



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD
HORIZONTAL BAJO LA NORMA ISO 3795, ENTRE MATERIALES
COMPUESTOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRAS
NATURALES (FIBRA DE CABUYA, FIBRA DE CHAMBIRA, FIBRA DE
COCO Y FIBRA DE TOTORA) FRENTE A LA FIBRA DE VIDRIO.”**

AUTOR: Bryan Joel Chaglla Toapanta

TUTOR: Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano

AMBATO – ECUADOR

Septiembre - 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD HORIZONTAL BAJO LA NORMA ISO 3795, ENTRE MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRAS NATURALES (FIBRA DE CABUYA, FIBRA DE CHAMBIRA, FIBRA DE COCO Y FIBRA DE TOTORA) FRENTE A LA FIBRA DE VIDRIO.”**, elaborado por el señor Bryan Joel Chaglla Toapanta, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1805329057, estudiante de la Carrera de Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, septiembre 2023



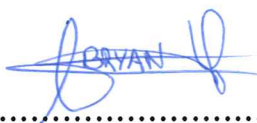
.....
Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Bryan Joel Chaglla Toapanta, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1805329057, declaro que todas las actividades y contenido propuesto en el presente trabajo experimental con el tema: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD HORIZONTAL BAJO LA NORMA ISO 3795, ENTRE MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRAS NATURALES (FIBRA DE CABUYA, FIBRA DE CHAMBIRA, FIBRA DE COCO Y FIBRA DE TOTORA) FRENTE A LA FIBRA DE VIDRIO.”**, así como los gráficos, conclusiones y recomendaciones es de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, con excepción de las referencias citadas en el presente trabajo.

Ambato, septiembre 2023



.....
Bryan Joel Chaglla Toapanta

C.I. 1805329057

AUTOR

DERECHO 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 institucionales.

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, septiembre 2023



.....
Bryan Joel Chaglla Toapanta

C.I. 1805329057

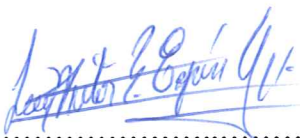
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Bryan Joel Chaglla Toapanta de la Carrera de Mecánica bajo el tema: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD HORIZONTAL BAJO LA NORMA ISO 3795, ENTRE MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRAS NATURALES (FIBRA DE CABUYA, FIBRA DE CHAMBIRA, FIBRA DE COCO Y FIBRA DE TOTORA) FRENTE A LA FIBRA DE VIDRIO.”**

Ambato, septiembre 2023

Para constancia firman:



Ing. Mg. Víctor Rodrigo Espín Guerrero

MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Pablo Raúl Valle Velasco, Ph.D.

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado principalmente a Dios, pues fue quien me guio por el camino correcto al escoger esta maravillosa carrera.

A mis padres Fernando y Edith, por ser quienes me impulsaron a seguir este sueño, con sus palabras de apoyo en todo momento, no permitieron que yo me rindiera.

A mi hermana Estefania, por siempre apoyarme en todas las decisiones que he tomado, ella siempre estuvo ahí para darme su mano amiga y no permitir que me apartarme de mi meta.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento está dirigido principalmente a Dios, por ser mi compañero en esta travesía, por derramar sobre mí muchas bendiciones para poder culminar con esta meta que tanto he anhelado, él siempre estuvo ahí como mi consejero fiel, dándome las fuerzas necesarias para poder levantarme de las derrotas y así mismo acompañarme en mis días de victoria.

Agradezco a mis padres y a mi hermana, por ser el motor en mi vida, cada mañana con sus palabras de aliento y fe, permitieron que persiga mi propósito, aunque el camino sea estrecho y con un montón de obstáculos, ellos más que una familia fueron unos grandes amigos, me dieron su confianza y eso hizo nunca defraudarlos y es por ello que hoy pude hacer realidad este deseo que nació de mi corazón.

De la misma forma agradezco a la Universidad Técnica de Ambato, especialmente a la carrera de Ingeniería Mecánica de la cual fui parte, en este lugar pasé los mejores días de mi vida, compartí con las personas indicadas, mis catedráticos más que unos maestros fueron unos excelentes amigos que me ayudaron a forjar mi camino y llegar a ser un profesional de calidad.

Agradecido eternamente con mi Tutor, el Ing. Mg. Christian Castro, por brindarme todos sus valiosos conocimientos para poder culminar con este trabajo.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHO DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN EJECUTIVO	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Antecedentes investigativos	1
1.1.1 Justificación.....	2
1.1.2 Fundamentación teórica.....	3
1.1.2.1 Ingeniería de los materiales	3
1.1.2.2 Materiales compuestos	4
1.1.2.3 Propiedades de los materiales compuestos.....	4
1.1.2.4 Matriz	5
1.1.2.5 Matriz polimérica termoestable.....	5
1.1.2.6 Materiales con matriz de origen polimérica	6
1.1.2.7 Resina poliéster	6
1.1.2.8 Matriz polimérica termoplástica.....	6
1.1.2.9 Matriz polimérica elastomérica	7

1.1.2.10 Material con matriz de origen metálica	7
1.1.2.11 Material con matriz de origen cerámica	8
1.1.2.12 Refuerzo	8
1.1.2.13 Función de las fibras en los materiales compuestos	9
1.1.2.14 Fibras convencionales	9
1.1.2.15 Fibra de vidrio	9
1.1.2.16 Fibras naturales.....	10
1.1.2.17 Fibra de Cabuya.....	10
1.1.2.18 Fibra de Chambira (Astrocaryum chambira).....	11
1.1.2.19 Fibra de Coco	12
1.1.2.20 Fibra de Totora	12
1.1.2.21 Combustión.....	13
1.1.2.22 Índice de inflamabilidad	13
1.1.2.23 Cálculo de la tasa de combustión	14
1.1.2.24 Ensayos para determinar el índice de inflamabilidad horizontal.....	14
1.1.2.25 Norma ISO 3795, FMVSS 302, FIT (Fire testing technology).....	14
1.2 Objetivos.....	15
1.2.1 Objetivo general	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 Planteamiento de la hipótesis	15
1.3.1 Señalamiento de variable de la hipótesis.....	16
CAPÍTULO II	17
METODOLOGÍA	17
2.1 Materiales	17
2.1.1 Descripción de materiales, equipos, herramientas y deducibles utilizados...	17
2.2 Métodos	23
2.2.1 Tipos de investigación.....	23

2.2.2 Población y muestra	23
2.2.3 Operacionalización de variables.....	26
2.3 Metodología para el desarrollo de la investigación.....	28
2.3.1 Dimensiones de las probetas	28
2.3.2 Dimensiones del molde.	29
2.3.3 Determinación de las fracciones volumétricas por cada material compuesto	30
2.3.3.1 Cálculo de la densidad, peso y volumen necesarios para el material compuesto de resina poliéster y fibra de cabuya.....	30
2.3.3.2 Cálculo de la densidad, peso y volumen necesarios para el material compuesto de resina poliéster y fibra de chambira	31
2.3.3.3 Cálculo de la densidad, peso y volumen necesarios para el material compuesto de resina poliéster y fibra de coco.....	32
2.3.3.4 Cálculo de la densidad, peso y volumen necesarios para el material compuesto de resina poliéster y fibra de totora.....	34
2.3.3.5 Cálculo de la densidad, peso y volumen necesarios para el material compuesto de resina poliéster y fibra de vidrio.....	35
2.3.4 Cálculo del peso y volumen necesarios de resina y fibra para el molde	36
2.3.5 Codificación de las probetas.....	37
2.3.6 Flujoograma para la preparación de probetas.....	38
2.3.7 Proceso de elaboración de probetas.....	39
2.3.8 Procedimiento para la aplicación de ensayo de inflamabilidad.....	51
CAPÍTULO III.....	55
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	55
3.1 Análisis y discusión de los resultados	55
3.1.1 Variables establecidas en la norma NTE INEN ISO 3795, para ensayos de inflamabilidad horizontal.....	55
3.1.2 Resultados obtenidos de las pruebas de inflamabilidad horizontal	55

3.1.3 Análisis de datos obtenidos en los ensayos de inflamabilidad para los materiales compuestos.....	66
3.1.4 Caracterización del material compuesto con el índice de propagación más bajo	69
3.2 Verificación de hipótesis	73
3.2.1 Material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de cabuya frente a la fibra de vidrio.	73
3.2.2 Material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de chambira frente a la fibra de vidrio.....	75
3.2.3 Material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de coco frente a la fibra de vidrio.	77
3.2.4 Material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de totora frente a la fibra de vidrio.	79
CAPÍTULO IV.....	82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	82
4.1 Conclusiones.....	82
4.2 Recomendaciones.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Material compuesto	4
Figura 2. Composición de un material compuesto de matriz polimérica.....	5
Figura 3. Objetos fabricados por una matriz polimérica termoplástica	7
Figura 4. Látex	7
Figura 5. Turbina de un avión fabricada de componentes metálicos	8
Figura 6. Cuchillas de torno CNC de origen cerámico	8
Figura 7. Fibra de vidrio.....	9
Figura 8. Clasificación de las fibras vegetales	10
Figura 9. Cuerda de fibra de Cabuya	11
Figura 10. Fibra de Chambira	11
Figura 11. Aplicaciones tradicionales del coco.....	12
Figura 12. Artesanías hechas con la fibra de totora	13
Figura 13. Tetraedro del fuego.....	13
Figura 14. Ilustración de las medidas a tomar en cuenta para la realización del ensayo de inflamabilidad bajo la norma NTE INEN ISO 3795	15
Figura 15. Dimensiones de la probeta.....	28
Figura 16. Flujograma de procesos.	39
Figura 17. Diagrama caja y bigote para comparar la tasa de combustión.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales utilizados.	17
Tabla 2. Equipos y herramientas utilizadas.....	19
Tabla 3. Deducibles utilizados.	22
Tabla 4. Descripción de la población.....	24
Tabla 5. Descripción del número de las muestras requeridas para el ensayo de inflamabilidad horizontal.	24
Tabla 6. Variable independiente.	26
Tabla 7. Variable dependiente.....	27
Tabla 8. Cálculos para determinar el volumen de la probeta.	28
Tabla 9. Dimensiones del molde.....	29
Tabla 10. Fracciones volumétricas de resina y fibra de cabuya.....	30
Tabla 11. Fracciones volumétricas de resina y fibra de chambira.	31
Tabla 12. Fracciones volumétricas de resina y fibra de coco.	33
Tabla 13. Fracciones volumétricas de resina y fibra de totora.....	34
Tabla 14. Fracciones volumétricas de resina y fibra de vidrio.	35
Tabla 15. Fracciones volumétricas para cada material.	36
Tabla 16. Proceso para la elaboración del material compuesto de resina poliéster y fibra de cabuya.	40
Tabla 17. Proceso para la elaboración del material compuesto de resina poliéster y fibra de chambira.....	42
Tabla 18. Proceso para la elaboración del material compuesto de resina poliéster y fibra de coco.....	44
Tabla 19. Proceso para la elaboración del material compuesto de resina poliéster y fibra de totora.	47
Tabla 20. Proceso para la elaboración del material compuesto de resina poliéster y fibra de vidrio.....	49
Tabla 21. Procedimiento para la aplicación de ensayo de inflamabilidad.....	52

Tabla 22. Resultados del ensayo del material de resina poliéster reforzado con fibra de cabuya.	56
Tabla 23. Resultados del ensayo del material de resina poliéster reforzado con fibra de chambira.	58
Tabla 24. Resultados del ensayo del material de resina poliéster reforzado con fibra de coco.	60
Tabla 25. Resultados del ensayo del material de resina poliéster reforzado con fibra de totora.	62
Tabla 26. Resultados del ensayo del material de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio.	64
Tabla 27. Resultados obtenidos del ensayo de inflamabilidad.	66
Tabla 28. Cuadro comparativo de las propiedades obtenidas de los materiales compuestos.	69
Tabla 29. Cuadro comparativo de la densidad para cada material compuesto.	70
Tabla 30. Cuadro comparativo de la cantidad de masa requerida por cada material compuesto.	71
Tabla 31. Ficha técnica del material compuesto con un menor índice de propagación	72
Tabla 32. Análisis estadístico prueba t-Student, entre el material compuesto reforzado con fibra de cabuya frente la fibra de vidrio.	73
Tabla 33. Análisis estadístico prueba t-Student, entre el material compuesto reforzado con fibra de chambira frente la fibra de vidrio.	75
Tabla 34. Análisis estadístico prueba t-Student, entre el material compuesto reforzado con fibra de coco frente la fibra de vidrio.	78
Tabla 35. Análisis estadístico prueba t Student, entre el material compuesto reforzado con fibra de totora frente la fibra de vidrio.	80

RESUMEN EJECUTIVO

Hoy en día, el uso de materiales compuestos es muy común en diversas aplicaciones tanto profesionales como industriales, por lo que es necesario garantizar que los materiales cumplan un alto nivel de seguridad para el usuario final. Crear materiales compuestos radica con la única finalidad de mejorar sus propiedades, por lo que, en la presente investigación se pretende evaluar y comparar la resistencia al fuego que posee los materiales compuestos de matriz polimérica reforzados con fibras naturales (cabuya, chambira, coco y totora) frente a una fibra sintética (fibra de vidrio), permitiéndonos considerar una posible sustitución de materiales sintéticos por materiales amigables con el medio ambiente, lo que podría abrir un nuevo mercado para su comercialización.

Para establecer los porcentajes adecuados para la formación de los materiales compuestos se tomó en consideración las fracciones volumétricas de trabajos de titulación previamente realizados, donde se detallan los porcentajes que brindan las mejores características del material, al tener estos valores se calculó la cantidad de resina, fibra y catalizador necesario para cada configuración, posterior a eso se procedió a ubicar todos esos componentes en el molde dimensionado según la norma NTE INEN ISO 3795, aplicando una compresión manual sobre cada material, concluido el proceso se necesitó esperar el tiempo de curado y verificar que el nuevo material este totalmente solidificado.

Una vez teniendo las muestras listas se envió al Laboratorio de Investigación Mecánica LIM-UTA, para ser ensayadas, finalmente se obtuvo la tasa de combustión de cada material, donde se registró un promedio de 3.61 mm/min para la fibra de Cabuya, 6.72 mm/min para la fibra de Chambira, 4.91 mm/min para la fibra de Coco, 8.46 mm/min para la fibra de Totorá y 9.18 mm/min para la fibra de vidrio, en base a los resultados se pudo determinar que el material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de Cabuya con un valor equivalente a 3.61 mm/min es el material que tiene menor índice de propagación a comparación de las demás fibras evaluadas.

Palabras Clave: Resistencia, catalizador, compresión, combustión, propagación.

ABSTRACT

Today, the use of composite materials is very common in various professional and industrial applications, so it is necessary to ensure that the materials meet a high level of safety for the end user. Creating composite materials lies in the sole purpose of improving their properties, therefore, in the present investigation it is intended to evaluate and compare the fire resistance of polymer matrix composite materials reinforced with natural fibers (cabuya, chambira, coconut and totora) against a synthetic fiber (fiberglass), allowing us to consider a possible substitution of synthetic materials for environmentally friendly materials, which could open a new market for their commercialization.

In order to establish the appropriate percentages for the formation of composite materials, the volumetric fractions of previously carried out titling works were taken into consideration, where the percentages that provide the best characteristics of the material are detailed, having these values, the amount of resin, fiber and catalyst necessary for each configuration was calculated, after that, all these components were placed in the mold sized according to the NTE INEN ISO 3795 standard, applying manual compression on each material, once the process was completed, it was necessary to you have to wait for the curing time and verify that the new material is fully solidified.

Once the samples were ready, they were sent to the LIM-UTA Mechanical Research Laboratory, to be tested, finally the combustion rate of each material was obtained, where an average of 3.61 mm/min was recorded for the Cabuya fiber, 6.72 mm/min for the Chambira fiber, 4.91 mm/min for the coconut fiber, 8.46 mm/min for the reed fiber and 9.18 mm/min for the glass fiber. Based on the results, it was possible to determine that the cabuya fiber-reinforced polyester resin composite material with a value equivalent to 3.61 mm/min is the material with the lowest propagation index compared to the other fibers evaluated.

Keywords: Resistance, catalyst, compression, combustion, propagation.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1 TEMA

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD HORIZONTAL BAJO LA NORMA ISO 3795, ENTRE MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORZADOS CON FIBRAS NATURALES (FIBRA DE CABUYA, FIBRA DE CHAMBIRA, FIBRA DE COCO Y FIBRA DE TOTORA) FRENTE A LA FIBRA DE VIDRIO.

1.1 Antecedentes investigativos

Hoy en día, debido a las constantes innovaciones que se les están dando a los materiales compuestos, es necesario conocer a fondo las propiedades, características y posibles amenazas a las que se pueden enfrentar. Por lo tanto, este trabajo experimental está destinado a evaluar, cuantificar e interpretar el comportamiento de los materiales expuestos al calor y las llamas en condiciones controladas de laboratorio. Para lo cual se ha considerado investigaciones realizadas en el país, las cuales servirán de guía para el desarrollo de la investigación [1].

En base a la tesis del Ing. Casto Miniguano Christian Byron, realizada en el 2014, bajo el tema “Estudio del comportamiento frente al fuego de los materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías y su incidencia en la homologación de modelos y competitividad de la empresa carrocera industria metálica Cepeda”, en la Universidad Técnica de Ambato, expresa como es el comportamiento que tienen los materiales evaluados ante el fuego, donde se detalla que tipo de material cumple con los valores de inflamabilidad establecidos en la norma NTE INEN 1323, permitiendo de este modo conocer qué tipo de material es homologable para la construcción de los interiores de las carrocerías [2].

Conforme a la tesis del Ing. Tamayo Duque Napoleón Andrés, realizada en el 2012, bajo el tema “Obtención y caracterización de materiales compuestos de matriz poliéster reforzados con fibra de cabuya”, en la Escuela Politécnica Nacional, determina que la mejor configuración para el material compuesto de fibra de cabuya es de 70% matriz y 30% refuerzo [3].

De acuerdo con el trabajo de investigación realizado por el Ing. Gavilanes Medina John Paúl en el 2021, bajo el tema de “Caracterización mecánica del material compuesto de matriz poliéster reforzado con fibra de chambira para determinar las propiedades mecánicas en aplicaciones industriales”, en la Universidad Técnica de Ambato, expresa que la mejor configuración volumétrica para el material a base de fibra de chambira es de 60% matriz y 40% refuerzo [4].

Así mismo el Ing. Gabriel Eduardo Mazon Ortiz en su trabajo de investigación realizado en el 2017, bajo el tema “Caracterización mecánica del material compuesto de matriz poliéster con fibra de coco para la determinación de propiedades mecánicas en aplicaciones industriales”, en la Universidad Técnica de Ambato, detalla que la mejor configuración para el material compuesto a base de fibra de coco es de 70% matriz y 30% refuerzo [5].

De la tesis del Ing. José Luis Pico Vaca, realizada en el 2022, bajo el tema “Caracterización mecánica del material compuesto de matriz poliéster reforzada con fibra de totora (*Schoenoplectus Californicus*) y su posible aplicación en la industria”, en la Universidad Técnica de Ambato, expresó que la mejor configuración es 70% matriz y 30% refuerzo [6].

Finalmente, el Ing. Daniel Federico Castro Chico en su investigación realizada en el 2017, bajo el tema “Análisis del material compuesto de fibra de vidrio con matriz polimérica utilizado en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas para determinar sus propiedades mecánicas”, en la Universidad Técnica de Ambato, detalla que la mejor configuración para la fibra de vidrio es 70% matriz y 30% refuerzo para el forro del techo, mientras que para los laterales la mejor configuración es 80% matriz y 20% refuerzo [7].

1.1.1 Justificación

En la actualidad la invención de nuevos materiales compuestos es de vital importancia para el crecimiento de la industria, destacando varios sectores industriales, por ejemplo, la industria automovilística, construcción, mecánica, aeroespacial, medicina, etc. Lo que lleva a evaluar estos materiales con la finalidad de lograr altos estándares de calidad [8].

Crear materiales compuestos radica en combinar dos o más materiales, con la única finalidad de mejorar sus propiedades. En la presente investigación se ha elegido el uso de resina poliéster el mismo que se utilizara como matriz y, por otro lado, como elementos de refuerzo se van a utilizar fibras naturales (fibra de cabuya, fibra de chambira, fibra de coco y fibra de totora) y sintéticas (fibra de vidrio), en donde se pretende evaluar la resistencia al fuego que estas poseen cada una.

Hoy en día, el uso de materiales compuestos es muy común en diversas aplicaciones tanto profesionales como industriales, por lo que es necesario garantizar que los materiales cumplan un alto nivel de seguridad para el usuario final. Por ello, el desarrollo de ensayos de inflamabilidad permitirá conocer el comportamiento de los materiales en condiciones de fuego, lo que podría abrir un nuevo mercado para su comercialización, donde se prueben productos previos a los ensayos de inflamabilidad [1].

Uno de los principales factores por los que se ha puesto en consideración el uso de las fibras naturales para la conformación de materiales compuestos, es la creciente preocupación que se tiene por tratar de conservar el medio ambiente, debido a que la gran parte de fibras sintéticas se las elabora con productos químicos los cuales son derivados de combustibles fósiles, y los residuos de estas fibras están contaminando mares, ríos y lagos por ende afectan el bienestar de las personas [9].

Este estudio nos permitirá determinar qué materiales compuestos tienen el mejor comportamiento ante el fuego, lo que permitirá causar un impacto a nivel social ya que se podrá conseguir una alternativa para la sustitución de materiales tradicionales, lo que conllevará a la realización de estudios para determinar la viabilidad del material en el tiempo [10].

1.1.2 Fundamentación teórica

1.1.2.1 Ingeniería de los materiales

La ingeniería de materiales principalmente se trata de la correlación que existe entre la estructura de un material y las propiedades que este puede ofrecer, normalmente a lo que se refiere como estructura es al tipo de disposición que tienen sus componentes internos [8]. Por lo general cuando se requiere diseñar un producto, es necesario comenzar con el análisis del material con el que se pretende elaborarlo, dado que esto

permitirá conocer las propiedades físicas y mecánicas del material. Sin duda este tipo de análisis nos permite evaluar y encontrar nuevos materiales capaces de tener propiedades adecuadas y de una menor densidad permitiendo así nuevas áreas de aplicación [8].

1.1.2.2 Materiales compuestos

Un material compuesto es un material generalmente conformado por lo menos de dos componentes diferentes que producen ninguna reacción química entre ellos. Los materiales compuestos constan de una fase continua llamada matriz, que puede derivarse de metal, cerámica o plástico, y una fase discontinua llamada refuerzo, que se convierte en partículas finas o fibras de diferentes tamaños.

Dichos materiales están fabricados especialmente de una matriz y un refuerzo como se aprecia en la Figura 1, cuya combinación otorga al nuevo material propiedades sobresalientes. Se han logrado progresos significativos en el uso de materiales compuestos con el paso del tiempo, tanto que han llegado a formar parte de aplicaciones industriales [9].

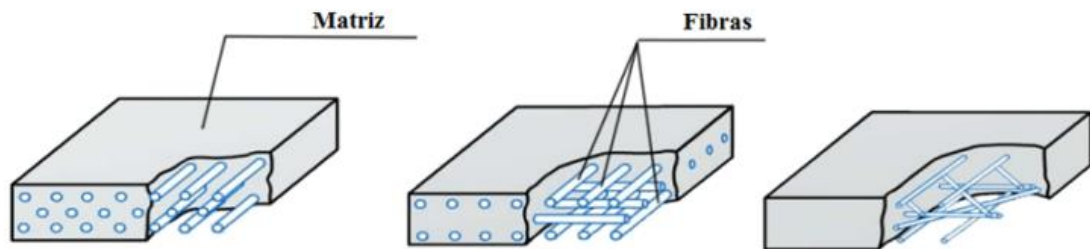


Figura 1. Material compuesto [9].

1.1.2.3 Propiedades de los materiales compuestos

Los materiales compuestos poseen una serie de propiedades como:

- Buena resistencia dieléctrica.
- Resistente a la corrosión.
- Bajo costo de mantenimiento.
- Buena capacidad para acoplarse a cualquier forma antes de su proceso de curado [10].

