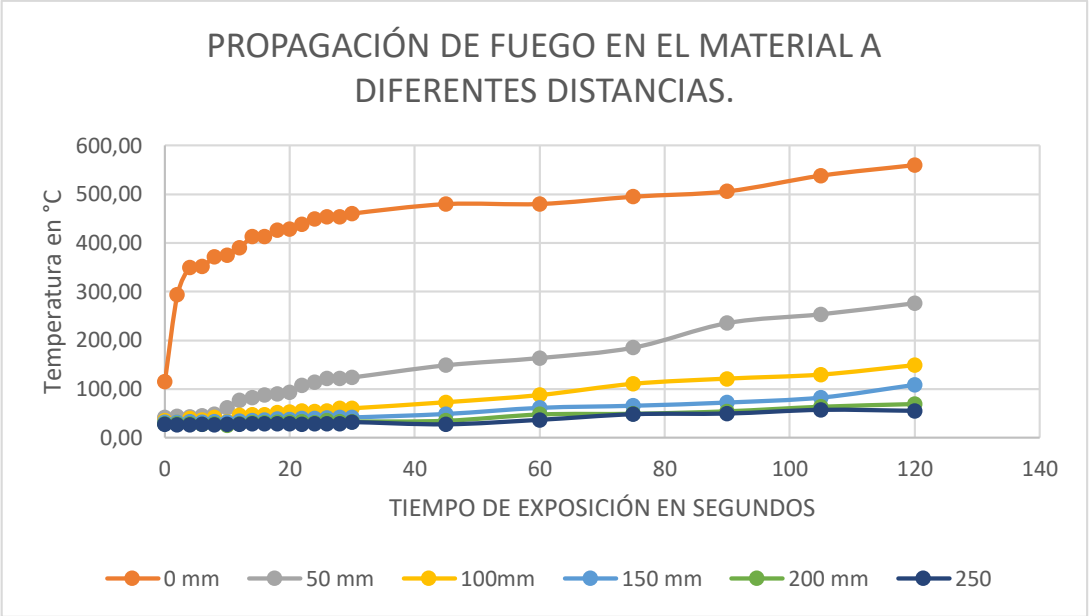


Fig. 30 Propagación de temperatura en la GaK

Interpretación: La Fig. 30 muestra la propagación de temperaturas en una probeta a diferentes distancias en función del tiempo de exposición, la curva más crítica corresponde al punto donde está la llama directamente correspondiente a 0 mm y alcanza una temperatura máxima de 600°C mostrando un aumento rápido en los primeros 20 s antes de estabilizarse gradualmente. A medida que aumenta la distancia, las temperaturas alcanzadas son significativamente menores, evidenciando cómo el material atenúa el calor a mayor distancia de la fuente.

El grafico evidencia una disminución exponencial de la temperatura con la distancia de la fuente de calor. Esto demuestra que el material tiene propiedades de aislamiento térmico que ralentiza significativamente la propagación del calor. Los datos son fundamentales para evaluar el comportamiento térmico del material en aplicaciones estructurales frente al fuego.

C. FASE III: DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA, ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD E ÍNDICE DE CARBONIZACIÓN DE PANELES DE CAÑA GUADUA.

Esta fase se desarrolló mediante un enfoque documental, recopilando y evaluando información proveniente de fuentes bibliográficas relevantes, ensayos previos y normativas aplicables. El análisis permitió contextualizar los valores obtenidos en función de los estándares establecidos. La revisión de documentos proporciono datos clave para comprender el comportamiento de la caña guadua en escenarios de transferencia de calor, inflamabilidad y carbonización.

1) Conductividad Térmica

La conductividad térmica de la caña guadua es un parámetro clave para evaluar su capacidad de transferencia de calor, lo que resulta fundamental en aplicaciones constructivas. Este valor determina el nivel de aislamiento térmico que el material puede ofrecer en estructuras arquitectónicas, tanto en interiores como en exteriores [14].

Expresada en vatios por metro kelvin (W/m*K), la conductividad térmica permite analizar el desempeño de la caña guadua frente a la transferencia de calor, destacando su potencial como material sostenible y eficiente, especialmente en climas cálidos y moderados. Su versatilidad la posiciona como una alternativa ecológica frente a otros materiales de construcción convencionales [14] .

El valor de conductividad térmica de la caña guadua varía según factores como la densidad, la humedad y la edad del material. Según fuentes bibliográficas [25], los valores oscilan entre 0.3 W/m*K y 0.70 W/m*K, encontrándose en el rango de materiales como el concreto y la madera. Por otro lado, otro estudio [14] ha identificado valores más bajos, entre 0.125 W/m*K y 0.142 W/m*K, lo que resalta la diversidad de las propiedades térmicas según las condiciones del material.

La baja conductividad térmica, combinada con el alto contenido de sílice en su estructura, contribuye significativamente a la resistencia al fuego, ya que retrasa la propagación del calor a través del material. Esta propiedad no solo mejora su desempeño en aplicaciones exteriores e interiores, sino que también refuerza su seguridad en contextos donde la resistencia al fuego es crucial [26].

Además, diversos estudios [27] , destacan que la caña guadua posee excelentes propiedades de aislamiento térmico, lo que permite mantener temperaturas más estables en los espacios donde se utiliza.

2) Determinación del índice de inflamabilidad.

En esta sección se analizan los resultados obtenidos en la determinación del índice de inflamabilidad de los paneles de caña guadua, de acuerdo con los parámetros establecidos en la norma EN 13501-1:2007 [28]. Este análisis incluye la interpretación de los valores registrados durante los ensayos, los cuales permitieron clasificar el material en función de su comportamiento frente al fuego. Se centra en evaluar la respuesta del material en términos de

ignición, propagación vertical de la llama (Fs) y resistencia al calor, relacionando los resultados con las características físicas de la caña guadua, así como su potencial como material sostenible y seguro en aplicaciones constructivas. Además, se comparan los resultados obtenidos con los criterios de clasificación establecidos por la norma NTE INEN- ISO 11925-1 y EN 13504 (ver TABLA XVI).

TABLA XVI

RESULTADOS DE LA DISTANCIA DE PROPAGACIÓN VERTICAL (FS).

Código de probetas	**Distancia de propagación vertical (fs)**	**Criterio de clasificación.**
	Mm	EN 135001-1
30SL1	35	<150
30SL2	21	<150
30SL3	34	<150
30ST1	30	<150
30ST2	33	<150
30ST3	33	<150
30BL1	24	<150
30BL2	27	<150
30BL 3	14	<150
30BT1	28	<150
30BT2	32	<150
30BT3	26	<150
60SL1	58	<150
60SL2	50	<150
60SL3	57	<150
60ST1	47	<150
60ST2	56	<150
60ST3	65	<150
60BL1	95	<150
60BL2	150	≤150
60BL3	150	≤150
60BT1	64	<150
60BT2	57	<150
60BT3	60	<150

Interpretación: De acuerdo con los resultados obtenidos y en comparación con los criterios establecidos en la Tabla 1 de las clases de comportamiento de reacción al fuego según la Euroclase, el material evaluado, paneles de caña guadua, se clasifica en las categorías B, C y

D. Esta clasificación se fundamenta en el factor de propagación vertical de la llama que no superó los 150 mm dentro del tiempo de exposición de 30 s en presencia de la llama y 30 s adicionales sin llama, conforme a los parámetros establecidos en la norma INEN ISO 11925-2.

Además, la clasificación del material, incluye criterios adicionales, como la emisión de humo y la caída de gotas o partículas inflamadas. Según el comportamiento más crítico, el material fue clasificado bajo la norma EN 13504 como s3 en emisión de humo y d2 en la caída de gotas o partículas inflamables (ver TABLA XVII). Estas categorías reflejan un desempeño moderado frente a estos parámetros, destacando la capacidad del material para limitar la emisión de partículas inflamadas y minimizar la generación de humo.

Los resultados evidencian que el material presenta un nivel de inflamabilidad moderado, lo cual lo posiciona como una opción viable para aplicaciones constructivas en las que se requiere un equilibrio entre rendimiento estructural y comportamiento aceptable frente al fuego.

TABLA XVII

RESUMEN DE LA CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES ENSAYADOS SEGÚN EN 13501-1

Material	**Espesor (mm)**	**Comportamiento frente al fuego**	**Emisión de humo**	**Caídas de gotas o partículas inflamadas**
Paneles de caña guadua (GaK)	8 mm	D	s3	d2

3) Determinación del índice de carbonización.

El análisis del índice de carbonización (IC) es fundamental para comprender el comportamiento del material frente a la combustión. A partir de los resultados obtenidos, que se calcularon con base en la pérdida de masa de las probetas tras el ensayo de inflamabilidad, se puede determinar la resistencia del material a la carbonización. Este indicador no solo permite evaluar la vulnerabilidad del material al fuego, sino también estimar su idoneidad en aplicaciones donde la resistencia térmica y durabilidad son factores más críticos.

A continuación, se detallan los resultados obtenidos del índice de carbonización (ver TABLA XVIII), datos calculados después de los ensayos de inflamabilidad. Los valores registrados incluyen una masa inicial y final de cada probeta, así como el porcentaje final de material carbonizado. Estos datos permiten evaluar el comportamiento del material frente a la

combustión y se capacidad de resistencia térmica, ofreciendo una perspectiva cuantitativa sobre su desempeño en condiciones de exposición al fuego.

TABLA XVIII

ÍNDICE DE CARBONIZACIÓN DE LA GAK.

Código de probeta	**Masa inicial (g)**	**Masa final (g)**	**IC %**
30SL1	132,29	132,28	0,007
30SL2	131,36	131,36	0.00
30SL3	139,84	139,82	0,016
30ST1	197,37	197,35	0,008
30ST2	168,98	168,97	0,007
30ST3	166,63	166,60	0,020
30BL1	122,43	122,42	0,005
30BL2	122,91	122,90	0,010
30BL 3	119,82	119,81	0,005
30BT1	160,54	160,47	0,041
30BT2	167,30	167,20	0,059
30BT3	186,56	186,42	0,076
60SL1	122,10	121,50	0,494
60SL2	123,36	122,47	0,721
60SL3	131,30	130,31	0,753
60ST1	157,63	156,92	0,450
60ST2	145,44	144,81	0,430
60ST3	199,84	199,18	0,331
60BL1	113,93	106,81	6,252
60BL2	114,21	94,69	17,088
60BL3	136,19	130,98	3,825
60BT1	150,05	148,54	1,006
60BT2	147,13	146,14	0,672
60BT3	182,91	181,72	0,652

Interpretación: De acuerdo con los datos presentados en la TABLA XVIII, el índice de carbonización (IC %) evaluado varia significativamente, con valores que van desde el 0% hasta 0,721% en los ensayos a 30 segundos de exposición, los cuales muestran índices de carbonización muy bajos, lo que indica una mínima pérdida de material durante este intervalo de tiempo. En cambio, en los ensayos a 120 s. evidencian mayores índices de carbonización, alcanzando hasta un 6,252%. Esto refleja un aumento progresivo en la degradación térmica del material con mayor tiempo de exposición al fuego, demostrando la vulnerabilidad del material ante condiciones prolongadas de calor intenso.

