FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

TESIS

EVALUACIÓN DE FRACCIÓN VOLUMÉTRICA DE MATRIZ-EPOXI/FIBRA-YUTE SOMETIDOS A TRACCIÓN/IMPACTO PARA SU APLICACIÓN EN FABRICACIÓN DE CARENADO DE MOTOCICLETAS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Autor:
Bach. Medina Agurto Paul Edgardo
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3880-1973

Asesor:
Mg. Polo Briceño Elmer Rolando
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5831-8818

Línea de Investigación:
Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente

Pimentel – Perú

Año 2024

EVALUACIÓN DE FRACCIÓN VOLUMÉTRICA DE MATRIZ-EPOXI/FIBRA-YUTE SOMETIDOS A TRACCIÓN/IMPACTO PARA SU APLICACIÓN EN FABRICACIÓN DE CARENADO DE MOTOCICLETAS

Aprobación del jurado

Dra. GASTIABURÚ MORALES SILVIA YVONE

Presidente del Jurado de Tesis

MSc. ROJAS CORONEL ANGEL MARCELO

Secretario del Jurado de Tesis

Mtro. VIVES GARNIQUE JUAN CARLOS

Vocal del Jurado de Tesis

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien(es) suscribe(n) la **DECLARACIÓN JURADA**, soy(somos) **egresado (s)** del Programa de Estudios de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro (amos) bajo juramento que soy (somos) autor(es) del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE FRACCIÓN VOLUMÉTRICA DE MATRIZ-EPOXI/FIBRA-YUTE SOMETIDOS A TRACCIÓN/IMPACTO PARA SU APLICACIÓN EN FABRICACIÓN DE CARENADO DE MOTOCICLETAS

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética para la Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Medina Agurto Paul Edgardo	DNI: 72967723	

Pimentel, 26 de setiembre de 2024.

Dedicatoria

Agradezco a Dios por su guía y por darme la fortaleza para sobrellevar este camino académico. No puedo estar más agradecido con mis padres, cuyo esfuerzo y amor han sido la base de mi éxito. Agradezco a papá y mamá, que con amor y sacrificio me proporcionaron las oportunidades para seguir mis sueños y alcanzar lo que he logrado hasta ahora. Su apoyo inquebrantable y sus valores han sido la luz que iluminó mi camino. Estoy agradecido de que me hayan enseñado el valor de la perseverancia, el trabajo arduo y que me hayan demostrado cómo es alcanzar metas. Por todo esto, gracias. Esta tesis es mi forma de dar las gracias.

Paul Edgardo Medina Agurto

Agradecimientos

Quiero también agradecer a todos aquellos que han sido cruciales para hacer posible la realización de este trabajo de tesis. Primeramente, a mis padres, gracias al amor inigualable y a las múltiples entregas en la ardua labor de mantenimiento de su compromiso con nosotros. Sin las oportunidades, valores, y amor que nos inculcaron no hubiera sido posible a lograr mis metas. Por darme oportunidades y por ser mi inspiración constante y mi guía, gracias, mamá y papá.

A mis docentes, por su dedicación y compromiso con mi formación profesional. Gracias por compartir su conocimiento y experiencia conmigo, por su paciencia y por alimentar la pasión por el aprendizaje en mí. Su dirección y apoyo han significado todo para lograr completar este proyecto.

A todos ustedes, gracias. Esta tesis es un agradecimiento a su influencia positiva en mi vida y un testimonio de mi gratitud por compartir este viaje conmigo.

Paul Edgardo Medina Agurto

Índice:

Dedicatoria 4

Agradecimientos 5

Resumen: 13

Abstract: 14

I. INTRODUCCIÓN: 15

1.1. Realidad Problemática: 15

1.2. Formulación del problema: 21

1.3. Hipótesis: 23

1.4. Objetivos: 23

1.5. Teorías relacionadas al tema: 24

II. MATERIALES Y MÉTODO: 50

2.1. Tipo y diseño de la investigación: 50

2.2. Variables: 50

2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección: 50

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad: . 54

2.5. Procedimiento de análisis de datos: 55

2.6. Criterios éticos: 57

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN: 58

3.1. Resultados: 58

3.2. Discusión: 98

IV. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES: 103

4.1. Conclusiones: 103

4.2. Recomendaciones:..... 106

V. REFERENCIAS 108

VI. Anexos:..... 113

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1: Elementos de materiales compuestos. [13]..... 25

Figura 2: Configuración básica de un material compuesto. [14] 25

Figura 3: Las tensiones de una superficie sólida y el ángulo de contacto de una gota. [15] 28

Figura 4: Esquema de autoadhesión. [15]..... 29

Figura 5: Esquema atracción electrostática. [15]..... 30

Figura 6: Esquema de adhesión química. [15] 30

Figura 7: Esquema de proceso de Estratificación manual de material compuesto. [14] 31

Figura 8: El corte transversal del tallo del lino presentando las fibras floemáticas. [17]..... 34

Figura 9: Cultivo de yute. Obtenido [18]. 34

Figura 10: Fibra/tejido de yute. Obtenido de [21]..... 37

Figura 11: Tabla Comparativa de Materiales Utilizados en la Fabricación de Carenados para Motocicletas.....45

Figura 12 : Carenado de motocicleta enduro KTM EXC. Obtenido de [25]..... 46

Figura 13: Kit de carenado deportivo Yamaha R1. Obtenido de [26]..... 46

Figura 14: Carenado Frontal, cúpula y retrovisores. [27]..... 47

Figura 15: Carenado o tapas laterales. [27] 48

Figura 16: Quilla – parte inferior y delantera. [27]..... 48

Figura 17 : Colín de motocicleta. [27]..... 49

Figura 18: Placa de material compuesto (epoxi - yute) obtenida mediante el proceso de compresión 51

Figura 19: Imagen de probeta para ensayo de impacto plano ASTM 638-01 – Charpy. [24] 51

Figura 20: Dimensiones de probeta para ensayo de tracción. [25]..... 52

Figura 21: Procesamiento de materiales compuesto 90°/0°. Obtenido de [4]..... 58

Figura 22: Fibra de yute tejida en 90°/0° 58

Figura 23: Capa de Fibra de Yute para la fabricación de placas de material compuesto..... 59

Figura 24: Materiales utilizados en el tratamiento de limpieza de fibra de yute 61

Figura 25: Aplicación de alcohol a las fibras de yute. 62
Figura 26: Aplicación de agua destilada a las fibras de yute. 62
Figura 27: Aplicación de hielo a las fibras de yute. 63
Figura 28: Recipiente con fibras de yute. 64
Figura 29: Fibras de yute en proceso de secado. 64
Figura 30: Molde de acero ASTM A36. 65
Figura 31: Proceso de soldadura SMAW para moldes. 66
Figura 32: Preparación de fibras 68
Figura 33: Aplicación de líquido desmoldante. 68
Figura 34: Preparación de resina epoxi. 69
Figura 35: Proceso de laminación para la fabricación de placas de material compuesto. ... 70
Figura 36: Elaboración de material compuesto mediante proceso de compresión. 70
Figura 37: Desmoldeo y obtención de las placas de material compuesto. 71
Figura 38: Placas de 12.5%,21.4%,26.7% y 28.6% de fibra de yute con ángulos de 0°/90° 72
Figura 39: Corte CNC de placas de fibra de yute y resina epoxi. 73
Figura 40: Probetas para ensayo de tracción ASTM D638 y ensayo de impacto ISO 179-1 con porcentajes de fibra de 12.5%, 21.4%, 26.7% y 28.6% de fibra de yute. 73
Figura 41: Ensayo de tracción según norma ASTM D638 en equipo de Ensayos Universal TECNOTEST 60TN 74
Figura 42: Gráficas de resultados individuales de Esfuerzo-Deformación para Material Compuesto con 12.5%,21.4%,26.7%,28.6% de Fibra de Yute con orientación de 0° y 90°. 75
Figura 43: Ensayo de impacto según norma DIN EN ISO 179-1 en equipo de Impacto MT-3016-15J 78
Figura 44: Gráfica de Absorción de Energía de Impacto por Compuestos de Yute-Epoxi con Orientación 0°/90 y diferentes fracciones volumétricas. 80
Figura 45: Fotografías de Motocicleta Bajaj. 83
Figura 46: Modelo 3D de motocicleta Bajaj en software SolidWorks. 84
Figura 47: Piezas del carenado en modelo 3D. 84

Figura 48: Interfaz de software CES Edupack para síntesis de material compuesto. 85

Figura 49: Esferas y carenado de motocicleta para la simulación. 87

Figura 50: Detalles de Mallado de componentes del carenado frontal. 88

Figura 51: Esfuerzos del impacto de las 4 esferas al carenado frontal de motocicleta. 89

Figura 52: Deformación direccional del carenado frontal..... 91

Figura 53: Cúpula frontal de carenado de motocicleta Bajaj..... 93

Figura 54: Estableciendo parámetros de impresión 3D en software Cura. 93

Figura 55: Proceso de Impresión 3D en Ender 3-S1. 94

Figura 56: Verificación de Ajuste del Molde de Carenado Impreso en 3D en Motocicleta. .. 94

Figura 57: Aplicación de Vinilo Adhesivo en Molde de Carenado..... 95

Figura 58: Aplicación de desmoldante, resina epoxi y fibra de yute. 95

Figura 59: Pieza retirada del molde..... 96

Figura 60 : Posprocesado de la pieza de pieza fabricada de fibra de yute..... 96

Figura 61: Cúpula frontal fabricada con fibra de yute y resina epoxi. 97

Figura 62: Comparación visual de cúpula fabricada con fibra de yute/epoxi frente cúpula comercial de Policarbonato. 97

Figura 63: Cúpula de FN colocada en motocicleta BAJAJ. 98

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1: Propiedades de la resina epoxi. Obtenido de Software Ansys Granta Edupack. ... 32

Tabla 2: Propiedades mecánicas de la fibra de yute. Obtenido de Software Ansys Granta Edupack. ... 35

Tabla 3: Comparación de Propiedades Mecánicas y Producción Anual Mundial de Fibras Naturales: Yute, Ramio, Kenaf, Caña de Azúcar, Banana, Cáñamo, Lino, Sisal, Coco, Algodón y Palma (Talipot). Obtenido de CES Edupak. ... 38