1.1.2.4 Matriz

La matriz o fase continua está diseñada para fijar de manera permanente y estable el material de refuerzo, siempre asegurando la continuidad y cohesión del material. Entre las principales funciones y propiedades se tiene:

- Especificar las propiedades químicas y físicas del material.
- Proteger y garantizar la consistencia del material.
- Transmitir el estrés a las fibras más resistentes.
- Protección contra daños durante el moldeo y el uso.
- Reduce la propagación de grietas en el material.
- Encargada de las propiedades químicas, físicas y eléctricas de los materiales [9].

De la misma manera, la matriz juega un papel importante cuando el material compuesto se somete a diversas cargas, ya que, si se aplica una carga de compresión al material, la matriz se convierte en un elemento de absorción de fuerzas. Por otro lado, si se aplica una carga de tracción al material, la matriz transfiere los esfuerzos inducidos a las fibras [11].

1.1.2.5 Matriz polimérica termoestable

La matriz polimérica se usa principalmente para la producción de materiales que requieren una alta resistencia, por lo que se usa resinas de poliéster, epoxi, fenólicas o vinyléster para obtener un material duro el cual se considera insoluble [10]. En la Figura 2, se aprecia la conformación de un material con matriz termoestable.

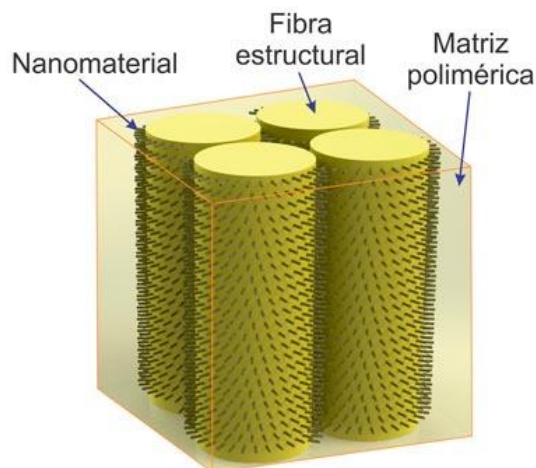


Figura 2. Composición de un material compuesto de matriz polimérica [10].

1.1.2.6 Materiales con matriz de origen polimérica

Estos materiales se caracterizan por tener buenas propiedades mecánicas además de ser muy resistentes a la corrosión, su matriz está conformada principalmente de resina, lo que le permite tener la capacidad para acoplarse a cualquier superficie y formarse libremente, por lo general se suele utilizar como refuerzo fibras o partículas de origen natural y sintético [9].

1.1.2.7 Resina poliéster

La resina poliéster es un material termoestable el cual posee buenas propiedades mecánicas, así mismo al estar en un estado líquido y viscoso se puede utilizar en diferentes aplicaciones, cabe recalcar que es necesario la aplicación de un catalizador para que la resina experimente una reacción química, lo cual le permita alcanzar un endurecimiento permanente. Cabe recalcar que no se puede reutilizar el material [12].

Se distingue por tener buena dureza, resistencia a la tracción, torsión e hidrolisis, así mismo por ser un buen material termoestable. Por lo general el uso más frecuente que se le da es en la conformación de materiales compuestos donde actúa como matriz debido a que proporciona una buena resistencia química, y va de la mano con la fibra de vidrio la cual actúa como refuerzo al ser un material de gran resistencia mecánica.

Propiedades mecánicas

- Densidad: 1.2 g/cm³
- Tensión de rotura: 70 MPa
- Módulo de elasticidad: 2,15 GPa
- Porcentaje de alargamiento: 3 % [9].
- Resistencia a los rayos ultravioletas.

1.1.2.8 Matriz polimérica termoplástica

Se caracterizan por una alta relación resistencia - densidad, su estructura es muy flexible, por lo cual pueden formarse fácilmente. Este tipo de matriz puede ablandarse bajo la influencia del calor, permitiéndole cambiar su estado físico, es decir, de sólido a líquido o de líquido a sólido, lo que permite una fácil manipulación [14]. En la Figura 3 se puede apreciar objetos fabricados por una matriz termoplástica.



Figura 3. Objetos fabricados por una matriz polimérica termoplástica [14].

1.1.2.9 Matriz polimérica elastomérica

La matriz elastomérica se utiliza como soporte para otros compuestos, es eléctricamente conductor y posee una gran flexibilidad aun cuando se aplican pequeños esfuerzos, en la Figura 4, se puede visualizar un ejemplo de una matriz elastomérica como es el látex [15].



Figura 4. Látex [15].

1.1.2.10 Material con matriz de origen metálica

Los materiales utilizados como matriz pueden ser el aluminio, cobre, magnesio u otras aleaciones y como refuerzo se puede utilizar fibras o metales. Generalmente se utilizan en la industria automotriz y aeroespacial, ya que este tipo de matriz permite que la mezcla opere a altas temperaturas, exhibiendo una mayor durabilidad. La fabricación de materiales compuestos de matriz metálica resultan ser muy costosos en comparación a materiales fabricados de matriz polimérica [14]. En la Figura 5, se puede visualizar una turbina de avión la cual esta ensamblada con partes de componentes metálicos.



Figura 5. Turbina de un avión fabricada de componentes metálicos [14].

1.1.2.11 Material con matriz de origen cerámica

Estos compuestos fueron desarrollados para aplicaciones que requieren buena resistencia y solidez a temperaturas elevadas. Generalmente estos compuestos son más ligeros a comparación de los compuestos de matriz metálica. Como ejemplo se tiene al carburo de silicio y óxido de aluminio [16]. En la Figura 6, se puede observar unas cuchillas de torno CNC, las cuales están formadas por una matriz de origen cerámico.



Figura 6. Cuchillas de torno CNC de origen cerámico [16].

1.1.2.12 Refuerzo

También conocido como fase discontinua, este es otro componente importante de los materiales compuestos porque las propiedades mecánicas como la resistencia y la rigidez del compuesto dependerán del agente de refuerzo. La función de mejora es dar a la matriz algunas de sus propiedades para mejorar sus propiedades. El refuerzo en los materiales compuestos puede adoptar diferentes formas, como partículas, fibras o componentes estructurales, según la aplicación a la que esté destinado el material compuesto [14].

1.1.2.13 Función de las fibras en los materiales compuestos

Las fibras se consideran las más importantes desde el punto de vista tecnológico. Cuando se desea obtener un material con alta resistencia, rigidez, baja densidad y una mejor relación tracción - peso, esto se logra mediante el uso de materiales livianos, tanto en el refuerzo como en la matriz, pero siempre teniendo en consideración las propiedades mecánicas que debe tener el nuevo material [14].

1.1.2.14 Fibras convencionales

En los materiales compuestos las fibras convencionales son las más utilizadas, entre las más comunes están las fibras de carbono, las fibras poliméricas y las fibras inorgánicas, la fibra de vidrio pertenece a esta categoría la cual es regularmente utilizada por su bajo costo y su alta resistencia [14].

1.1.2.15 Fibra de vidrio

La fibra de vidrio es un material fabricado por el hombre, la base de esta materia prima es inorgánica, lo que permite utilizarla en muchas industrias como la construcción o la aviación, generalmente este tipo de material se usa como aislante eléctrico y acústico. En la Figura 7, se muestra un tejido de fibra de vidrio utilizado en la mayoría de las actividades industriales.

Esta fibra también puede ser utilizada como refuerzo para la conformación de materiales poliméricos debido a que es muy liviano y fácil para trabajar [17].



Figura 7. Fibra de vidrio [17].

1.1.2.16 Fibras naturales

Las fibras naturales se pueden obtener de minerales, animales o plantas. Las fibras vegetales son las más populares debido a su amplia disponibilidad y capacidad renovable a corto plazo en comparación con otras fibras. Estos son materiales lignocelulósicos que se distribuyen en la biosfera en forma de plantas, árboles y cultivos. En la Figura 8, se puede apreciar la clasificación de las fibras vegetales [18].

Las fibras vegetales se componen principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina, por eso se denominan fibras lignocelulósicas. Su estructura incluye algunos elementos menores como proteínas, resinas, ceras y algunos productos inorgánicos. La composición química de las fibras vegetales varía según la especie, la edad de la planta y las condiciones climáticas [19].

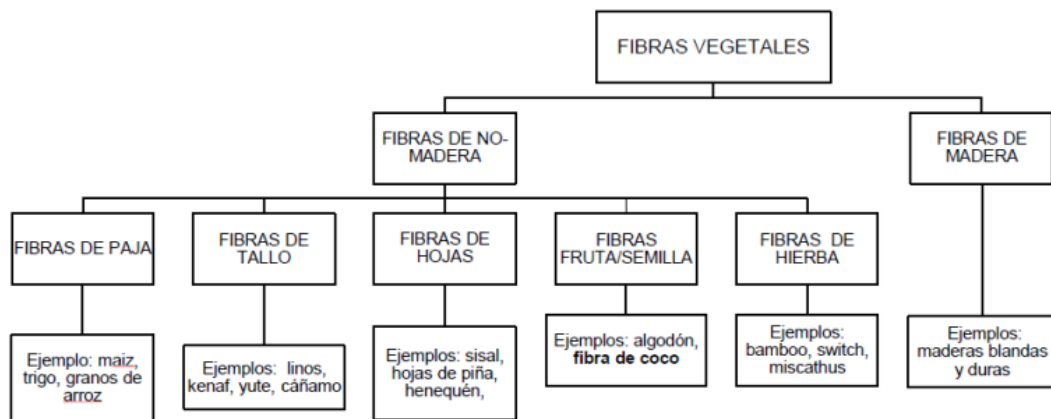


Figura 8. Clasificación de las fibras vegetales [19].

1.1.2.17 Fibra de Cabuya

La cabuya o también conocida como fique, es una planta monocotiledónea, presente en varias regiones de Sudamérica y Centroamérica. Por lo que es común encontrarla en la región sierra del país, se caracteriza por tener hojas grandes de las cuales se puede sacar su fibra. Dicha fibra se caracteriza por su bajo peso y buena resistencia mecánica, lo que le permite ser utilizada en diversos campos industriales. A lo largo de los años se ha venido utilizando esta fibra para la conformación de, tapetes, costales, artesanías, filtros y cuerdas [3]. En la Figura 9, se observa una de las aplicaciones que generalmente se le da a la fibra de cabuya.

Propiedades mecánicas:

- Resistencia a la tracción: 305 MPa
- Resistencia al Corte: 112 MPa
- Módulo de elasticidad: 7,5 MPa
- Densidad: 1,3 g/cm³ [3].



Figura 9. Cuerda de fibra de Cabuya [3].

1.1.2.18 Fibra de Chambira (*Astrocaryum chambira*)

La palma de Chambira es originaria del trópico húmedo amazónico de América del Sur, con gran presencia en continente Sudamericano. También es conocida por sus diversos usos y crece en comunidades indígenas del oriente ecuatoriano. Esta fibra es uno de los factores clave para el desarrollo de las comunidades indígenas de las regiones orientales, debido a que se utiliza para la elaboración de una variedad de artesanías, cuerdas, ropa, cestas para el transporte de sus mercancías y armas para la caza de animales [20]. En la Figura 10, se puede observar cómo es el secado de la fibra de chambira.



Figura 10. Fibra de Chambira [20].

1.1.2.19 Fibra de Coco

La fibra de coco se obtiene de la cáscara de la fruta, que es el principal objeto de cultivo debido a su contenido de agua y la pulpa comestible. Por lo tanto, la fibra es un subproducto que a menudo se recicla como desecho.

El coco se forma de desde el exterior al interior y tiene una envoltura fibrosa llamada mesocarpio. El coco tiene una corteza con un espesor de 3 a 5 cm, del coco se suele utilizar las fibras como material de refuerzo mismas que miden entre 15 y 25 cm. En la actualidad se usa para la fabricación de pisos, hilos, sogas, entre otras. Debido a sus buenas propiedades mecánicas. En la Figura 11 se puede apreciar las aplicaciones que se le puede dar a la fibra de coco [5].

Propiedades mecánicas:

- Resistencia 130-220 (MPa)
- Módulo de Young 4-6 (GPa)
- Deformación de falla 25-40 %

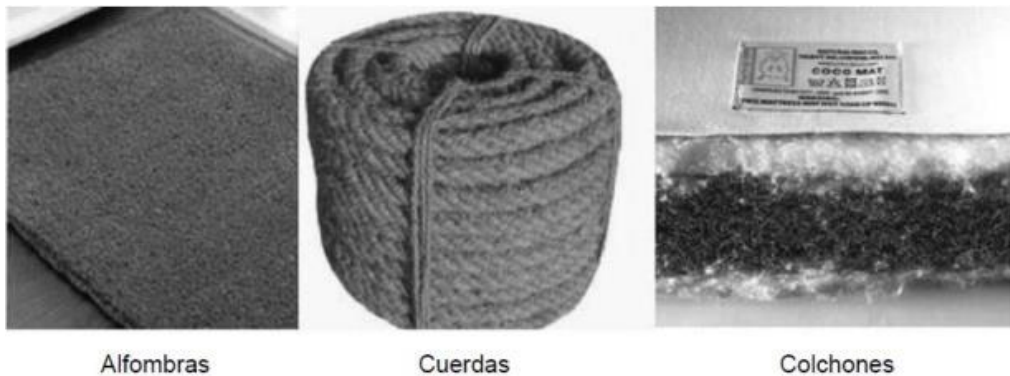


Figura 11. Aplicaciones tradicionales del coco [5].

1.1.2.20 Fibra de Totora

La totora es una planta que crece en las regiones Costa y Sierra. La fibra de totora se utiliza en la elaboración de esteras, asientos, canastas. Este material se suele utilizar en diferentes industrias dado que tiene una gran resistencia y su obtención es sencilla no requiere de procesos complejos como en otras fibras naturales. En la Figura 12, se aprecia las diferentes utilidades que se le puede dar a la fibra de totora [20].



Figura 12. Artesanías hechas con la fibra de totora [20].

1.1.2.21 Combustión

La combustión es el conjunto de procesos químicos los cuales genera una gran cantidad de energía, presentándose en forma de luz y calor. Existen cuatro componentes esenciales en la combustión y son combustible, oxígeno y calor como se observa en la Figura 13 [2].

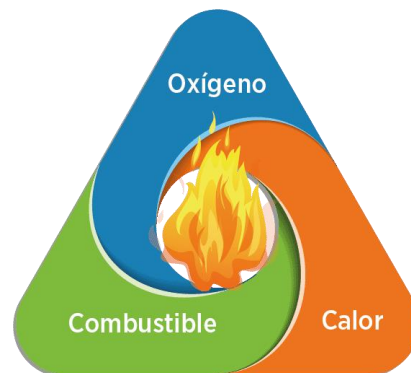


Figura 13. Tetraedro del fuego [2].

1.1.2.22 Índice de inflamabilidad

El índice de inflamabilidad es la resistencia al fuego de un material, en un determinado tiempo, para la realización de estos ensayos existen normas establecidas que brindan detalladamente el proceso y las condiciones requeridas para la realización de las pruebas, una de las normas más conocidas para la realización de este ensayo es la NTE INEN ISO 3795, la cual nos permite evaluar el comportamiento horizontal de materiales utilizados al interior de vehículos [21].

1.1.2.23 Cálculo de la tasa de combustión

A partir de la siguiente ecuación se determina la velocidad de combustión B en mm/min [21].

$$B = 60 s/t$$

s= Longitud de la distancia quemada (mm)

t= Tiempo que tarda en quemarse dicha distancia (s)

1.1.2.24 Ensayos para determinar el índice de inflamabilidad horizontal

Este tipo de ensayo es muy utilizado para efectuar el estudio de las propiedades de inflamabilidad de distintos materiales poliméricos. Para la presente investigación se analiza bajo los parámetros establecidos por la norma NTE INEN ISO 3795, con la cual se determina la tasa de combustión horizontal de materiales. Para la ejecución del ensayo se elaborarán probetas de acuerdo con lo especificado en la norma, para luego ser colocadas en un soporte, ubicando la posición del mechero adecuadamente para realizar un precalentamiento hasta lograr el equilibrio, luego se aplica la llama hacia la probeta [21].

Los datos que proporciona el ensayo se registran para su posterior análisis, para luego elaborar el informe correspondiente según indique la norma. Cabe recalcar que los resultados de este tipo de ensayos están en dependencia de la normativa que se use. Para nuestro estudio aplicando la norma antes mencionada [21].

1.1.2.25 Norma ISO 3795, FMVSS 302, FIT (Fire testing technology)

La norma NTE INEN ISO 3795, nos permite evaluar la tasa de combustión de materiales usados al interior de vehículos, los cuales están expuestos a una pequeña llama. Además, la norma nos especifica los parámetros necesarios que se deben cumplir tanto para las probetas como para las condiciones en las que debe estar la cámara ante de realizar cada ensayo.

Hay que considerar que la norma solo se puede evaluar para materiales de hasta 13 mm de espesor. En la Figura 14 se observa las medidas que se debe tener en cuenta al momento de realizar los ensayos de inflamabilidad [21].

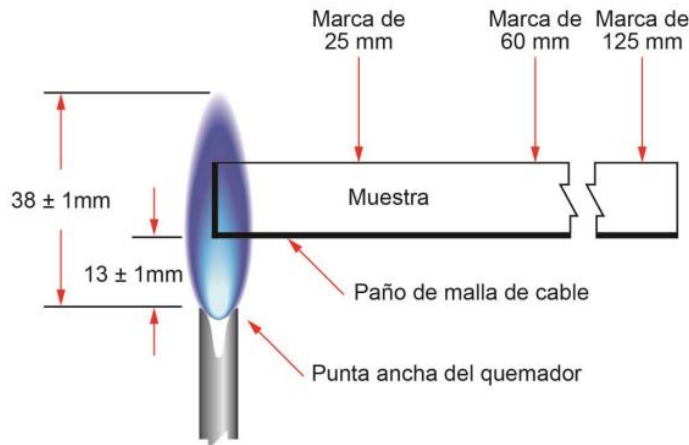


Figura 14. Ilustración de las medidas a tomar en cuenta para la realización del ensayo de inflamabilidad bajo la norma NTE INEN ISO 3795 [21].

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Analizar el índice de inflamabilidad horizontal bajo la norma ISO 3795, entre materiales compuestos de matriz poliéster reforzados con fibras naturales (fibra de cabuya, fibra de chambira, fibra de coco y fibra de totora) frente a la fibra de vidrio.

1.2.2 Objetivos específicos

- Establecer las variables adecuadas establecidas en la norma ISO 3795 para ensayos de inflamabilidad.
- Realizar los ensayos de inflamabilidad bajo la norma ISO 3795.
- Analizar los datos obtenidos en los ensayos de inflamabilidad de los materiales compuestos de matriz poliéster reforzados con fibras naturales frente a la fibra de vidrio.
- Caracterizar el material compuesto que proporcione un índice de propagación más bajo.

1.3 Planteamiento de la hipótesis

El uso de fibras naturales utilizadas como refuerzo en los materiales compuestos genera un índice de inflamabilidad más bajo a comparación de un material compuesto reforzado con fibra de vidrio.

1.3.1 Señalamiento de variable de la hipótesis

- **Variable independiente**

Análisis del tipo de fibra utilizado como refuerzo en la conformación de materiales compuestos con matriz poliéster.

- **Variable dependente**

Influencia en el índice de inflamabilidad

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

2.1.1 Descripción de materiales, equipos, herramientas y deducibles utilizados

A continuación, en la Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3, se detallan los materiales, equipos, herramientas y deducibles, utilizados en el presente estudio.

Tabla 1. Materiales utilizados.




MATERIALES		
Materiales	Descripción	Representación fotográfica
Fibra de cabuya	Esta fibra se caracteriza por tener buenas propiedades mecánicas, de fácil manipulación, no se fractura con facilidad y es muy duradera.	
Fibra de chambira	La fibra de chambira posee buenas características mecánicas además de ser muy versátil para la elaboración de cuerdas, trampas y armas de caza.	
Fibra de coco	Esta fibra se utilizó como refuerzo en la conformación del material debido a que es un material ligero tiene una buena resistencia a la tracción.	

Tabla 1. Materiales utilizados. (continuación 1)



MATERIALES		
Materiales	Descripción	Representación fotográfica
Fibra de totora	Se utilizo la totora por ser una fibra con buenas propiedades físicas y mecánicas, por lo general este tipo de fibras se lo suele utilizar en la fabricación de muebles, estructuras y artesanías.	
Fibra de vidrio	Es un material extremadamente delgado compuesto por filamentos poliméricos y se utiliza en muchas aplicaciones industriales.	
Resina poliéster	La resina poliéster es un material de polímero insaturado termoestable formado por la reacción entre ácidos orgánicos y alcoholes polihídricos, además posee buenas propiedades mecánicas.	
Catalizador	El catalizador para resina es un endurecedor, se encarga de que la resina inicie su proceso de endurecimiento mediante una reacción química.	

Tabla 2. Equipos y herramientas utilizadas.



EQUIPOS Y HERRAMIENTAS		
Equipos y herramientas	Descripción	Representación fotográfica
Cámara de llama horizontal.	Es un equipo el cual permite determinar la velocidad de combustión y la resistencia a la combustión que poseen diferentes materiales.	
Porta muestras	Objeto metálico utilizado para colocar las probetas de manera alineada dentro de la cámara de inflamabilidad.	
Termómetro infrarrojo	Instrumento utilizado para medir la temperatura de la cámara antes y después de cada ensayo destructivo.	
Taladro de pedestal	Herramienta utilizada para perforar agujeros sobre la superficie de cada una de las probetas para cada material compuesto mediante el uso de brocas.	







Tabla 2. Equipos y herramientas utilizadas. (continuación 1)

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS		
Equipos y herramientas	Descripción	Representación fotográfica
Amoladora	Herramienta utilizada para cortar cada una de las probetas de acuerdo con las medidas requeridas.	
Disco de corte	Herramienta abrasiva utilizada para cortar las probetas misma que va acoplada a la amoladora.	
Lijas	Material utilizado para alisar y pulir los bordes de las probetas.	
Tijeras	Instrumento utilizado para cortar los diferentes tipos de fibras y otros materiales.	
Brocha	Utensilio utilizado para esparcir la resina poliéster sobre el molde.	
Flexómetro	Instrumento de medición utilizado para delimitar las distancias adecuadas de cada probeta.	

Tabla 2. Equipos y herramientas utilizadas. (continuación 2)

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS		
Equipos y herramientas	Descripción	Representación fotográfica
Pie de rey	Instrumento usado para medir el espesor de las probetas.	
Cronómetro	Instrumento utilizado para medir el tiempo exacto en el que la llama consume cierta distancia delimitada de cada probeta.	
Balanza digital	Instrumento utilizado para pesar la cantidad exacta de resina poliéster, catalizador y fibras utilizadas como refuerzo en el material compuesto.	
Recipiente plástico	Recipiente utilizado para mezclar la resina poliéster con el catalizador.	
Computador	Equipo utilizado para almacenar datos obtenidos de las pruebas efectuadas, así como para la ejecución del informe correspondiente.	

Tabla 3. Deducibles utilizados.

DEDUCIBLES		
Deducibles	Descripción	Representación fotográfica
Gas metano	Gas utilizado para la combustión de las probetas.	
Encendedor	Utensilio utilizado para encender el mechero de la cámara de inflamabilidad.	
Cera	Producto utilizado sobre el molde para que no se adhiera la resina poliéster sobre él.	
Desmoldante	Este producto se utiliza para poder desmoldar con facilidad la resina poliéster una vez terminado su tiempo de curado, sin quedarse pegado al molde.	
Thinner	Líquido disolvente utilizado para limpiar impurezas del molde una vez conformado cada material.	
Guaípe	Utilizado para remover cualquier impureza tanto de las probetas como del molde.	

2.2 Métodos

2.2.1 Tipos de investigación

- Descriptivo

Para la presente investigación se ha utilizado un método descriptivo, el cual nos permite conocer y describir, como es el comportamiento de diferentes materiales compuestos de matriz polimérica reforzados con fibras naturales y fibras sintéticas ante el fuego, con el fin de determinar su incidencia en el índice de inflamabilidad.

- Experimental

El presente estudio se encuentra dentro del tipo experimental, debido a que se analizará la influencia que tiene la variable independiente sobre la variable dependiente, para lo cual se realizará un ensayo de inflamabilidad para los materiales compuestos permitiéndonos recabar datos estadísticos, mismos que servirán para verificar la hipótesis de investigación.