II. VERIFICACIÓN DE HIPOTESIS

A. HIPÓTESIS

El índice de inflamabilidad de los PANELES DE CAÑA GUADUA cumple características de resistencia frente al fuego.

B. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

- **Hipótesis nula (H_0):** El índice de inflamabilidad de los paneles de caña guadua no cumple con las características de resistencia frente al fuego.
- **Hipótesis alternativa (H_1):** El índice de inflamabilidad de los paneles de caña guadua sí cumple con las características de resistencia frente al fuego.

Criterios establecidos según la norma EN-13501-1:

Para determinar si el material cumple con las características de resistencia frente al fuego, se establecen los siguientes parámetros:

1. **Resistencia al fuego:**

Los materiales deben alcanzar una clasificación mínima de **Clase B o superior** para ser considerados resistentes al fuego.

2. **Emisión de humo:**

- Se busca una clasificación de **S1** o **S2**, que indican una baja o media emisión de humo durante la combustión.

3. **Caída de gotas o partículas inflamadas:**

- Se espera que el material esté clasificado como **d0**, lo que significa que no genera gotas o partículas inflamadas, ya que estas incrementan los riesgos durante un incendio.

Resultados del ensayo según la norma EN-13501-1:

En la investigación, el panel de caña guadua fue sometido a pruebas conforme a la norma EN-13501-1 y obtuvo los siguientes resultados:

1. **Clase D:**

- Indica que el panel tiene un nivel bajo de resistencia frente al fuego. Aunque puede soportar exposiciones moderadas al fuego, contribuye de manera significativa a su propagación.

2. **Emisión de humo S3:**

- Este nivel señala una **alta emisión de humo** durante la combustión, lo que representa un riesgo importante para la seguridad.

3. **Caída de gotas o partículas inflamadas d2:**

- Se observó la generación de **gotas o partículas inflamadas**, lo cual puede incrementar el peligro en escenarios de incendio.

Contraste de hipótesis:

Para verificar la hipótesis, se comparan los resultados obtenidos con los criterios previamente definidos:

- La **Clase D** obtenida **no cumple** con el estándar de resistencia al fuego mínimo, que es Clase B o superior.

- La clasificación **S3** refleja una emisión de humo **elevada**, lo cual es inaceptable en términos de seguridad.

- La clasificación **d2** indica que el material genera gotas o partículas inflamadas, lo que **agrava el riesgo** en situaciones de incendio.

Conclusión:

Al analizar los resultados obtenidos del ensayo y contrastarlos con los criterios establecidos, se concluye que los paneles de caña guadua **no cumplen con las características de resistencia frente al fuego** según la norma EN-13501-1.

Por lo tanto, se **acepta la hipótesis nula (H_0):** El índice de inflamabilidad de los paneles de caña guadua no cumple con las características de resistencia frente al fuego.

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

I. CONCLUSIONES

- Se logró caracterizar el comportamiento frente al fuego de paneles de caña guadua utilizados en viviendas tradicionales de la costa ecuatoriana. Los resultados experimentales indicaron que, bajo condiciones controladas, ninguna de las muestras alcanzó ignición ni propagación significativa de la llama dentro de los límites establecidos por la normativa NTE INEN-ISO 11925-2. La densidad promedio de los paneles fue de 741.211 Kg/m³, con un índice de carbonización máximo del 3.5%, lo que demuestra un comportamiento moderado frente al fuego, siempre y cuando se apliquen tratamientos preventivos.
- Las propiedades físicas y mecánicas de los paneles de caña guadua fueron establecidas con éxito. La densidad promedio fue de 741.211 Kg/m³, mientras que el contenido de humedad promedio fue del 14.9%, cumpliendo con los límites establecidos para materiales de construcción. En cuanto a las propiedades mecánicas, el esfuerzo de tracción promedio fue de 90.2 MPa, la compresión de 33.92 MPa y la flexión de 47.21 MPa, valores que reflejan una resistencia adecuada para aplicaciones ligeras, pero no para estructuras de alta exigencia.
- En los ensayos de inflamabilidad realizados bajo la norma NTE INEN-ISO 11925-2, se observó que las muestras no alcanzaron la ignición inicial ni la propagación de la llama más allá de 150 mm, tanto en el borde como en la superficie, para tiempos de exposición de 30 y 120 segundos. Esto indica que la caña guadua tiene un comportamiento favorable frente a llamas pequeñas en escenarios controlados.
- Se determinaron los índices de inflamabilidad y carbonización de los paneles de caña guadua. El índice de inflamabilidad fue clasificado dentro de la clase "D" según la normativa EN 13501-1, indicando una contribución limitada al fuego. El índice de carbonización promedio fue del 3.1%, con una conductividad térmica estimada de 0.12 W/m·K, lo que posiciona al material como moderadamente resistente al fuego, pero con limitaciones en escenarios de alta intensidad térmica.
- Si bien no se realizaron pruebas directas con retardantes de llama, como el octaborato de sodio tetrahidratado, la literatura existente sugiere que su uso podría mejorar significativamente el comportamiento frente al fuego de los paneles de caña guadua. Este hallazgo subraya la importancia de futuras investigaciones orientadas a validar esta mejora.

- La hipótesis planteada al inicio de esta investigación se confirma parcialmente. La caña guadua demuestra ser un material viable para construcciones ligeras y tradicionales, siempre que se implementen diseños que consideren sus limitaciones frente al fuego, humedad y otros 59 factores ambientales. Aunque sus propiedades mecánicas son favorables en aplicaciones de baja exigencia estructural, su uso en edificaciones más complejas requiere investigaciones adicionales y el cumplimiento estricto de normativas para garantizar la seguridad y durabilidad.

II. RECOMENDACIONES

- Promover estudios futuros que evalúen la efectividad del uso de retardantes de llama, como el octaborato de sodio tetrahidratado, en el mejoramiento del comportamiento frente al fuego de la caña guadua.
- Desarrollar e implementar normativas específicas que regulen el uso de la caña guadua en construcciones ligeras, asegurando que se contemplen tratamientos preventivos y diseños adecuados.
- Limitar el uso de la caña guadua a aplicaciones estructurales ligeras, siempre que se acompañen de diseños que mitiguen sus limitaciones frente al fuego y otros factores ambientales.
- Diseñar programas de capacitación dirigidos a profesionales de la construcción sobre el manejo, tratamiento y aplicación segura de la caña guadua en proyectos.
- Fomentar la investigación en metodologías de manejo sostenible de la caña guadua, incluyendo reforestación, conservación y manejo de plantaciones.
- Generar sensibilización en el sector de la construcción acerca de las ventajas y limitaciones del uso de la caña guadua, promoviendo su aceptación a través de casos de éxito y publicaciones técnicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Franco Vélez Pedro, “Análisis estructural de una vivienda de caña guadúa de carácter social, diseñada por el comité internacional de ayuda de los pueblos ubicadas en las ciudades de Manta y Quito (Ecuador),” Manta, 2020.

[2] González Capote Dailit, Soler González Rafael Humberto, Alban Vallejo Víctor, and Zambrano Rivas Celia Maritza, “"Experiencias del programa de viviendas hogar de cristo en sectores vulnerables de la costa ecuatoriana ",” *Remca*, vol. 6, pp. 57–66, Oct. 2023.

[3] M. Añazco, “Estudio de vulnerabilidad del bambú (Guadua angustifolia) al cambio climático en la costa del Ecuador y norte Perú,” 2013.

[4] Kaminski Arup Sebastian, “Post-earthquake report on bamboo structures and recommendations for reconstruction with bamboo on the Ecuadorian coast,” Nov. 2015. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/328725199

[5] Vanga María Giuseppina, BrionesOlga, Zevallos Iván, and Delgado Daniel, “Bioconstrucción de vivienda unifamiliar de interés social con caña Guadua angustifolia Kunth,” *Novasinergia, revista de ciencia, ingeniería y tecnología*, vol. 4, no. 1, pp. 53–73, Jun. 2021, doi: 10.37135/ns.01.07.03.

[6] MAGAP, “Ecuador: Estrategia Nacional del Bambú,” 2018.

[7] E. A. Nurdiah, “The potential of bamboo as building material in organic shaped buildings,” *Procedia Soc Behav Sci*, vol. 216, pp. 30–38, Jan. 2016, doi: 10.1016/j.sbspro.2015.12.004.

[8] P.-C. Julio Darío, D. la R.-R. Yusnier Enrique, V.-S. Gema, S.-C. Johan Ariel, and B.-B. Lady Ximena, “Caracterización físico-mecánica de la Guadua Angustifolia Kunth en tres cantones de la provincia de Manabí,” *Revista Científica Arbitrada de Posgrado y Cooperación Internacional CLAUSTRO*, vol. 5, no. 10, pp. 85–99, Jul. 2022, doi: 10.56124/claustro.v5i10.0054.

[9] J. A. Bello-Zambrano and C. G. Villacreses-Viteri, “Ventajas y desventajas del sistema constructivo con bambú frente al sistema de hormigón armado en viviendas de interés social.,” *Polo del conocimiento*, vol. 6, pp. 1987–2011, Dec. 2021.

[10] A. Avellaneda, J. Montón, and L. Haurie, “Comportamiento al fuego del bambú, Guadua angustifolia,” 2019.

[11] M. Gutierrez, A. Solarte, I. Pope, C. Maluk, J. Hidalgo, and J. L. Torero, “Fire-safe bamboo structures-a methodology to facilitate performance-based design,” 2019.

[12] J. G. Yacelga Díaz and J. C. Nolivos Valiente, “Construir con guadua: tendencias en estudios a nivel de Latinoamérica,” *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 7, no. 2, pp. 9413–9435, May 2023, doi: 10.37811/cl_rcm.v7i2.11092.

[13] L. Velasco Roldan, L. Goyos Pérez, L. Freire Amores, and A. Ibarra, “Potencial de aprovechamiento de la biomasa vegetal como aislamiento en climas extremos del Ecuador,” *Enfoque UTE*, vol. 6, pp. 23–41, Dec. 2015.