Tabla 4: Dimensiones para ensayo tipo Charpy. [24] ... 51

Tabla 5: Dimensiones para el ensayo de tracción. [25] ... 52

Tabla 6: Tabla de capas de Fibra de Yute a evaluar para determinar la fracción volumétrica correspondiente. ... 59

Tabla 7 : Proporciones de fibra de yute y resina epoxi calculadas para la elaboración de las placas de 15x20cm. ... 60

Tabla 8: Probetas para ensayos de tracción e impacto ... 72

Tabla 9 : Resultados Promedios de Resistencia a la Tracción de Compuestos de Fibra de Yute y Resina Epoxi con Variaciones de Fracción Volumétrica. ... 76

Tabla 10: Resultados Promedio de Impacto tipo Charpy de Compuestos de Fibra de Yute y Resina Epoxi con Variaciones de Fracción Volumétrica. ... 79

Tabla 11 : Comparativa de Resistencia a la Tracción y Energía de Impacto de Compuestos de Fibra de Yute y Resina Epoxi en diversas fracciones volumétricas. ... 81

Tabla 12: Propiedades Físicas y Mecánicas de Fibra de Yute y Resina Epoxi obtenidas de la síntesis, ajustadas al esfuerzo de tracción experimental. ... 85

Tabla 13: Propiedades Mecánicas del Acero al carbono AISI 1020. Obtenido del Software CES Edupack. ... 86

Tabla 14 : Condiciones del impactador tipo esfera: ... 87

Tabla 15 : Comparativa de Pieza de carenado fabricado FY – E frente al Policarbonato.... 98

Tabla 16 : Tabla comparativa de Resultados de ensayos de Tracción propios frente a resultados de Naranjo, 2021: 101

Resumen:

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la fracción volumétrica óptima de un compuesto de matriz-epoxi y fibra de yute para la fabricación de carenados de motocicletas, con un enfoque en mejorar su resistencia a la tracción y al impacto. Para ello, se fabricaron probetas utilizando el proceso de moldeo por compresión y se sometieron a ensayos de tracción e impacto según las normas ASTM D638 y DIN ISO 179-1. Se determinó que una composición con 26.7% de fibra de yute ofrece un equilibrio ideal, alcanzando una resistencia a la tracción de 44.18 MPa y una resistencia al impacto de 20.2 KJ/m². Las simulaciones de elementos finitos realizadas para evaluar el impacto de objetos en el carenado mostraron que los esfuerzos de Von Mises se mantenían por debajo del límite elástico del material, previniendo así deformaciones plásticas permanentes. Además, se investigaron técnicas de fabricación avanzadas, incluyendo la impresión 3D de moldes, para el desarrollo de prototipos con este material compuesto. Los resultados indican que la fabricación es técnica y económicamente viable, resaltando su potencial para aplicaciones en la industria automotriz.

Palabras Clave: Materiales compuestos, fibra de yute, resistencia de tracción, matiz epoxi.

Abstract:

This study aimed to evaluate the optimal volumetric fraction of a matrix-epoxy and jute fiber composite for the manufacture of motorcycle fairings, focusing on improving their tensile and impact strength. For this purpose, specimens were fabricated using the compression molding process and subjected to tensile and impact tests according to ASTM D638 and DIN ISO 179-1 standards. It was determined that a composition with 26.7% jute fiber offers an ideal balance, achieving a tensile strength of 44.18 MPa and an impact strength of 20.2 KJ/m². Finite element simulations were conducted to evaluate the impact of objects on the fairing, showing that Von Mises stresses remained below the material's yield limit, thus preventing permanent plastic deformation. Furthermore, advanced manufacturing techniques, including 3D printing of molds, were investigated for prototype development with this composite material. The results indicate that manufacturing is technically and economically viable, highlighting its potential for applications in the automotive industry.

Keywords: Composite materials, jute fiber, tensile strength, epoxy matrix.

I. INTRODUCCIÓN:

1.1. Realidad Problemática:

En el vasto y desafiante campo de la ingeniería de materiales, se encuentran en la búsqueda de alternativas y soluciones sostenibles/económicas para componentes estructurales, lo que ha despertado un creciente interés en los compuestos de fibra natural. No obstante, actualmente la mayor parte de los carenados de motocicletas se fabrican utilizando materiales derivados del petróleo, como el ABS y el policarbonato, los cuales generan un considerable impacto negativo en el medio ambiente. En consecuencia, se hace urgente investigar y proponer soluciones más sostenibles y eficientes tanto en el diseño como en los materiales empleados en la manufactura de carenados de motos. En estos tiempos, la ingeniería de materiales compuestos está en un punto de inflexión y muy desafiante, la necesidad de logra una equidad en la sostenibilidad y eficiencia es un desafío cada vez más importante. Entre las alternativas que han captado la atención de muchos investigadores, destaca la fibra de yute, que surgido como una de las opciones eco-amigable y de bajo costo frente a las fibras sintéticas, sobre todo en aplicaciones donde la sostenibilidad es crítica y fundamental, como en los carenados de motos [1], cuando se analiza la resistencia a la tracción, las fibras de yute y cáñamo nos ofrecen valores significativamente notables y importantes, posicionándose en rangos de 400 a 800 N/mm² y de 550 a 900 N/mm², respectivamente. Estas propiedades mecánicas superan a muchas otras fibras naturales en cuanto a sus propiedades mecánicas y hacen de estos materiales alternativas viables económicamente y con propiedades prometedoras [2]. Esta investigación se encarga de evaluar y ver cómo la fracción volumétrica de la fibra de yute influye de manera directa en las propiedades mecánicas de los compuestos con matriz epoxi un ámbito que se encuentra poco explorado.

Asimismo, en referencia [3], se explica los beneficios en la caracterización de compuestos de matriz polimérica utilizando fibra de yute como material de refuerzo y fibra de carbono en fabricación de cascos, el estudio encontró que la fibra de carbono al 12.5%, la fibra de yute al 20% y la resina viniléster al 30% son los materiales compuestos ideales para una combinación optima. Como resultado, la combinación se obtuvo 192.06 MPa de resistencia a la tracción, una resistencia a la compresión de 348.40 MPa, y un valor de 751.69 MPa para la flexión del material y 30.28 J en energía de impacto, asimismo el diseño del casco se estableció mediante análisis estructural orientado con el software ANSYS, lo que permitió evaluar el rendimiento del casco en términos de deformación, estrés, tensión y factor de seguridad. Como sostiene Arputhabalan et al. [4] la fibra de yute, por su parte, ha demostrado ser una alternativa sostenible y biodegradable para reemplazar las fibras sintéticas utilizadas en los compuestos de epoxi.

Sin embargo, la falta de estudios específicos que aborden la optimización mecánica de materiales compuestos de resina epoxi y fibra de yute para aplicaciones en carenados de motocicletas, así como la ausencia de soluciones económicas y eficientes en términos de maquinaria para su fabricación, se presenta como una brecha que esta investigación busca llenar. Además, se necesita analizar cómo estos compuestos pueden integrarse en la fabricación de piezas para vehículos, como los carenados de motocicletas, y si cumplen con los estándares de seguridad y rendimiento requeridos para su uso en la industria automotriz. Asimismo, en referencia [6], algunos desafíos y problemas que se presentan al trabajar con estos compuestos poliméricos, es la falta de uniformidad en la superficie de las fibras y la dificultad para lograr una buena adhesión entre las fibras utilizadas para refuerzo y la matriz del polímero. Sin embargo, Mohamad et al. [5], logro identificar aquellas ventajas y propiedades importantes que se logra con la incorporación de fibras naturales en los compuestos polimétricos, pero aún resulta un desafío determinar el comportamiento, variación y su resistencia térmica, ya que pueden verse influenciados por los factores ambientales como la humedad , temperatura ambiente y la radiación solar a la que se

encuentra expuesto, también hay una falta de estándares para evaluar la calidad de los NFC, lo que dificulta su uso en aplicaciones industriales. Otro vacío importante es la falta de información sobre el comportamiento a largo plazo y la durabilidad de los NFC en diferentes entornos.

Así, la presente investigación responde a una coyuntura crítica, ¿cómo ayudar a optimizar el uso de la fibra de yute, un recurso renovable y sostenible, como un refuerzo eficiente en este compuesto de epoxi? El fin principal es mejorar el rendimiento mecánico de los elementos del carenado. Solo la incorporación de la fibra no es suficiente, el diseño del carenado debe tener en cuenta la orientación exacta de las fibras de yute, de modo que su resistencia esté dirigida a las direcciones en las que se necesita el soporte adecuado. Además, la Ingeniería Asistida por Computadora CAE complicada también se incorpora en este trabajo para analizar y prever la conducta estructural del carenado cuando el objeto se mueve hacia él. Estas investigaciones complicadas le permiten no solo evaluar la opción más eficaz del carenado sino también cambiar las opciones clave antes de fabricarlos, reduciendo los errores extremadamente caros y los tiempos requeridos para el uso. Finalmente, la fabricación será un proceso que involucra la estratificación manual, lo que significa que todos los niveles de fibra y resina se colocarán cuidadosamente. La cobertura exacta de estas capas será vital para obtener la estructura final con el rendimiento y la resistencia ideales que la vida real requiere.

Trabajos previos:

Arpulthabalan et. al [4] , en su investigación se detalla cada una de las propiedades mecánicas del material compuesto que utiliza fibra de yute cocida. El compuesto se fabricó utilizando un método de colocación manual con un 40% de fibra de yute en una matriz epoxi. Se realizaron diversas costuras en las fibras de yute, como patrones cuadrados, inclinación 45/45, puntada de doble columna y puntada rectangular densa. Al momento de preparar las

muestras para realizar las pruebas respectivas el uso de hilo de nailon para coser la estera de fibra de yute permitió un mejor control de la orientación de las fibras [6]. Los hallazgos indicaron que, en todas las pruebas de comportamiento mecánico, el compuesto con costura de doble columna mostró la mayor resistencia. A través de este estudio, se concluyó que el compuesto de yute cosido con puntada de doble columna exhibió una mayor resistencia a la tracción debido a la presencia del hilo de nailon y a que la costura era paralela a la fuerza de tracción. Sin embargo, en general, se observó que el compuesto de yute cosido superó a la muestra sin costura [6].