- Cuantitativo

Este método es de gran utilidad para el presente estudio debido a que nos permite recolectar, codificar y tabular los datos numéricos obtenidos de los ensayos de inflamabilidad, los cuales deben ser manejados cuidadosamente para no tener errores.

- Bibliográfico

Por medio del método bibliográfico se podrá conseguir y acceder a documentos que contengan información relevante y lo más relacionada posible al tema de investigación.

2.2.2 Población y muestra

- Población

Para el presente trabajo experimental se ha tomado como población cinco materiales compuestos, los cuales serán evaluados por medio de un ensayo de inflamabilidad horizontal para determinar la tasa de combustión que poseen cada uno. Para cada material se escogió la siguiente configuración volumétrica, de acuerdo con estudios realizados previamente, fibra de cabuya (30%) + resina poliéster (70%) [3], fibra de

chambira (40%) + resina poliéster (60%) [4], fibra de coco (30%) + resina poliéster (70%) [5], fibra de totora (30%) + resina poliéster (70%) [6] y fibra de vidrio (30%) + resina poliéster (70%) [7]. A continuación, en la Tabla 4, se detallan las diferentes configuraciones de los materiales compuestos antes mencionados.

Tabla 4. Descripción de la población.

POBLACIÓN		
N°	Tipo de material	Configuración
1	Material compuesto	Fibra de cabuya (30%) + resina poliéster (70%).
2	Material compuesto	Fibra de chambira (40%) + resina poliéster (60%).
3	Material compuesto	Fibra de coco (30%) + resina poliéster (70%).
4	Material compuesto	Fibra de totora (30%) + resina poliéster (70%).
5	Material compuesto	Fibra de vidrio (30%) + resina poliéster (70%).

- **Muestras**

Conforme a lo establecido en la norma NTE INEN ISO 3795, la cual especifica la metodología correspondiente para determinar el comportamiento de combustión de materiales utilizados al interior de vehículos de carretera [21], en el apartado de muestreo especifica que se debe evaluar y obtener datos de al menos siete muestras por cada configuración, donde se tomó dos muestras con sentido de corte diferente, las cuales servirán para determinar cuál es el sentido de fibra que tiene una mayor velocidad de propagación, de ahí se procede a seleccionar las cinco metras restantes para realizar el ensayo de inflamabilidad. En la Tabla 5, se describe la cantidad necesaria de muestras que se deben utilizar por cada configuración.

Tabla 5. Descripción del número de las muestras requeridas para el ensayo de inflamabilidad horizontal.

MUESTRA				
N°	Material compuesto	Tipo de ensayo	Orientación de las fibras	N° de probetas
1	Fibra de cabuya (30%) + resina poliéster (70%)	Inflamabilidad horizontal	Mixta	7

Tabla 5. Descripción del número de las muestras requeridas para el ensayo de inflamabilidad horizontal. (continuación 1)

MUESTRA				
N°	Material compuesto	Tipo de ensayo	Orientación de las fibras	N° de probetas
2	Fibra de chambira (40%) + resina poliéster (60%)	Inflamabilidad horizontal	Mixta	7
3	Fibra de coco (30%) + resina poliéster (70%)	Inflamabilidad horizontal	Mixta	7
4	Fibra de totora (30%) + resina poliéster (70%)	Inflamabilidad horizontal	Longitudinal	7
5	Fibra de vidrio (30%) + resina poliéster (70%)	Inflamabilidad horizontal	Mixta	7
TOTAL				35

2.2.3 Operacionalización de variables

Variable independiente

Análisis del tipo de fibra utilizado como refuerzo en la conformación de materiales compuestos con matriz poliéster. Detalles en la Tabla 6.

Tabla 6. Variable independiente.

VARIABLE INDEPENDIENTE				
Descripción	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
Las fibras son refuerzos que se utilizan para la composición de materiales compuestos de matriz poliéster o polimérica. Por lo general se utilizan debido a que poseen buenas propiedades y pueden servir de alternativa para reemplazar a otros materiales.	Fibra natural Fibra sintética	¿Qué tipo de fibra se utiliza para la conformación del material compuesto?	<ul style="list-style-type: none"> - Material compuesto de matriz poliéster reforzado con fibra de cabuya. - Material compuesto de matriz poliéster reforzado con fibra de chambira. - Material compuesto de matriz poliéster reforzado con fibra de coco. - Material compuesto de matriz poliéster reforzado con fibra de totora. - Material compuesto de matriz poliéster reforzado con fibra de vidrio. 	<p>Normativa NTE INEN-ISO 3795.</p> <p>Regulaciones</p> <p>Observación visual</p>

Variable dependiente

Influencia en el índice de inflamabilidad. Detalles en la Tabla 7.

Tabla 7. Variable dependiente.

VARIABLE DEPENDIENTE				
Descripción	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
El índice de inflamabilidad es una de las propiedades que poseen los materiales, el cual nos permite evaluar la resistencia al fuego que tiene cada material el cual se lo calcula dividiendo la distancia que consumió el fuego sobre el tiempo que demora en alcanzar cierta distancia.	Tasa de combustión	<p>¿Qué distancia alcanza el fuego en consumir el material compuesto?</p> <p>¿Cuál es el tiempo de combustión del material compuesto?</p> <p>¿Qué velocidad de combustión alcanza?</p>	<p>- Distancia consumida por el fuego (s)</p> <p>- Tiempo de ignición (t)</p> <p>- Velocidad de combustión (B)</p> <p>$(B = 60 \frac{s}{t})$</p>	<p>Experimentaciones</p> <p>Fichas de recolección de datos</p> <p>Investigación bibliográfica</p> <p>Inspección visual</p> <p>Normativa NTE INEN-ISO 3795.</p>

2.3 Metodología para el desarrollo de la investigación

Para el desarrollo de la investigación se van a considerar los siguientes puntos.

2.3.1 Dimensiones de las probetas

Conforme a lo establecido en la norma NTE INEN ISO 3795, para la elaboración de las probetas se debe tomar en consideración las dimensiones detalladas en la Figura 15, con referencia al espesor la norma puede evaluar probetas hasta 13 mm, para este trabajo experimental se tomó un espesor de 5 mm.

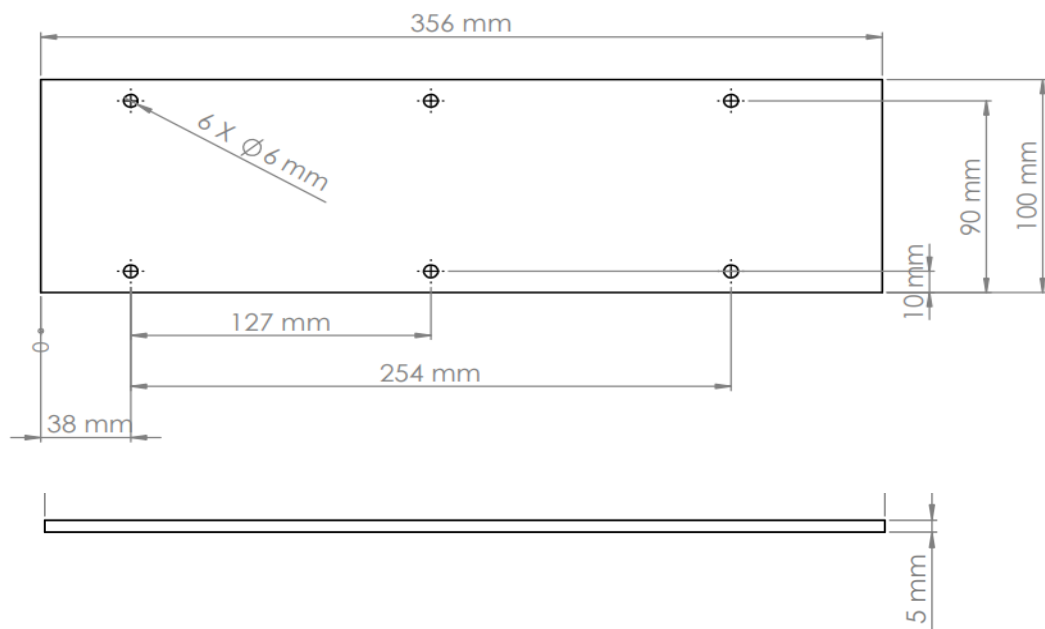


Figura 15. Dimensiones de la probeta [21].

Área y volumen de las probetas

A continuación, se realiza los cálculos respectivos para conocer el área y el volumen correspondiente de la cada probeta. Tabla 8.

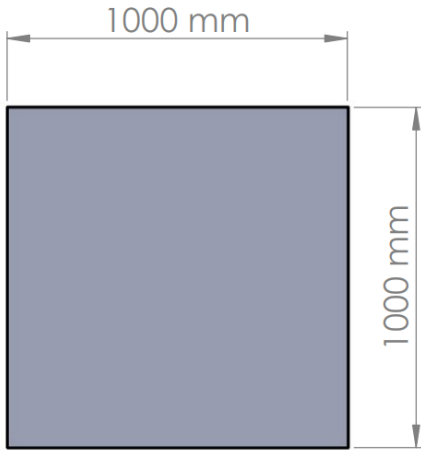
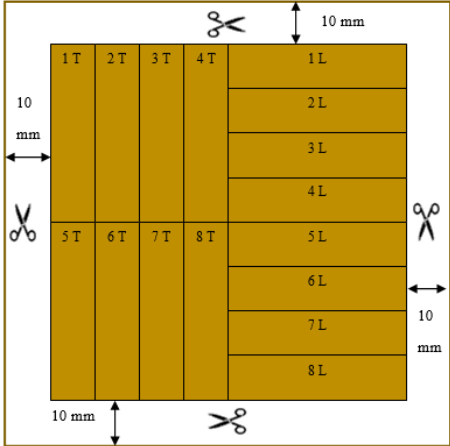
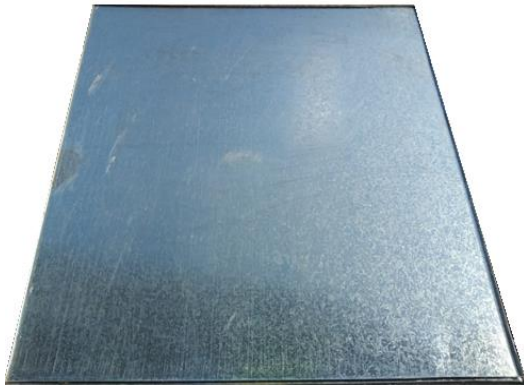
Tabla 8. Cálculos para determinar el volumen de la probeta.

CÁLCULOS	
Área	Volumen
$A = b * h$	$V = A * e$
$A = 356 \text{ mm} * 100 \text{ mm}$	$V = 35600 \text{ mm}^2 * 5 \text{ mm}$
$A = 35600 \text{ mm}^2$	$V = 178000 \text{ mm}^3 = 178 \text{ cm}^3$

2.3.2 Dimensiones del molde.

Para la realización del molde se tomó en consideración las recomendaciones del Laboratorio de Investigación Mecánica LIM - UTA, en donde se menciona que se debe construir un molde abierto de 1000 mm x 1000 mm, con la finalidad de obtener 14 probetas de las cuales 7 probetas deben ser cortadas de manera longitudinal y 7 de manera transversal, de ahí dos probetas que se utilizaran de manera preliminar para conocer qué sentido de corte presenta una mayor tasa de combustión, realizado el ensayo preliminar se procede a seleccionar las 5 muestras correspondiente por cada material. Los detalles del molde se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Dimensiones del molde.

DIMENSIONES DEL MOLDE	
Medidas (1000 x 1000 x 5) mm	Guía de corte para las probetas
 <p>Diagrama de un molde cuadrado con dimensiones de 1000 mm por 1000 mm.</p>	 <p>Guía de corte para las probetas. El molde se divide en 8 columnas y 8 filas. Las primeras 4 columnas están etiquetadas como 1T, 2T, 3T, 4T y las siguientes 4 como 5T, 6T, 7T, 8T. Las primeras 4 filas de la segunda sección están etiquetadas como 1L, 2L, 3L, 4L y las siguientes 4 como 5L, 6L, 7L, 8L. Marcas de corte de 10 mm se indican en los bordes y entre las columnas y filas.</p>
Fabricación del molde (Plancha de acero galvanizado 1.4 mm)	
 <p>Fotografía de la plancha de acero galvanizado utilizada para fabricar el molde.</p>	

2.3.3 Determinación de las fracciones volumétricas por cada material compuesto

A continuación, se presenta los cálculos respectivos para una muestra de (356x100x5) mm. por cada material compuesto.

2.3.3.1 Cálculo de la densidad, peso y volumen necesarios para el material compuesto de resina poliéster y fibra de cabuya

Los cálculos realizados se evidencian en la Tabla 10.

Tabla 10. Fracciones volumétricas de resina y fibra de cabuya.

CÁLCULOS
Material compuesto de 70% resina poliéster y 30% fibra de cabuya
<ul style="list-style-type: none"> - Densidad de la resina poliéster (ρ_r) = $1.2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ - Porcentaje de resina poliéster ($\%_r$) = 70 % = 0.7 - Densidad de la fibra de cabuya (ρ_f) = $1.3 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ [3]. - Porcentaje de fibra de cabuya ($\%_f$) = 30 % = 0.3 - Volumen por cada probeta (V) = 178 cm^3 - Catalizador = 1.5%
<p>Densidad del material compuesto</p> $\rho_c = (\rho_r * \%_r) + (\rho_f * \%_f)$ $\rho_c = \left(1.2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 0.7\right) + \left(1.3 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 0.3\right)$ $\rho_c = 1.23 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
<p>Cálculo del volumen de resina poliéster</p> $178 \text{ cm}^3 \rightarrow 100 \%$ $V_r \rightarrow 70 \%$ $V_r = \frac{178 \text{ cm}^3 * 70\%}{100\%} = 124.6 \text{ cm}^3$
<p>Masa necesaria de resina poliéster</p> $m_r = \rho_r * V_r$ $m_r = 1.2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 124.6 \text{ cm}^3$ $m_r = 149.52 \text{ g}$

Tabla 10. Fracciones volumétricas de resina y fibra de cabuya. (continuación 1)

CÁLCULOS	
Material compuesto de 70% resina poliéster y 30% fibra de cabuya	
Cálculo del volumen de fibra de cabuya	
$178 \text{ cm}^3 \rightarrow 100 \%$ $V_f \rightarrow 30 \%$ $V_f = \frac{178 \text{ cm}^3 * 30\%}{100\%}$ $V_f = 53.4 \text{ cm}^3$	
Masa necesaria de fibra de cabuya.	
$m_f = \rho_f * V_f$ $m_f = 1.3 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 53.4 \text{ cm}^3$ $m_f = 69.42 \text{ g}$	

2.3.3.2 Cálculo de la densidad, peso y volumen necesarios para el material compuesto de resina poliéster y fibra de chambira

Todos los cálculos realizados se detallan en la Tabla 11.

Tabla 11. Fracciones volumétricas de resina y fibra de chambira.

CÁLCULOS	
Material compuesto de 60% resina poliéster y 40% fibra de chambira	
-	Densidad de la resina poliéster (ρ_r) = $1.2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
-	Porcentaje de resina poliéster ($\%_r$) = 60% = 0.6
-	Densidad de la fibra de chambira (ρ_f) = $0.62 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ [4].
-	Porcentaje de fibra de chambira ($\%_f$) = 40% = 0.4
-	Volumen por cada probeta (V) = 178 cm^3
-	Catalizador = 1.5%
Densidad del material compuesto	
$\rho_c = (\rho_r * \%_r) + (\rho_f * \%_f)$ $\rho_c = \left(1.2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 0.6\right) + \left(0.62 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 0.4\right) = 0.97 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	

Tabla 11. Fracciones volumétricas de resina y fibra de chambira. (continuación 1)

CÁLCULOS	
Material compuesto de 60% resina poliéster y 40% fibra de chambira	
Cálculo del volumen de resina poliéster	
$178 \text{ cm}^3 \rightarrow 100 \%$ $V_r \rightarrow 60 \%$	
$V_r = \frac{178 \text{ cm}^3 * 60\%}{100\%}$	
$V_r = 106.8 \text{ cm}^3$	
Masa necesaria de resina poliéster	
$m_r = \rho_r * V_r$	
$m_r = 1.2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 106.8 \text{ cm}^3$	
$m_r = 128.16 \text{ g}$	
Cálculo del volumen de fibra de chambira	
$178 \text{ cm}^3 \rightarrow 100 \%$ $V_f \rightarrow 40 \%$	
$V_f = \frac{178 \text{ cm}^3 * 40\%}{100\%}$	
$V_f = 71.2 \text{ cm}^3$	
Masa necesaria de fibra de chambira	
$m_f = \rho_f * V_f$	
$m_f = 0.62 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 71.2 \text{ cm}^3$	
$m_f = 44.14 \text{ g}$	

2.3.3.3 Cálculo de la densidad, peso y volumen necesarios para el material compuesto de resina poliéster y fibra de coco

En la Tabla 12, se detalla todos los cálculos realizados.

Tabla 12. Fracciones volumétricas de resina y fibra de coco.

CÁLCULOS	
Material compuesto de 70% resina poliéster y 30% fibra de coco	
<ul style="list-style-type: none"> - Densidad de la resina poliéster (ρ_r) = $1.2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ - Porcentaje de resina poliéster ($\%_r$) = 70 % = 0.7 - Densidad de la fibra de coco (ρ_f) = $0.77 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ [5]. - Porcentaje de fibra de coco ($\%_f$) = 30 % = 0.3 - Volumen por cada probeta (V) = 178 cm^3 - Catalizador = 1.5% 	
<p>Densidad del material compuesto</p> $\rho_c = (\rho_r * \%_r) + (\rho_f * \%_f)$ $\rho_c = \left(1.2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 0.7\right) + \left(0.77 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 0.3\right)$ $\rho_c = 1.07 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	
<p>Cálculo del volumen de resina poliéster</p> $178 \text{ cm}^3 \rightarrow 100 \%$ $V_r \rightarrow 70 \%$ $V_r = \frac{178 \text{ cm}^3 * 70\%}{100\%} = 124.6 \text{ cm}^3$	
<p>Masa necesaria de resina poliéster</p> $m_r = \rho_r * V_r$ $m_r = 1.2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 124.6 \text{ cm}^3$ $m_r = 149.52 \text{ g}$	
<p>Cálculo del volumen de fibra de coco</p> $178 \text{ cm}^3 \rightarrow 100 \%$ $V_f \rightarrow 30 \%$ $V_f = \frac{178 \text{ cm}^3 * 30\%}{100\%} = 53.4 \text{ cm}^3$	
<p>Masa necesaria de fibra de coco</p> $m_f = \rho_f * V_f$ $m_f = 0.77 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 53.4 \text{ cm}^3 = 41.12 \text{ g}$	

2.3.3.4 Cálculo de la densidad, peso y volumen necesarios para el material compuesto de resina poliéster y fibra de totora

En la Tabla 13, se detalla todos los cálculos realizados.

Tabla 13. Fracciones volumétricas de resina y fibra de totora.

CÁLCULOS	
Material compuesto de 70% resina poliéster y 30% fibra de totora	
<ul style="list-style-type: none"> - Densidad de la resina poliéster (ρ_r) = $1.2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ - Porcentaje de resina poliéster ($\%_r$) = 70 % = 0.7 - Densidad de la fibra de totora (ρ_f) = $0.19 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ [6]. - Porcentaje de fibra de totora ($\%_f$) = 30 % = 0.3 - Volumen por cada probeta (V) = 178 cm^3 - Catalizador = 1.5% 	
<p>Densidad del material compuesto</p> $\rho_c = (\rho_r * \%_r) + (\rho_f * \%_f)$ $\rho_c = \left(1.2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 0.7\right) + \left(0.19 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 0.3\right) = \mathbf{0.90 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}$	
<p>Cálculo del volumen de resina poliéster</p> $178 \text{ cm}^3 \rightarrow 100 \%$ $V_r \rightarrow 70 \%$ $V_r = \frac{178 \text{ cm}^3 * 70\%}{100\%} = \mathbf{124.6 \text{ cm}^3}$	
<p>Masa necesaria de resina poliéster</p> $m_r = \rho_r * V_r$ $m_r = 1.2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 124.6 \text{ cm}^3$ $m_r = \mathbf{149.52 \text{ g}}$	
<p>Cálculo del volumen de fibra de totora</p> $178 \text{ cm}^3 \rightarrow 100 \%$ $V_f \rightarrow 30 \%$ $V_f = \frac{178 \text{ cm}^3 * 30\%}{100\%}$ $V_f = \mathbf{53.4 \text{ cm}^3}$	

Tabla 13. Fracciones volumétricas de resina y fibra de totora. (continuación 1)

CÁLCULOS	
Material compuesto de 70% resina poliéster y 30% fibra de totora	
Masa necesaria de fibra de totora	
$m_f = \rho_f * V_f$ $m_f = 0.19 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 53.4 \text{ cm}^3$ $m_f = 10.15 \text{ g}$	

2.3.3.5 Cálculo de la densidad, peso y volumen necesarios para el material compuesto de resina poliéster y fibra de vidrio

En la Tabla 14, se detalla todos los cálculos realizados.

Tabla 14. Fracciones volumétricas de resina y fibra de vidrio.

CÁLCULOS	
Material compuesto de 70% resina poliéster y 30% fibra de vidrio	
<ul style="list-style-type: none"> - Densidad de la resina poliéster (ρ_r) = $1.2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ - Porcentaje de resina poliéster ($\%_r$) = 70 % = 0.7 - Densidad de la fibra de vidrio (ρ_f) = $2.58 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ [7]. - Porcentaje de fibra de vidrio ($\%_f$) = 30 % = 0.3 - Volumen por cada probeta (V) = 178 cm^3 - Catalizador = 1.5% 	
Densidad del material compuesto	
$\rho_c = (\rho_r * \%_r) + (\rho_f * \%_f)$ $\rho_c = \left(1.2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 0.7\right) + \left(2.58 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 0.3\right) = 1.61 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	
Cálculo del volumen de resina poliéster	
$178 \text{ cm}^3 \rightarrow 100 \%$ $V_r \rightarrow 70 \%$ $V_r = \frac{178 \text{ cm}^3 * 70\%}{100\%}$ $V_r = 124.6 \text{ cm}^3$	

Tabla 14. Fracciones volumétricas de resina y fibra de vidrio. (continuación 1)

CÁLCULOS	
Material compuesto de 70% resina poliéster y 30% fibra de vidrio	
Masa necesaria de resina poliéster	
$m_r = \rho_r * V_r$ $m_r = 1.2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 124.6 \text{ cm}^3$ $m_r = 149.52 \text{ g}$	
Cálculo del volumen de fibra de vidrio	
$178 \text{ cm}^3 \rightarrow 100 \%$ $V_f \rightarrow 30 \%$ $V_f = \frac{178 \text{ cm}^3 * 30\%}{100\%}$ $V_f = 53.4 \text{ cm}^3$	
Masa necesaria de fibra de vidrio	
$m_f = \rho_f * V_f$ $m_f = 2.58 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 53.4 \text{ cm}^3$ $m_f = 137.77 \text{ g}$	

2.3.4 Cálculo del peso y volumen necesarios de resina y fibra para el molde

Una vez calculado el volumen correspondiente de cada probeta y conociendo la masa de fibra y resina que debe tener cada material compuesto, se procede a calcular el material necesario para la conformación de la muestra de (1000 x 1000 x 5) mm. En la Tabla 15, se detalla las cantidades de material necesario.

Tabla 15. Fracciones volumétricas para cada material.

CÁLCULO DEL PESO Y VOLUMEN NECESARIO		
Material	Medidas = (356 x 100 x 5) mm	Medidas = (1000 x 1000 x 5) mm
	Volumen = 178 cm³	Volumen = 5000 cm³

Tabla 15. Fracciones volumétricas para cada material. (continuación 1)

Material	Masa de resina	Masa de fibra	Masa de resina	Masa de fibra
Resina + F. Cabuya	149.52 g	69.42 g	4200 g	1950 g
Resina + F. Chambira	128.16 g	44.14 g	3600 g	1240 g
Resina + F. Coco	149.52 g	41.12 g	4200 g	1155 g
Resina + F. Totorá	149.52 g	10.15 g	4200 g	285 g
Resina + F. Vidrio	149.52 g	137.77 g	4200 g	3870 g

2.3.5 Codificación de las probetas

Con el fin de poder identificar de una mejor manera las probetas de cada material se procedió a codificar de la siguiente manera.