[14] Ramírez Sánchez Darío Omar, “Aprovechamiento de propiedades térmicas de materiales ancestrales usados en la construcción de edificios en Ecuador (adobe y caña guadua),” 2020.

[15] Servicio Ecuatoriano de Normalización, “Ecuatoriana Nte Inen-Iso 11925-2,” *Inen Iso 11925-2*, pp. 1–5, 2018.

[16] L. J. Macías Loor, H. G. Cedeño Zambrano, M. A. Camino Solórzano, C. J. Melgar Veliz, and C. J. Lourido Barrezueta, “Arquitectura habitacional bioclimática en Manabí-Ecuador,” *Uleam*, 2022.

[17] M. K. Loor-Reyes and J. F. Véliz-Parraga, “Calidad de viviendas de interés social en caña guadua aplicados en el sitio Membrillal del cantón Jipijapa,” *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, vol. 5, no. 9 Edicion especial abril, pp. 2–13, Apr. 2022, doi: 10.46296/ig.v5i9edespab.0052.

[18] I. Guido Poveda Burgos, I. Zoila Franco Castañeda, I. Mesías Pilco Parra, C. Marco Suriaga Sánchez, E. Gary Rivera Barberán, and L. Dower Sacoto Mejía, “Construcción de viviendas con caña guadua en el ecuador, una realidad amigable y sustentable.”

[19] “Censo Ecuador.” Accessed: Jan. 12, 2025. [Online]. Available: https://censoecuador.ecudatanalytics.com/

[20] “Propiedades Físico-Mecánicas Bambú NTC 5525 – Construcciones UCE.” Accessed: Jan. 12, 2025. [Online]. Available: https://construccionesuce.wordpress.com/2018/06/13/propiedades-fisico-mecanicas-bambu-ntc-5525/

[21] “Plastics and ebonite-Determination of indentation hardness by means of a durometer (Shore hardness),” 2003. [Online]. Available: www.iso.ch

[22] GreeTech, “Durómetro Digital Shore A, C y D.” [Online]. Available: www.tcpdf.org

[23] “Manual de la cámara térmica FOTRIC serie V,” Fotric. Accessed: Jan. 12, 2025. [Online]. Available: https://www.fotric.com/support-v-series

[24] UNE, “Ensayos de reacción al fuego Inflamabilidad de los productos cuando se someten a la acción directa de la llama Parte 2: Ensayo con una fuente de llama única (ISO 11925-2:2020),” 2021.

[25] “La caña guadua (Guadua Angustifolia).” Accessed: Jan. 09, 2025. [Online]. Available: https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/FICHES_ARBRES/bambou/La%20ca%C3%B1a%20guadua_Guadua%20Angustifolia.pdf?utm_source=chatgpt.com

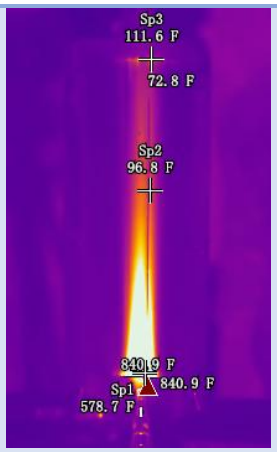
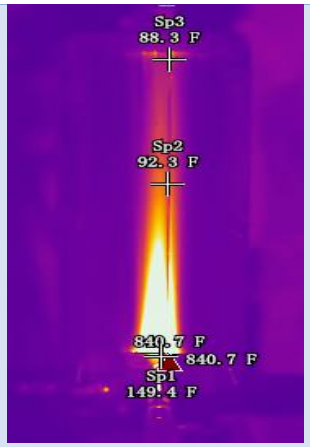
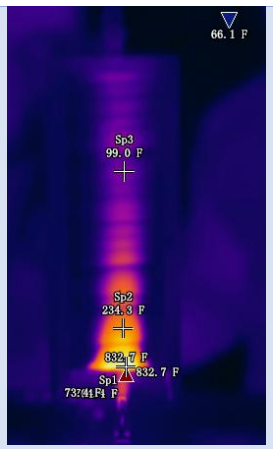
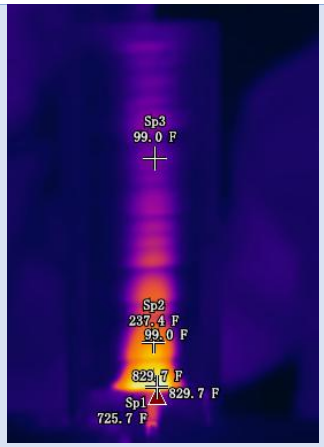
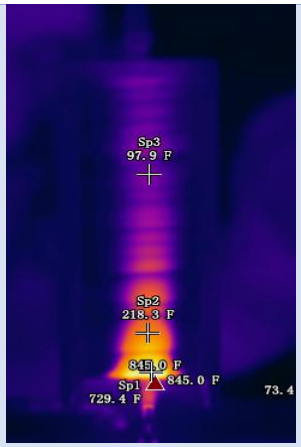
[26] W. Marco Calle Chuinda, T. Javier González Redrován, and M. Salvador Alvarez Vera, “Análisis de la caña guadua como material de construcción sostenible para el desarrollo del ecoturismo en la Amazonía ecuatoriana Analysis of guadua cane as a sustainable construction material for the development of ecotourism in the Ecuadorian Amazon”, doi: 10.46652/rgn.v8i38.1109.

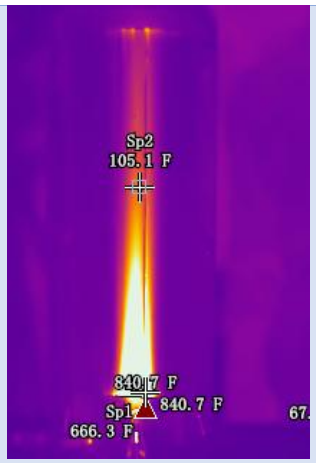
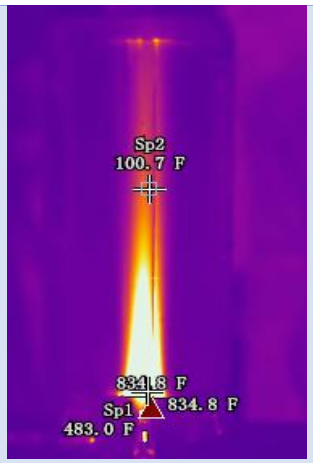
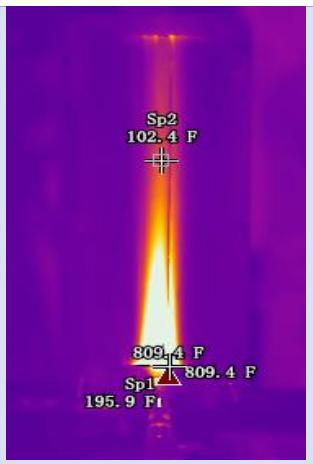
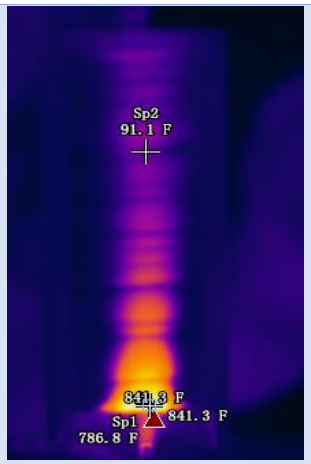
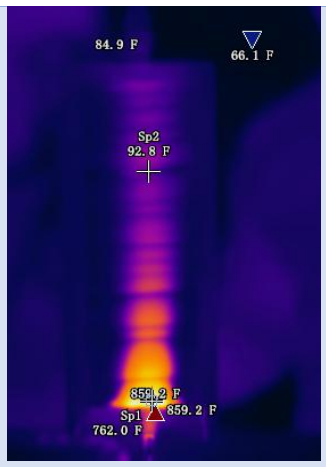
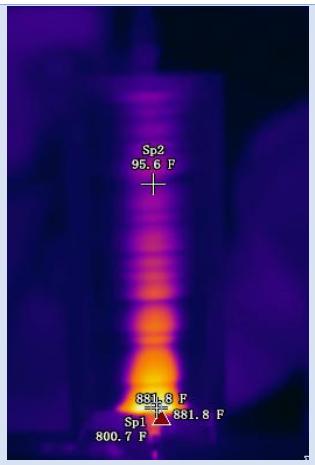
[27] L. Fernando, C. Rodriguez, H. Octavio, and T. Vasquez, “Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del culmo de guadua angustifolia en la construcción y estudio de un método de protección a la intemperie.”

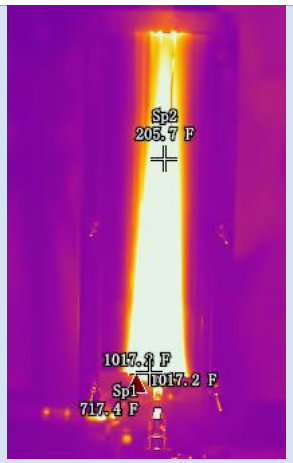
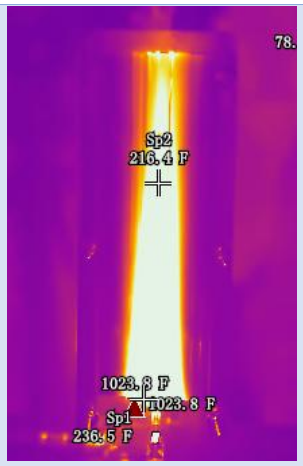
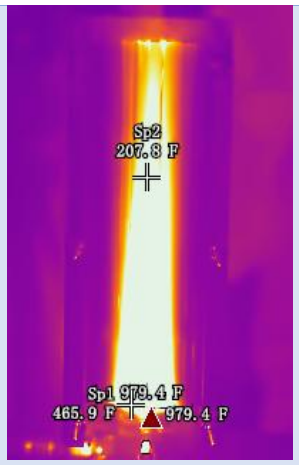
[28] Asociación Española de Normalización y certificación, “Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de productos de construcción y elementos para la edificación UNE EN 13501-1:2007.,” 2009.