Estudios anteriores en donde se analizaron las propiedades mecánicas de la fibra de yute, destacan una menor gravedad específica y un módulo específico utilitario comparándola con la fibra de vidrio estándar, lo que la hace atractiva para su uso como fibra de refuerzo en compuestos epoxi [2,7]. Se resalta una mejora del 30% en peso al utilizar compuestos de resina epoxi con fibras de refuerzo a base de yute-ramio en comparación con los de yute-poliéster [7] . Asimismo, el tratamiento de superficie de las fibras de yute mediante técnicas de blanqueo y silanización, brindaron resultados de mejora en cuanto al comportamiento mecánico del material, influyendo positivamente en la capacidad de retención de líquidos [8].

Por otro lado, en una investigación se realizó una modificación de la superficie de la fibra con agentes químicos; estudios donde se alcanzó mejoras en las características mecánicas de los compuestos, realizando una modificación de la superficie de la fibra con agentes químicos [9]. Según [9], se ha encontrado que los compuestos con una longitud de fibra de 15 mm tienen las propiedades mecánicas más altas. De ese modo para la fabricación de NFC se debe centrar en desarrollar compuestos que utilicen fibra de yute como refuerzo, obteniendo propiedades mecánicas mejoradas, considerando diferentes tratamientos de superficie y evaluando su resistencia al desgaste por erosión [7,8,9]. Además, se encontraron mejoras en las propiedades mecánicas cuando se realiza un tratamiento con peróxido de hidrógeno [10]. Por otro lado, también se destacan la similitud en cuanto a características

mecánicas entre el material compuesto a base de fibra de yute con aquellos que utilizan fibra de vidrio [2,7,9,10].

En la obra de Arpulthabalan et. al [4], se realizaron pruebas para investigar las propiedades específicas de los compuestos utilizando diferentes fibras de refuerzo en matrices epoxi. Aunque muchos FRP de fibra natural tienen excelentes propiedades mecánicas, aunque carecen de aplicaciones específicas como la resistencia al calor, el compuesto tipo sándwich que utiliza la fibra de yute como refuerzo se considera una alternativa [4] en lugar de los FRP de fibra natural. La investigación se centró en las propiedades mecánicas obtenidas con el compuesto sándwich epoxi común reforzado con fibras naturales Aloevera, Kenaf, Sisal, Yute y lino utilizando dos tipos de matriz epoxi, Epoxi LY556 y Epoxi GY250. Se realizaron pruebas mecánicas para medir la adhesión entre cada FRP de fibra natural y matriz epoxi que resultó en propiedades de tracción, impacto y flexión superior. Se pensó que la probeta de yute tenía una alta deflexión máxima y mostraba un buen rendimiento como fibra de control de fluencia en la matriz Epoxi LY556, mientras que el examen de lino funcionaba mejo como el miembro de control en matriz Epoxi GY250 [4]. Se concluyó que las fibras de Sisal y Kenaf tuvieron mejor rendimiento cuando se usaron como FRP.

Según referencias [4,2,7,12], afirman que los materiales compuestos brindan propiedades superiores en cuanto a la unión y composición del material, incluida la durabilidad, la rigidez, el peso reducido y presentan buena resistencia ante la corrosión, convirtiéndolos en un tipo de material muy llamativo frente a los materiales que se usan convencionalmente en la industria automotriz; pudiendo ser diseñados para cumplir con requisitos específicos de rendimiento y moldeados en formas complejas , otro aspecto que también resalta es su precio ya que su fabricación resulta económica y eficiente. De ese modo los materiales compuestos son una opción versátil y prometedora para la fabricación de productos industriales, y su adopción puede conducir a mejoras significativas en el rendimiento y la eficiencia de los productos finales.

Saikumar et. al [11] , detalla los desarrollos de compuestos poliméricos utilizando fibra de yute reforzada con polvo de cáscara de granada, preparando los compuestos híbridos mediante la adición de fibra de yute en un 20 % constante en peso y diferentes porcentajes de relleno de polvo de cáscara de granada (2, 4, 6 y 8 % en peso), posteriormente se realizaron pruebas de resistencia al impacto, flexión y tracción; donde se observó una mejora en estas propiedades cuando se agregó relleno de polvo de cáscara de granada hasta un 6 % en peso, pero más allá de ese porcentaje, se produjo aglomeración y se perdieron propiedades mecánicas, eso demuestra su estudio . Se concluyó que el compuesto polimérico fue efectivamente reforzado con fibra de yute y relleno de polvo de cáscara de granada, lo que permitió reducir costos, eliminar el uso de fibras sintéticas y promover procesos de fabricación sostenibles, además, se logró obtener resultados positivos en cuanto a la resistencia a la tracción, flexión e impacto, al utilizar solo un 20% por la fibra de yute y 6% por el relleno de cascara de huevo del peso total de la probeta [11].

Middemeed et. al [12] , Su investigación se enfoca en la creación de polímeros biodegradables y ecológicos como sustitutos de los polímeros derivados de fibras sintéticas, con el objetivo de abordar el agotamiento de los recursos finitos y las preocupaciones ambientales que están sucediendo en la actualidad [12]. Buscando poder reemplazar las fibras sintéticas por fibras naturales derivadas de plantas, animales y subproductos industriales, que ofrecen propiedades inherentes como biodegradabilidad, disponibilidad, capacidad de renovación y mejores propiedades mecánicas específicas; sin embargo, detalla que existen desafíos como la naturaleza hidrófoba y la combinación deficiente entre la fibra-matriz, lo que resulta en una alta absorción de humedad [12]. El yute se considera una opción prometedora debido a su disponibilidad, por tanto la investigación se enfoca en el comportamiento mecánico del compuesto tomando aspectos como el desgaste por erosión de las fibras de yute, explorando diferentes orientaciones de fibra y la adición de TiO_2 como material de relleno, de esa forma se pudo lograr mejorar el comportamiento mecánico frente

a la tracción y flexión, pudiendo solucionar el desgaste por erosión adicionando TiO2 al compuesto [12].

1.2. Formulación del problema:

¿Cómo afecta la variación de la fracción volumétrica de fibra de yute en compuestos de matriz epoxi al comportamiento mecánico bajo tracción y al impacto de dichos compuestos, considerando su aplicación potencial en la fabricación de carenados de motocicletas?

Justificación e importancia del estudio:

Justificación Tecnológica:

- *Innovación en Materiales Compuestos:* El hallazgo puede conducir al surgimiento de nuevos materiales compuestos que tendrán un comportamiento mecánico mejorado, como la tracción y la tasa de impacto, necesario para el uso estructural en, por ejemplo, los fairings de la moto mencionados anteriormente
- *Avances en Fabricación de Vehículos:* Los resultados obtenidos de esta investigación pueden proponer nuevos planteamientos en la fabricación de algunas partes de la motocicleta especificada, mejorando drásticamente su rendimiento y seguridad.

Justificación Social:

- *Seguridad y Rendimiento en el Transporte:* Al optimizar las propiedades mecánicas de los materiales empleados en las motocicletas, este estudio no

solo mejora la durabilidad y resistencia de los componentes, sino que también tiene un impacto directo en la seguridad vial. De esta manera, no solo los motociclistas se ven beneficiados, sino que la sociedad en su conjunto experimenta un entorno de transporte más seguro, reduciendo riesgos y promoviendo una infraestructura de movilidad más confiable.

- *Promoción de Conciencia Ambiental:* La integración de fibras naturales en la investigación no es solo una mejora técnica. Es un llamado a la sostenibilidad, un paso firme hacia la ecológica. Al promover el uso de materiales renovables y con un futuro prometedor, el estudio puede no solo dar soluciones técnicas, sino también elevar la conciencia ambiental general, transformar la mentalidad en las esferas vecinas e impactar la percepción colectiva del acceso a los recursos sostenibles.

Justificación Económica:

- *Reducción de Costos en la Industria Automotriz:* Al incluir materiales más sostenibles y efectivos, como la fibra de yute, los costos de producción de esta industria podrían verse significativamente reducidos. Este hecho beneficia no solo a los fabricantes, pudiendo optimizar su producción y reducir los costes. También favorece de manera directa los consumidores, que accederían a productos más baratos y respetuosos con el medio ambiente [14].

- *Impulso a la Industria de la Fibra Natural:* Este estudio podría ser el inicio para la industria de la fibra natural. Una mayor demanda de este tipo de material no solo creará nuevas oportunidades para el mercado, sino que también generará empleos en este emergente sector, favoreciendo un círculo sano de desarrollo

sostenible y economía [14].

Justificación Ambiental:

- *Sostenibilidad de los Materiales:* Como se analiza, su investigación gira en torno al uso de fibras naturales y biodegradables, que son más sostenibles y ecológicas en comparación con las fibras sintéticas. Por consiguiente, alentando la industria a aprovechar.
- *Reducción de la Huella de Carbono:* Al alentar usted acción con respecto al uso de materiales compuestos basados en fibras naturales.

1.3. Hipótesis:

Mediante la adición de la fracción volumétrica de la fibra de yute en un compuesto de matriz epoxi, se mejorará la resistencia a la tracción del material debido a la mayor contribución de las fibras en la resistencia mecánica del compuesto. Sin embargo, la misma variación podría mantenerse en el comportamiento diferencial de la resistencia al impacto, planteada por un equilibrio ideal entre la matriz y la fibra para absorber y disipar las energías de choque. Según el uso previsto de estos compuestos en carenados de motocicletas, donde tanto la resistencia mecánica como la capacidad de absorber impactos son críticos, se puede suponer que habrá una fracción volumétrica específica que permitirá las mejore este equilibrio.

1.4. Objetivos:

Objetivo general:

Evaluar la influencia de la fracción volumétrica de fibra de yute en un compuesto de

matriz epoxi en términos de su resistencia a la tracción y al impacto, enfocándose en su aplicación potencial para la fabricación de carenados de motocicletas.

Objetivos específicos:

- Investigar y documentar propiedades mecánicas de los materiales compuestos de matriz polimérica y fibra natural.

- Identificar los procesos de fabricación, materiales y requisitos técnicos en la fabricación de carenados de motocicletas.

- Determinar la proporción óptima de fibra de yute y matriz epoxi a evaluar mediante el cálculo de fracciones volumétricas.

- Realizar ensayos de tracción para cuantificar la resistencia a la tensión y ensayos de impacto tipo Charpy.

- Modelar mediante simulación de elementos finitos la respuesta del material compuesto ante impactos.

- Fabricar un prototipo de pieza de carenado utilizando la fracción volumétrica optimizada del compuesto.

- Evaluar la viabilidad técnica y económica en la fabricación de piezas de carenado utilizando el material compuesto de fibra natural.