RR_FF_CC_NN

RR: Representa el tipo de resina que se va a utilizar, para este caso solo se tiene a la resina poliéster (RP) como único material utilizado como matriz.

FF: Tipo de fibra que se utilizó como refuerzo para la conformación de las probetas.

- Fibra de cabuya (FCA)
- Fibra de chambira (FCH)
- Fibra de coco (FCO)
- Fibra de totora (FTO)
- Fibra de vidrio (FVI)

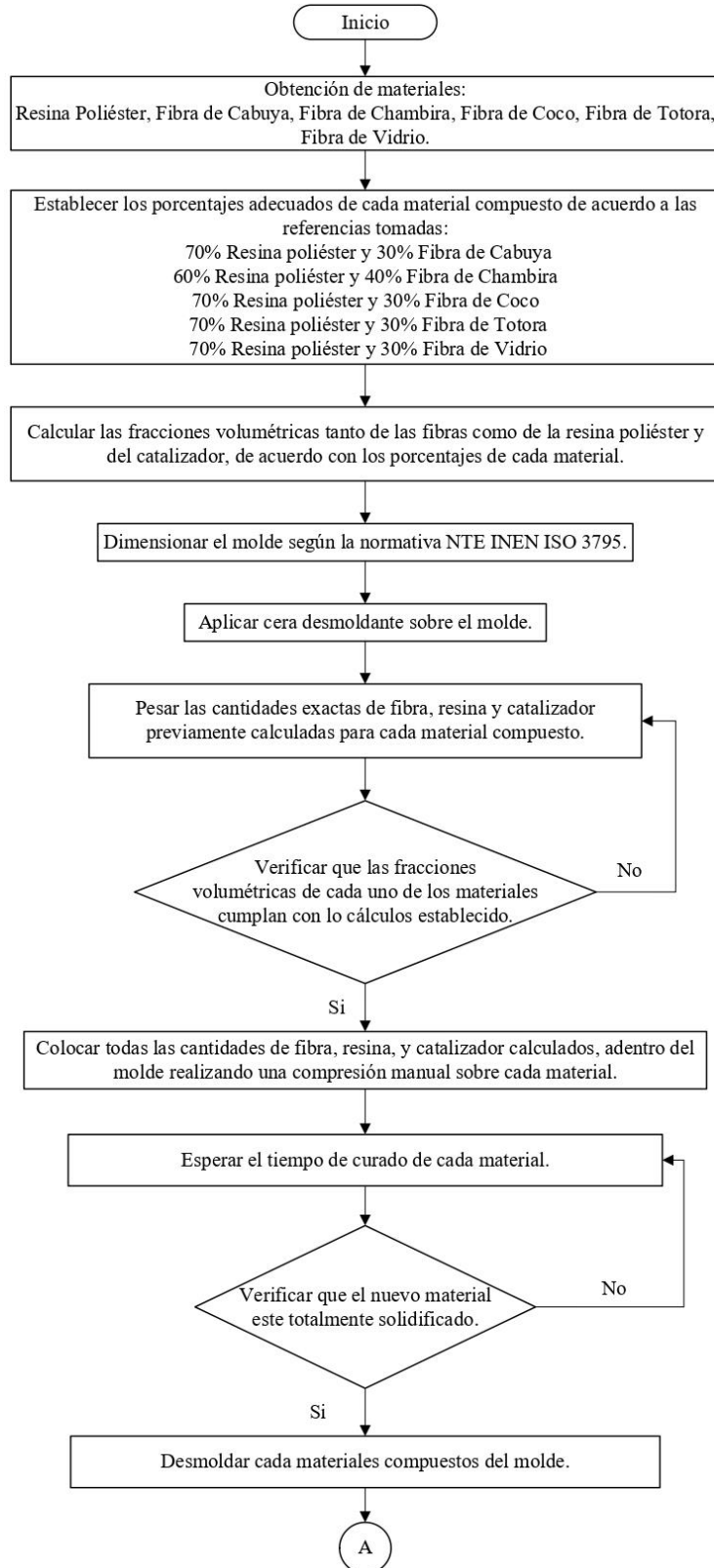
CC: Representa el tipo de corte que tiene cada probeta.

- Corte longitudinal (CL)
- Corte transversal (CT)

NN: Representa el número correspondiente de cada probeta.

2.3.6 Flujograma para la preparación de probetas

En la Figura 16, se muestra el flujograma correspondiente para la preparación de probetas.



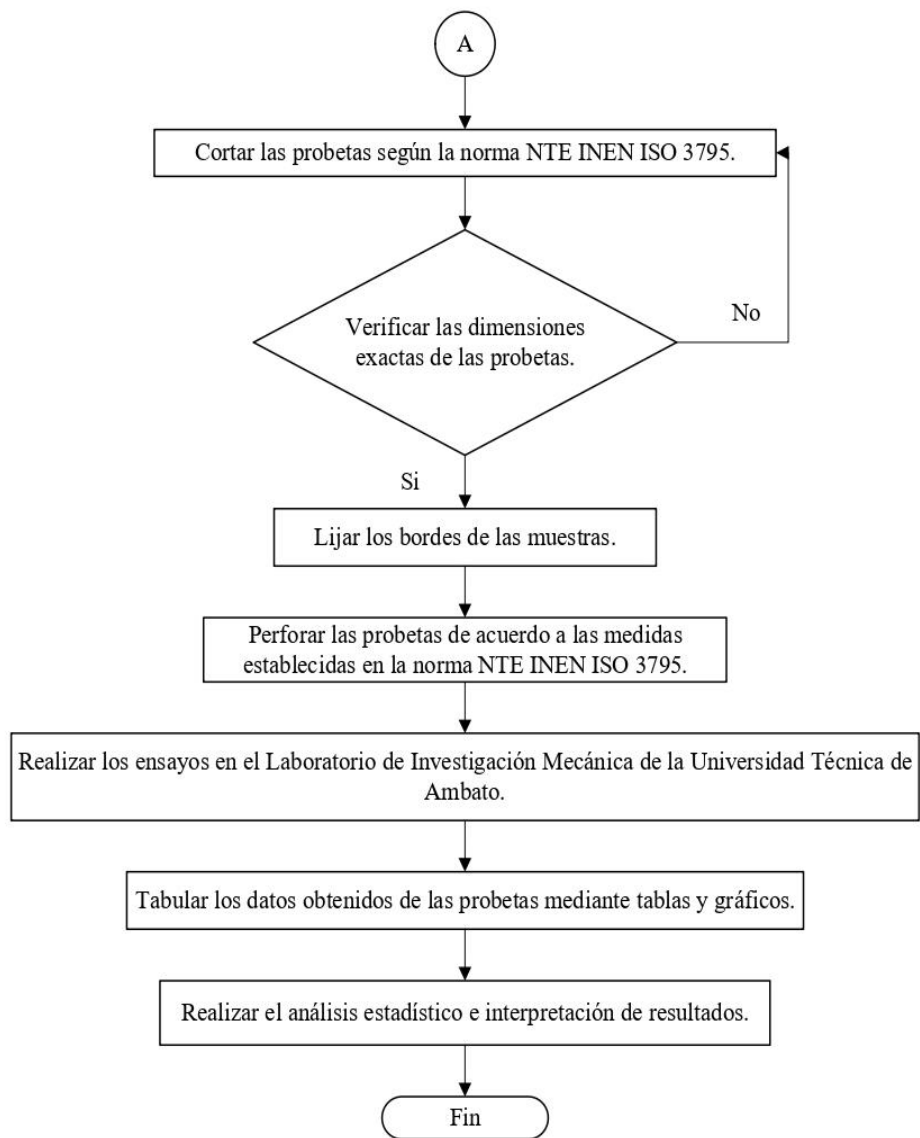


Figura 16. Flujograma de procesos.

2.3.7 Proceso de elaboración de probetas

- **Material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de cabuya**

En la Tabla 16, se presenta el procedimiento utilizado para la elaboración de las probetas.

Tabla 16. Proceso para la elaboración del material compuesto de resina poliéster y fibra de cabuya.



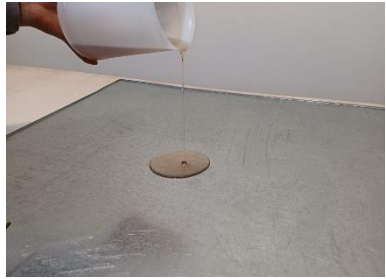



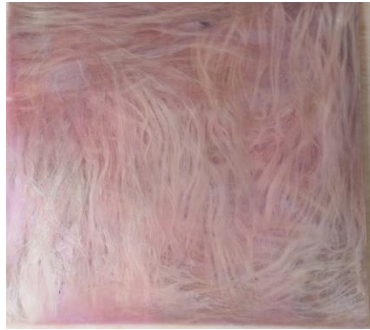


ACTIVIDADES		
Nº	Descripción	Representación fotográfica
1	Se comienza con la limpieza del molde con el fin de eliminar cualquier tipo de impureza que pueda alterar la conformación del material, además se aplica cera sobre el molde y se deja secar.	
2	Se coloca una capa de alcohol polivinílico el cual servirá como desmoldante.	
3	Preparar la resina con el catalizador, y aplicar una capa pequeña sobre el molde.	
4	Se coloca la fibra de cabuya sobre el molde, misma que esta previamente pesada de acuerdo con la cantidad que se requiere.	
5	Se prepara el resto de resina poliéster y catalizador calculado.	

Tabla 16. Proceso para la elaboración del material compuesto de resina poliéster y fibra de cabuya. (continuación 1)

ACTIVIDADES		
Nº	Descripción	Representación fotográfica
6	Se procede aplicar la resina sobre la fibra de cabuya con la ayuda de una brocha, aplicando una compresión manual sobre la fibra.	
7	Esperar a que trascorra el tiempo de curado el cual varía dependiendo a la cantidad de catalizador que se aplicó, para luego desmoldar el material del molde.	
8	Se corta 14 muestras del material conformado de resina poliéster y fibra de cabuya, 7 en dirección transversal y 7 en dirección longitudinal, teniendo en consideración que la dimensión por muestra es de 356 mm de longitud y 100 mm de ancho, de acuerdo con lo establecido en la norma NTE INEN ISO 3795.	
9	Una vez cortado el material se procede a perforar la probeta de acuerdo con la norma y se marca las líneas de referencia de la distancia que debe consumir el fuego, mismas que señalan el inicio y fin de la trayectoria.	

- **Material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de chambira**

En la Tabla 17, se presenta el procedimiento utilizado para la elaboración de las probetas.

Tabla 17. Proceso para la elaboración del material compuesto de resina poliéster y fibra de chambira.





ACTIVIDADES		
N°	Descripción	Representación fotográfica
1	Se comienza con la limpieza del molde con el fin de eliminar cualquier tipo de impureza que pueda alterar la conformación del material, además se aplica cera sobre el molde y se deja secar.	
2	Se coloca una capa de alcohol polivinílico el cual servirá como desmoldante.	
3	Preparar la resina con el catalizador, y aplicar una capa pequeña sobre el molde.	
4	Se coloca la fibra de chambira sobre el molde, misma que esta previamente pesada de acuerdo con la cantidad que se requiere.	

Tabla 17. Proceso para la elaboración del material compuesto de resina poliéster y fibra de chambira. (continuación 1)





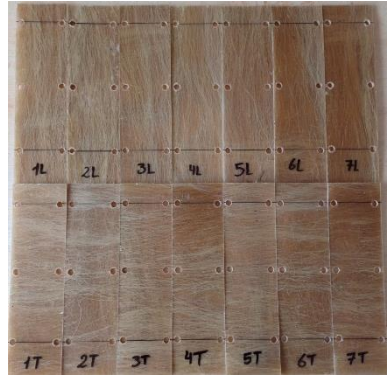
ACTIVIDADES		
N°	Descripción	Representación fotográfica
5	Se prepara el resto de resina poliéster y catalizador calculado.	
6	Se procede aplicar la resina sobre la fibra de chambira con la ayuda de una brocha, aplicando una compresión manual sobre la fibra.	
7	Esperar a que trascorra el tiempo de curado el cual varía dependiendo a la cantidad de catalizador que se aplicó, para luego desmoldar el material del molde.	
8	Se corta 14 muestras del material conformado de resina poliéster y fibra de chambira, 7 en dirección transversal y 7 en dirección longitudinal, teniendo en consideración que la dimensión por muestra es de 356 mm de longitud y 100 mm de ancho, de acuerdo con lo establecido en la norma NTE INEN ISO 3795.	

Tabla 17. Proceso para la elaboración del material compuesto de resina poliéster y fibra de chambira. (continuación 2)

ACTIVIDADES		
N°	Descripción	Representación fotográfica
9	Una vez cortado el material se procede a perforar la probeta de acuerdo con la norma y se marca las líneas de referencia de la distancia que debe consumir el fuego, mismas que señalan el inicio y fin de la trayectoria.	

- **Material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de coco**

En la Tabla 18, se presenta el procedimiento utilizado para la elaboración de las probetas.

Tabla 18. Proceso para la elaboración del material compuesto de resina poliéster y fibra de coco.



ACTIVIDADES		
N°	Descripción	Representación fotográfica
1	Se comienza con la limpieza del molde con el fin de eliminar cualquier tipo de impureza que pueda alterar la conformación del material, además se aplica cera sobre el molde y se deja secar.	
2	Se coloca una capa de alcohol polivinílico el cual servirá como desmoldante.	

Tabla 18. Proceso para la elaboración del material compuesto de resina poliéster y fibra de coco. (continuación 1)






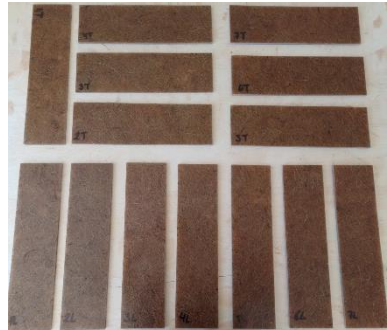
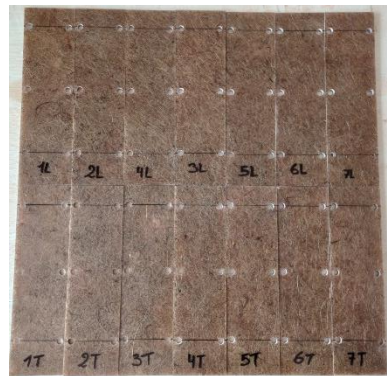
ACTIVIDADES		
N°	Descripción	Representación fotográfica
3	Preparar la resina con el catalizador, y aplicar una capa pequeña sobre el molde.	
4	Se coloca la fibra de coco sobre el molde, misma que esta previamente pesada de acuerdo con la cantidad que se requiere.	
5	Se prepara el resto de resina poliéster y catalizador calculado.	
6	Se procede aplicar la resina sobre la fibra de coco con la ayuda de una brocha, aplicando una compresión manual sobre la fibra.	

Tabla 18. Proceso para la elaboración del material compuesto de resina poliéster y fibra de coco. (continuación 2)

ACTIVIDADES		
Nº	Descripción	Representación fotográfica
7	Esperar a que trascorra el tiempo de curado el cual varía dependiendo a la cantidad de catalizador que se aplicó, para luego desmoldar el material del molde.	
8	Se corta 14 muestras del material conformado de resina poliéster y fibra de coco, 7 en dirección transversal y 7 en dirección longitudinal, teniendo en consideración que la dimensión por muestra es de 356 mm de longitud y 100 mm de ancho, de acuerdo con lo establecido en la norma NTE INEN ISO 3795.	
9	Una vez cortado el material se procede a perforar la probeta de acuerdo con la norma y se marca las líneas de referencia de la distancia que debe consumir el fuego, mismas que señalan el inicio y fin de la trayectoria.	

- **Material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de totora**

En la Tabla 19, se presenta el procedimiento para la elaboración de las probetas.

Tabla 19. Proceso para la elaboración del material compuesto de resina poliéster y fibra de totora.






ACTIVIDADES		
N°	Descripción	Representación fotográfica
1	Se comienza con la limpieza del molde con el fin de eliminar cualquier tipo de impureza que pueda alterar la conformación del material, además se aplica cera sobre el molde y se deja secar.	
2	Se coloca una capa de alcohol polivinílico el cual servirá como desmoldante.	
3	Preparar la resina con el catalizador, y aplicar una capa pequeña sobre el molde.	
4	Se coloca la fibra de totora sobre el molde, misma que esta previamente pesada de acuerdo con la cantidad que se requiere.	

Tabla 19. Proceso para la elaboración del material compuesto de resina poliéster y fibra de totora. (continuación 1)

ACTIVIDADES		
Nº	Descripción	Representación fotográfica
5	Se prepara el resto de resina poliéster y catalizador calculado.	
6	Se procede aplicar la resina sobre la fibra de totora con la ayuda de una brocha, aplicando una compresión manual sobre la fibra.	
7	Esperar a que trascorra el tiempo de curado el cual varía dependiendo a la cantidad de catalizador que se aplicó, para luego desmoldar el material del molde.	
8	Se corta 14 muestras del material conformado de resina poliéster y fibra de totora, 7 en dirección transversal y 7 en dirección longitudinal, teniendo en consideración que la dimensión por muestra es de 356 mm de longitud y 100 mm de ancho, de acuerdo con lo establecido en la norma NTE INEN ISO 3795.	

Tabla 19. Proceso para la elaboración del material compuesto de resina poliéster y fibra de totora. (continuación 2)

ACTIVIDADES		
N°	Descripción	Representación fotográfica
9	Una vez cortado el material se procede a perforar la probeta de acuerdo con la norma y se marca las líneas de referencia de la distancia que debe consumir el fuego, mismas que señalan el inicio y fin de la trayectoria.	

- **Material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio**

En la Tabla 20, se presenta el procedimiento utilizado para la elaboración de las probetas.

Tabla 20. Proceso para la elaboración del material compuesto de resina poliéster y fibra de vidrio.



ACTIVIDADES		
N°	Descripción	Representación fotográfica
1	Se comienza con la limpieza del molde con el fin de eliminar cualquier tipo de impureza que pueda alterar la conformación del material, además se aplica cera sobre el molde y se deja secar.	
2	Se coloca una capa de alcohol polivinílico el cual servirá como desmoldante.	

Tabla 20. Proceso para la elaboración del material compuesto de resina poliéster y fibra de vidrio. (continuación 1)






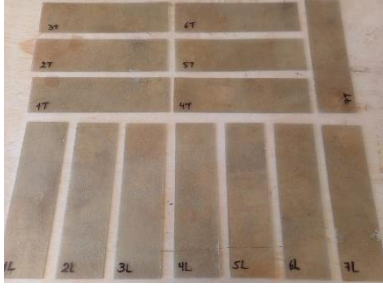
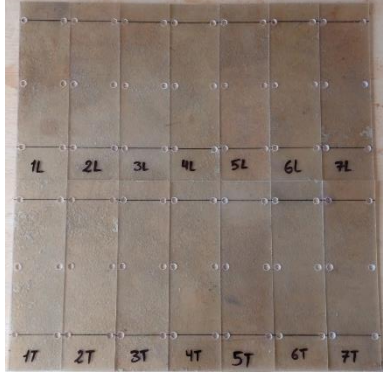
ACTIVIDADES		
N°	Descripción	Representación fotográfica
3	Preparar la resina con el catalizador, y aplicar una capa pequeña sobre el molde.	
4	Se coloca la fibra de vidrio sobre el molde, misma que esta previamente pesada de acuerdo con la cantidad que se requiere.	
5	Se prepara el resto de resina poliéster y catalizador calculado.	
6	Se procede aplicar la resina sobre la fibra de vidrio con la ayuda de una brocha, aplicando una compresión manual sobre la fibra.	

Tabla 20. Proceso para la elaboración del material compuesto de resina poliéster y fibra de vidrio. (continuación 2)

ACTIVIDADES		
N°	Descripción	Representación fotográfica
7	Esperar a que trascorra el tiempo de curado el cual varía dependiendo a la cantidad de catalizador que se aplicó, para luego desmoldar el material del molde.	
8	Se corta 14 muestras del material conformado de resina poliéster y fibra de vidrio, 7 en dirección transversal y 7 en dirección longitudinal, teniendo en consideración que la dimensión por muestra es de 356 mm de longitud y 100 mm de ancho, de acuerdo con lo establecido en la norma NTE INEN ISO 3795.	
9	Una vez cortado el material se procede a perforar la probeta de acuerdo con la norma y se marca las líneas de referencia de la distancia que debe consumir el fuego, mismas que señalan el inicio y fin de la trayectoria.	

2.3.8 Procedimiento para la aplicación de ensayo de inflamabilidad

El ensayo se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación Mecánica L.I.M – UTA ubicado en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua.

El ensayo de inflamabilidad horizontal se registró de acuerdo con la norma NTE INEN ISO 3795, donde se explica detalladamente las actividades que se deben seguir.

En la Tabla 21, se muestra el procedimiento adecuado.

Tabla 21. Procedimiento para la aplicación de ensayo de inflamabilidad [21].



ACTIVIDADES DEL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD HORIZONTAL		
Nº	Descripción	Representación fotográfica
1	Acondicionamiento de las probetas por al menos 24 horas, a una temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y a una humedad relativa de $50\% \pm 5\%$, mantener las condiciones hasta antes de ensayar las probetas.	
2	Colocar la probeta sobre el porta muestras teniendo en consideración que el lado expuesto este hacia abajo junto a la llama.	
3	Ajustar la llama del gas con la ayuda de un instrumento de medición el cual tienen una altura de 38 mm. Se debe dejar arder la llama por al menos 1 minuto antes de realizar la primera prueba, esto con el fin de que la llama se estabilice.	

Tabla 21. Procedimiento para la aplicación de ensayo de inflamabilidad [21].
(continuación 1)





ACTIVIDADES DEL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD HORIZONTAL		
N°	Descripción	Representación fotográfica
4	Empujar el porta muestras dentro de la cámara de combustión teniendo en cuenta que la llama quede expuesta al extremo de la probeta.	
5	Dejar expuesta la probeta a la llama por 15 segundos pasado el tiempo cortar el flujo de gas.	
6	Medir el tiempo una vez que el pie de llama cruce la primera marca de medición.	
7	Detener el tiempo una vez que la llama toque la segunda marca de medición mismas que tienen una distancia de 254 mm entre sí. Esperar a que la temperatura de la cámara disminuya a 25 °C, antes de iniciar con la siguiente probeta.	