ANEXOS

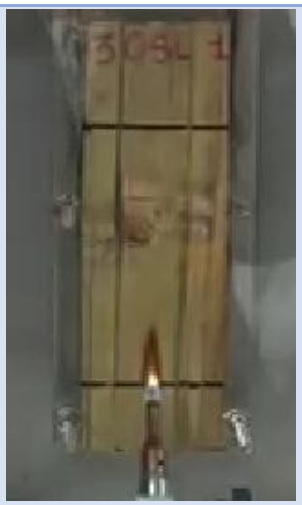
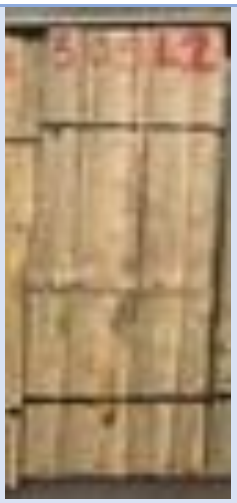
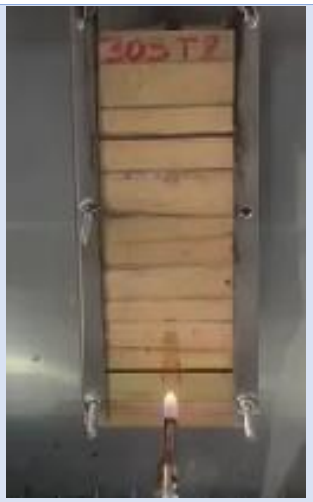
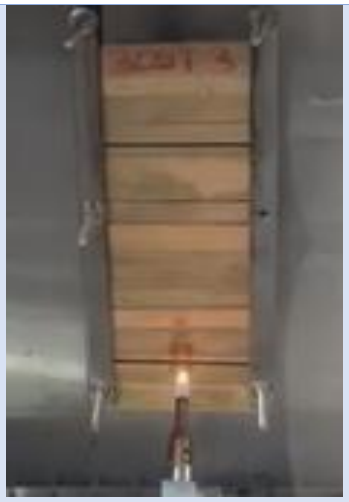
ANEXO 1: ANEXO FOTOGRÁFICO DE LA CÁMARA TERMODINÁMICA

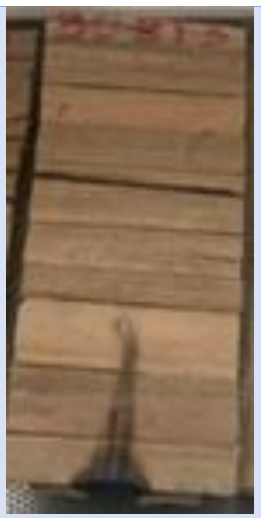
Fotografía 1	**Fotografía 2**
	
Temperatura máxima 444,67 °C a los 30 s 30 SL1	Temperatura máxima 434,44°C a los 30 s 30SL2
Fotografía 3	**Fotografía 4**
	
Temperatura máxima 449,28 °C a los 30 s 30 SL1	Temperatura máxima 444,83 °C a los 30 s 30 ST1
Fotografía 5	**Fotografía 6**
	
Temperatura máxima 443,17 °C a los 30 s 30 ST2	Temperatura máxima 451,67 °C a los 30 s 30 ST3

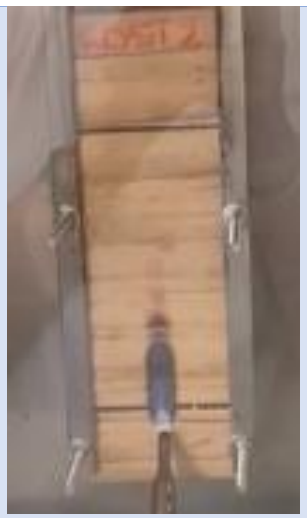
Fotografía 7	**Fotografía 8**
	
Temperatura máxima 449,27 °C a los 30 s 30 BL1	Temperatura máxima 446 °C a los 30 s 30 BL2
Fotografía 9	**Fotografía 10**
	
Temperatura máxima 431,89 °C a los 30 s 30 BL3	Temperatura máxima 449,61 °C a los 30 s 30 BT1
Fotografía 11	**Fotografía 12**
	
Temperatura máxima 459,56 °C a los 30 s 30 BT2	Temperatura máxima 472,11 °C a los 30 s 30 BT3

Fotografía 13	**Fotografía 14**
	
Temperatura máxima 539,67 °C a los 120 s 60 SL1	Temperatura máxima 530,67 °C a los 30 s 60SL2
Fotografía 15	**Fotografía 16**
	
Temperatura máxima 548,5 °C a los 30 s 60 SL1	Temperatura máxima 547,33 °C a los 30 s 60 BL1
Fotografía 17	**Fotografía 18**
	
Temperatura máxima 551 °C a los 30 s 60 BL2	Temperatura máxima 526.33 °C a los 30 s 60 BL3

ANEXO 2: ANEXO FOTOGRÁFICO DE PROPAGACIÓN VERTICAL DE LA LLAMA DE GaK.

Fotografía 1	Fotografía 2
	
30 SL1	30SL2
Fotografía 3	**Fotografía 4**
	
30 SL3	30 ST1
Fotografía 5	**Fotografía 6**
	
30 ST2	30 ST3

Fotografía 7	Fotografía 8
	
30 BL1	30 BL2
Fotografía 9	**Fotografía 10**
	
30 BL3	30 BT1
Fotografía 11	**Fotografía 12**
	
30 BT2	30 BT3

Fotografía 13	Fotografía 14
 60 SL1	 60SL2
Fotografía 15	**Fotografía 16**
 60 SL3	 60 ST1
Fotografía 17	**Fotografía 18**
 60 ST2	 60 ST3

Fotografía 19	Fotografía 20
	
60 BL1	60 BL2
Fotografía 21	**Fotografía 22**
	
60 BL3	60 BT1
Fotografía 23	**Fotografía 24**
	
60 BT2	60 BT3

ANEXO 3: ANEXO DE INFORMES DEL ENSAYO DE FLAMABILIDAD, LIM – UTA

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE FLAMABILIDAD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

INFORME DEL ENSAYO DE FLAMABILIDAD SEGÚN NTE INEN-ISO 11925-2

CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GaK) 8mm	
Fecha de recepción	9/12/2024
Número de probetas	6
Dimensiones	250mm x 90mm
Color adverso	Café
Color reverso	Café
Superficie adversa	Semirugosa
Superficie reversa	Semirugosa
Punto de aplicación para la ignición:	Superficie
Tiempo de aplicación de la llama:	30 segundos

CÓDIGO: LIM-UTA-2024-11925-2-TES- 0001.1
17 de diciembre de 2024
AMBATO – ECUADOR

1. ANTECEDENTES:

Con fecha 9 de diciembre de 2024, la Señorita: Valeria de los Ángeles Jiménez Tenorio, en calidad de ESTUDIANTE de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, domiciliado en COTOPAXI / SALCEDO / BARRIO RUMIPAMBA CENTRAL y con número de ruc/cédula: 0550166474, solicita al Laboratorio de Investigación Mecánica para ensayos de inflamabilidad de la Universidad Técnica de Ambato, con datos claramente identificados, realizar la prueba de inflamabilidad según la norma NTE INEN-11925-2, de la muestra de **CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GaK) 8mm**, el cual es utilizado en construcción de obras civiles.

2. PROCESO GENERAL

Según lo indica el método, la prueba de inflamabilidad se realizó sobre sus respectivas submuestras, las cuales se prepararon y manipularon de acuerdo con el proceso de acondicionamiento detallado en la Norma NTE INEN-ISO 11925-2.

Las pruebas se efectuaron dentro de la cámara de inflamabilidad, en cuyo interior las muestras se colocaron de manera vertical en su respectivo soporte dentro de la cámara de combustión. Además, para proporcionar la llama se utilizó un mechero bunsen y gas propano al 95% de pureza suministrado a 20kPa de presión. Por último, se efectuaron los ensayos con las muestras solicitadas y los resultados que se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo fueron registrados y tabulados.

3. DATOS SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE

3.1. DATOS PRELIMINARES	
Nombre del material:	**CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GaK) 8mm**
Muestreo:	Materiales seleccionados y remitidos por el solicitante
Tipo de material:	Simple
Origen del material:	Elaborado nacionalmente
Uso del material:	Interiores y Exteriores
Dimensiones de la muestra:	250 mm X 90 mm
Responsable del corte de las muestras:	Solicitante
Tipo de entrega de las muestras:	6 muestras

Fotografía:	

4. PARÁMETROS DEL ENSAYO Y RESULTADOS

Códigos:	**30SL1, 30SL2, 30SL3, 30ST1, 30ST2, 30ST3**	**Fecha de Recepción:**	**09/12/2024**

4.1. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE	
Nombre / razón social:	VALERIA DE LOS ÁNGELES JIMÉNEZ TENORIO
CI / RUC:	0550166474
Dirección	COTOPAXI / SALCEDO / BARRIO RUMIPAMBA CENTRAL
Teléfono:	0958872885
Correo electrónico:	vjimenez6474@uta.edu.ec

4.2. INFORMACIÓN DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO				
	Productos (Marque con una X)			
Tipo de superficie del material:	Plano		No plano	**X**
Espesor del material:	**8 mm**			
Características del material:	Simple	**X**	Compuesto	
Identificación del producto:	CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GaK) 8mm			
Preparación de la muestra:	Corte con caladora a las dimensiones según lo especificado en ISO 11925-2:2010			
N° de muestras:	(3 en sentido longitudinal y 3 en sentido transversal) un grupo para cada caso, según la característica del material			
Dimensiones:	250 x 90 mm			
Color en el anverso:	CAFÉ	**Color en el reverso:**	CAFÉ	
Material en el anverso:	CAÑA GUADUA	**Material en el reverso:**	CAÑA GUADUA	
Nombre del fabricante:	AGROINDUSTRIA NACIONAL			
Dirección del fabricante:	GUAYAS - ECUADOR			
Fotografías de los ítems de ensayo:				

4.3. ACONDICIONAMIENTO DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO							
Código del ítem:	**Peso inicial (g):**	**Peso ac. 48h (g):**	**Peso ac. 72h (g):**	**Dif. 0,1g**	**Cumple acondicionamiento**	**Fecha de ingreso:**	**Fecha de salida:**
30SL1	132,85	132,26	132,29	0,03	Si	09/12/2024	12/12/2024
30SL2	131,78	131,29	131,36	0,07	Si	09/12/2024	12/12/2024
30SL3	140,34	139,78	139,84	0,06	Si	09/12/2024	12/12/2024
30ST1	199,61	197,33	197,37	0,04	Si	09/12/2024	12/12/2024
30ST2	170,56	168,93	168,98	0,05	Si	09/12/2024	12/12/2024
30ST3	167,81	166,55	166,63	0,08	Si	09/12/2024	12/12/2024
Humedad relativa:		**52.60 %**					
Temperatura:		**22.5 °C**					
Tiempo de acondicionamiento:		**72 Horas**					