1.5. Teorías relacionadas al tema:

Materiales compuestos:

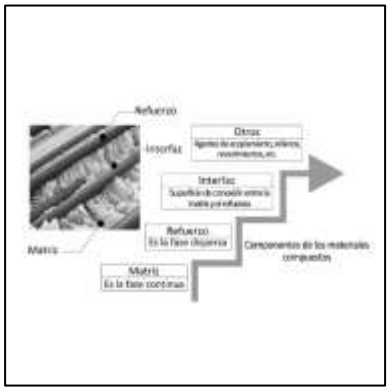


Figura 1: Elementos de materiales compuestos. [13]

Los materiales compuestos son estructuras formadas por la combinación de componentes para formar un solo material logrando mejorar el comportamiento mecánico del material e influyendo es su desempeño final. Para poder obtener un material compuesto con altas propiedades de resistencia mecánica, rigidez, peso reducido y resistencia a la corrosión se debe seleccionar de manera cuidadosa los componentes de la matriz y el refuerzo a utilizar de forma que se tenga en cuenta las características de cada uno de los materiales [13].

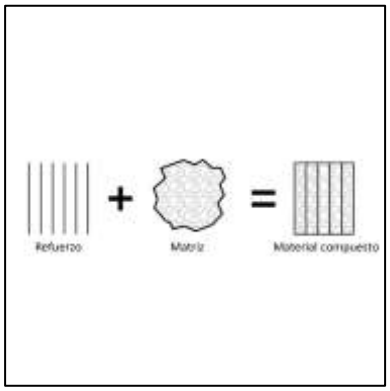


Figura 2: Configuración básica de un material compuesto. [14]

Sistemas de Compatibilización fibra – Matriz

Los sistemas de compatibilización fibra-matriz son aditivos o agentes que son utilizados para poder realizar una combinación de matriz-fibra más apropiada mejorando aspectos como la adhesión y la integración de ambos materiales compuestos, para que puedan vencer diversos aspectos que por su naturaleza química y física distinta no lo pueden lograr por si solos, de esta manera estos sistemas facilitan una mejor transferencia de carga y proporcionando una interfaz más eficiente entre ambos componentes [15]. Los sistemas de compatibilización pueden incluir agentes de acoplamiento químico, agentes de adhesión superficial y modificadores de la matriz; de esta manera los aditivos se diseñan para promover la unión química, mejorar la humectación de la fibra y reducir la formación de defectos, como la formación de burbujas y aglomeraciones de fibras [13]. Al mejorar la compatibilidad de la fibra de refuerzo con la matriz, se mejora la transferencia de esfuerzos, mejorando el comportamiento mecánico del compuesto. En la industria de los diversos materiales compuestos, los sistemas de compatibilización fibra-matriz se utilizan ampliamente, especialmente cuando se aplican en situaciones donde se necesita de una alta resistencia mecánica y una excelente adhesión entre los componentes del material. [13].

Anclaje por adsorción y humectación:

La atracción física entre superficies neutras cercanas se conoce como mecanismo de adhesión por adsorción y humectación. En materiales compuestos, este proceso implica que la fase líquida se adapte a las rugosidades de la superficie sólida, cubriendo cada rugosidad sin dejar aire atrapado. Esta humectación adecuada permite una mayor área de contacto y transferencia de esfuerzos, mejorando las propiedades mecánicas del material. La adhesión por adsorción y humectación es crucial en la unión entre fibras de refuerzo y matriz, optimizando el rendimiento y la resistencia del compuesto mediante una adecuada unión entre fases [15].

La ecuación de Dupré se utiliza para comprender el fenómeno de la humectación en la unión sólido-líquido:

$$\boldsymbol{W_A = y_1 + y_2 - y_{12}}$$

- La fórmula indica lo siguiente que $W_A\,[J/m^2]$ es negativo, lo que nos indica que la adhesión es favorable, significando que el líquido se extenderá en la superficie sólida; las variables $y_1\,[J/m^2]$ es la energía libre de la superficie del líquido por otro lado tenemos, $y_2\,[J/m^2]$ es la energía libre del área superficial del sólido y $y_{12}\,[J/m^2]$ es la energía libre de la interfase sólido-líquido. Por otro lado, si el valor de $W_A\,[J/m^2]$ es positivo, indicaría que la adhesión de nuestra fibra y resina es desfavorable y el líquido no se extenderá adecuadamente sobre la superficie sólida, afectando su composición de cada unión.

Es posible conectar esta ecuación con el estado físico de una gota líquida sobre una superficie sólida mediante la ecuación de Young.

$$\boldsymbol{\gamma = \gamma_{sl} - \gamma_{sv} cos\theta}$$

- En la fórmula $\boldsymbol{\gamma}$ viene a ser la tensión superficial del líquido medida en $[\boldsymbol{N/m}]$, $\boldsymbol{\gamma_{sl}}$ es la energía de la interfase sólido-líquido medida en $\boldsymbol{[J/m^2]}$, $\boldsymbol{\gamma_{sv}}$ es la energía de la interfase sólido-vapor medida en $\boldsymbol{[J/m^2]}$, y $\boldsymbol{\theta}$ es el ángulo medido en grados que se forma cuando la gota líquida está en contacto con la superficie sólida.

El ángulo de contacto, que lo podemos hallar mediante la combinación de la tensión superficial de dicho líquido, la energía de las interfaces sólido-líquido y sólido-vapor, es fundamental para comprender la humectación. La gota se esparce en toda el área de la superficie o molde cuando el contacto de la 90°gota con la superficie forma un ángulo menor a 90° garantizando una buena humectación, pero si este ángulo generado en mayor la gota no podrá extenderse por lo que solo se contrae y no es capaz de esparcirse totalmente sobre el área de contacto afectando en la humectación. La ecuación anterior puede representar esta relación [15].

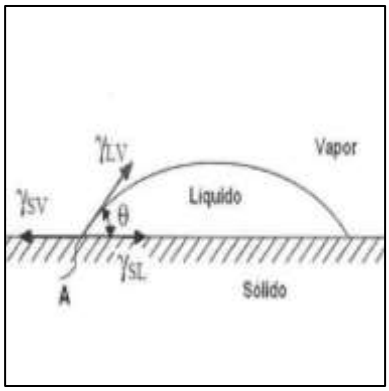


Figura 3: Las tensiones de una superficie sólida y el ángulo de contacto de una gota. [15]

Adhesión mediante Interdifusión:

Uno de los métodos para unir dos superficies de polímeros es el mecanismo de adhesión por interdifusión. En el proceso desarrollado, las moléculas de los polímeros se mezclan y difunden, lo que crea una zona molecular y conecta cada superficie física y químicamente; así, la fuerza de la unión producida dependerá de la cantidad de entrelazamiento molecular y la cantidad de moléculas que están involucradas en el proceso de interdifusión. La interdifusión se facilita por agentes plastificantes y disolventes, por lo que hace que las moléculas se difundan con mayor facilidad, y esta es una forma en la que estos compuestos aumentan la efectividad del proceso. Este mecanismo también puede denominarse autoadherente y ha sido investigado en el contexto de los adhesivos, ya que

comprender sus propiedades es esencial para desarrollar métodos de adhesión lo más ideales y correctos posibles en aplicaciones industriales y técnicas.

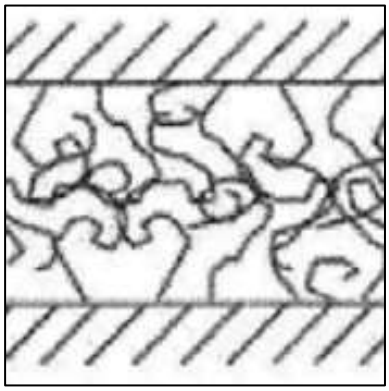


Figura 4: Esquema de autoadhesión. [15]

Atracción electroestática:

La atracción electrostática es el mecanismo por el cual las diferentes fases de un material compuesto se unen debido a la polaridad eléctrica presente en cada una de ellas mediante fuerzas atractivas entre cargas eléctricas opuestas presentes en las superficies de ambas fases [13]. Nos podemos dar cuenta que si la atracción electrostática no influye directamente en la unión matriz- refuerzo, tiene efectos muy positivos cuando realizamos el proceso de fijación en de los agentes que se adhieren a la superficie del refuerzo, proporcionando una mejor adhesión y un comportamiento mecánico ideal.

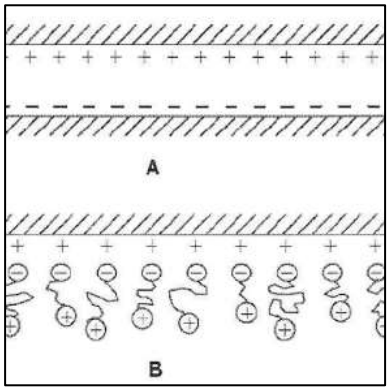


Figura 5: Esquema atracción electrostática. [15]

Enlace químico:

Además de lo anterior, el habla del método requiere el conocimiento relativo de los enlaces sobre moléculas tanto que las moléculas de los vapores en nitrilo sobre los enlaces o uniones a los grupos funcionales presenten en la matriz y el área del contacto sobre la fibra de refuerzo. La fuerza depende del número y tipos de enlaces que se forman en cada capa matriz. De esta forma, la estrategia de adhesión asegura un fuerte y una unión duradera entre la matriz y la fibra de refuerzo que se usa en los compuestos que fabrica.

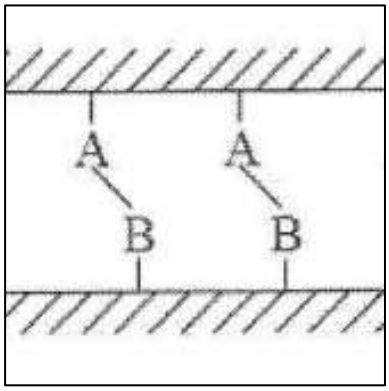


Figura 6: Esquema de adhesión química. [15]

Adhesión mecánica-estratificación Manual:

Como se mencionó anteriormente, este proceso de estratificación manual es un proceso simple de producción de material compuesto que requiere el laminado manual capa a capa de cada capa de yute de fibra empapada con resina epoxi para formar la estructura de la lámina, por supuesto, capa por capa. Granatieri et al. y M.J. Santos et al. Son algunos ejemplos significativos de la literatura reciente. En el contexto del diseño del carenado de la motocicleta, las capas mojadas corresponden a las siguientes: el yute de fibra empapado en resina epoxi, colocándose en el molde o cualquier otro componente que se desee fabricar.