Tabla 21. Procedimiento para la aplicación de ensayo de inflamabilidad [21].
(continuación 2)

ACTIVIDADES DEL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD HORIZONTAL																																																																																						
N°	Descripción	Representación fotográfica																																																																																				
8	Registrar todos los datos obtenidos de las pruebas, tabularlos y redactar el respectivo informe donde se detalla todos los resultados obtenidos y las condiciones que presentaban las probetas.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 8px;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE PRUEBAS DE INFLAMABILIDAD</th> </tr> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">DATOS INFORMATIVOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fecha:</td> <td>13/06/2023</td> <td>Ciudad:</td> <td>Ambato</td> </tr> <tr> <td>Lugar:</td> <td colspan="3">Laboratorio de investigación para ensayos de inflamabilidad de la Universidad Técnica De Ambato</td> </tr> <tr> <td>Máquina:</td> <td colspan="3">Cámara de flama horizontal HMV - ATLAS</td> </tr> <tr> <td>Realizado por:</td> <td>Bryan Chaglia</td> <td>Revisado por:</td> <td>Ing. Mg. Christian Castro</td> </tr> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Parámetros de ensayo</th> </tr> <tr> <td>Tipo de material:</td> <td colspan="3">Resina poliestere reforzado con fibra de tosta.</td> </tr> <tr> <td>Tipo de ensayo:</td> <td>Prueba de inflamabilidad</td> <td>Norma:</td> <td>NFE INEN - ISO 3795</td> </tr> <tr> <td>Dimensiones:</td> <td>100 mm x 150 mm</td> <td>N° de probetas:</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Humedad relativa promedio:</td> <td>52.44 %</td> <td>Temperatura promedio:</td> <td>22.76 °C</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de acondicionamiento:</td> <td>54 horas 30 minutos</td> <td>Sentido de corte de la muestra:</td> <td>Longitudinal</td> </tr> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Resultados según la norma NFE INEN ISO 3795</th> </tr> <tr> <th>N° de probetas</th> <th>Distancia (mm)</th> <th>Tiempo (s)</th> <th>Tasa de combustión (mm/min)</th> </tr> <tr> <td>1.L.</td> <td>253,5</td> <td>1813,76</td> <td>8,39 (mm/min)</td> </tr> <tr> <td>2.L.</td> <td>253,5</td> <td>1883,19</td> <td>8,08 (mm/min)</td> </tr> <tr> <td>3.L.</td> <td>253,5</td> <td>1760,20</td> <td>8,64 (mm/min)</td> </tr> <tr> <td>4.L.</td> <td>253,5</td> <td>1706,05</td> <td>8,92 (mm/min)</td> </tr> <tr> <td>5.L.</td> <td>253,5</td> <td>1835,31</td> <td>8,29 (mm/min)</td> </tr> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Imágenes de las probetas:</th> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Muestras antes de la prueba</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Muestras después de la prueba</td> </tr> </tbody> </table>	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE PRUEBAS DE INFLAMABILIDAD				DATOS INFORMATIVOS				Fecha:	13/06/2023	Ciudad:	Ambato	Lugar:	Laboratorio de investigación para ensayos de inflamabilidad de la Universidad Técnica De Ambato			Máquina:	Cámara de flama horizontal HMV - ATLAS			Realizado por:	Bryan Chaglia	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro	Parámetros de ensayo				Tipo de material:	Resina poliestere reforzado con fibra de tosta.			Tipo de ensayo:	Prueba de inflamabilidad	Norma:	NFE INEN - ISO 3795	Dimensiones:	100 mm x 150 mm	N° de probetas:	5	Humedad relativa promedio:	52.44 %	Temperatura promedio:	22.76 °C	Tiempo de acondicionamiento:	54 horas 30 minutos	Sentido de corte de la muestra:	Longitudinal	Resultados según la norma NFE INEN ISO 3795				N° de probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión (mm/min)	1.L.	253,5	1813,76	8,39 (mm/min)	2.L.	253,5	1883,19	8,08 (mm/min)	3.L.	253,5	1760,20	8,64 (mm/min)	4.L.	253,5	1706,05	8,92 (mm/min)	5.L.	253,5	1835,31	8,29 (mm/min)	Imágenes de las probetas:				Muestras antes de la prueba		Muestras después de la prueba	
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE PRUEBAS DE INFLAMABILIDAD																																																																																						
DATOS INFORMATIVOS																																																																																						
Fecha:	13/06/2023	Ciudad:	Ambato																																																																																			
Lugar:	Laboratorio de investigación para ensayos de inflamabilidad de la Universidad Técnica De Ambato																																																																																					
Máquina:	Cámara de flama horizontal HMV - ATLAS																																																																																					
Realizado por:	Bryan Chaglia	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro																																																																																			
Parámetros de ensayo																																																																																						
Tipo de material:	Resina poliestere reforzado con fibra de tosta.																																																																																					
Tipo de ensayo:	Prueba de inflamabilidad	Norma:	NFE INEN - ISO 3795																																																																																			
Dimensiones:	100 mm x 150 mm	N° de probetas:	5																																																																																			
Humedad relativa promedio:	52.44 %	Temperatura promedio:	22.76 °C																																																																																			
Tiempo de acondicionamiento:	54 horas 30 minutos	Sentido de corte de la muestra:	Longitudinal																																																																																			
Resultados según la norma NFE INEN ISO 3795																																																																																						
N° de probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión (mm/min)																																																																																			
1.L.	253,5	1813,76	8,39 (mm/min)																																																																																			
2.L.	253,5	1883,19	8,08 (mm/min)																																																																																			
3.L.	253,5	1760,20	8,64 (mm/min)																																																																																			
4.L.	253,5	1706,05	8,92 (mm/min)																																																																																			
5.L.	253,5	1835,31	8,29 (mm/min)																																																																																			
Imágenes de las probetas:																																																																																						
Muestras antes de la prueba		Muestras después de la prueba																																																																																				

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

3.1.1 Variables establecidas en la norma NTE INEN ISO 3795, para ensayos de inflamabilidad horizontal

A continuación, se detallan las variables y requisitos a tomar en consideración, para realizar los ensayos de inflamabilidad horizontal, establecido en la norma NTE INEN ISO 3795 [21]. Anexo 6.

- Cámara de inflamabilidad horizontal certificada.
- Cámara de extracción con velocidad vertical de 0.1 m/s y 03 m/s.
- Uso de un cronometro con precisión de 0.5 seg.
- Uso de gas metano.
- Dimensiones de las muestras 100 mm x 356 mm..
- Espesor máximo de las muestras 13 mm
- Tiempo de acondicionamiento de las muestras, mínimo 24 horas, no más de 7 días.
- Temperatura de las muestras $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Humedad relativa de las muestras $50\% \pm 5\%$.
- Altura de llama 38 mm
- Tiempo para el flujo de llama 15 seg.
- Temperatura de la cámara inferior a 30°C , antes del siguiente ensayo [21].
- Nota: Los factores de corrección se toman de los certificados de calibración.

3.1.2 Resultados obtenidos de las pruebas de inflamabilidad horizontal

Los resultados de las pruebas de inflamabilidad se tomaron del Anexo 1, Anexo 2, Anexo 3, Anexo 4, Anexo 5 respectivamente. Mismos que son reflejados en las siguientes tablas.

- **Material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de cabuya**

Los resultados obtenidos del ensayo de inflamabilidad del material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de cabuya, se detalla en la Tabla 22.

Tabla 22. Resultados del ensayo del material de resina poliéster reforzado con fibra de cabuya.





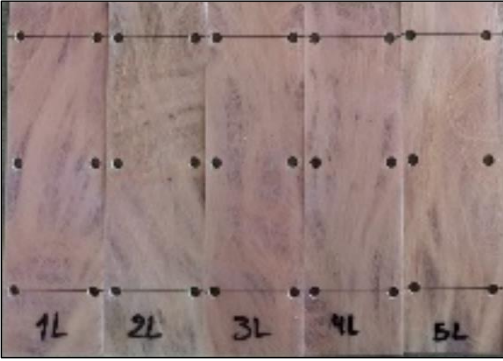

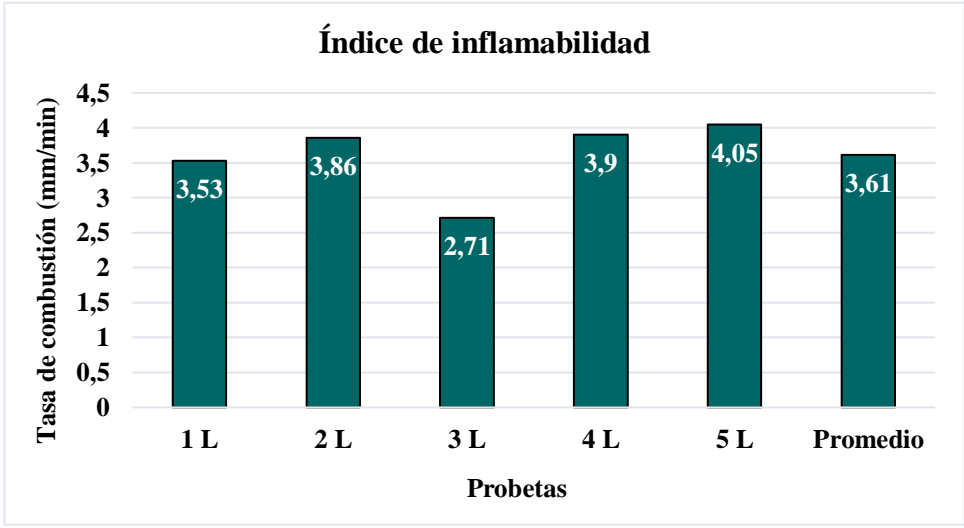
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE PRUEBAS DE INFLAMABILIDAD 			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	14/06/2023	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorio de investigación para ensayos de inflamabilidad de la Universidad Técnica De Ambato		
Máquina:	Cámara de llama horizontal HMV – ATLAS		
Realizado por:	Bryan Chaglla	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro
Parámetros de ensayo			
Tipo de material:	Resina poliéster reforzado con fibra de cabuya.		
Tipo de ensayo:	Prueba de inflamabilidad	Norma:	NTE INEN ISO 3795
Dimensiones:	(100 x 356) mm	N° de probetas:	5
Humedad relativa promedio:	52.44 %	Temperatura promedio:	22,76 °C
Tiempo de acondicionamiento:	24 horas 30 minutos	Sentido de corte de la muestra:	Longitudinal
Resultados según la norma NTE INEN ISO 3795			
N° de probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión (mm/min)
1 L	83,5	1421,24	3,53 (mm/min)
2 L	253,5	3939,03	3,86 (mm/min)
3 L	77	1703,22	2,71 (mm/min)
4 L	253,5	3905,06	3,90 (mm/min)
5 L	253,5	3767,51	4,05 (mm/min)

Tabla 22. Resultados del ensayo del material de resina poliéster reforzado con fibra de cabuya. (continuación 1)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE PRUEBAS DE INFLAMABILIDAD 															
Imágenes de las probetas															
Muestras antes de la prueba 	Muestras después de la prueba 														
Diagrama <div style="text-align: center;">  <table border="1" style="margin: auto;"> <caption>Índice de inflamabilidad</caption> <thead> <tr> <th>Probetas</th> <th>Tasa de combustión (mm/min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 L</td> <td>3,53</td> </tr> <tr> <td>2 L</td> <td>3,86</td> </tr> <tr> <td>3 L</td> <td>2,71</td> </tr> <tr> <td>4 L</td> <td>3,9</td> </tr> <tr> <td>5 L</td> <td>4,05</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>3,61</td> </tr> </tbody> </table> </div>		Probetas	Tasa de combustión (mm/min)	1 L	3,53	2 L	3,86	3 L	2,71	4 L	3,9	5 L	4,05	Promedio	3,61
Probetas	Tasa de combustión (mm/min)														
1 L	3,53														
2 L	3,86														
3 L	2,71														
4 L	3,9														
5 L	4,05														
Promedio	3,61														
OBSERVACIÓN: Se observó que el material producía demasiado humo y hollín durante el tiempo de combustión, así mismo se evidencio que las probetas 1 y 3 no se consumieron por completo adoptando un comportamiento auto extingible.															

- **Material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de chambira**

Todos los resultados obtenidos del ensayo de inflamabilidad del material compuesto se detallan en la Tabla 23.

Tabla 23. Resultados del ensayo del material de resina poliéster reforzado con fibra de chambira.



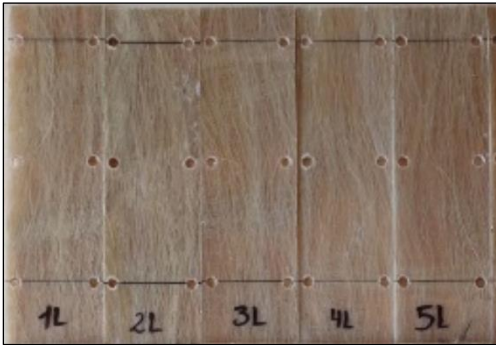

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE PRUEBAS DE INFLAMABILIDAD 			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	14/06/2023	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorio de investigación para ensayos de inflamabilidad de la Universidad Técnica De Ambato		
Máquina:	Cámara de llama horizontal HMV – ATLAS		
Realizado por:	Bryan Chaglla	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro
Parámetros de ensayo			
Tipo de material:	Resina poliéster reforzado con fibra de chambira.		
Tipo de ensayo:	Prueba de inflamabilidad	Norma:	NTE INEN – ISO 3795
Dimensiones:	100 mm x 356 mm	N° de probetas:	5
Humedad relativa promedio:	52.44 %	Temperatura promedio:	22,76 °C
Tiempo de acondicionamiento:	30 horas 20 minutos	Sentido de corte de la muestra:	Longitudinal

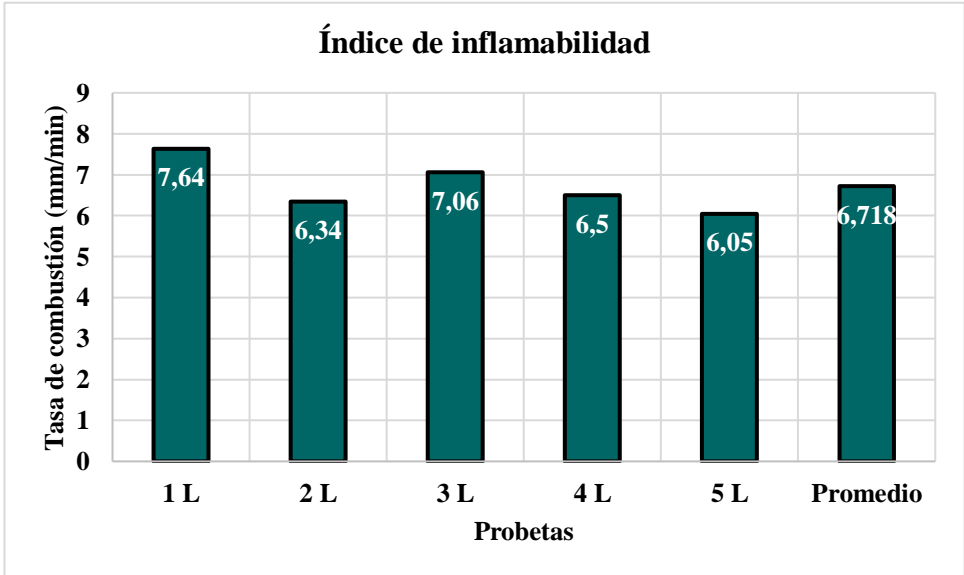
Tabla 23. Resultados del ensayo del material de resina poliéster reforzado con fibra de chambira. (continuación 1)

Resultados según la norma NTE INEN ISO 3795			
N° de probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión (mm/min)
1 L	253,5	1990,37	7,64 (mm/min)
2 L	253,5	2399,28	6,34 (mm/min)
3 L	253,5	2155,43	7,06 (mm/min)
4 L	253,5	2341,06	6,50 (mm/min)
5 L	253,5	2513,79	6,05 (mm/min)

Imágenes de las probetas	
Muestras antes de la prueba	Muestras después de la prueba
	

Diagrama

Índice de inflamabilidad



Probetas	Tasa de combustión (mm/min)
1 L	7,64
2 L	6,34
3 L	7,06
4 L	6,5
5 L	6,05
Promedio	6,718

Tabla 23. Resultados del ensayo del material de resina poliéster reforzado con fibra de chambira. (continuación 2)

Resultados del ensayo bajo la norma NTE INEN ISO 3795	
OBSERVACIÓN:	
Se pudo observar que la orientación de las fibras altera el índice de inflamabilidad del material, debido a que el tiempo de combustión registrado en las muestras con fibras orientadas de forma transversal era mayor.	

- **Material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de coco**

Los resultados obtenidos del ensayo de inflamabilidad del material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de coco se especifican en la Tabla 24.

Tabla 24. Resultados del ensayo del material de resina poliéster reforzado con fibra de coco.



DATOS INFORMATIVOS			
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE PRUEBAS DE INFLAMABILIDAD 			
Fecha:	15/06/2023	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorio de investigación para ensayos de inflamabilidad de la Universidad Técnica De Ambato		
Máquina:	Cámara de llama horizontal HMV – ATLAS		
Realizado por:	Bryan Chaglla	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro
Parámetros de ensayo			
Tipo de material:	Resina poliéster reforzado con fibra de coco.		
Tipo de ensayo:	Prueba de inflamabilidad	Norma:	NTE INEN – ISO 3795

Tabla 24. Resultados del ensayo del material de resina poliéster reforzado con fibra de coco. (continuación 1)

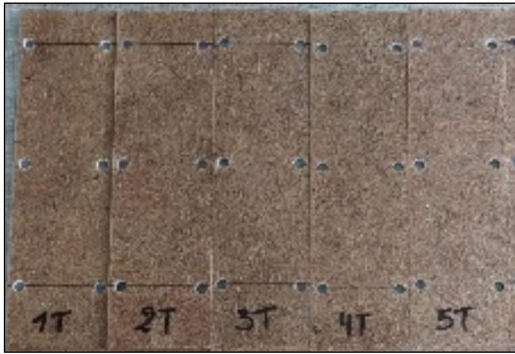

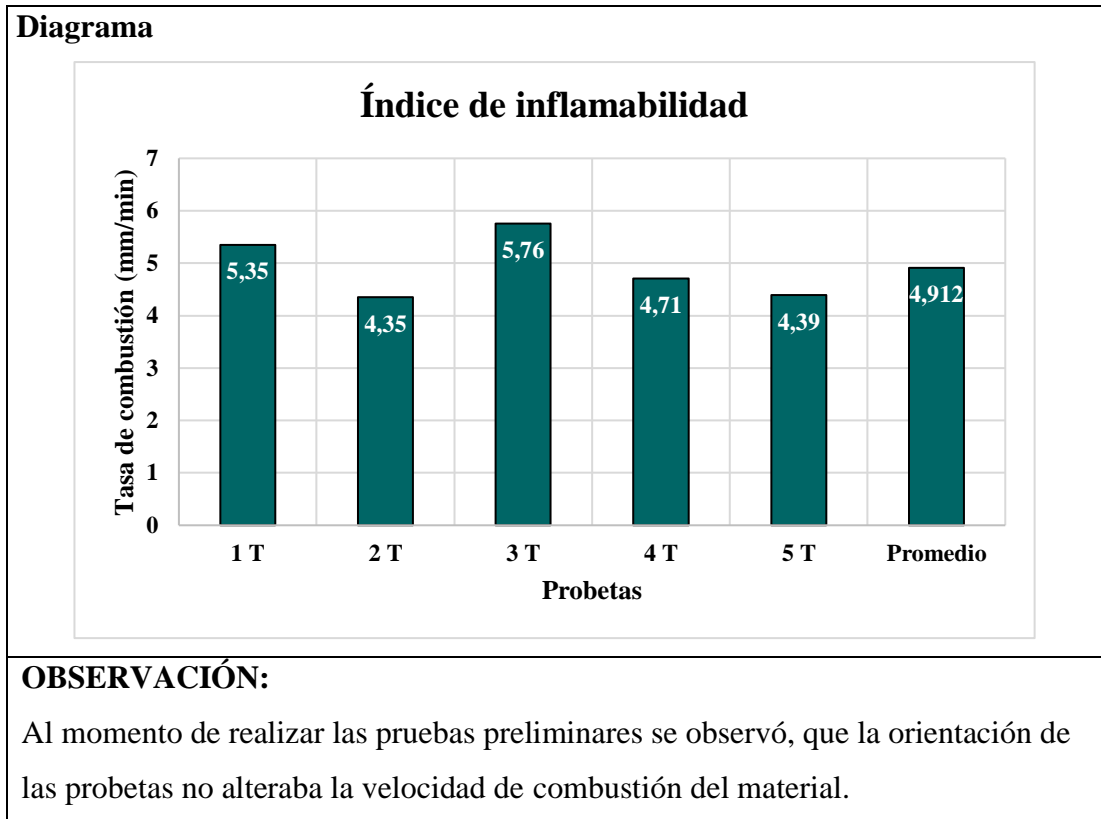
Parámetros de ensayo			
Dimensiones:	100 mm x 356 mm	N° de probetas:	5
Humedad relativa promedio:	52.44 %	Temperatura promedio:	22,76 °C
Tiempo de acondicionamiento:	48 horas 40 minutos	Sentido de corte de la muestra:	Transversal
Resultados según la norma NTE INEN ISO 3795			
N° de probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión (mm/min)
1 T	253,5	2841,06	5,35 (mm/min)
2 T	253,5	3494,38	4,35 (mm/min)
3 T	253,5	2641,35	5,76 (mm/min)
4 T	253,5	3231,01	4,71 (mm/min)
5 T	253,5	3464,11	4,39 (mm/min)
Imágenes de las probetas			
Muestras antes de la prueba		Muestras después de la prueba	
			

Tabla 24. Resultados del ensayo del material de resina poliéster reforzado con fibra de coco. (continuación 2)



- **Material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de totora**

Los datos obtenidos del ensayo de inflamabilidad del material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de totora se muestran en la Tabla 25.

Tabla 25. Resultados del ensayo del material de resina poliéster reforzado con fibra de totora.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE PRUEBAS DE INFLAMABILIDAD 			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	15/06/2023	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorio de investigación para ensayos de inflamabilidad de la Universidad Técnica De Ambato		

Tabla 25. Resultados del ensayo del material de resina poliéster reforzado con fibra de totora. (continuación 1)

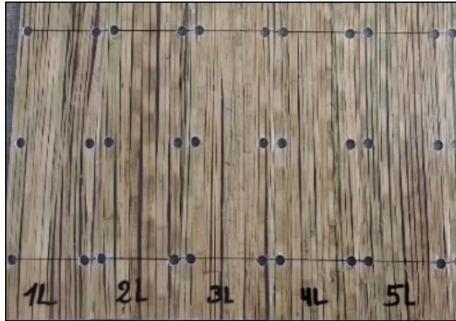

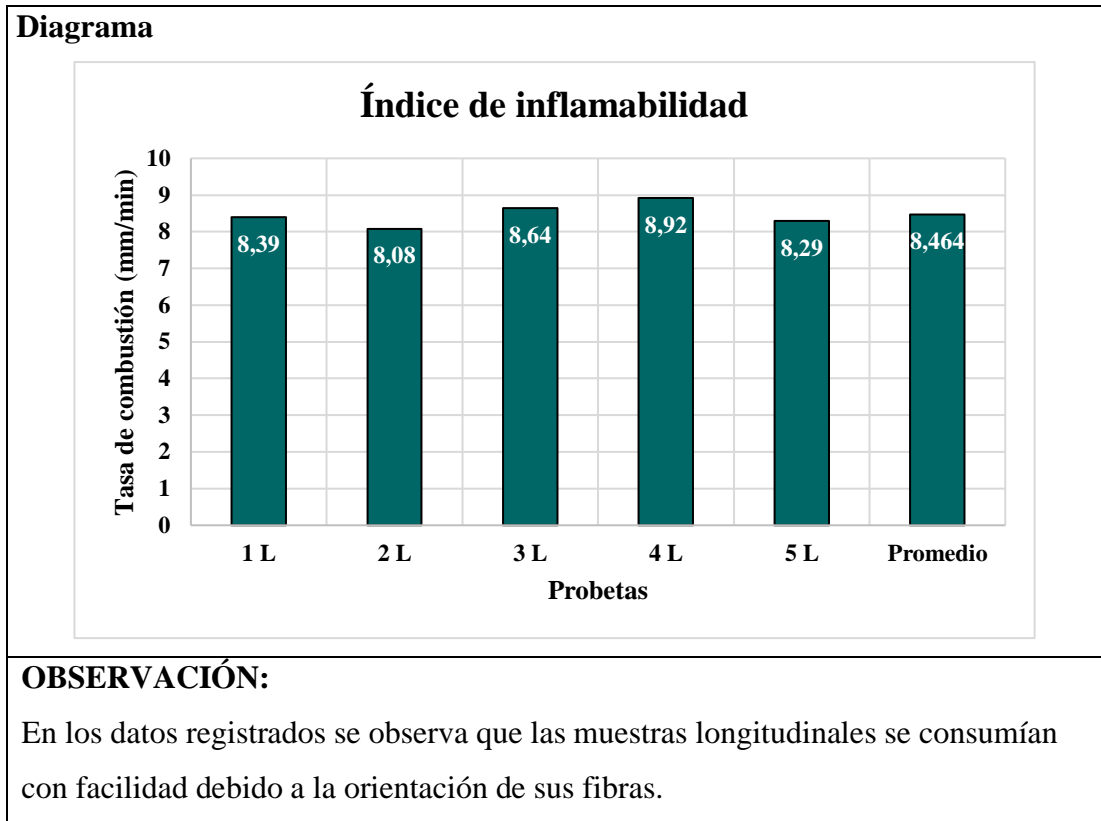
DATOS INFORMATIVOS			
Máquina:	Cámara de llama horizontal HMV – ATLAS		
Realizado por:	Bryan Chaglla	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro
Parámetros de ensayo			
Tipo de material:	Resina poliéster reforzado con fibra de totora.		
Tipo de ensayo:	Prueba de inflamabilidad	Norma:	NTE INEN – ISO 3795
Dimensiones:	100 mm x 356 mm	N° de probetas:	5
Humedad relativa promedio:	52,44 %	Temperatura promedio:	22,76 °C
Tiempo de acondicionamiento:	54 horas 30 minutos	Sentido de corte de la muestra:	Longitudinal
Resultados según la norma NTE INEN ISO 3795			
N° de probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión (mm/min)
1 L	253,5	1813,76	8,39 (mm/min)
2 L	253,5	1883,19	8,08 (mm/min)
3 L	253,5	1760,20	8,64 (mm/min)
4 L	253,5	1706,05	8,92 (mm/min)
5 L	253,5	1835,31	8,29 (mm/min)
Imágenes de las probetas			
Muestras antes de la prueba		Muestras después de la prueba	
			

Tabla 25. Resultados del ensayo del material de resina poliéster reforzado con fibra de totora. (continuación 2)



- **Material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio**

Todos los datos obtenidos del ensayo de inflamabilidad del material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio se detalla en la Tabla 26.