4.4. CONDICIONES DEL ENSAYO					
Fecha del ensayo:	12/12/2024		**Método de fijación:**	Porta probetas para materiales planos	
Cámara de inflamabilidad:	ISO 11925-2: 2010				
Tiempo de aplicación de la llama:	**30 SEGUNDOS**				
Velocidad de aire en lacampana extractora:	0,154 m/s				
Humedad relativa:	52,60%		**Temperatura:**	22,5 °C	
Tiempo total del ensayo:	60 segundos				
Punto de aplicación para la ignición:	**Superficie**	**X**	**Borde inferior**		

4.5. RESULTADOS DEL ENSAYO

CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GaK) 8mm											
N° Probeta	Tiempo de exposición de la llama (seg)	Ignición	Tiempo que tardo en ocurrir la ignición (seg)	La punta de la llama alcanza los 150 mm	Tiempo en que la llama alcanza los 150 mm (seg)	Presencia de gotas / Partículas inflamadas	Ignición del papel filtro	Tiempo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego (s)	Longitud Calcinada (mm)	Velocidad de combustión en los 150 mm (mm/seg)	Velocidad de combustión en la longitud calcinada (mm/seg)
30SL1	30	Si	20	No	-	No	No	0	35	-	1,17
30SL2	30	Si	22	No	-	No	No	0	21	-	0,70
30SL3	30	Si	21	No	-	No	No	0	34	-	1,13
30ST1	30	Si	21	No	-	No	No	0	30	-	1,00
30ST2	30	Si	22	No	-	No	No	0	33	-	1,10
30ST3	30	Si	20	No	-	No	No	0	33	-	1,10



Fotografía de los ítems ensayados


Items de Interés:
✓ Durante el ensayo se pudo observar que el material ensayado es incombustible. ✓ La propagación de la llama no sobrepaso los 150 mm desde el punto de aplicación de la fuente de ignición para las muestras ensayadas.

Declaración:

"Los resultados del ensayo corresponden al comportamiento de muestras de ensayo de un producto bajo unas condiciones de ensayo particulares; no pretenden constituir el único criterio de valoración del riesgo de incendio potencial del producto en servicio"

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con el material ensayado: **CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GaK) 8mm** el parámetro de propagación vertical de la llama (Fs) aplicada en la superficie expuesta de las probetas, según la norma UNE-EN 13501-1:2007+A1 es:

Número de Muestra	Parámetro de propagación vertical Fs (Distancia en mm)
Probeta 1 – 30SL1	35
Probeta 2 – 30SL2	21
Probeta 3 – 30SL3	34
Probeta 4 – 30ST1	30
Probeta 5 – 30ST2	33
Probeta 6 – 30ST3	33

Ing. Mec. Gonzalo Naranjo	Ing. Mec. Víctor Espín, Mg.	Ing. Mec. Christian Castro, Mg.
Técnico - LIM	**Coordinador - LIM**	**Director - LIM**

6. CONSIDERACIONES FINALES

- El LIM no se responsabiliza de los datos erróneos ingresados o proporcionados por la empresa y/o solicitantes utilizados en la elaboración del presente informe.
- Toda la información presentada en el informe es responsabilidad del LIM, excepto cuando la información suministrada por la empresa y/o solicitante tiene incidencia directa con los resultados.
- El informe debe ser usado dentro de las instalaciones de la empresa solicitante y sin una previa autorización por parte del Laboratorio de Investigación Mecánica para ensayos de inflamabilidad de la Universidad Técnica de Ambato no puede ser reproducido.
- Los resultados obtenidos en el informe corresponden a los materiales seleccionados y remitidos por el solicitante, por lo tanto, la utilización y manejo de los materiales es exclusiva del solicitante.
- El presente informe es válido única y exclusivamente para los materiales ensayados y la aplicación declarada por el solicitante. Los resultados no puedes ser trasladados a lotes o a una serie de productos.
- El solicitante es responsable del uso indebido que pueda darse del presente documento y está sujeta a sanciones civiles y penales que se pudieran presentar.
- Se consideró la aplicación de los factores de corrección de los certificados de calibración en las mediciones de los diferentes equipos utilizados por el laboratorio.

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE FLAMABILIDAD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

INFORME DEL ENSAYO DE FLAMABILIDAD SEGÚN NTE INEN-ISO 11925-2

CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GaK) 8mm	
Fecha de recepción	9/12/2024
Número de probetas	6
Dimensiones	250mm x 90mm
Color adverso	Café
Color reverso	Café
Superficie adversa	Semirugosa
Superficie reversa	Semirugosa
Punto de aplicación para la ignición:	Superficie
Tiempo de aplicación de la llama:	120 segundos

CÓDIGO: LIM-UTA-2024-11925-2-TES- 0001.2
17 de diciembre de 2024
AMBATO – ECUADOR

1. ANTECEDENTES:

Con fecha 9 de diciembre de 2024, la Señorita: Valeria de los Ángeles Jiménez Tenorio, en calidad de ESTUDIANTE de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, domiciliado en COTOPAXI / SALCEDO / BARRIO RUMIPAMBA CENTRAL y con número de ruc/cédula: 0550166474, solicita al Laboratorio de Investigación Mecánica para ensayos de inflamabilidad de la Universidad Técnica de Ambato, con datos claramente identificados, realizar la prueba de inflamabilidad según la norma NTE INEN-11925-2, de la muestra de **CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GaK) 8mm,** el cual es utilizado en construcción de obras civiles.

2. PROCESO GENERAL

Según lo indica el método, la prueba de inflamabilidad se realizó sobre sus respectivas submuestras, las cuales se prepararon y manipularon de acuerdo con el proceso de acondicionamiento detallado en la Norma NTE INEN-ISO 11925-2.

Las pruebas se efectuaron dentro de la cámara de inflamabilidad, en cuyo interior las muestras se colocaron de manera vertical en su respectivo soporte dentro de la cámara de combustión. Además, para proporcionar la llama se utilizó un mechero bunsen y gas propano al 95% de pureza suministrado a 20kPa de presión. Por último, se efectuaron los ensayos con las muestras solicitadas y los resultados que se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo fueron registrados y tabulados.

3. DATOS SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE

3.1. DATOS PRELIMINARES	
Nombre del material:	**CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GaK) 8mm**
Muestreo:	Materiales seleccionados y remitidos por el solicitante
Tipo de material:	Simple
Origen del material:	Elaborado nacionalmente
Uso del material:	Interiores y Exteriores
Dimensiones de la muestra:	250 mm X 90 mm
Responsable del corte de las muestras:	Solicitante
Tipo de entrega de las muestras:	6 muestras

Fotografía:	

4. PARÁMETROS DEL ENSAYO Y RESULTADOS

Códigos:	60SL1, 60SL2, 60SL3, 60ST1, 60ST2, 60ST3	**Fecha de Recepción:**	09/12/2024

4.1. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE	
Nombre / razón social:	VALERIA DE LOS ÁNGELES JIMÉNEZ TENORIO
CI / RUC:	0550166474
Dirección	COTOPAXI / SALCEDO / BARRIO RUMIPAMBA CENTRAL
Teléfono:	0958872885
Correo electrónico:	vjimenez6474@uta.edu.ec

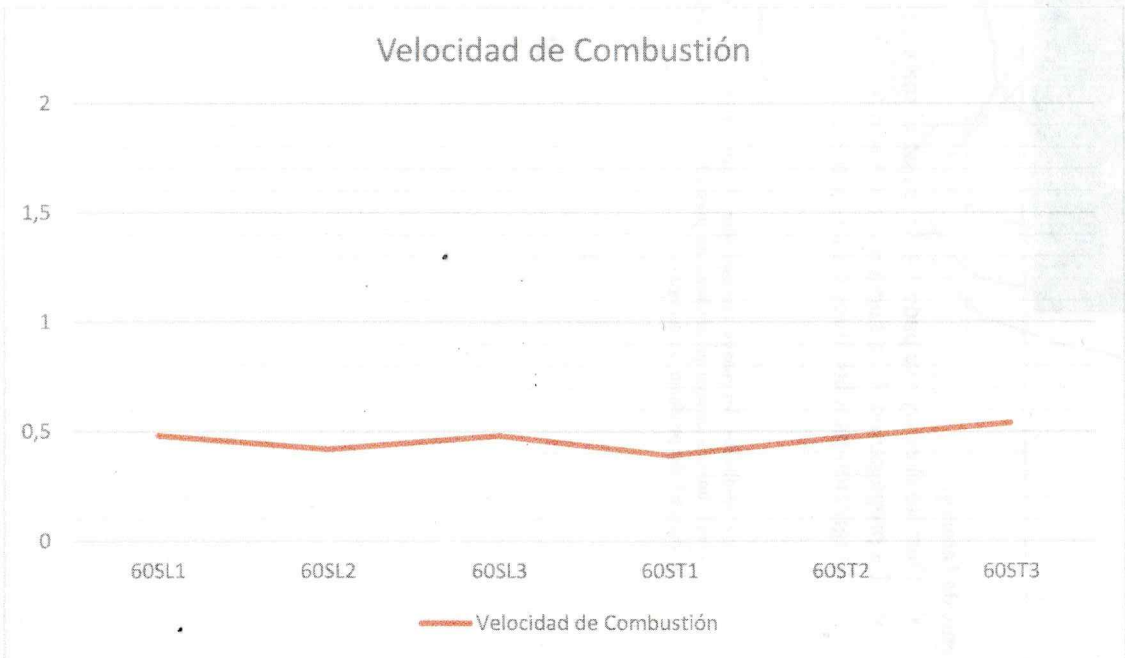
4.2. INFORMACIÓN DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO				
Productos (Marque con una X)				
Tipo de superficie del material:	Plano		No plano	**X**
Espesor del material:	**8 mm**			
Características del material:	Simple	**X**	Compuesto	
Identificación del producto:	CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GaK) 8mm			
Preparación de la muestra:	Corte con caladora a las dimensiones según lo especificado en ISO 11925-2:2010			
N° de muestras:	(3 en sentido longitudinal y 3 en sentido transversal) un grupo para cada caso, según la característica del material			
Dimensiones:	250 x 90 mm			
Color en el anverso:	CAFÉ	**Color en el reverso:**	CAFÉ	
Material en el anverso:	CAÑA GUADUA	**Material en el reverso:**	CAÑA GUADUA	
Nombre del fabricante:	AGROINDUSTRIA NACIONAL			
Dirección del fabricante:	GUAYAS - ECUADOR			
Fotografías de los ítems de ensayo:				