Se coloca una plancha o capa y luego se moja con resina, hasta que se seca sin dejar hueco, para que la difusión de las fibras se realice de manera uniforme y haya una buena adhesión entre las capas. La estratificación manual tiene un doble beneficio en la posibilidad de control y ajuste de la orientación del hilo de la lámina y de la cantidad y el enfoque de las capas correspondiente al revestimiento y según es obvio, este se ajusta en función de la propiedades mecánicas y de la durabilidad requeridas para dip casco nuevamente. Por otro lado, proporciona otra ventaja, a saber, la habilidad del operador: sigue siendo personalizable en cuanto a la estratificación de las capas en producción, ya que se requiere simultáneamente, en términos de capa, para que todos los requisitos de diseño y mecánicos se cumplan.

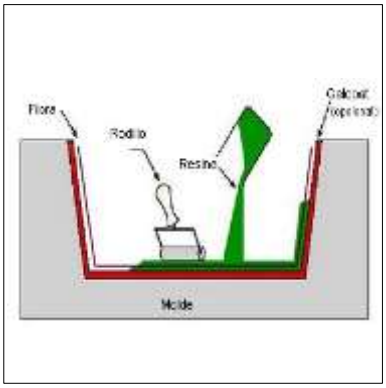


Figura 7: Esquema de proceso de Estratificación manual de material compuesto. [14]

Resina epoxi:

El polímero más utilizado en la industria de composites de matricería termoestablemente unida es la resina epoxi. La resistencia mecánica, la buena adhesión y la estabilidad dimensional son las propiedades más identificadoras de la resina epoxy. La resina epoxi es un polímero duradero que se puede dar forma con gran facilidad y se puede combinar con diversas fibras de refuerzo: vidrio, carbono o aramida, para producir materiales compuestos con enormes variaciones en sus propiedades mecánicas. Debido a sus extraordinarias propiedades de resistencia, rigidez y durabilidad, la resina epoxy, que no ‘está

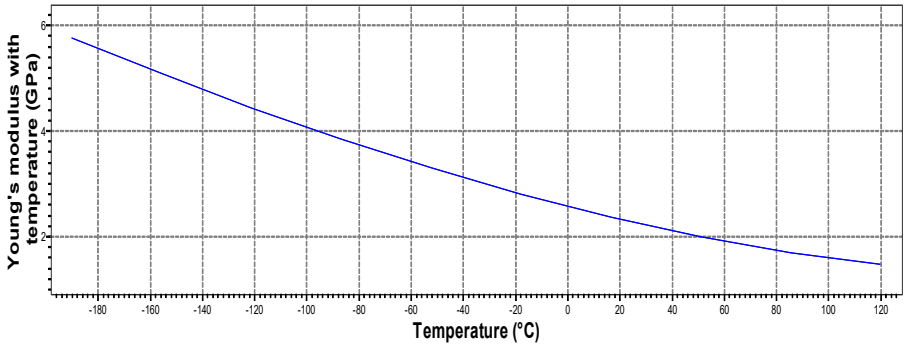
suelta' en altas temperaturas y la exposición a agentes químicos y los efectos negativos de las condiciones medioambientales. Por lo tanto, la resina epoxi garantiza el uso seguro de una amplia gama de condiciones [16] en aplicaciones que van desde la construcción de equipos electromecánicos hasta la industria aeroespacial y automotriz, a la marina y más allá..

Tabla 1: Propiedades de la resina epoxi. Obtenido de Software Ansys Granta Edupack.

Propiedad Mecánica	Valor
Módulo de Young	2.35 – 2.47 GPa
Rigidez específica	1.72 – 2.18 MN·m/kg
Límite elástico (resistencia al límite)	36 – 71.7 MPa
Resistencia a la tracción	45 – 89.6 MPa
Resistencia específica	28.5 – 58.2 kN·m/kg
Alargamiento	3 - 6 % deformación
Módulo de flexión	2.35 – 2.47 GPa
Fuerza compresiva	2.35 – 2.47 GPa
Resistencia a la flexión (módulo de ruptura)	89.6 - 145 MPa
Módulo de corte	0.84 – 0.883 GPa
Módulo de volumen	3.87 – 4.06

	GPa
Relación de Poisson	0.391 - 0.407
Factor de forma	5.2
Energía elástica almacenada (resortes)	294 - 976 kJ/m³
Resistencia a la fatiga a 10^7 ciclos	160 - 308 MPa

Gráfico 1: Relación entre el módulo de Young y la temperatura de resina epoxi. Obtenido de Software Ansys Granta Edupack.



El gráfico muestra la relación entre el módulo de Young, que es una medida de la rigidez de un material, y la temperatura. El módulo de Young se presenta en gigapascales (GPa) en el eje vertical (y), y la temperatura en grados Celsius (°C) en el eje horizontal (x). La línea azul descendente indica que a medida que la temperatura aumenta, el módulo de Young del material disminuye. Esto sugiere que el material se vuelve menos rígido y más flexible con el aumento de la temperatura.

Fibras Naturales:

Los filamentos lignocelulósicos conocidos como fibras vegetales, bastante comunes en las plantas, realizan varias funciones específicas como la resistencia, la dureza y la rigidez de diferentes tejidos vegetales. “Las fibras vegetales se dividen en tres tipos: de superficie,

duras y blandas, según el lugar que ocupan en la planta; las últimas fibras blandas que se encuentran en el liber reciben estructura y resistencia de los tallos de dicotiledóneas" [13]. Tales fibras se caracterizan por una textura suave, sin una superficie extremadamente rugosa, flexibilidad, elasticidad y grosor mínimo. Son una condición importante para la función y estructura de los tejidos vegetales.

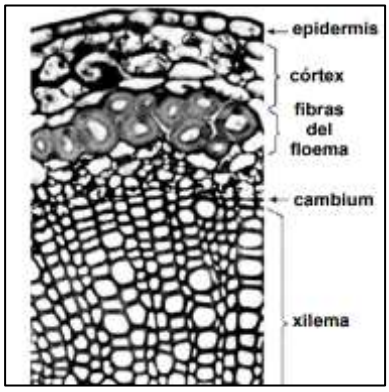


Figura 8: El corte transversal del tallo del lino presentando las fibras floemáticas. [17]

Fibra de yute:

Figura 9: Cultivo de yute. Obtenido [18].

Una fibra importante, el yute, obtenida de las plantas Corchorus olitorius y Corchorus capsularis [19], es utilizada desde la industria textil hasta en la industria automovilística, dadas sus propiedades de fuerza, resistencia, flexibilidad y otras propiedades mecánicas sobresalientes [20]. En Perú, la fibra natural ha sido de interés nacional, lo que se demostró en la ley N.º 957, según la cual la industria de la producción de yute fue declarada como bases obligatorias de producción, reflejando significativamente el rol económico del yute en

el país y su contribución ambiental.Además de esto, con un rendimiento promedio de 2 toneladas por hectárea, el yute cumple un rol valioso en la mitigación del cambio climático, ya que, para una hectárea en todo su ciclo de vida aproximadamente 2.5-3 años, el yute consume alrededor de 15 toneladas de dióxido de carbono y produce 11. El yute crece y se produce en muchas regiones de Perú y los mayores productores son los departamentos de Loreto y Ucayali debido a las condiciones climáticas y la composición del suelo, que introduce en circulación activa la producción de esta fibra natural.

Tabla 2: Propiedades mecánicas de la fibra de yute. Obtenido de Software Ansys Granta Edupack.

Propiedad Mecánica	Valor
Módulo de Young	17 - 55 GPa
Rigidez específica	11.5 - 37.2 MN·m/kg
Límite elástico (resistencia al límite)	145 - 530 MPa
Resistencia a la tracción	400 - 770 MPa
Resistencia específica	98 - 358 kN·m/kg
Alargamiento	1.7 - 2 % deformación
Módulo de flexión	13 - 60 GPa
Resistencia a la flexión (módulo de ruptura)	400 - 770 MPa
Módulo de corte	6.3 - 20 GPa
Módulo de compresión	22 - 42.4 GPa
Relación de Poisson	0.349 - 0.352

Factor de forma	1
Energía elástica almacenada (resortes)	420 - 3.76e3 kJ/m³
Resistencia a la fatiga a 10^7 ciclos	160 - 308 MPa

Por estas características, será un material adecuado para diversas aplicaciones en la industria automotriz, principalmente como refuerzo en paneles de carrocería, componentes estructurales y como materia prima eficiente como material de aislamiento acústico. Su bajo peso específico, resistencia al impacto y su capacidad de absorber vibraciones, la hacen una opción ideal para la implementación en vehículos eléctricos, haciéndolos más eficientes y eficientes, mientras afectan menos el medio ambiente, ya que la fibra es biodegradable y renovable.

Telas de yute:

Actualmente, la fibra de yute se utiliza en una variedad de formas. Respecto a su uso en tejidos, se le encuentra en estructuras sencillas que se asemejan a los tejidos comunes. Lo notable es que aún hay quienes lo trabajan a mano. La funcionalidad de los tejidos de yute varía ampliamente según su aplicación específica, como en el caso de su uso en la industria automotriz; los tipos de tejido son como se muestran en la Figura 10.

Figura 10: Fibra/tejido de yute. Obtenido de [21].

Fracción Volumétrica en materiales compuestos:

La fracción volumétrica en un material compuesto se refiere a la proporción volumétrica ocupada por la fibra en relación con el volumen total del compuesto; este parámetro es fundamental, ya que ejerce una influencia directa y considerable en las propiedades mecánicas del material; para su cálculo, es imprescindible conocer la densidad del compuesto completo, así como las densidades individuales de la resina y la fibra que lo componen. Este método de cálculo presupone que la presencia de porosidades o huecos en el material es mínima o insignificante [22].

$$V_f = \frac{m_{fibra}/\ \rho_{fibra}}{(m_{fibra}/\ \rho_{fibra}) + (m_{resina}/\ \rho_{resina})}$$

- La fórmula corresponde al cálculo de fracción volumétrica del material compuesto V_f , donde en el numerador se divide m_{fibra} la masa de la fibra entre la ρ_{fibra} densidad de la fibra; en el denominador sumamos: $(m_{fibra}/\ \rho_{fibra})$ el volumen de la fibra de yute y $(m_{resina}/\ \rho_{resina})$ el volumen de la resina epoxi.