Tabla 26. Resultados del ensayo del material de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE PRUEBAS DE INFLAMABILIDAD 			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	16/06/2023	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorio de investigación para ensayos de inflamabilidad de la Universidad Técnica De Ambato		

Tabla 26. Resultados del ensayo del material de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio. (continuación 1)

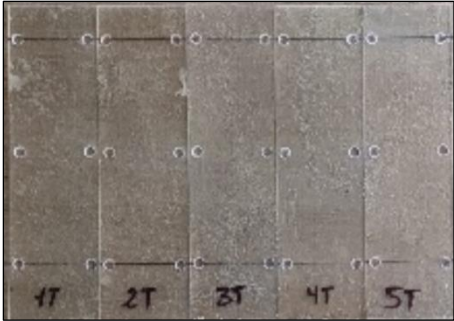

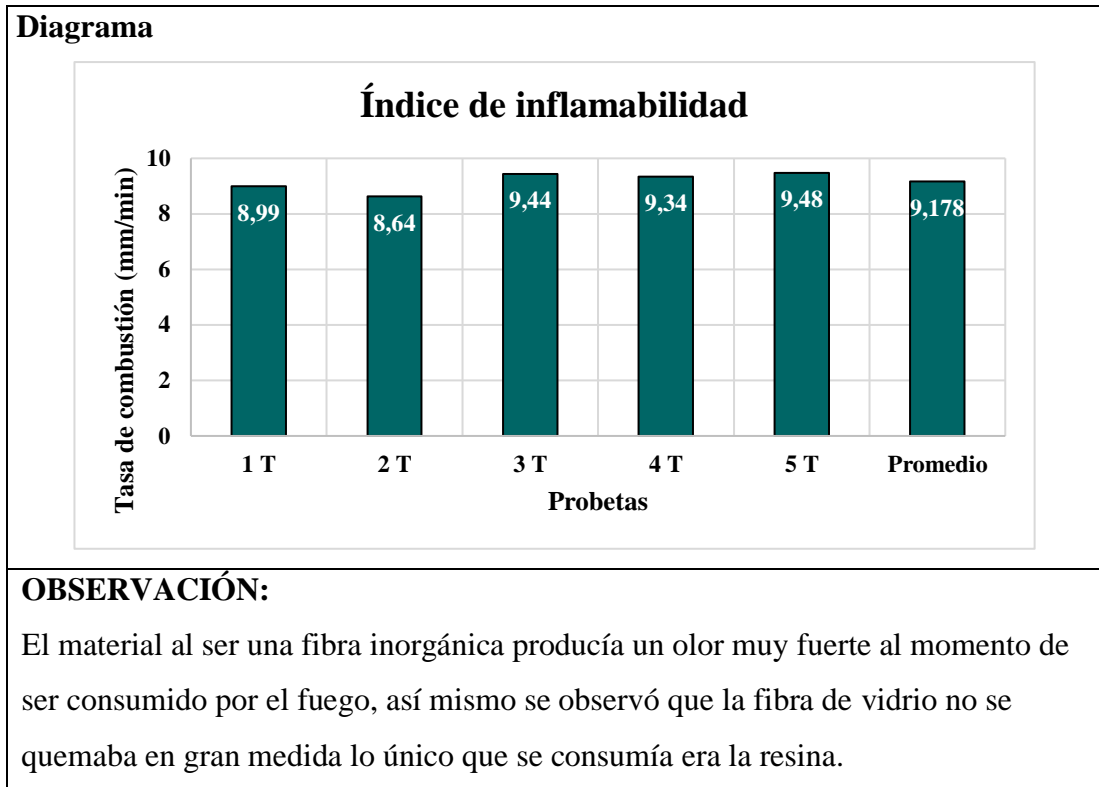
Máquina:	Cámara de llama horizontal HMV – ATLAS		
Realizado por:	Bryan Chaglla	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro
Parámetros de ensayo			
Tipo de material:	Resina poliéster reforzado con fibra de vidrio.		
Tipo de ensayo:	Prueba de inflamabilidad	Norma:	NTE INEN – ISO 3795
Dimensiones:	100 mm x 356 mm	N° de probetas:	5
Humedad relativa promedio:	52.44 %	Temperatura promedio:	22,76 °C
Tiempo de acondicionamiento:	72 horas 50 minutos	Sentido de corte de la muestra:	Transversal
Resultados según la norma NTE INEN ISO 3795			
N° de probetas	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión (mm/min)
1 T	253,5	1691,65	8,99 (mm/min)
2 T	253,5	1760,40	8,64 (mm/min)
3 T	253,5	1611,86	9,44 (mm/min)
4 T	253,5	1629,18	9,34 (mm/min)
5 T	253,5	1604,89	9,48 (mm/min)
Imágenes de las probetas			
Muestras antes de la prueba		Muestras después de la prueba	
			

Tabla 26. Resultados del ensayo del material de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio. (continuación 2)



3.1.3 Análisis de datos obtenidos en los ensayos de inflamabilidad para los materiales compuestos.

Los resultados obtenidos de las pruebas de inflamabilidad horizontal para cada configuración, según la norma NTE INEN ISO 3795, se muestran en la Tabla 27.

Tabla 27. Resultados obtenidos del ensayo de inflamabilidad.

RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD HORIZONTAL				
Tipo de fibra	Probeta	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión (mm/min)
Fibra de Cabuya	RP_FCA_CL_01	83,5	1421,24	3,53
	RP_FCA_CL_02	253,5	3939,03	3,86
	RP_FCA_CL_03	77	1703,22	2,71
	RP_FCA_CL_04	253,5	3905,06	3,9
	RP_FCA_CL_05	253,5	3767,51	4,05
Promedio				3.61 mm/min

Tabla 27. Resultados obtenidos del ensayo de inflamabilidad. (continuación 1)

RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD HORIZONTAL				
Tipo de fibra	Probeta	Distancia (mm)	Tiempo (s)	Tasa de combustión (mm/min)
Fibra de Chambira	RP_FCH_CL_01	253,5	1990,37	7,64
	RP_FCH_CL_02	253,5	2399,28	6,34
	RP_FCH_CL_03	253,5	2155,43	7,06
	RP_FCH_CL_04	253,5	2341,06	6,5
	RP_FCH_CL_05	253,5	2513,79	6,05
Promedio				6.72 mm/min
Fibra de Coco	RP_FCO_CT_01	253,5	2841,06	5,35
	RP_FCO_CT_02	253,5	3494,38	4,35
	RP_FCO_CT_03	253,5	2641,35	5,76
	RP_FCO_CT_04	253,5	3231,01	4,71
	RP_FCO_CT_05	253,5	3464,11	4,39
Promedio				4.91 mm/min
Fibra de Totora	RP_FTO_CL_01	253,5	1813,76	8,39
	RP_FTO_CL_02	253,5	1883,19	8,08
	RP_FTO_CL_03	253,5	1760,2	8,64
	RP_FTO_CL_04	253,5	1706,05	8,92
	RP_FTO_CL_05	253,5	1835,31	8,29
Promedio				8.46 mm/min
Fibra de Vidrio	RP_FVI_CT_01	253,5	1691,65	8,99
	RP_FVI_CT_02	253,5	1760,4	8,64
	RP_FVI_CT_03	253,5	1611,86	9,44
	RP_FVI_CT_04	253,5	1629,18	9,34
	RP_FVI_CT_05	253,5	1604,89	9,48
Promedio				9.18 mm/min

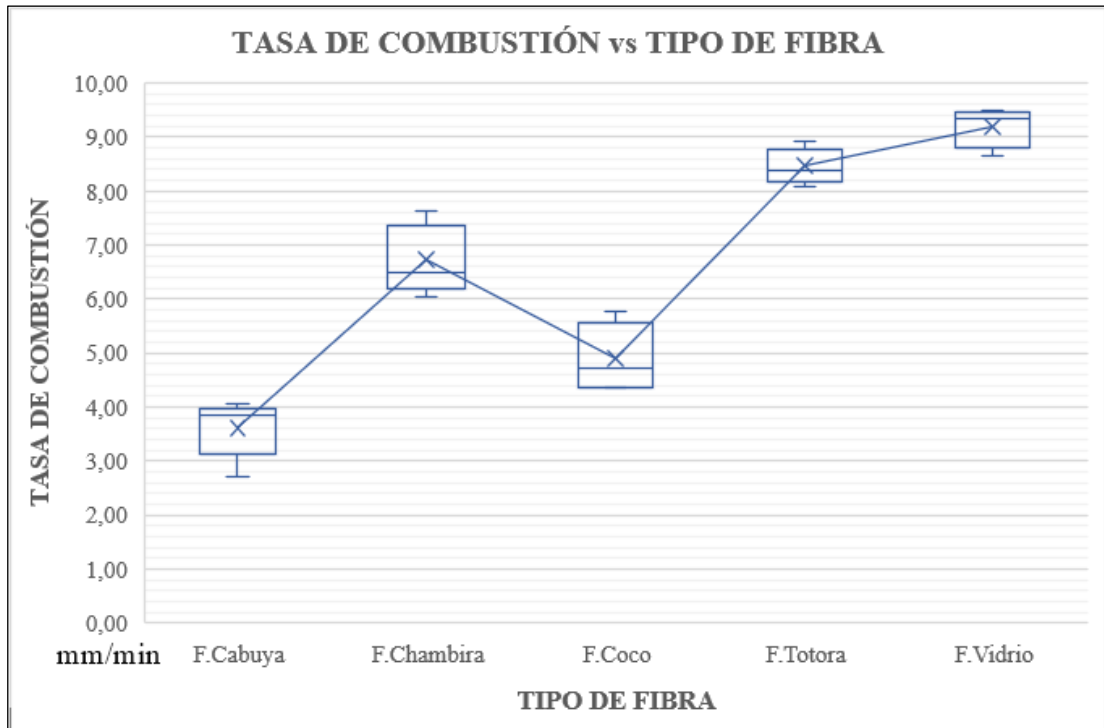


Figura 17. Diagrama caja y bigote para comparar la tasa de combustión.

En la Figura 17, se puede apreciar el diagrama de caja y bigote, el cual nos permite comparar las tasas de combustión de los diferentes materiales compuestos.

Donde a simple vista se determinó que el material con menor índice de inflamabilidad es el material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de cabuya el cual tiene una tasa de combustión equivalente a 3,61 mm/min.

3.1.4 Caracterización del material compuesto con el índice de propagación más bajo

Para la caracterización del material con el índice de propagación más bajo se tomó como prioridad el análisis realizado en la Tabla 28, donde se comparó todas las fibras naturales para conocer cuál de ellas posee una tasa de combustión más bajo en comparación a la fibra de vidrio, adicionalmente, en la Tabla 29, se analizó la diferencia de densidad que tienen las fibras naturales a comparación con la fibra de vidrio y como último en la Tabla 30, se comparó la cantidad de masa requerida entre las fibras.

Tabla 28. Cuadro comparativo de las propiedades obtenidas de los materiales compuestos.

TASA DE COMBUSTIÓN			
Materiales ensayados (356 x 100 x 5) mm	Tasa de combustión	Tasa de combustión	Observación
	Fibras naturales	Fibra de vidrio	
Resina poliéster más fibra de Cabuya	3,61 mm/min	9,18 mm/min	El material compuesto reforzado con fibra de cabuya muestra una tasa de combustión menor en comparación a la fibra de vidrio, teniendo una reducción del 60,68%.
Resina poliéster más fibra de Chambira	6,72 mm/min	9,18 mm/min	El material compuesto reforzado con fibra de chambira muestra una tasa de combustión menor en comparación a la fibra de vidrio, teniendo una reducción del 26,8%.
Resina poliéster más fibra de Coco	4,91 mm/min	9,18 mm/min	El material compuesto reforzado con fibra de coco muestra una tasa de combustión menor en comparación a la fibra de vidrio, teniendo una reducción del 46,51%.
Resina poliéster más fibra de Totora	8,46 mm/min	9,18 mm/min	El material compuesto reforzado con fibra de totora muestra una tasa de combustión menor en comparación a la fibra de vidrio, teniendo una reducción del 7,48%.
CONCLUSIÓN: El material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de cabuya, muestra una mejor tasa de combustión debido a que tiene un decremento del 60,68% en comparación al material compuesto por fibra de vidrio.			

Tabla 29. Cuadro comparativo de la densidad para cada material compuesto.

DENSIDAD			
Materiales ensayados (356 x 100 x 5) mm	Densidad	Densidad	Observación
	Fibras naturales	Fibra de vidrio	
Resina poliéster más fibra de Cabuya	1,23 g/cm ³	1,61 g/cm ³	La densidad del material compuesto de fibra de cabuya es menor en un 20,60% con relación a la densidad de la fibra de vidrio.
Resina poliéster más fibra de Chambira	0,97 g/cm ³	1,61 g/cm ³	La densidad del material compuesto de fibra de chambira es menor en un 39,75% con relación a la densidad de la fibra de vidrio.
Resina poliéster más fibra de Coco	1,07 g/cm ³	1,61 g/cm ³	La densidad del material compuesto de fibra de coco es menor en un 33,54% con relación a la densidad de la fibra de vidrio.
Resina poliéster más fibra de Totora	0,90 g/cm ³	1,61 g/cm ³	La densidad del material compuesto de fibra de totora es menor en un 40,10% con relación a la densidad de la fibra de vidrio.
CONCLUSIÓN:			
El material compuesto de fibra de totora tiene una menor densidad a comparación con la fibra de vidrio, dado que tiene una disminución del 40,10% de su densidad, no obstante, la fibra de cabuya al tener una mayor densidad tiene una mayor resistencia a diferentes ensayos.			




Tabla 30. Cuadro comparativo de la cantidad de masa requerida por cada material compuesto.

MASA REQUERIDA POR PROBETA			
Materiales ensayados (356 x 100 x 5) mm	Masa requerida	Masa requerida	Observación
	Fibras naturales	Fibra de vidrio	
Resina poliéster más fibra de Cabuya	69,42 gramos	137,77 gramos	El material compuesto reforzado con fibra de cabuya requiere un 49.61% menos de masa en comparación a la masa de fibra de vidrio.
Resina poliéster más fibra de Chambira	44,14 gramos	137,77 gramos	El material compuesto reforzado con fibra de cabuya requiere un 67.96% menos de masa en comparación a la masa de fibra de vidrio.
Resina poliéster más fibra de Coco	41,12 gramos	137,77 gramos	El material compuesto reforzado con fibra de cabuya requiere un 70,15% menos de masa en comparación a la masa de fibra de vidrio.
Resina poliéster más fibra de Totorá	10,15 gramos	137,77 gramos	El material compuesto reforzado con fibra de cabuya requiere un 92,63% menos de masa en comparación a la masa de fibra de vidrio.
CONCLUSIÓN:			
El material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de totora, ocupa 92,63% menos que la cantidad de fibra de vidrio necesaria para la conformación del material.			

- **Material compuesto con el índice de propagación más bajo.**

En la siguiente ficha técnica se presenta las características del material compuesto con el índice de propagación más bajo analizado en el estudio. En la Tabla 31, se detallan los datos obtenidos.

Tabla 31. Ficha técnica del material compuesto con un menor índice de propagación [3].

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA 			
FICHA TÉCNICA			
RESINA POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE CABUYA			
			
Tipo de material:	Material compuesto	Dimensiones	356 mm x 100 mm
Material base:	Resina Poliéster Fibra de Cabuya	Espesor	5 mm
Composición:	70% Matriz 30% Refuerzo.	Tipo de superficie:	Lisa
Tipo de fibra	Larga	Orientación de la fibra:	Longitudinal
PROPIEDADES			
Densidad		1,23 g/cm ³	
Índice de inflamabilidad		3,31 mm/min	
Esfuerzo máximo a tracción		60,6 MPa	
Modulo a tracción		6508,2 MPa	
Esfuerzo máximo a flexión		76,3 MPa	
Modulo a flexión		4434,1 MPa	

3.2 Verificación de hipótesis

Para la verificación de hipótesis se tomó como método estadístico la prueba t-Student, debido a que nos permite evaluar dos grupos con muestras independientes.

Se plantea una hipótesis nula y una hipótesis alternativa, para cada caso en donde se pretende comparar el índice de inflamabilidad de cada material compuesto de resina poliéster reforzado con fibras naturales (Cabuya, Chambira, Coco, Totorá), frente a la fibra de vidrio.

3.2.1 Material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de cabuya frente a la fibra de vidrio.

H_0 = El uso de la fibra de cabuya empleada como refuerzo en un material compuesto no genera un índice de inflamabilidad más bajo a comparación de un material compuesto reforzado con fibra de vidrio.

H_1 = El uso de la fibra de cabuya empleada como refuerzo en un material compuesto genera un índice de inflamabilidad más bajo a comparación de un material compuesto reforzado con fibra de vidrio.

En la Tabla 32, se detalla el análisis estadístico realizado.

Tabla 32. Análisis estadístico prueba t-Student, entre el material compuesto reforzado con fibra de cabuya frente la fibra de vidrio.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PRUEBA T-STUDENT				
Muestras	Resina poliéster y fibra de vidrio	x_1^2	Resina poliéster y fibra de cabuya	x_2^2
1	8,99	80,82	3,53	12,46
2	8,64	74,65	3,86	14,90
3	9,44	89,11	2,71	7,34
4	9,34	87,24	3,90	15,21
5	9,48	89,87	4,05	16,40
Sumatoria (Σ)	45,89	421,69	18,05	66,32
Promedio (\bar{X})	9,178		3,61	

Tabla 32. Análisis estadístico prueba t-Student, entre el material compuesto reforzado con fibra de cabuya frente la fibra de vidrio. (continuación 1)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PRUEBA T-STUDENT							
Desviación estándar (S)	$S_1 = \sqrt{\frac{\sum X_1^2}{n} - (\bar{X}_1)^2}$ $S_1 = \sqrt{\frac{421,69}{5} - (9,178)^2}$ $S_1 = 0,320$		$S_2 = \sqrt{\frac{\sum X_2^2}{n} - (\bar{X}_2)^2}$ $S_2 = \sqrt{\frac{66,32}{5} - (3,61)^2}$ $S_2 = 0,481$				
Error estándar (σ_X)	$\sigma_{X1} = \frac{S_1}{\sqrt{n-1}}$ $\sigma_{X1} = \frac{0,320}{\sqrt{5-1}}$ $\sigma_{X1} = 0,16$		$\sigma_{X2} = \frac{S_2}{\sqrt{n-1}}$ $\sigma_{X2} = \frac{0,481}{\sqrt{5-1}}$ $\sigma_{X2} = 0,24$				
Error estándar dif (σ_{dif})	$\sigma_{dif} = \sqrt{\sigma_{X1}^2 + \sigma_{X2}^2}$ $\sigma_{dif} = \sqrt{0,16^2 + 0,24^2}$ $\sigma_{dif} = 0,289$						
t calculado (t)	$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma_{dif}}$ $t = \frac{9,178 - 3,61}{0,289}$ $t = 19,283$						
Grados de libertad (gl)	$gl = n_1 + n_2 - 2$ $gl = 5 + 5 - 2$ $gl = 8$						
Nivel de significancia	5%						
T - tablas	Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
	1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
	2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
	3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
	4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
	5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
	6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
	7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
	8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
	9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
	$t_{tab} = 2,306$ [22].						

Tabla 32. Análisis estadístico prueba t-Student, entre el material compuesto reforzado con fibra de cabuya frente la fibra de vidrio. (continuación 2)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PRUEBA T-STUDENT	
Comparación de los valores obtenidos para la prueba t-Student.	
$t_{cal} \geq t_{tab}$	
$19.283 \geq 2.306$	
CONCLUSIÓN:	
Se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alternativa, de este modo se confirma que el uso de la fibra de cabuya como refuerzo en un material compuesto, genera un índice de inflamabilidad más bajo a comparación de la fibra de vidrio.	

3.2.2 Material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de chambira frente a la fibra de vidrio.

H_0 = El uso de la fibra de chambira empleada como refuerzo en un material compuesto no genera un índice de inflamabilidad más bajo a comparación de un material compuesto reforzado con fibra de vidrio.

H_1 = El uso de la fibra de chambira empleada como refuerzo en un material compuesto genera un índice de inflamabilidad más bajo a comparación de un material compuesto reforzado con fibra de vidrio

En la Tabla 33, se detalla el análisis estadístico realizado.

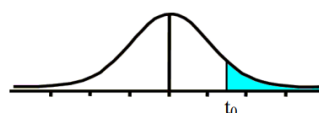
Tabla 33. Análisis estadístico prueba t-Student, entre el material compuesto reforzado con fibra de chambira frente la fibra de vidrio.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PRUEBA T-STUDENT				
Muestras	Resina poliéster y fibra de vidrio	x_1^2	Resina poliéster y fibra de chambira	x_2^2
1	8,99	80,82	7,64	58,37
2	8,64	74,65	6,34	40,20
3	9,44	89,11	7,06	49,84
4	9,34	87,24	6,50	42,25

Tabla 33. Análisis estadístico prueba t-Student, entre el material compuesto reforzado con fibra de chambira frente la fibra de vidrio. (continuación 1)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PRUEBA T-STUDENT				
Muestras	Resina poliéster y fibra de vidrio	x_1^2	Resina poliéster y fibra de chambira	x_2^2
5	9,48	89,87	6,05	36,60
Sumatoria (Σ)	45,89	421,69	33,59	227,26
Promedio (\bar{X})	9,178		6,718	
Desviación estándar (S)	$S_1 = \sqrt{\frac{\Sigma X_1^2}{n} - (\bar{X}_1)^2}$ $S_1 = \sqrt{\frac{421,69}{5} - (9,178)^2}$ $S_1 = 0,320$		$S_2 = \sqrt{\frac{\Sigma X_2^2}{n} - (\bar{X}_2)^2}$ $S_2 = \sqrt{\frac{227,26}{5} - (6,718)^2}$ $S_2 = 0,566$	
Error estándar (σ_x)	$\sigma_{x1} = \frac{S_1}{\sqrt{n-1}}$ $\sigma_{x1} = \frac{0,320}{\sqrt{5-1}}$ $\sigma_{x1} = 0,16$		$\sigma_{x2} = \frac{S_2}{\sqrt{n-1}}$ $\sigma_{x2} = \frac{0,566}{\sqrt{5-1}}$ $\sigma_{x2} = 0,283$	
Error estándar diferencia (σ_{dif})	$\sigma_{dif} = \sqrt{\sigma_{x1}^2 + \sigma_{x2}^2}$ $\sigma_{dif} = \sqrt{0,16^2 + 0,283^2}$ $\sigma_{dif} = 0,325$			
t calculado (t)	$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma_{dif}}$ $t = \frac{9,178 - 6,718}{0,325}$ $t = 7,566$			
Grados de libertad (gl)	$gl = n_1 + n_2 - 2$ $gl = 5 + 5 - 2$ $gl = 8$			
Nivel de significancia	5%			

Tabla 33. Análisis estadístico prueba t-Student, entre el material compuesto reforzado con fibra de chambira frente la fibra de vidrio. (continuación 2)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PRUEBA T-STUDENT																																																																							
T tablas	<div style="text-align: center;"> <p>Tabla t-Student</p>  </div> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Grados de libertad</th> <th>0.25</th> <th>0.1</th> <th>0.05</th> <th>0.025</th> <th>0.01</th> <th>0.005</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1.0000</td><td>3.0777</td><td>6.3137</td><td>12.7062</td><td>31.8210</td><td>63.6559</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.8165</td><td>1.8856</td><td>2.9200</td><td>4.3027</td><td>6.9645</td><td>9.9250</td></tr> <tr><td>3</td><td>0.7649</td><td>1.6377</td><td>2.3534</td><td>3.1824</td><td>4.5407</td><td>5.8408</td></tr> <tr><td>4</td><td>0.7407</td><td>1.5332</td><td>2.1318</td><td>2.7765</td><td>3.7469</td><td>4.6041</td></tr> <tr><td>5</td><td>0.7267</td><td>1.4759</td><td>2.0150</td><td>2.5706</td><td>3.3649</td><td>4.0321</td></tr> <tr><td>6</td><td>0.7176</td><td>1.4398</td><td>1.9432</td><td>2.4469</td><td>3.1427</td><td>3.7074</td></tr> <tr><td>7</td><td>0.7111</td><td>1.4149</td><td>1.8946</td><td>2.3646</td><td>2.9979</td><td>3.4995</td></tr> <tr><td>8</td><td>0.7064</td><td>1.3968</td><td>1.8595</td><td>2.3060</td><td>2.8965</td><td>3.3554</td></tr> <tr><td>9</td><td>0.7027</td><td>1.3830</td><td>1.8331</td><td>2.2622</td><td>2.8214</td><td>3.2498</td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">$t_{tab} = 2,306$ [22].</p>	Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005	1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559	2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250	3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408	4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041	5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321	6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074	7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995	8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554	9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005																																																																	
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559																																																																	
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250																																																																	
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408																																																																	
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041																																																																	
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321																																																																	
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074																																																																	
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995																																																																	
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554																																																																	
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498																																																																	
<p>Comparación de los valores obtenidos para la prueba t-Student.</p> $t_{cal} \geq t_{tab}$ $7.566 \geq 2.306$																																																																							
<p>CONCLUSIÓN:</p> <p>Se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alternativa, de este modo se confirma que el uso de la fibra de chambira como refuerzo en un material compuesto, genera un índice de inflamabilidad más bajo a comparación de la fibra de vidrio.</p>																																																																							

3.2.3 Material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de coco frente a la fibra de vidrio.

H_0 = El uso de la fibra de coco empleada como refuerzo en un material compuesto no genera un índice de inflamabilidad más bajo a comparación de un material compuesto reforzado con fibra de vidrio.