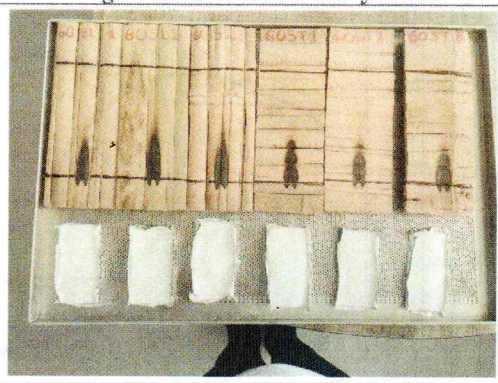
4.3. ACONDICIONAMIENTO DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO							
Código del ítem:	**Peso inicial (g):**	**Peso ac. 48h (g):**	**Peso ac. 72h (g):**	**Dif. 0,1g**	**Cumple acondicionamiento**	**Fecha de ingreso:**	**Fecha de salida:**
60SL1	122,69	122,10	122,10	0,00	Si	09/12/2024	12/12/2024
60SL2	123,90	123,35	123,36	0,01	Si	09/12/2024	12/12/2024
60SL3	131,75	131,27	131,30	0,03	Si	09/12/2024	12/12/2024
60ST1	158,39	157,59	157,63	0,04	Si	09/12/2024	12/12/2024
60ST2	145,96	145,41	145,44	0,03	Si	09/12/2024	12/12/2024
60ST3	200,44	199,80	199,84	0,04	Si	09/12/2024	12/12/2024
Humedad relativa:		**52.60 %**					
Temperatura:		**22.5 °C**					
Tiempo de acondicionamiento:		**72 Horas**					

4.4. CONDICIONES DEL ENSAYO					
Fecha del ensayo:	12/12/2024	**Método de fijación:**	Porta probetas para materiales planos		
Cámara de inflamabilidad:	ISO 11925-2: 2010				
Tiempo de aplicación de la llama:	**120 SEGUNDOS**				
Velocidad de aire en lacampana extractora:	0,154 m/s				
Humedad relativa:	52,60%	**Temperatura:**	22,5 °C		
Tiempo total del ensayo:	240 segundos				
Punto de aplicación para la ignición:	**Superficie**	**X**	**Borde inferior**		

4.5. RESULTADOS DEL ENSAYO

CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GaK) 8mm											
N° Probeta	Tiempo de exposición de la llama (seg)	Ignición	Tiempo que tardo en ocurrir la ignición (seg)	La punta de la llama alcanza los 150 mm	Tiempo en que la llama alcanza los 150 mm (seg)	Presencia de gotas / Partículas inflamadas	Ignición del papel filtro	Tiempo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego (s)	Longitud Calcinada (mm)	Velocidad de combustión en los 150 mm (mm/seg)	Velocidad de combustión en la longitud calcinada (mm/seg)
60SL1	120	Si	24	No	-	No	No	0	58	-	0,48
60SL2	120	Si	30	No	-	No	No	0	50	-	0,42
60SL3	120	Si	25	No	-	No	No	0	57	-	0,48
60ST1	120	Si	21	No	-	No	No	0	47	-	0,39
60ST2	120	Si	20	No	-	No	No	0	56	-	0,47
60ST3	120	Si	21	No	-	No	No	0	65	-	0,54



Fotografía de los ítems ensayados


Items de Interés:
✓ Durante el ensayo se pudo observar que el material ensayado es incombustible. ✓ La propagación de la llama no sobrepaso los 150 mm desde el punto de aplicación de la fuente de ignición para las muestras ensayadas.

Declaración:

"Los resultados del ensayo corresponden al comportamiento de muestras de ensayo de un producto bajo unas condiciones de ensayo particulares; no pretenden constituir el único criterio de valoración del riesgo de incendio potencial del producto en servicio"

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con el material ensayado: **CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GaK) 8mm** el parámetro de propagación vertical de la llama (Fs) aplicada en la superficie expuesta de las probetas, según la norma UNE-EN 13501-1:2007+A1 es:

Número de Muestra	Parámetro de propagación vertical Fs (Distancia en mm)
Probeta 1 – 60SL1	58
Probeta 2 – 60SL2	50
Probeta 3 – 60SL3	57
Probeta 4 – 60ST1	47
Probeta 5 – 60ST2	56
Probeta 6 – 60ST3	65

Ing. Mec. Gonzalo Naranjo	Ing. Mec. Víctor Espín, Mg.	Ing. Mec. Christian Castro, Mg.
Técnico - LIM	**Coordinador - LIM**	**Director - LIM**

6. CONSIDERACIONES FINALES

- El LIM no se responsabiliza de los datos erróneos ingresados o proporcionados por la empresa y/o solicitantes utilizados en la elaboración del presente informe.
- Toda la información presentada en el informe es responsabilidad del LIM, excepto cuando la información suministrada por la empresa y/o solicitante tiene incidencia directa con los resultados.
- El informe debe ser usado dentro de las instalaciones de la empresa solicitante y sin una previa autorización por parte del Laboratorio de Investigación Mecánica para ensayos de inflamabilidad de la Universidad Técnica de Ambato no puede ser reproducido.
- Los resultados obtenidos en el informe corresponden a los materiales seleccionados y remitidos por el solicitante, por lo tanto, la utilización y manejo de los materiales es exclusiva del solicitante.
- El presente informe es válido única y exclusivamente para los materiales ensayados y la aplicación declarada por el solicitante. Los resultados no puedes ser trasladados a lotes o a una serie de productos.
- El solicitante es responsable del uso indebido que pueda darse del presente documento y está sujeta a sanciones civiles y penales que se pudieran presentar.
- Se consideró la aplicación de los factores de corrección de los certificados de calibración en las mediciones de los diferentes equipos utilizados por el laboratorio.

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE FLAMABILIDAD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

INFORME DEL ENSAYO DE FLAMABILIDAD SEGÚN NTE INEN-ISO 11925-2

CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GaK) 8mm	
Fecha de recepción	9/12/2024
Número de probetas	6
Dimensiones	250mm x 90mm
Color adverso	Café
Color reverso	Café
Superficie adversa	Semirugosa
Superficie reversa	Semirugosa
Punto de aplicación para la ignición:	Borde
Tiempo de aplicación de la llama:	30 segundos

CÓDIGO: LIM-UTA-2024-11925-2-TES- 0001.3
17 de diciembre de 2024
AMBATO – ECUADOR

1. ANTECEDENTES:

Con fecha 9 de diciembre de 2024, la Señorita: Valeria de los Ángeles Jiménez Tenorio, en calidad de ESTUDIANTE de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, domiciliado en COTOPAXI / SALCEDO / BARRIO RUMIPAMBA CENTRAL y con número de ruc/cédula: 0550166474, solicita al Laboratorio de Investigación Mecánica para ensayos de inflamabilidad de la Universidad Técnica de Ambato, con datos claramente identificados, realizar la prueba de inflamabilidad según la norma NTE INEN-11925-2, de la muestra de **CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GaK) 8mm,** el cual es utilizado en construcción de obras civiles.

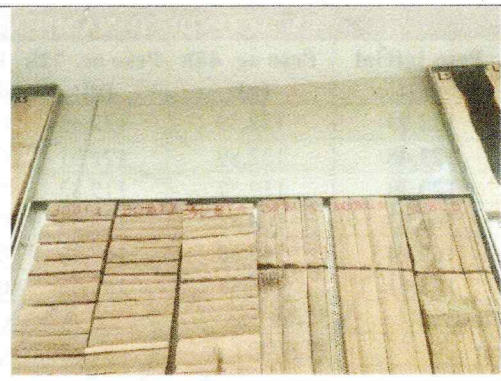
2. PROCESO GENERAL

Según lo indica el método, la prueba de inflamabilidad se realizó sobre sus respectivas submuestras, las cuales se prepararon y manipularon de acuerdo con el proceso de acondicionamiento detallado en la Norma NTE INEN-ISO 11925-2.

Las pruebas se efectuaron dentro de la cámara de inflamabilidad, en cuyo interior las muestras se colocaron de manera vertical en su respectivo soporte dentro de la cámara de combustión. Además, para proporcionar la llama se utilizó un mechero bunsen y gas propano al 95% de pureza suministrado a 20kPa de presión. Por último, se efectuaron los ensayos con las muestras solicitadas y los resultados que se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo fueron registrados y tabulados.

3. DATOS SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE

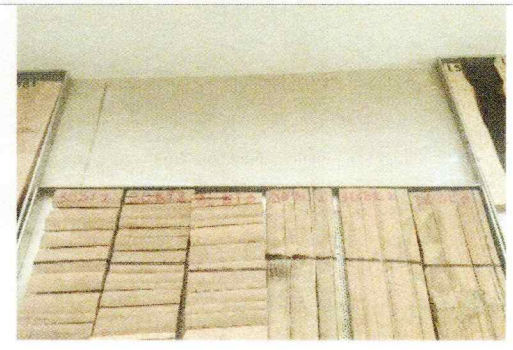
3.1. DATOS PRELIMINARES	
Nombre del material:	**CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GaK) 8mm**
Muestreo:	Materiales seleccionados y remitidos por el solicitante
Tipo de material:	Simple
Origen del material:	Elaborado nacionalmente
Uso del material:	Interiores y Exteriores
Dimensiones de la muestra:	250 mm X 90 mm
Responsable del corte de las muestras:	Solicitante
Tipo de entrega de las muestras:	6 muestras

Fotografía:	

4. PARÁMETROS DEL ENSAYO Y RESULTADOS

Códigos:	**30BL1, 30BL2, 30BL3, 30BT1, 30BT2, 30BT3**	**Fecha de Recepción:**	**09/12/2024**

4.1. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE	
Nombre / razón social:	VALERIA DE LOS ÁNGELES JIMÉNEZ TENORIO
CI / RUC:	0550166474
Dirección	COTOPAXI / SALCEDO / BARRIO RUMIPAMBA CENTRAL
Teléfono:	0958872885
Correo electrónico:	vjimenez6474@uta.edu.ec