Comparación de Propiedades físicas y mecánicas de FN:

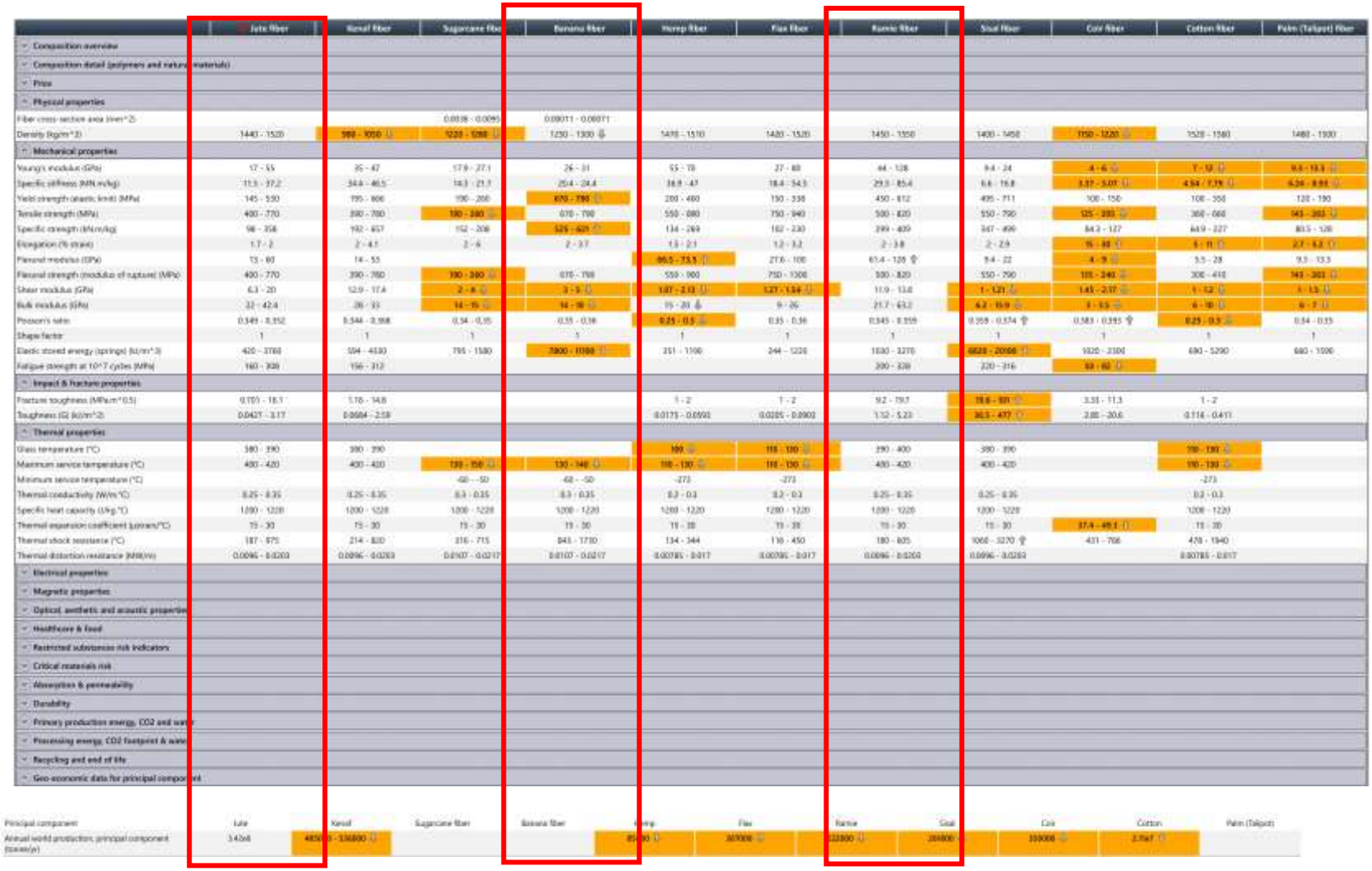


Tabla 3: Comparación de Propiedades Mecánicas y Producción Anual Mundial de Fibras Naturales: Yute, Ramio, Kenaf, Caña de Azúcar, Banana, Cáñamo, Lino, Sisal, Coco, Algodón y Palma (Talipot). Obtenido de CES Edupak.

Solo dos tipos de fibra de yute y ramio están a la par en términos de propiedades mecánicas en la tabla de comparación de fibras naturales para aplicaciones comunes. La fibra de yute tiene un módulo de Young de 17-55 GPa, una resistencia a la tracción de 400-770 MPa y una excelente resistencia a la fatiga, lo que la convierte en una de las fibras más adaptables y versátiles. La fibra de ramio, por otro lado, tiene un excelente rango de resistencia de 500–820 MPa, lo que la convierte en una excelente opción para aplicaciones mecánicas con altos requisitos de resistencia y durabilidad. El siguiente eslabón de fibras con altos valores es la fibra de plátano. Aunque podemos ver que tenemos la resistencia a la tracción mucho menor , con 670-790 MPa, es una excelente alternativa frente a las demas debido su alta producción y fácil de encontrar en el mercado de basado en residuos agroindustriales. Al seleccionar estas fibras naturales que emos identificado, otro factor importante a tener en cuenta es la disponibilidad y producción de estas fibras en todo el mundo, especialmente en nuestro país. La fibra de yute supera a todas las demás en la tabla de comparación en este caso. Con una producción anual de 3,42 millones de toneladas, es líder y notablemente mejor en términos de confiabilidad y popularidad global, así como en términos de oportunidad de desarrollo de productos ecológicamente sostenibles y conscientes.

Análisis de las propiedades mecánicas y ensayos destructivos de materiales compuestos:

Los ensayos destructivos y la evaluación de propiedades mecánicas de materiales compuestos se utilizan generalmente para obtener datos de medición y análisis del comportamiento y las características mecánicas de estos materiales. Ambos realizaron pruebas individuales en cada muestra para evaluar su resistencia, rigidez, tenacidad, fatiga y otras características pertinentes. Los exámenes de tracción, flexión, compresión, impacto y corte son parte de esta evaluación [13]. Por lo tanto, están destinados a obtener datos cuantitativos que permiten evaluar y comparar rendimiento-calidad de materiales compuestos

y verificar su cumplimiento con los requisitos de diseño y normas. La selección, diseño y aplicación exitosa de materiales compuestos en una variedad de industrias, incluidas la aeroespacial, la automotriz y la construcción, dependen de la evaluación de sus propiedades mecánicas y ensayos destructivos. Muchas organizaciones normalizadoras, como ASTM, ASME, ISO, UNE, ICONTEC e INEN, han creado un gran número de normas para una amplia variedad de propósitos, incluida la caracterización mecánica [13].

Resistencia a tracción:

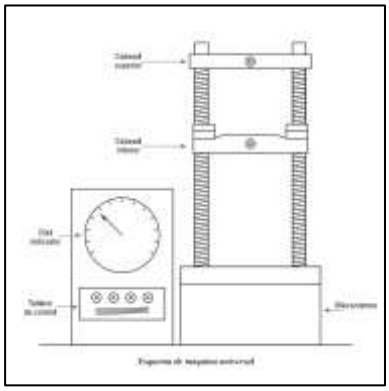


Figura 1: Esquema de máquina universal para ensayo de tracción. Obtenido de [14].

Un indicador crítico del rendimiento estructural es la capacidad de un material compuesto de soportar fuerzas de tracción hasta el punto de fractura. Esta propiedad se denomina resistencia a la tracción y no solo se desprende de las propiedades inherentes de las fibras o matrices individuales que componen al compuesto, sino que también se basa en la interacción sinérgica fundamental entre ellas [13]. Factores tales como la adherencia efectiva entre la fibra y la matriz, la orientación precisa de las fibras, su longitud óptima, la distribución y la densidad de las fibras, desempeñan un papel crucial en la mejora de la resistencia a la tracción del material. Estos parámetros son esenciales para la producción y el diseño de ingeniería de materiales compuestos que están diseñados para cumplir con cargas y durabilidad específicas [15].

1.5.1.1.1. Fórmula aplicada:

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

- La resistencia a la tracción (σ_t) se calcula dividiendo la fuerza máxima soportada por el material (F) por el área transversal original de la muestra (A). Esta medida proporciona una indicación clara de la capacidad del material para resistir fuerzas de tracción sin fallar. Un valor más alto de σ_t indica una mayor resistencia a la tracción, lo que significa que el material puede soportar una mayor carga antes de romperse.

1.5.1.2. Resistencia al impacto:

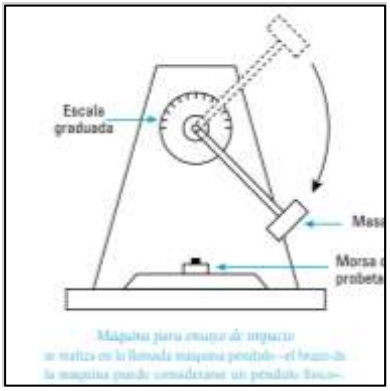


Figura 2: Esquema de máquina de ensayo de impacto. Obtenido de [14].

La siguiente teoría que es relevante comprender es la teoría de resistencia al impacto ya que ilustra cómo los materiales responden a las cargas aplicadas rápidamente y en momentos inesperados como golpes o accidentes [14]. Se podría decir que es de interés para sus investigaciones sobre materiales compuestos utilizando una matriz de resina epoxi y fibra de yute para carenado de motocicletas.

1.5.1.3. Ensayos de Impacto (Charpy y Izod):

Ambos ensayos miden la capacidad del material para absorber energía durante un impacto [14]. Se evalúa la energía necesaria para romper una probeta con una muesca, simulando un punto débil en el material.

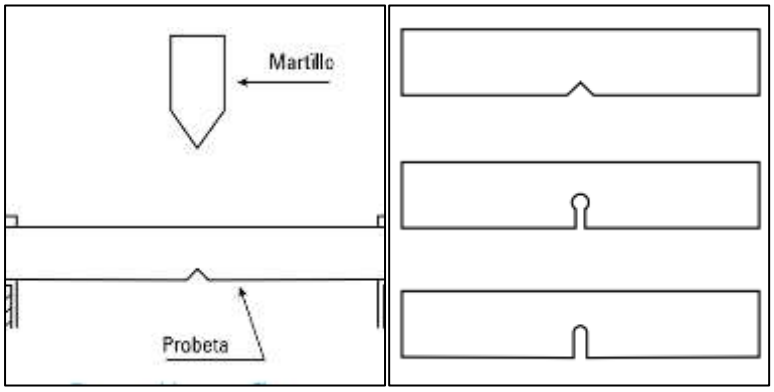


Figura 3: Charpy: Probeta apoyada en ambos extremos y golpeada en el centro. Obtenido de [14].