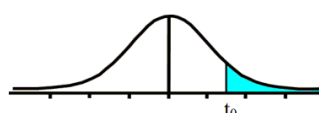
H_1 = El uso de la fibra de coco empleada como refuerzo en un material compuesto genera un índice de inflamabilidad más bajo a comparación de un material compuesto reforzado con fibra de vidrio.

En la Tabla 34, se detalla el análisis estadístico realizado.

Tabla 34. Análisis estadístico prueba t-Student, entre el material compuesto reforzado con fibra de coco frente la fibra de vidrio.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PRUEBA T-STUDENT				
Muestras	Resina poliéster y fibra de vidrio	x_1^2	Resina poliéster y fibra de coco	x_2^2
1	8,99	80,82	5,35	28,62
2	8,64	74,65	4,35	18,92
3	9,44	89,11	5,76	33,18
4	9,34	87,24	4,71	22,18
5	9,48	89,87	4,39	19,27
Sumatoria (Σ)	45,89	421,69	24,56	122,18
Promedio (\bar{X})	9,178		4,91	
Desviación estándar (S)	$S_1 = \sqrt{\frac{\sum X_1^2}{n} - (\bar{X}_1)^2}$ $S_1 = \sqrt{\frac{421,69}{5} - (9,178)^2}$ $S_1 = 0,320$		$S_2 = \sqrt{\frac{\sum X_2^2}{n} - (\bar{X}_2)^2}$ $S_2 = \sqrt{\frac{122,18}{5} - (4,91)^2}$ $S_2 = 0,555$	
Error estándar (σ_X)	$\sigma_{X1} = \frac{S_1}{\sqrt{n-1}}$ $\sigma_{X1} = \frac{0,320}{\sqrt{5-1}}$ $\sigma_{X1} = 0,16$		$\sigma_{X2} = \frac{S_2}{\sqrt{n-1}}$ $\sigma_{X2} = \frac{0,555}{\sqrt{5-1}}$ $\sigma_{X2} = 0,277$	
Error estándar diferencia (σ_{dif})	$\sigma_{dif} = \sqrt{\sigma_{X1}^2 + \sigma_{X2}^2}$ $\sigma_{dif} = \sqrt{0,16^2 + 0,277^2}$ $\sigma_{dif} = 0,320$			
t calculado (t)	$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma_{dif}}$ $t = \frac{9,178 - 4,91}{0,320}$ $t = 13,322$			

Tabla 34. Análisis estadístico prueba t-Student, entre el material compuesto reforzado con fibra de coco frente la fibra de vidrio. (continuación 1)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PRUEBA T-STUDENT																																																																							
Grados de libertad (gl)	$gl = n_1 + n_2 - 2$ $gl = 5 + 5 - 2$ $gl = 8$																																																																						
Nivel de significancia	5%																																																																						
T tablas	<p style="text-align: center;">Tabla t-Student</p>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="border-right: 1px solid black;">Grados de libertad</th> <th>0.25</th> <th>0.1</th> <th>0.05</th> <th>0.025</th> <th>0.01</th> <th>0.005</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1.0000</td><td>3.0777</td><td>6.3137</td><td>12.7062</td><td>31.8210</td><td>63.6559</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.8165</td><td>1.8856</td><td>2.9200</td><td>4.3027</td><td>6.9645</td><td>9.9250</td></tr> <tr><td>3</td><td>0.7649</td><td>1.6377</td><td>2.3534</td><td>3.1824</td><td>4.5407</td><td>5.8408</td></tr> <tr><td>4</td><td>0.7407</td><td>1.5332</td><td>2.1318</td><td>2.7765</td><td>3.7469</td><td>4.6041</td></tr> <tr><td>5</td><td>0.7267</td><td>1.4759</td><td>2.0150</td><td>2.5706</td><td>3.3649</td><td>4.0321</td></tr> <tr><td>6</td><td>0.7176</td><td>1.4398</td><td>1.9432</td><td>2.4469</td><td>3.1427</td><td>3.7074</td></tr> <tr><td>7</td><td>0.7111</td><td>1.4149</td><td>1.8946</td><td>2.3646</td><td>2.9979</td><td>3.4995</td></tr> <tr><td>8</td><td>0.7064</td><td>1.3968</td><td>1.8595</td><td>2.3060</td><td>2.8965</td><td>3.3554</td></tr> <tr><td>9</td><td>0.7027</td><td>1.3830</td><td>1.8331</td><td>2.2622</td><td>2.8214</td><td>3.2498</td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">$t_{tab} = 2,306$ [22].</p>	Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005	1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559	2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250	3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408	4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041	5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321	6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074	7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995	8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554	9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005																																																																	
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559																																																																	
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250																																																																	
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408																																																																	
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041																																																																	
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321																																																																	
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074																																																																	
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995																																																																	
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554																																																																	
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498																																																																	
<p>Comparación de los valores obtenidos para la prueba t-Student.</p> $t_{cal} \geq t_{tab}$ $13.322 \geq 2.306$																																																																							
<p>CONCLUSIÓN:</p> <p>Se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alternativa, de este modo se confirma que el uso de la fibra de coco como refuerzo en un material compuesto, genera un índice de inflamabilidad más bajo a comparación de la fibra de vidrio.</p>																																																																							

3.2.4 Material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de totora frente a la fibra de vidrio.

H_0 = El uso de la fibra de totora empleada como refuerzo en un material compuesto no genera un índice de inflamabilidad más bajo a comparación de un material compuesto reforzado con fibra de vidrio.

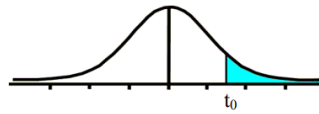
H_1 = El uso de la fibra de totora empleada como refuerzo en un material compuesto genera un índice de inflamabilidad más bajo a comparación de un material compuesto reforzado con fibra de vidrio

En la Tabla 35, se detalla el análisis estadístico realizado.

Tabla 35. Análisis estadístico prueba t Student, entre el material compuesto reforzado con fibra de totora frente la fibra de vidrio.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PRUEBA T-STUDENT				
Muestras	Resina poliéster y fibra de vidrio	x_1^2	Resina poliéster y fibra de totora	x_2^2
1	8,99	80,82	8,39	70,39
2	8,64	74,65	8,08	65,29
3	9,44	89,11	8,64	74,65
4	9,34	87,24	8,92	79,57
5	9,48	89,87	8,29	68,72
Sumatoria (Σ)	45,89	421,69	42,32	358,62
Promedio (\bar{X})	9,178		8,46	
Desviación estándar (S)	$S_1 = \sqrt{\frac{\sum X_1^2}{n} - (\bar{X}_1)^2}$ $S_1 = \sqrt{\frac{421,69}{5} - (9,178)^2}$ $S_1 = 0,320$		$S_2 = \sqrt{\frac{\sum X_2^2}{n} - (\bar{X}_2)^2}$ $S_2 = \sqrt{\frac{358,62}{5} - (8,46)^2}$ $S_2 = 0,291$	
Error estándar (σ_x)	$\sigma_{x1} = \frac{S_1}{\sqrt{n-1}}$ $\sigma_{x1} = \frac{0,320}{\sqrt{5-1}}$ $\sigma_{x1} = 0,16$		$\sigma_{x2} = \frac{S_2}{\sqrt{n-1}}$ $\sigma_{x2} = \frac{0,291}{\sqrt{5-1}}$ $\sigma_{x2} = 0,145$	
Error estándar dif (σ_{dif})	$\sigma_{dif} = \sqrt{\sigma_{x1}^2 + \sigma_{x2}^2}$ $\sigma_{dif} = \sqrt{0,16^2 + 0,145^2}$ $\sigma_{dif} = 0,216$			

Tabla 35. Análisis estadístico prueba t Student, entre el material compuesto reforzado con fibra de totora frente la fibra de vidrio. (continuación 1)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PRUEBA T-STUDENT																																																																							
t calculado (t)	$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma_{dif}}$ $t = \frac{9,178 - 8,46}{0,216}$ $t = 3,306$																																																																						
Grados de libertad (gl)	$gl = n_1 + n_2 - 2$ $gl = 5 + 5 - 2$ $gl = 8$																																																																						
Nivel de significancia	5%																																																																						
T tablas	<p style="text-align: center;">Tabla t-Student</p>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="border-right: 1px solid black;">Grados de libertad</th> <th>0.25</th> <th>0.1</th> <th>0.05</th> <th>0.025</th> <th>0.01</th> <th>0.005</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1.0000</td><td>3.0777</td><td>6.3137</td><td>12.7062</td><td>31.8210</td><td>63.6559</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.8165</td><td>1.8856</td><td>2.9200</td><td>4.3027</td><td>6.9645</td><td>9.9250</td></tr> <tr><td>3</td><td>0.7649</td><td>1.6377</td><td>2.3534</td><td>3.1824</td><td>4.5407</td><td>5.8408</td></tr> <tr><td>4</td><td>0.7407</td><td>1.5332</td><td>2.1318</td><td>2.7765</td><td>3.7469</td><td>4.6041</td></tr> <tr><td>5</td><td>0.7267</td><td>1.4759</td><td>2.0150</td><td>2.5706</td><td>3.3649</td><td>4.0321</td></tr> <tr><td>6</td><td>0.7176</td><td>1.4398</td><td>1.9432</td><td>2.4469</td><td>3.1427</td><td>3.7074</td></tr> <tr><td>7</td><td>0.7111</td><td>1.4149</td><td>1.8946</td><td>2.3646</td><td>2.9979</td><td>3.4995</td></tr> <tr><td>8</td><td>0.7064</td><td>1.3968</td><td>1.8595</td><td>2.3060</td><td>2.8965</td><td>3.3554</td></tr> <tr><td>9</td><td>0.7027</td><td>1.3830</td><td>1.8331</td><td>2.2622</td><td>2.8214</td><td>3.2498</td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">$t_{tab} = 2,306 [22].$</p>	Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005	1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559	2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250	3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408	4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041	5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321	6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074	7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995	8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554	9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005																																																																	
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559																																																																	
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250																																																																	
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408																																																																	
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041																																																																	
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321																																																																	
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074																																																																	
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995																																																																	
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554																																																																	
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498																																																																	
<p>Comparación de los valores obtenidos para la prueba t-Student.</p> $t_{cal} \geq t_{tab}$ $3.306 \geq 2.306$																																																																							
<p>CONCLUSIÓN:</p> <p>Se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alternativa, de este modo se confirma que el uso de la fibra de totora como refuerzo en un material compuesto, genera un índice de inflamabilidad más bajo a comparación de la fibra de vidrio.</p>																																																																							

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Una vez finalizada la investigación, se observó que el índice de inflamabilidad para los materiales compuestos formados por resina poliéster reforzados con fibras naturales (Cabuya, Chambira y Totorá), dependía de la orientación de sus fibras dado que, las muestras con una orientación de sus fibras en sentido longitudinal presentaban una velocidad superior en comparación a las muestras conformadas con una orientación de sus fibras en sentido transversal.
- Con la ayuda de una prueba estadística (t-Student), se dedujo que existe una diferencia significativa entre los valores obtenidos de las pruebas de inflamabilidad realizadas a los cuatro materiales (Fibra de Cabuya, Chambira, Coco y Totorá) frente al material conformado por fibra de vidrio, evidenciando que los datos de las fibras naturales eran más bajos con el material comparado.
- Finalmente, se concluyó que el material compuesto formado por resina poliéster reforzado con fibra de cabuya, presenta un índice de propagación de 3.61 mm/min siendo el valor más bajo de entre los cinco materiales analizados, determinando que dicho material más resistente al fuego.

4.2 Recomendaciones

- Se sugiere realizar la misma comparación de materiales, pero esta vez utilizando la cámara de inflamabilidad vertical, para conocer si tiene correlación los resultados obtenidos en ambas cámaras.
- Para formar el material compuesto, se debe tener mucho cuidado al momento de calcular los porcentajes de resina y catalizador, debido a que si no se toma las cantidades adecuadas puede solidificarse en menor tiempo lo que podría ocasionar pérdida de material.
- Una vez terminado con la formación del material compuesto se debe acatar con los tiempos de curado determinados en la ficha técnica, porque, si no se cumplen con esos datos, al momento de desprender del molde, puede quebrarse lo que echaría a perder por completo el experimento.

- Es necesario utilizar un rodillo de acero para formar el material compuesto, pues nos ayuda compactar y eliminar las burbujas de aire formadas en la mezcla.
- Se debe hacer un molde a medida de las probetas para poder facilitar el trabajo, pues si esta mezcla de resina y fibras naturales se los ubica en planchas grandes al momento de cortar es muy dificultoso lo que puede llevar a fracturar la plancha pues son muy delgadas y se debe ser muy cuidadosos.

Referencias bibliográficas

- [1] D. Pérez y E. Quinatoa, "Reingeniería de la cámara de inflamabilidad vertical y aplicación de ensayos de resistencia a la flama de materiales de la industria textil para el laboratorio de investigación de ingeniería mecánica LIM UTA," Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2022.
- [2] C. Castro, "Estudio del comportamiento frente al fuego de los materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías y su incidencia en la homologación de modelos y competitividad de la empresa carrocera industria metálica Cepeda," Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2014.
- [3] N. A. Tamayo Duque, "Obtención y caracterización de materiales compuestos de matriz poliéster reforzados con fibra de cabuya," Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2012.
- [4] J. Gavilanes, "Caracterización mecánica del material compuesto de matriz poliéster reforzado con fibra de chambira para determinar las propiedades mecánicas en aplicaciones industriales," Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2021.
- [5] G. Mazon, "Caracterización mecánica del material compuesto de matriz poliéster con fibra de coco para la determinación de propiedades mecánicas en aplicaciones industriales," Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2017.
- [6] J. Pico, "Caracterización mecánica del material compuesto de matriz poliéster reforzada con fibra de totora (*Schoenoplectus Californicus*) y su posible aplicación en la industria," Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2022.
- [7] D. Castro, "Análisis del material compuesto de fibra de vidrio con matriz polimérica utilizado en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas para determinar sus propiedades mecánicas," Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2017.

- [8] W. D. Callister, "Ciencia e ingeniería de materiales," 9ª ed, Editorial Reverté, Bogotá, 2016.
- [9] A. Besednjak Dietrich, Materiales compuestos "Procesos de fabricación de embarcaciones," Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya, 2015.
- [10] A. N. Tafur Leal, "Aplicación de materiales compuestos por fibras naturales en la industria del transporte," 2020.
- [11] S. G. V. G. P. P. N. R. V. S. J. Dávila, Nuevos Materiales: "Aplicaciones Estructurales e Industriales," Quito: Primera Edición, 2011.
- [12] Á. F. M. Machado, "Caracterización mecánica del material compuesto de matriz elastómera reforzado con fibra de cabuya para determinar las propiedades mecánicas en aplicaciones industriales," Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2019.
- [13] D. S. Lascano Aimacaña, J. Ivorra Martínez, L. J. Quiles Carrillo, N. Montañes Muñoz y R. A. Balart Gimeno, "Ingeniería de polímeros y materiales compuestos," Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2021.
- [14] A. B. Dietrich, "Materiales Compuestos," Barcelona, 2005.
- [15] "Elastómeros eléctricamente conductores con propiedades de disipación electrostática y capacitancia, y sus aplicaciones en celdas galvánicas y materiales", México: WIPO PCT, 2015.
- [16] F. Stupenengo, "Materiales y materias primas," Buenos Aires, 2011.
- [17] Master logística, "Fibra de vidrio. Propiedades y aplicaciones. pros y contras," [En línea]. Available: <https://www.masterlogistica.es/fibra-de-vidrio-propiedades-y-aplicaciones-pros-y-contras-peculiaridades/>. [Último acceso: 28 Julio 2022].
- [18] G. E. M. Ortiz, "Caracterización mecánica del material compuesto de matriz poliéster con fibra de coco para la determinación de propiedades mecánicas en aplicaciones industriales," Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017.

- [19] S. G. y. V. G. F. Delgado, "Obtención de materiales compuestos híbridos de matriz poliéster reforzada con fibra de coco y vidrio para la elaboración de tableros," 2014.
- [20] J. L. P. Vaca, "Caracterización mecánica del material compuesto de matriz poliéster reforzada con fibra de totora (*Schoenoplectus Californicus*) y su posible aplicación en la industria," Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2022.
- [21] U.S. Department of transportation, "*Norma federal de seguridad para vehículos a motor (FMVSS) ISO 3795 N.-302*," 1991.
- [22] Slideshare, "Tabla Estadística t Student," 2018. [En línea]. Available: <https://www.slideshare.net/AnaRomero3/estadisticatabla-tstudent>. . [Último acceso: 24 Julio 2023].

ANEXOS

Anexo 1



**LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS
DE INFLAMABILIDAD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA
DE AMBATO**

**INFORME DEL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD
SEGÚN ISO 3795.**

RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE CABUYA	
Fecha de recepción	12/6/2023
Número de probetas	5
Dimensiones	100mm x 356 mm
Color adverso	Rosado
Color reverso	Rosado
Superficie adversa	Lisa
Superficie reversa	Semirugosa

CÓDIGO: LIM-UTA-2023-3795-INT-0001

16 de junio de 2023

AMBATO – ECUADOR

1. ANTECEDENTES:


Con fecha 12 de junio de 2023, el Sr. BRYAN JOEL CHAGLLA TOAPANTA, en calidad de ESTUDIANTE de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, domiciliada en TUNGURAHUA / AMBATO / HUACHI LORETO / AVENIDA LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO y con número de ruc/cédula: 1805329057, 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 ISO 3795, de la muestra **RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE CABUYA** la cual es utilizada en la fabricación de vehículos.

2. PROCESO GENERAL

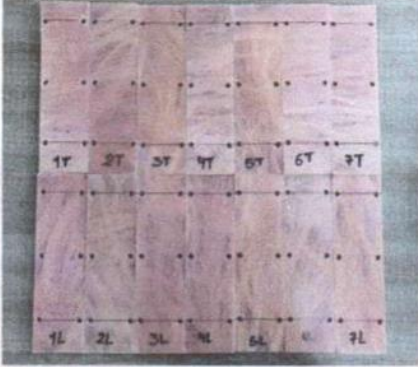
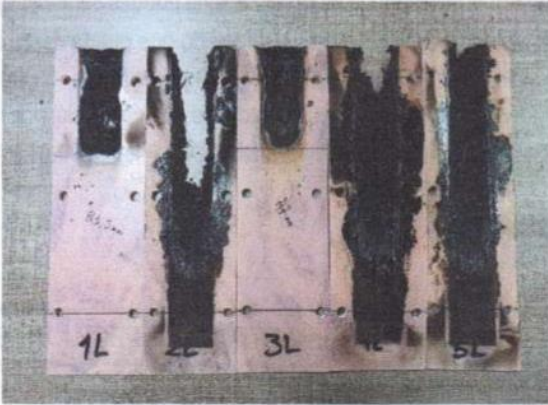
Según lo indica el método, la prueba de inflamabilidad se realizó sobre sus respectivas submuestras, las cuales se prepararon de acuerdo con el "Instructivo para la preparación de muestras" y manipularon de acuerdo con lo señalado en la norma ISO 3795.

Las pruebas se efectuaron dentro de la cámara de inflamabilidad horizontal, en cuyo interior las muestras se colocaron de manera horizontal en su respectivo soporte dentro de la cámara de combustión. Además, para proporcionar la llama se utilizó un mechero bunsen y gas metano. Por último, se efectuaron los ensayos con las réplicas solicitadas y los resultados que se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo fueron registrados y tabulados.

3. DATOS SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE

Nombre del material:	RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE CABUYA
Muestreo:	Materiales seleccionados y remitidos por el solicitante
Tipo de material:	Compuesto
Origen del material:	Elaborado por el solicitante
Uso del material:	Interiores y Exteriores
Dimensiones de la muestra:	100 mm X 356 mm
Responsable del corte de las muestras:	Solicitante
Tipo de entrega de las muestras:	14 muestras
Ámbito / Modalidad de transporte en los que se utilizara los materiales a ensayar	INTERPROVINCIAL, INTRAREGIONAL, INTRAPROVINCIAL, TURISMO, INTRACANTONAL, ESCOLAR E INSTITUCIONAL.
Fotografía:	

4. PARÁMETROS DEL ENSAYO Y RESULTADOS

Cámara de inflamabilidad:	Horizontal	Fecha de ensayo	14/6/2023	
Tipo de material:	RESINA POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE CABUYA			
Dimensiones (mm):	100 mm x 356 mm	N° de probetas:	5	
Temperatura promedio corregida:	22,76 °C	Humedad relativa promedio corregida:	52.44%	
Tiempo de acondicionamiento:	24 horas 30 minutos			
Sentido de corte de la muestra:	Longitudinal			
 <p>Conjunto de muestras antes de las pruebas</p>				
Resultados Según La Norma ISO 3795				
N° De probetas	Espesor corregido (mm)	Distancia corregida (mm)	Tiempo corregido (s)	Tasa de combustión corregida B(mm/min)
1	5,13	83,5	1421,24	5,53 (mm/min)
2	5,09	253,5	3939,03	3,86 (mm/min)
3	5,15	77	1703,22	2,71 (mm/min)
4	5,10	253,5	3905,06	3,90 (mm/min)
5	5,17	253,5	3767,51	4,05 (mm/min)
Observación: Ninguna				
 <p>Conjunto de muestras después de las pruebas.</p>				

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con el material ensayado: **RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE CABUYA** las tasas de combustión obtenidas (índice de llama) son:

Número de Probeta	Tasa de combustión corregida B(mm/min)
Probeta 1	3,53 (mm/min)
Probeta 2	3,86 (mm/min)
Probeta 3	2,71 (mm/min)
Probeta 4	3,90 (mm/min)
Probeta 5	4,05 (mm/min)



Ing. Mec. Gonzalo Naranjo
Técnico - LIM



Ing. Mec. Víctor Espin, Mg.
Coordinador - LIM



Ing. Mec. Christian Castro, Mg.
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 pueden 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.