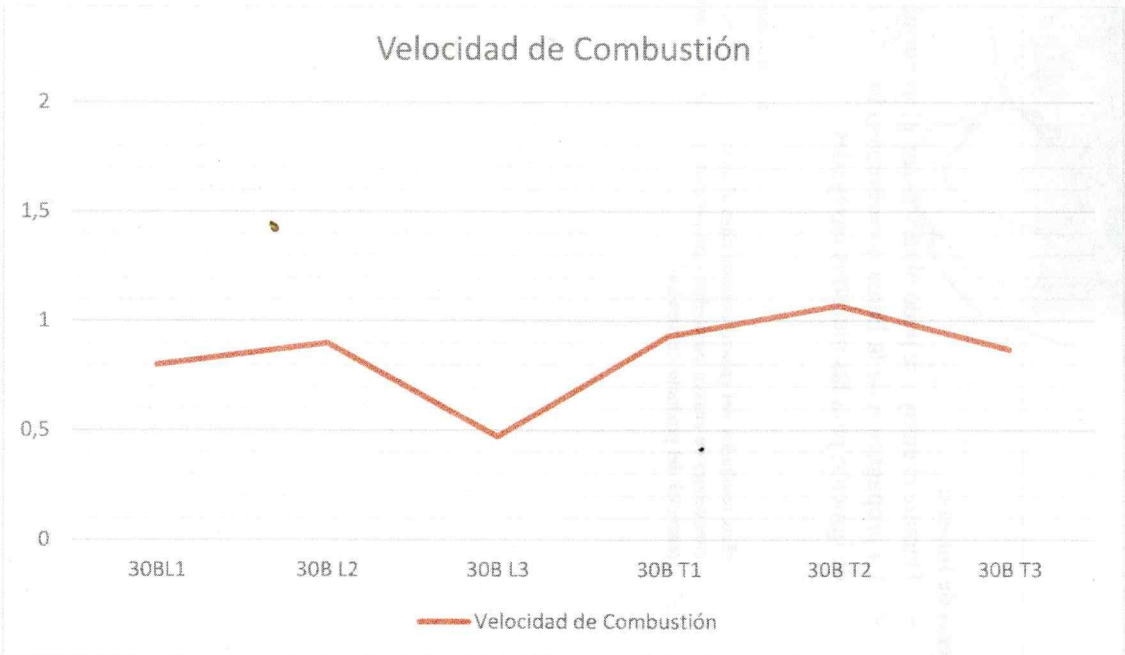
4.2. INFORMACIÓN DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO				
	Productos (Marque con una X)			
Tipo de superficie del material:	Plano		No plano	**X**
Espesor del material:	**8 mm**			
Características del material:	Simple	**X**	Compuesto	
Identificación del producto:	CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GaK) 8mm			
Preparación de la muestra:	Corte con caladora a las dimensiones según lo especificado en ISO 11925-2:2010			
N° de muestras:	(3 en sentido longitudinal y 3 en sentido transversal) un grupo para cada caso, según la característica del material			
Dimensiones:	250 x 90 mm			
Color en el anverso:	CAFÉ	**Color en el reverso:**	CAFÉ	
Material en el anverso:	CAÑA GUADUA	**Material en el reverso:**	CAÑA GUADUA	
Nombre del fabricante:	AGROINDUSTRIA NACIONAL			
Dirección del fabricante:	GUAYAS - ECUADOR			
Fotografías de los ítems de ensayo:				

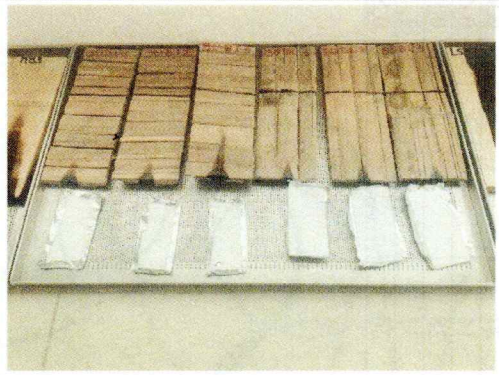
4.3. ACONDICIONAMIENTO DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO							
Código del ítem:	**Peso inicial (g):**	**Peso ac. 48h (g):**	**Peso ac. 72h (g):**	**Dif. 0,1g**	**Cumple acondicionamiento**	**Fecha de ingreso:**	**Fecha de salida:**
30BL1	122,93	122,39	122,43	0,04	Si	09/12/2024	12/12/2024
30BL2	123,48	122,89	122,91	0,02	Si	09/12/2024	12/12/2024
30BL3	120,38	119,77	119,82	0,05	Si	09/12/2024	12/12/2024
30BT1	162,01	160,53	160,54	0,01	Si	09/12/2024	12/12/2024
30BT2	169,84	167,30	167,30	0,00	Si	09/12/2024	12/12/2024
30BT3	188,41	186,53	186,56	0,03	Si	09/12/2024	12/12/2024
Humedad relativa:		**52.60 %**					
Temperatura:		**22.5 °C**					
Tiempo de acondicionamiento:		**72 Horas**					

4.4. CONDICIONES DEL ENSAYO					
Fecha del ensayo:	12/12/2024	**Método de fijación:**	Porta probetas para materiales planos		
Cámara de inflamabilidad:	ISO 11925-2: 2010				
Tiempo de aplicación de la llama:	**30 SEGUNDOS**				
Velocidad de aire en lacampana extractora:	0,154 m/s				
Humedad relativa:	52,60%	**Temperatura:**	22,5 °C		
Tiempo total del ensayo:	60 segundos				
Punto de aplicación para la ignición:	**Superficie**		**Borde inferior**	**X**	

4.5. RESULTADOS DEL ENSAYO

CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GaK) 8mm											
N° Probeta	Tiempo de exposición de la llama (seg)	Ignición	Tiempo que tardo en ocurrir la ignición (seg)	La punta de la llama alcanza los 150 mm	Tiempo en que la llama alcanza los 150 mm (seg)	Presencia de gotas / Partículas inflamadas	Ignición del papel filtro	Tiempo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego (s)	Longitud Calcinada (mm)	Velocidad de combustión en los 150 mm (mm/seg)	Velocidad de combustión en la longitud calcinada (mm/seg)
30BL1	30	Si	11	No	-	No	No	0	24	-	0,80
30BL2	30	Si	10	No	-	No	No	0	27	-	0,90
30BL3	30	Si	10	No	-	No	No	0	14	-	0,47
30BT1	30	Si	5	No	-	No	No	2	28	-	0,93
30BT2	30	Si	4	No	-	No	No	2	32	-	1,07
30BT3	30	Si	4	No	-	No	No	11	26	-	0,87



Fotografía de los ítems ensayados


Items de Interés:

- ✓ Durante el ensayo se pudo observar que el material ensayado es incombustible.
- ✓ La propagación de la llama no sobrepaso los 150 mm desde el punto de aplicación de la fuente de ignición para las muestras ensayadas.

Declaración:

"Los resultados del ensayo corresponden al comportamiento de muestras de ensayo de un producto bajo unas condiciones de ensayo particulares; no pretenden constituir el único criterio de valoración del riesgo de incendio potencial del producto en servicio"

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con el material ensayado: **CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GaK) 8mm** el parámetro de propagación vertical de la llama (Fs) aplicada en la superficie expuesta de las probetas, según la norma UNE-EN 13501-1:2007+A1 es:

Número de Muestra	Parámetro de propagación vertical Fs (Distancia en mm)
Probeta 1 – 30BL1	24
Probeta 2 – 30BL2	27
Probeta 3 – 30B L3	14
Probeta 4 – 30BT1	28
Probeta 5 – 30BT2	32
Probeta 6 – 30BT3	26

Ing. Mec. Gonzalo Naranjo	Ing. Mec. Víctor Espín, Mg.	Ing. Mec. Christian Castro, Mg.
Técnico - LIM	**Coordinador - LIM**	**Director - LIM**

6. CONSIDERACIONES FINALES

- El LIM no se responsabiliza de los datos erróneos ingresados o proporcionados por la empresa y/o solicitantes utilizados en la elaboración del presente informe.
- Toda la información presentada en el informe es responsabilidad del LIM, excepto cuando la información suministrada por la empresa y/o solicitante tiene incidencia directa con los resultados.
- El informe debe ser usado dentro de las instalaciones de la empresa solicitante y sin una previa autorización por parte del Laboratorio de Investigación Mecánica para ensayos de inflamabilidad de la Universidad Técnica de Ambato no puede ser reproducido.
- Los resultados obtenidos en el informe corresponden a los materiales seleccionados y remitidos por el solicitante, por lo tanto, la utilización y manejo de los materiales es exclusiva del solicitante.
- El presente informe es válido única y exclusivamente para los materiales ensayados y la aplicación declarada por el solicitante. Los resultados no puedes ser trasladados a lotes o a una serie de productos.
- El solicitante es responsable del uso indebido que pueda darse del presente documento y está sujeta a sanciones civiles y penales que se pudieran presentar.
- Se consideró la aplicación de los factores de corrección de los certificados de calibración en las mediciones de los diferentes equipos utilizados por el laboratorio.

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE FLAMABILIDAD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

INFORME DEL ENSAYO DE FLAMABILIDAD SEGÚN NTE INEN-ISO 11925-2

CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GaK) 8mm	
Fecha de recepción	9/12/2024
Número de probetas	6
Dimensiones	250mm x 90mm
Color adverso	Café
Color reverso	Café
Superficie adversa	Semirugosa
Superficie reversa	Semirugosa
Punto de aplicación para la ignición:	Borde
Tiempo de aplicación de la llama:	120 segundos

CÓDIGO: LIM-UTA-2024-11925-2-TES- 0001.4
17 de diciembre de 2024
AMBATO – ECUADOR

1. ANTECEDENTES:

Con fecha 9 de diciembre de 2024, la Señorita: Valeria de los Ángeles Jiménez Tenorio, en calidad de ESTUDIANTE de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, domiciliado en COTOPAXI / SALCEDO / BARRIO RUMIPAMBA CENTRAL y con número de ruc/cédula: 0550166474, solicita al Laboratorio de Investigación Mecánica para ensayos de inflamabilidad de la Universidad Técnica de Ambato, con datos claramente identificados, realizar la prueba de inflamabilidad según la norma NTE INEN-11925-2, de la muestra de **CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GaK) 8mm,** el cual es utilizado en construcción de obras civiles.

2. PROCESO GENERAL

Según lo indica el método, la prueba de inflamabilidad se realizó sobre sus respectivas submuestras, las cuales se prepararon y manipularon de acuerdo con el proceso de acondicionamiento detallado en la Norma NTE INEN-ISO 11925-2.

Las pruebas se efectuaron dentro de la cámara de inflamabilidad, en cuyo interior las muestras se colocaron de manera vertical en su respectivo soporte dentro de la cámara de combustión. Además, para proporcionar la llama se utilizó un mechero bunsen y gas propano al 95% de pureza suministrado a 20kPa de presión. Por último, se efectuaron los ensayos con las muestras solicitadas y los resultados que se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo fueron registrados y tabulados.