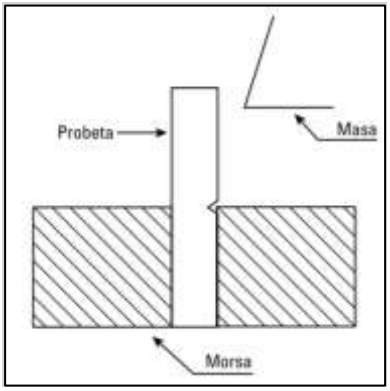


Figura 4: Izod: Probeta fijada en un extremo y golpeada en el otro. Obtenido de [14].

1.5.1.4. Formula aplicada:

Por otro lado, la tenacidad de un material es su capacidad para absorber energía de impacto antes de que una grieta avance en una pieza, también resulta crucial para las evaluaciones de carga dinámica. Esta cantidad se define como la energía absorbida por una muesca o una ranura por área de la sección transversal en la que ocurre la fractura. Este parámetro es necesario para predecir la forma en que un material se comportará bajo servido

cuándo hay aprensiones de golpes. Como tal, es una forma segura de determinar la capacidad de un material para resistir la difusión de grietas.

$$U = (P\ x\ h\ ) - (P\ x\ h')$$

- U es la energía absorbida por la muestra durante el impacto, generalmente expresada en joules. P es el peso de la masa que cae, expresado en newtons.h es la altura desde la cual cae la masa, expresada en metros. h' es la altura a la cual la masa rebota después de romper la muestra, también expresada en metros. $P \times h$: Representa la energía potencial inicial de la masa que cae antes del impacto. Esta es la energía total que la masa lleva justo antes de golpear la muestra. $P \times h'$ donde UPF es la energía potencial conservada por la masa después de la rotura de la muestra, es decir, la energía restante después del impacto y la rotura de la muestra. es la energía absorbida por la muestra, mientras que la diferencia es la energía que la muestra ha absorbido hasta romperse.

Proceso de Moldeo Compresión:

Uno de los métodos de producción bien conocidos y previamente descritos previamente es el moldeo por compresión, que tiene una alta demanda en la producción de materiales compuestos naturales. Se caracteriza por la alta reproducibilidad y velocidad del ciclo de producción. Típicamente, el moldeo por compresión implica moldes metálicos calentados montados en una prensa hidráulica de gran tamaño. La cantidad específica de compuesto de moldeo se introduce en el molde antes del cierre de la prensa. La combinación de presión y temperatura del conjunto de herramientas permite un curado rápido del material, lo que optimiza tanto el tiempo como los costes de mano de obra. Los numerosos

componentes automovilísticos pueden producirse con éxito con este método, desde cubiertas y defensas hasta elementos más pequeños y complejos.

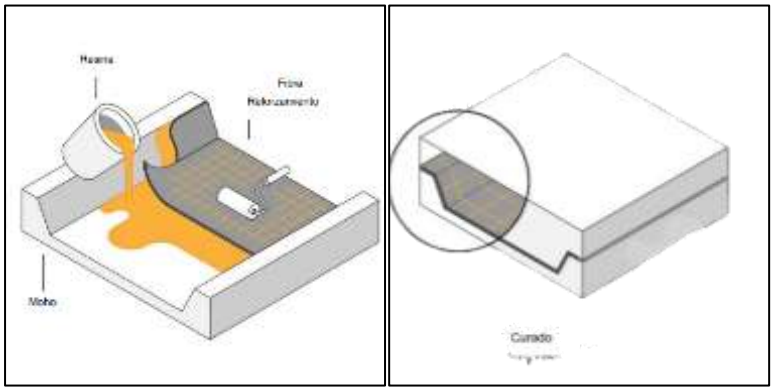


Figura 5: Proceso de fabricación de Moldeo por compresión

Los materiales se introducen en la cavidad de un molde en la técnica descrita arriba, que se cierra y se presiona, por ejemplo, mediante un pistón hidráulico. Su uso es indispensable durante los procesos de moldeo de compuestos a granel y de láminas compuestas. En ambos casos, la presión aplicada al material garantiza que este último tome la forma de los espacios del molde y se iphone, mientras que el calor aplica al molde mejora el proceso de consolidación [13]. El material se utiliza para la creación de figuras compuestas desde láminas cortadas previamente. Después de que se polimeriza el objeto formado, el molde se enfría, lo cual permite eliminar la pieza formada 13. En la fase de compresión, el material se orienta debido al flujo. Asegura diferentes propiedades finales del material. El material tiene múltiples formas, como pellets o películas, etc. El material requerido puede proveerse desde una extrusora o desde otra fuente. Sin embargo, dependiendo de la orientación que tome la distribución del material, finalmente, dependerán las propiedades mecánicas y las propiedades del material orientado físicamente.

Partes de un carenado de motocicleta:

El carenado de una motocicleta, esencial tanto para su funcionalidad como para su estética, se compone de diversas partes integradas que desempeñan roles específicos. La sección frontal, diseñada para dirigir eficientemente el flujo de aire, colabora en la reducción de la resistencia aerodinámica; los paneles laterales no solo protegen el motor y sus componentes vitales, sino que también ayudan a mitigar la transmisión de calor desde el motor hacia el piloto [23]. Por su parte, el colín, que cubre la parte trasera, y el guardabarros, que previene las salpicaduras, contribuyen a la seguridad del piloto y al mantenimiento de la motocicleta. En conjunto, estas partes trabajan armoniosamente para optimizar la aerodinámica de la motocicleta, garantizando así la protección del piloto frente a impactos de objetos externos y las variaciones de temperatura provenientes del motor, al tiempo que preservan las partes críticas del vehículo [24] .

Figura 11: Tabla Comparativa de Materiales Utilizados en la Fabricación de Carenados para Motocicletas.

Material	Características	Ventajas	Desventajas	Aplicaciones Típicas
ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno)	- Plástico termoplástico rígido\n- Buena resistencia al impacto\n- Fácil de pintar y moldear	- Bajo costo\n- Ligero\n- Fácil de fabricar	- Menor resistencia a solventes y químicos\n- Puede degradarse con la exposición UV	- Carenados económicos\n- Piezas de reemplazo
Policarbonato	- Alta transparencia\n- Excelente impacto y resistencia a la temperatura	- Muy resistente al impacto\n- Claro, para visores y ventanas	- Más caro que el ABS\n- Puede rayarse fácilmente	- Visores\n- Ventanas en carenados de alta gama
Fibra de Vidrio	- Compuesto de matriz de plástico reforzado con	- Buena resistencia mecánica\n-	- Trabajo intensivo\n- Peligroso	- Carenados de competición\n- Piezas a medida

	vidrio\n- Fuerte y ligero	Flexibilidad en el diseño	durante la fabricación	
Fibra de Carbono	- Muy ligera y resistente\n- Aspecto distintivo 'de carbono'	- Excelente rigidez y resistencia\n - Muy ligero	- Alto costo\n- Difícil reparación	- Carenados de alto rendimiento\n- Componentes de motos de alta gama
Kevlar (Aramida)	- Fibra sintética de alta resistencia\n- Gran tenacidad	- Resistente a la abrasión y al corte\n- Ligero	- Costoso\n- Menos rígido que la fibra de carbono	- Áreas de alto impacto\n- Combinado con fibra de carbono

Figura 12 : Carenado de motocicleta enduro KTM EXC. Obtenido de [25].

Figura 13: Kit de carenado deportivo Yamaha R1. Obtenido de [26].

1.5.1.5. *Carenado* frontal:

Un componente crítico en la motocicleta es la carenatura frontal. Este elemento no solo protege el faro delantero, sino que también permite que la cúpula repose y aumenta la aerodinámica. Dado su lugar en la parte delantera de la motocicleta, dirige el aire desde el frente a la parte superior o varios estados ya que reside encima del piloto, reduciendo la cantidad de resistencia experimentada por el viento [23].

Figura 14: Carenado Frontal, cúpula y retrovisores. [27]

1.5.1.6. Carenado lateral:

El carenado lateral es esencial para proteger las piernas del piloto del viento y proteger el motor. En ocasiones se combina con el carenado frontal o la quilla y se coloca estratégicamente en los laterales cercanos al motor de la moto; su diseño está diseñado para reducir la resistencia al viento y brindar un mayor confort al piloto al proporcionar una barrera protectora que reduce el impacto del aire en las piernas y mejora el aspecto estético de la motocicleta [23].

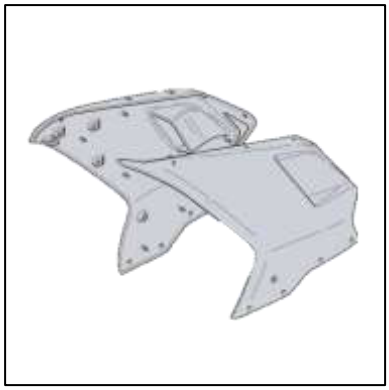


Figura 15: Carenado o tapas laterales. [27]

1.5.1.7. Quilla:

De vital importancia, la quilla moto carril es necesaria para dirigir el patrón de flujo del viento sobre la parte posterior. Esta estructura es una excelente forma de dirigir eficientemente el viento para optimizar la aerodinámica, ya que se coloca estratégicamente debajo del motor y la rueda delantera trasera. Además de servir como mecanismo aerodinámico para limitar la resistencia al aire, la quilla puede proteger el motor, entre otros, en la parte inferior del vehículo. Tanto la forma como el diseño son sorprendentemente convincentes en la reducción de la resistencia al viento y el aumento de la estabilidad mientras conduce [23].

Figura 16: Quilla – parte inferior y delantera. [27]

1.5.1.8. Colin:

El asiento-colín de una motocicleta es el lugar donde el conductor puede sentarse mientras conduce. Puede estar independiente del asiento del pasajero o integrado como una sola unidad. Esta estructura está diseñada para que el conductor se sienta cómodo y pueda posicionarse correctamente mientras conduce. El asiento-colín puede tener características adicionales además de su función principal, como respaldo, diseño ergonómico y materiales acolchados para mayor confort; además tiene como finalidad asegurar que el conductor tenga una posición confortable y adecuada durante todo el trayecto es un componente crucial del diseño y funcionamiento de una motocicleta [23].