7. VIGENCIA

2 AÑOS A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN



**LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS
DE INFLAMABILIDAD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA
DE AMBATO**

**INFORME DEL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD
SEGÚN ISO 3795.**

RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE CHAMBIRA	
Fecha de recepción	12/6/2023
Número de probetas	5
Dimensiones	100mm x 356 mm
Color adverso	Café
Color reverso	Café
Superficie adversa	Lisa
Superficie reversa	Semirugosa

CÓDIGO: LIM-UTA-2023-3795-INT-0002

16 de junio de 2023

AMBATO – ECUADOR

1. ANTECEDENTES:


Con fecha 12 de junio de 2023, el Sr. BRYAN JOEL CHAGLLA TOAPANTA, en calidad de ESTUDIANTE de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, domiciliada en TUNGURAHUA / AMBATO / HUACHI LORETO / AVENIDA LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO y con número de ruc/cédula: 1805329057, 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 ISO 3795, de la muestra **RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE CHAMBIRA** la cual es utilizada en la fabricación de vehículos.

2. PROCESO GENERAL

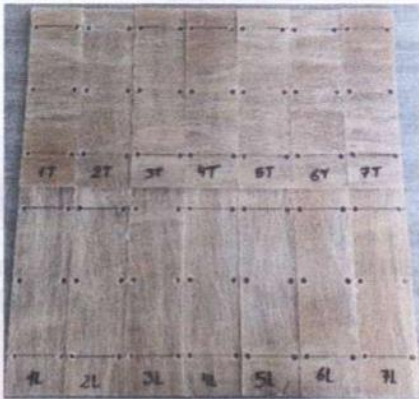
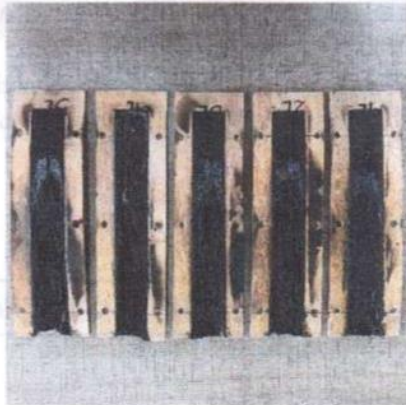
Según lo indica el método, la prueba de inflamabilidad se realizó sobre sus respectivas submuestras, las cuales se prepararon de acuerdo con el "Instructivo para la preparación de muestras" y manipularon de acuerdo con lo señalado en la norma ISO 3795.

Las pruebas se efectuaron dentro de la cámara de inflamabilidad horizontal, en cuyo interior las muestras se colocaron de manera horizontal en su respectivo soporte dentro de la cámara de combustión. Además, para proporcionar la llama se utilizó un mechero bunsen y gas metano. Por último, se efectuaron los ensayos con las réplicas solicitadas y los resultados que se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo fueron registrados y tabulados.

3. DATOS SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE

Nombre del material:	RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE CHAMBIRA
Muestreo:	Materiales seleccionados y remitidos por el solicitante
Tipo de material:	Compuesto
Origen del material:	Elaborado por el solicitante
Uso del material:	Interiores y Exteriores
Dimensiones de la muestra:	100 mm X 356 mm
Responsable del corte de las muestras:	Solicitante
Tipo de entrega de las muestras:	14 muestras
Ámbito / Modalidad de transporte en los que se utilizara los materiales a ensayar	INTERPROVINCIAL, INTRAREGIONAL, INTRAPROVINCIAL, TURISMO, INTRACANTONAL, ESCOLAR E INSTITUCIONAL.
Fotografía:	

4. PARÁMETROS DEL ENSAYO Y RESULTADOS

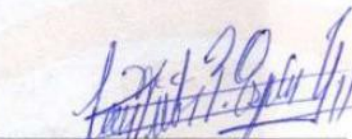
Cámara de inflamabilidad:	Horizontal	Fecha de ensayo	14/6/2023	
Tipo de material:	RESINA POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE CHAMBIRA			
Dimensiones (mm):	100 mm x 356 mm	N° de probetas:	5	
Temperatura promedio corregida:	22,76 °C	Humedad relativa promedio corregida:	52.44%	
Tiempo de acondicionamiento:	30 horas 20 minutos			
Sentido de corte de la muestra:	Longitudinal			
 <p>Conjunto de muestras antes de las pruebas</p>				
Resultados Según La Norma ISO 3795				
N° De probetas	Espesor corregido (mm)	Distancia corregida (mm)	Tiempo corregido (s)	Tasa de combustión corregida B(mm/min)
1	5,14	253,5	1990,37	7,64 (mm/min)
2	5,10	253,5	2399,28	6,34 (mm/min)
3	5,19	253,5	2155,43	7,06 (mm/min)
4	5,16	253,5	2341,06	6,50 (mm/min)
5	5,17	253,5	2513,79	6,05 (mm/min)
Observación: Ninguna				
 <p>Conjunto de muestras después de las pruebas.</p>				

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con el material ensayado: **RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE CHAMBIRA** las tasas de combustión obtenidas (índice de llama) son:

Número de Probeta	Tasa de combustión corregida B(mm/min)
Probeta 1	7,64 (mm/min)
Probeta 2	6,34 (mm/min)
Probeta 3	7,06 (mm/min)
Probeta 4	6,50 (mm/min)
Probeta 5	6,05 (mm/min)


Ing. Mec. Gonzalo Naráñez
Técnico - LIM


Ing. Mec. Víctor Espín, Mg.
Coordinador - LIM


Ing. Mec. Christian Castro, Mg.
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 pueden 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.

7. VIGENCIA

2 AÑOS A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN



**LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS
DE INFLAMABILIDAD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA
DE AMBATO**

**INFORME DEL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD
SEGÚN ISO 3795.**

RESINA POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE COCO	
Fecha de recepción	12/6/2023
Número de probetas	5
Dimensiones	100mm x 356 mm
Color adverso	Café
Color reverso	Café
Superficie adversa	Lisa
Superficie reversa	Semirugosa

CÓDIGO: LIM-UTA-2023-3795-INT-0003

16 de junio de 2023

AMBATO – ECUADOR

1. ANTECEDENTES:


Con fecha 12 de junio de 2023, el Sr. BRYAN JOEL CHAGLLA TOAPANTA, en calidad de ESTUDIANTE de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, domiciliada en TUNGURAHUA / AMBATO / HUACHI LORETO / AVENIDA LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO y con número de ruc/cédula: 1805329057, 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 ISO 3795, de la muestra **RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE COCO** la cual es utilizada en la fabricación de vehículos.

2. PROCESO GENERAL

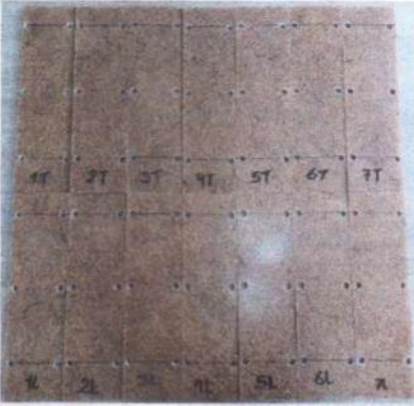
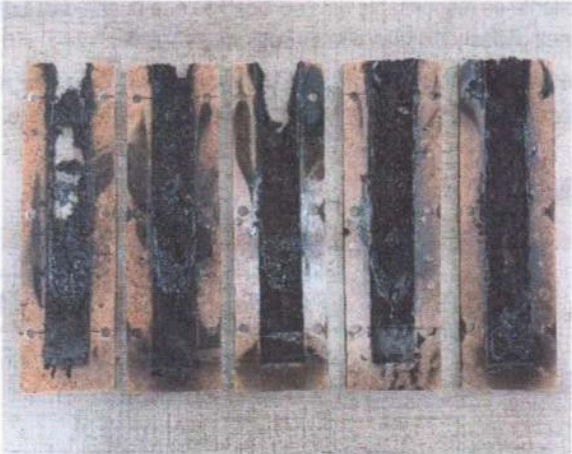
Según lo indica el método, la prueba de inflamabilidad se realizó sobre sus respectivas submuestras, las cuales se prepararon de acuerdo con el "Instructivo para la preparación de muestras" y manipularon de acuerdo con lo señalado en la norma ISO 3795.

Las pruebas se efectuaron dentro de la cámara de inflamabilidad horizontal, en cuyo interior las muestras se colocaron de manera horizontal en su respectivo soporte dentro de la cámara de combustión. Además, para proporcionar la llama se utilizó un mechero bunsen y gas metano. Por último, se efectuaron los ensayos con las réplicas solicitadas y los resultados que se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo fueron registrados y tabulados.

3. DATOS SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE

Nombre del material:	RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE COCO
Muestreo:	Materiales seleccionados y remitidos por el solicitante
Tipo de material:	Compuesto
Origen del material:	Elaborado por el solicitante
Uso del material:	Interiores y Exteriores
Dimensiones de la muestra:	100 mm X 356 mm
Responsable del corte de las muestras:	Solicitante
Tipo de entrega de las muestras:	14 muestras
Ámbito / Modalidad de transporte en los que se utilizara los materiales a ensayar	INTERPROVINCIAL, INTRAREGIONAL, INTRAPROVINCIAL, TURISMO, INTRACANTONAL, ESCOLAR E INSTITUCIONAL.
Fotografía:	

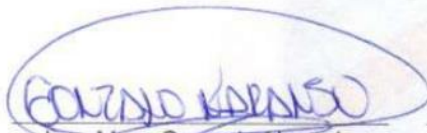
4. PARÁMETROS DEL ENSAYO Y RESULTADOS

Cámara de inflamabilidad:	Horizontal	Fecha de ensayo	15/6/2023	
Tipo de material:	RESINA POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE COCO			
Dimensiones (mm):	100 mm x 356 mm	N° de probetas:	5	
Temperatura promedio corregida:	22,76 °C	Humedad relativa promedio corregida:	52.44%	
Tiempo de acondicionamiento:	48 horas 40 minutos			
Sentido de corte de la muestra:	Transversal			
 <p>Conjunto de muestras antes de las pruebas</p>				
Resultados Según La Norma ISO 3795				
N° De probetas	Espesor corregido (mm)	Distancia corregida (mm)	Tiempo corregido (s)	Tasa de combustión corregida B(mm/min)
1	5,09	253,5	2841,06	5,35 (mm/min)
2	5,12	253,5	3494,38	4,35 (mm/min)
3	5,19	253,5	2641,35	5,76 (mm/min)
4	5,11	253,5	3231,01	4,71 (mm/min)
5	5,17	253,5	3464,11	4,39 (mm/min)
Observación: Ninguna				
 <p>Conjunto de muestras después de las pruebas.</p>				

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con el material ensayado: **RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE COCO** las tasas de combustión obtenidas (índice de llama) son:

Número de Probeta	Tasa de combustión corregida B(mm/min)
Probeta 1	5,35 (mm/min)
Probeta 2	4,35 (mm/min)
Probeta 3	5,76 (mm/min)
Probeta 4	4,71 (mm/min)
Probeta 5	4,39 (mm/min)



Ing. Mec. Gonzalo Naranjo
Técnico - LIM



Ing. Mec. Víctor Espín, Mg.
Coordinador - LIM



Ing. Mec. Christian Castro, Mg.
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 pueden 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.

7. VIGENCIA

2 AÑOS A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN



**LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS
DE INFLAMABILIDAD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA
DE AMBATO**

**INFORME DEL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD
SEGÚN ISO 3795.**

RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE TOTORA	
Fecha de recepción	12/6/2023
Número de probetas	5
Dimensiones	100 mm x 356 mm
Color adverso	Café
Color reverso	Café
Superficie adversa	Lisa
Superficie reversa	Semirugosa

CÓDIGO: LIM-UTA-2023-3795-INT-0004

16 de junio de 2023

AMBATO – ECUADOR

1. ANTECEDENTES:

Con fecha 12 de junio de 2023, el Sr. BRYAN JOEL CHAGLLA TOAPANTA, en calidad de ESTUDIANTE de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, domiciliada en TUNGURAHUA / AMBATO / HUACHI LORETO / AVENIDA LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO y con número de ruc/cédula: 1805329057, 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 ISO 3795, de la muestra **RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE TOTORA** la cual es utilizada en la fabricación de vehículos.

2. PROCESO GENERAL

Según lo indica el método, la prueba de inflamabilidad se realizó sobre sus respectivas submuestras, las cuales se prepararon de acuerdo con el "Instructivo para la preparación de muestras" y manipularon de acuerdo con lo señalado en la norma ISO 3795.

Las pruebas se efectuaron dentro de la cámara de inflamabilidad horizontal, en cuyo interior las muestras se colocaron de manera horizontal en su respectivo soporte dentro de la cámara de combustión. Además, para proporcionar la llama se utilizó un mechero bunsen y gas metano. Por último, se efectuaron los ensayos con las réplicas solicitadas y los resultados que se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo fueron registrados y tabulados.

3. DATOS SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE

Nombre del material:	RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE TOTORA
Muestreo:	Materiales seleccionados y remitidos por el solicitante
Tipo de material:	Compuesto
Origen del material:	Elaborado por el solicitante
Uso del material:	Interiores y Exteriores
Dimensiones de la muestra:	100 mm X 356 mm
Responsable del corte de las muestras:	Solicitante
Tipo de entrega de las muestras:	14 muestras
Ámbito / Modalidad de transporte en los que se utilizara los materiales a ensayar	INTERPROVINCIAL, INTRAREGIONAL, INTRAPROVINCIAL, TURISMO, INTRACANTONAL, ESCOLAR E INSTITUCIONAL.
Fotografía:	

4. PARÁMETROS DEL ENSAYO Y RESULTADOS

Cámara de inflamabilidad:	Horizontal	Fecha de ensayo	15/6/2023
Tipo de material:	RESINA POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE TOTORA		
Dimensiones (mm):	100 mm x 356 mm	Nº de probetas:	5
Temperatura promedio corregida:	22,76 °C	Humedad relativa promedio corregida:	52.44%
Tiempo de acondicionamiento:	54 horas 30 minutos		
Sentido de corte de la muestra:	Longitudinal		

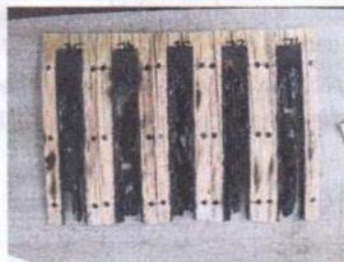


Conjunto de muestras antes de las pruebas

Resultados Según La Norma ISO 3795

Nº De probetas	Espesor corregido (mm)	Distancia corregida (mm)	Tiempo corregido (s)	Tasa de combustión corregida B(mm/min)
1	5,08	253,5	1813,76	8,39 (mm/min)
2	5,10	253,5	1883,19	8,08 (mm/min)
3	5,01	253,5	1760,20	8,64 (mm/min)
4	5,03	253,5	1706,05	8,92 (mm/min)
5	5,12	253,5	1835,31	8,29 (mm/min)

Observación: Ninguna



Conjunto de muestras después de las pruebas.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con el material ensayado: **RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE TOTORA** las tasas de combustión obtenidas (índice de llama) son:

Número de Probeta	Tasa de combustión corregida B(mm/min)
Probeta 1	8,39 (mm/min)
Probeta 2	8,08 (mm/min)
Probeta 3	8,64 (mm/min)
Probeta 4	8,92 (mm/min)
Probeta 5	8,29 (mm/min)



Ing. Mec. Gonzalo Naranjo
Técnico - LIM



Ing. Mec. Víctor Espín, Mg.
Coordinador - LIM



Ing. Mec. Christian Castro, Mg.
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 pueden 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.

7. VIGENCIA

2 AÑOS A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN



**LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS
DE INFLAMABILIDAD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA
DE AMBATO**

**INFORME DEL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD
SEGÚN ISO 3795.**

RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO	
Fecha de recepción	12/6/2023
Número de probetas	5
Dimensiones	100 mm x 356 mm
Color adverso	Transparente
Color reverso	Transparente
Superficie adversa	Lisa
Superficie reversa	Semirugosa

CÓDIGO: LIM-UTA-2023-3795-INT-0005

16 de junio de 2023

AMBATO – ECUADOR

1. ANTECEDENTES:

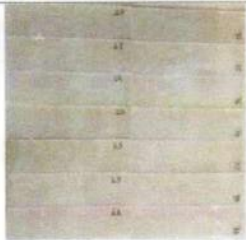
Con fecha 12 de junio de 2023, el Sr. BRYAN JOEL CHAGLLA TOAPANTA, en calidad de ESTUDIANTE de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, domiciliada en TUNGURAHUA / AMBATO / HUACHI LORETO / AVENIDA LOS CHASQUIS Y RIO PAYAMINO y con número de ruc/cédula: 1805329057, solicita 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 ISO 3795, de la muestra **RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO** la cual es utilizada en la fabricación de vehículos.

2. PROCESO GENERAL

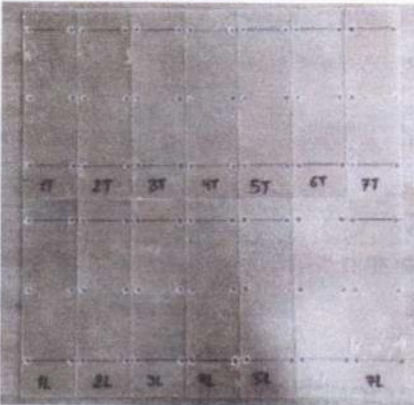
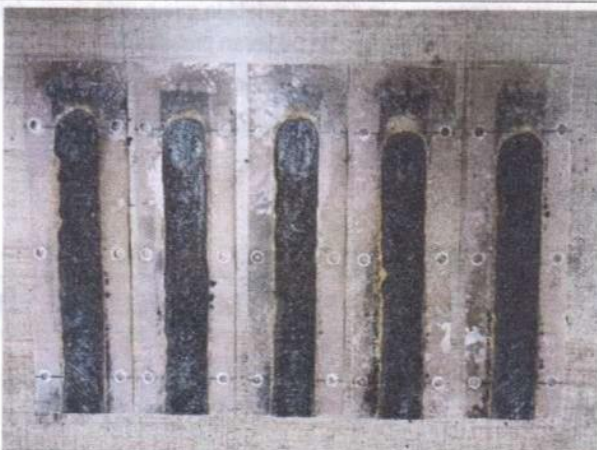
Según lo indica el método, la prueba de inflamabilidad se realizó sobre sus respectivas submuestras, las cuales se prepararon de acuerdo con el "Instructivo para la preparación de muestras" y manipularon de acuerdo con lo señalado en la norma ISO 3795.

Las pruebas se efectuaron dentro de la cámara de inflamabilidad horizontal, en cuyo interior las muestras se colocaron de manera horizontal en su respectivo soporte dentro de la cámara de combustión. Además, para proporcionar la llama se utilizó un mechero bunsen y gas metano. Por último, se efectuaron los ensayos con las réplicas solicitadas y los resultados que se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo fueron registrados y tabulados.

3. DATOS SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE

Nombre del material:	RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO
Muestreo:	Materiales seleccionados y remitidos por el solicitante
Tipo de material:	Compuesto
Origen del material:	Elaborado por el solicitante
Uso del material:	Interiores y Exteriores
Dimensiones de la muestra:	100 mm X 356 mm
Responsable del corte de las muestras:	Solicitante
Tipo de entrega de las muestras:	14 muestras
Ámbito / Modalidad de transporte en los que se utilizara los materiales a ensayar	INTERPROVINCIAL, INTRAREGIONAL, INTRAPROVINCIAL, TURISMO, INTRACANTONAL, ESCOLAR E INSTITUCIONAL.
Fotografía:	

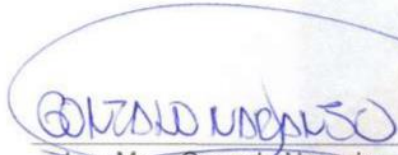
4. PARÁMETROS DEL ENSAYO Y RESULTADOS

Cámara de inflamabilidad:	Horizontal	Fecha de ensayo	16/6/2023	
Tipo de material:	RESINA POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO			
Dimensiones (mm):	100 mm x 356 mm	Nº de probetas:	5	
Temperatura promedio corregida:	22,76 °C	Humedad relativa promedio corregida:	52.44%	
Tiempo de acondicionamiento:	72 horas 50 minutos			
Sentido de corte de la muestra:	Transversal			
				
Conjunto de muestras antes de las pruebas				
Resultados Según La Norma ISO 3795				
Nº De probetas	Espesor corregido (mm)	Distancia corregida (mm)	Tiempo corregido (s)	Tasa de combustión corregida B(mm/min)
1	5,10	253,5	1691,65	8,99 (mm/min)
2	5,08	253,5	1760,40	8,64 (mm/min)
3	5,11	253,5	1611,86	9,44 (mm/min)
4	5,10	253,5	1629,18	9,34 (mm/min)
5	5,07	253,5	1604,89	9,48 (mm/min)
Observación: Ninguna				
				
Conjunto de muestras después de las pruebas.				

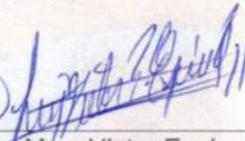
5. CONCLUSIONES

De acuerdo con el material ensayado: **RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO** las tasas de combustión obtenidas (índice de llama) son:

Número de Probeta	Tasa de combustión corregida B(mm/min)
Probeta 1	8,99 (mm/min)
Probeta 2	8,64 (mm/min)
Probeta 3	9,44 (mm/min)
Probeta 4	9,34 (mm/min)
Probeta 5	9,48 (mm/min)



Ing. Mec. Gonzalo Naranjo
Técnico - LIM



Ing. Mec. Víctor Espín, Mg.
Coordinador - LIM



Ing. Mec. Christian Castro, Mg.
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 pueden 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.

7. VIGENCIA

2 AÑOS A PARTIR DE LA FECHA DE EMISIÓN

Prefacio

ISO (la Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de estándares internacionales normalmente se lleva a cabo a través de comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en un tema para el cual se ha establecido un comité técnico tiene derecho a estar representado en ese comité. Las organizaciones internacionales, gubernamentales y no gubernamentales, en colaboración con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todos los asuntos de normalización electrotécnica.

Los proyectos de normas internacionales adoptados por los comités técnicos se distribuyen a los organismos miembros para su aprobación antes de ser aceptados como normas internacionales por el Consejo ISO. Se aprueban de acuerdo con los procedimientos de la ISO que requieren al menos el 75% de aprobación por parte de los organismos miembros que votan.

La Norma Internacional ISO 3795 fue preparada conjuntamente por los Comités Técnicos ISO / TC 22, Vehículos de carretera e ISO / TC 23, Tractores y maquinaria para la agricultura y silvicultura.

Esta segunda edición cancela y reemplaza la primera edición (ISO 3795: 19761, cuyo alcance se ha ampliado para incluir tractores y maquinaria para la agricultura y silvicultura.

© ISO 1989

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Organization for Standardization
Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Switzerland

Printed in Switzerland

Licensed to University / Mr. Castro
ISO Store order #: 10-1337979/Downloaded: 2013-06-2
Circle user license only. Resale and distribution prohib.

Introducción

La evaluación del comportamiento de combustión de los materiales interiores se basa en la suposición de que es poco probable que ocurra un incendio en el compartimento de pasajeros cuando la velocidad de combustión del material interior bajo la acción de una llama pequeña es cero o muy pequeña.

En el marco de las reglamentaciones internacionales para la seguridad de los vehículos de motor preparadas por los grupos competentes de la Comisión Económica para Europa (ECEDJNO), se solicitó a ISO que desarrollara un método para determinar el comportamiento de combustión de los materiales interiores de los vehículos de motor. Se recopiló y evaluó amplia información sobre los métodos de prueba existentes. En vista de los estándares de seguridad que ya son obligatorios, las consideraciones se basaron principalmente en el procedimiento de prueba definido en US-FMVSS 302.

Se prestó considerable atención al problema de la ventilación de la cámara de combustión. Se llevaron a cabo dos series de pruebas comparativas para investigar diferentes variaciones de diseño.

Luego de extensas discusiones, se decidió describirlo en esta Norma Internacional, para incorporar la cámara de combustión, además, se decidió requerir la presencia de cables de soporte como parte del equipamiento estándar para evitar interpretaciones subjetivas del comportamiento de la muestra por parte del personal de prueba.