3. DATOS SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE

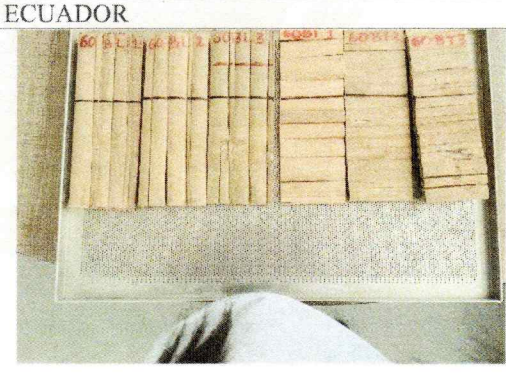
3.1. DATOS PRELIMINARES	
Nombre del material:	**CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GaK) 8mm**
Muestreo:	Materiales seleccionados y remitidos por el solicitante
Tipo de material:	Simple
Origen del material:	Elaborado nacionalmente
Uso del material:	Interiores y Exteriores
Dimensiones de la muestra:	250 mm X 90 mm
Responsable del corte de las muestras:	Solicitante
Tipo de entrega de las muestras:	6 muestras

Fotografía:	

4. PARÁMETROS DEL ENSAYO Y RESULTADOS

Códigos:	**60BL1, 60BL2, 60BL3, 60BT1, 60BT2, 60BT3**	**Fecha de Recepción:**	**09/12/2024**

4.1. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE	
Nombre / razón social:	VALERIA DE LOS ÁNGELES JIMÉNEZ TENORIO
CI / RUC:	0550166474
Dirección	COTOPAXI / SALCEDO / BARRIO RUMIPAMBA CENTRAL
Teléfono:	0958872885
Correo electrónico:	vjimenez6474@uta.edu.ec

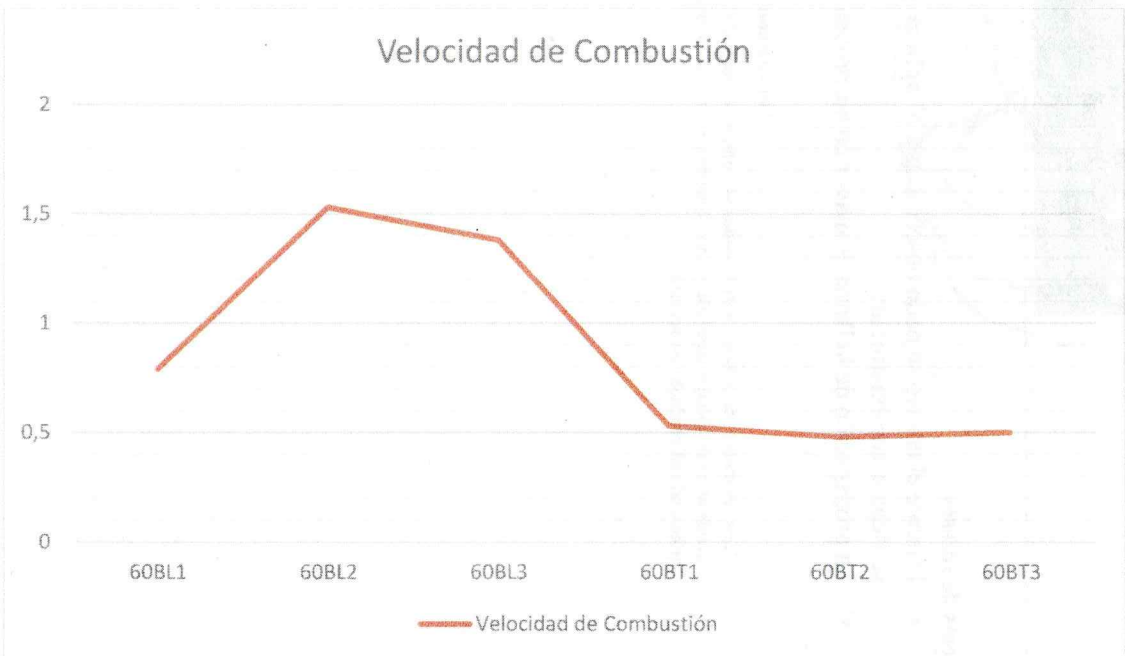
4.2. INFORMACIÓN DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO				
	Productos (Marque con una X)			
Tipo de superficie del material:	Plano		No plano	**X**
Espesor del material:	**8 mm**			
Características del material:	Simple	**X**	Compuesto	
Identificación del producto:	CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GaK) 8mm			
Preparación de la muestra:	Corte con caladora a las dimensiones según lo especificado en ISO 11925-2:2010			
N° de muestras:	(3 en sentido longitudinal y 3 en sentido transversal) un grupo para cada caso, según la característica del material			
Dimensiones:	250 x 90 mm			
Color en el anverso:	CAFÉ	**Color en el reverso:**	CAFÉ	
Material en el anverso:	CAÑA GUADUA	**Material en el reverso:**	CAÑA GUADUA	
Nombre del fabricante:	AGROINDUSTRIA NACIONAL			
Dirección del fabricante:	GUAYAS - ECUADOR			
Fotografías de los ítems de ensayo:				

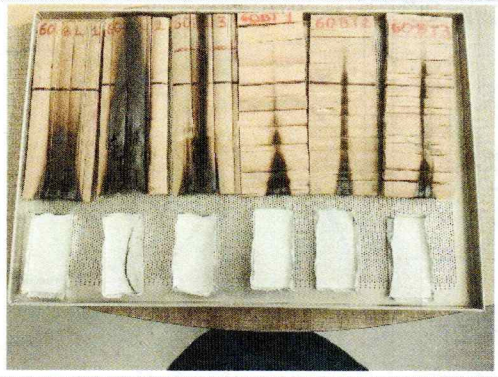
4.3. ACONDICIONAMIENTO DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO							
Código del ítem:	**Peso inicial (g):**	**Peso ac. 48h (g):**	**Peso ac. 72h (g):**	**Dif. 0,1g**	**Cumple acondicionamiento**	**Fecha de ingreso:**	**Fecha de salida:**
60BL1	114,24	113,91	113,93	0,02	Si	09/12/2024	12/12/2024
60BL2	114,61	114,19	114,21	0,03	Si	09/12/2024	12/12/2024
60BL3	136,73	136,16	136,19	0,03	Si	09/12/2024	12/12/2024
60BT1	150,36	150,00	150,05	0,05	Si	09/12/2024	12/12/2024
60BT2	147,57	147,10	147,13	0,03	Si	09/12/2024	12/12/2024
60BT3	183,70	182,89	182,91	0,02	Si	09/12/2024	12/12/2024
Humedad relativa:		**52.60 %**					
Temperatura:		**22.5 °C**					
Tiempo de acondicionamiento:		**72 Horas**					

4.4. CONDICIONES DEL ENSAYO					
Fecha del ensayo:	12/12/2024	**Método de fijación:**	Porta probetas para materiales planos		
Cámara de inflamabilidad:	ISO 11925-2: 2010				
Tiempo de aplicación de la llama:	**120 SEGUNDOS**				
Velocidad de aire en lacampana extractora:	0,154 m/s				
Humedad relativa:	52,60%	**Temperatura:**	22,5 °C		
Tiempo total del ensayo:	240 segundos				
Punto de aplicación para la ignición:	**Superficie**		**Borde inferior**	**X**	

4.5. RESULTADOS DEL ENSAYO

CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GaK) 8mm											
N° Probeta	**Tiempo de exposición de la llama (seg)**	**Ignición**	**Tiempo que tardo en ocurrir la ignición (seg)**	**La punta de la llama alcanza los 150 mm**	**Tiempo en que la llama alcanza los 150 mm (seg)**	**Presencia de gotas / Partículas inflamadas**	**Ignición del papel filtro**	**Tiempo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego (s)**	**Longitud Calcinada (mm)**	**Velocidad de combustión en los 150 mm (mm/seg)**	**Velocidad de combustión en la longitud calcinada (mm/seg)**
60BL1	120	Si	9	No	-	No	No	7	95	-	0,79
60BL2	120	Si	11	Si	98	No	No	-	150	1,53	1,53
60BL3	120	Si	11	Si	109	No	No	-	150	1,38	1,38
60BT1	120	Si	6	No	-	No	No	7	64	-	0,53
60BT2	120	Si	5	No	-	No	No	9	57	-	0,48
60BT3	120	Si	6	No	-	No	No	8	60	-	0,50



Fotografía de los ítems ensayados


Items de Interés:

- ✓ Durante el ensayo se pudo observar que al aplicar la llama durante 120 segundos el material se llega a combustionar.
- ✓ La propagación de la llama es mayor en las probetas ensayadas en sentido longitudinal.

Declaración:

"Los resultados del ensayo corresponden al comportamiento de muestras de ensayo de un producto bajo unas condiciones de ensayo particulares; no pretenden constituir el único criterio de valoración del riesgo de incendio potencial del producto en servicio"

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con el material ensayado: **CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GaK) 8mm** el parámetro de propagación vertical de la llama (Fs) aplicada en la superficie expuesta de las probetas, según la norma UNE-EN 13501-1:2007+A1 es:

Número de Muestra	Parámetro de propagación vertical Fs (Distancia en mm)
Probeta 1 – 60BL1	95
Probeta 2 – 60BL2	150
Probeta 3 – 60B L3	150
Probeta 4 – 60BT1	64
Probeta 5 – 60BT2	57
Probeta 6 – 60BT3	60

Ing. Mec. Gonzalo Naranjo	Ing. Mec. Víctor Espín, Mg.	Ing. Mec. Christian Castro, Mg.
Técnico - LIM	**Coordinador - LIM**	**Director - LIM**

6. CONSIDERACIONES FINALES

- El LIM no se responsabiliza de los datos erróneos ingresados o proporcionados por la empresa y/o solicitantes utilizados en la elaboración del presente informe.
- Toda la información presentada en el informe es responsabilidad del LIM, excepto cuando la información suministrada por la empresa y/o solicitante tiene incidencia directa con los resultados.
- El informe debe ser usado dentro de las instalaciones de la empresa solicitante y sin una previa autorización por parte del Laboratorio de Investigación Mecánica para ensayos de inflamabilidad de la Universidad Técnica de Ambato no puede ser reproducido.
- Los resultados obtenidos en el informe corresponden a los materiales seleccionados y remitidos por el solicitante, por lo tanto, la utilización y manejo de los materiales es exclusiva del solicitante.
- El presente informe es válido única y exclusivamente para los materiales ensayados y la aplicación declarada por el solicitante. Los resultados no puedes ser trasladados a lotes o a una serie de productos.
- El solicitante es responsable del uso indebido que pueda darse del presente documento y está sujeta a sanciones civiles y penales que se pudieran presentar.
- Se consideró la aplicación de los factores de corrección de los certificados de calibración en las mediciones de los diferentes equipos utilizados por el laboratorio.