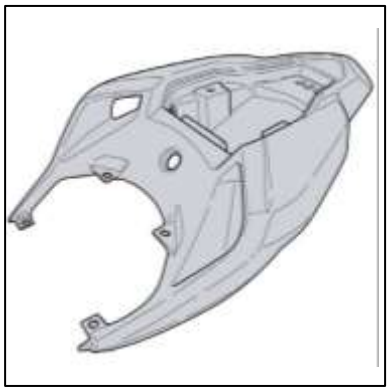


Figura 17 : Colín de motocicleta. [27]

II. MATERIALES Y MÉTODO:

2.1. Tipo y diseño de la investigación:

La siguiente investigación es de tipo: Aplicada – Correlacional

2.2. Variables:

Independiente:

Fracción Volumétrica de Fibra de Yute en el Compuesto de Matriz Epoxi

Dependiente:

Resistencia a la Tracción e impacto del Material Compuesto (epoxi - yute)

2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección:

Población de estudio:

La población de estudio estará constituida por todos los compuestos de matriz epoxi con diferentes fracciones volumétricas de fibra de yute, fabricados mediante el proceso de manufactura por compresión que pueden ser utilizados en la fabricación de carenados de motocicletas.

Muestra:

En esta investigación, se analizarán 4 placas compuestas fabricadas con resina epoxi y reforzadas con fibra de yute. Estas placas, tratadas mediante un método alternativo al mercerizado tienen unas dimensiones de 20 cm de largo, 15 cm de ancho y un espesor de 5

mm. Estas placas se han cortado siguiendo la normativa DIN-EN ISO 179-1, como se ilustra en la Figura N°18, específicamente para probetas de impacto y según la norma ASTM 638-01, para el caso de los ensayos de tracción. Con el fin de realizar comparaciones en cuanto al porcentaje de matriz/fibra con el comportamiento del material se realizará muestra patrón. Para los ensayos, se extraerán 24 probetas de estas placas, de acuerdo con las especificaciones de la normativa mencionada.

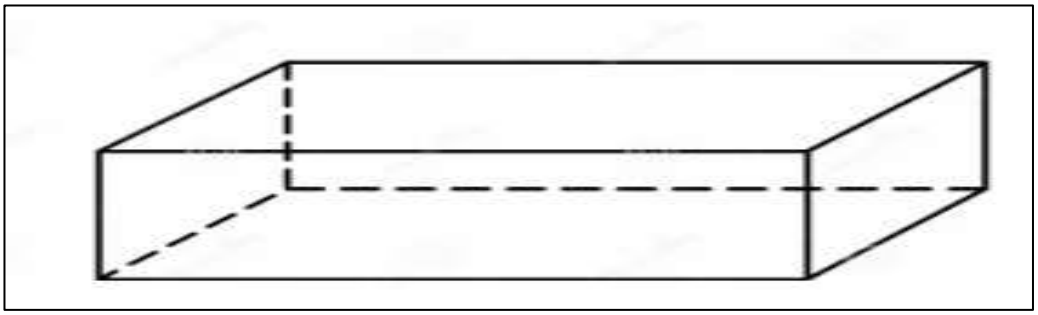


Figura 18: Placa de material compuesto (epoxi - yute) obtenida mediante el proceso de compresión

2.3.1.1. Muestra de probeta para ensayo de impacto – Charpy:

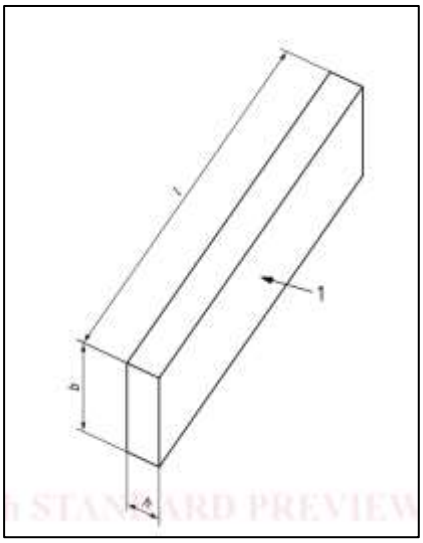


Figura 19: Imagen de probeta para ensayo de impacto plano ASTM 638-01 – Charpy. [24]

Tabla 4: Dimensiones para ensayo tipo Charpy. [24]

Muestra	L(mm)	b(mm)	h(mm)	Spam (mm)
1°	80 ± 0.20	10 ± 0.20	5 ± 0.20	62 ± 0.50

- Muestra: Se refiere al número de muestra o probeta, en este caso la "1º".
- L (mm): La longitud de la probeta, que es de 80 mm con una tolerancia de ±0.20 mm.
- b (mm): El ancho de la probeta, que es de 10 mm con una tolerancia de ±0.20 mm.
- h(mm): La altura de la probeta, que es de 5 mm con una tolerancia de ±0.20 mm.
- Spam (mm): La luz o distancia entre apoyos, que es de 62 mm con una tolerancia de ±0.50 m

2.3.1.2. Muestra de probeta para ensayo de tracción:

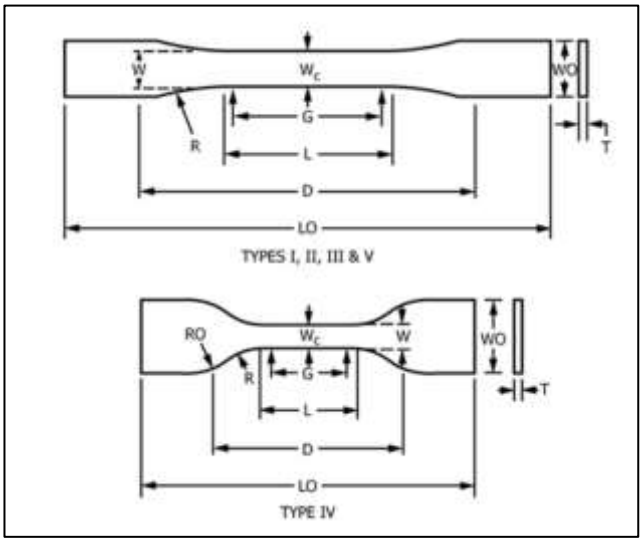


Figura 20: Dimensiones de probeta para ensayo de tracción. [25]

Tabla 5: Dimensiones para el ensayo de tracción. [25]

Dimensiones	7 mm (0.28 pulgadas) o menos Tipo I
W: Ancho de la sección estrecha	13 mm (0.50 pulgadas)
L: Longitud de la sección estrecha	57 mm (2.25 pulgadas)
WO: Ancho total, mínimo	19 mm (0.75 pulgadas)
LO: Longitud total, mínimo	165 mm (6.5 pulgadas)
G: Longitud de calibre	50 mm (2.00 pulgadas)
D: Distancia entre agarres	115 mm (4.5 pulgadas)
R: Radio del filete	76 mm (3 pulgadas)

Muestreo:

Muestreo no probabilístico intencionado

Criterios de selección:

- *Composición de la Matriz y la Fibra:* Seleccionar variaciones en la fracción volumétrica de fibra de yute en relación con la matriz epoxi.

- *Calidad y Consistencia del Material:* Instalar las muestras en óptimas condiciones de fabricación y asegure que sean consistentes para asegurarse de que los resultados sean válidos.

- *Factibilidad de Fabricación:* Considera la facilidad de fabricación para las diferentes muestras seleccionadas y su practicidad con las técnicas

disponibles.

- *Representatividad:* Elegir muestras que representen adecuadamente la gama de compuestos que podrían utilizarse en la fabricación real de carenados de motocicletas.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad:

Recolección de datos:

2.4.1.1. Ensayos de laboratorio:

Métodos experimentales como pruebas de tracción e impacto, donde se registran las respuestas del material bajo cargas específicas.

2.4.1.2. Mediciones Físicas:

Uso de herramientas como calibradores para obtener dimensiones precisas de las probetas y registrar cualquier cambio físico tras las pruebas.

2.4.1.3. Registro y Análisis de Datos.

Procedimientos para documentar los resultados de las pruebas, que pueden incluir software de adquisición de datos y hojas de cálculo para el análisis estadístico posterior.

Validez:

2.4.1.4. Calibración de equipos:

Asegurarse que todos los instrumentos estén calibrados según estándares nacionales o internacionales para que las mediciones reflejen con precisión las dimensiones reales de las probetas.

2.4.1.5. Uso de Normativas:

Considerar las normativas adecuadas para el estudio de materiales platicos y protocolos establecidos por normativas como la ISO/ASTM para garantizar que los métodos de prueba y los instrumentos sean adecuados para los ensayos de tracción e impacto.

Confiabilidad:

2.4.1.6. Repetibilidad de Pruebas:

Realizar múltiples pruebas en condiciones idénticas para verificar que los resultados sean consistentes y reproducibles.

2.4.1.7. Documentación Detallada:

Mantener un registro meticuloso de todos los procedimientos y configuraciones experimentales para que el estudio pueda ser replicado con precisión por otros investigadores.

2.5. Procedimiento de análisis de datos:

Ensayo de Impacto (ISO 179-1):

2.5.1.1. Recopilación de Datos:

Durante los ensayos de impacto, se registró la energía absorbida por las probetas en Joules (J) al momento de la fractura.

2.5.1.2. Análisis Estadístico:

Se utiliza analizó, los esfuerzos de tracción y resistencia al impacto de distintos compuestos mediante métodos estadísticos de comparación de gráficas e interpretación de datos. Esto permitió una evaluación objetiva y cuantitativa de cuál composición, según su fracción volumétrica de fibra, presenta un rendimiento superior en estas propiedades mecánicas críticas.

2.5.1.3. Interpretación de Resultados:

Se relacionaron los valores obtenidos con la capacidad de los compuestos para absorber energía durante un impacto, interpretando cómo la fracción volumétrica de fibra de yute afecta esta propiedad.

Ensayo de Tracción (ASTM D638-01):

2.5.1.4. Recopilación de Datos:

Durante los ensayos de tracción, se pudo medir la fuerza máxima sostenida por las probetas y la deformación correspondiente hasta la fractura.

2.5.1.5. Cálculo de Propiedades Mecánicas:

Se realizó el cálculo de la resistencia a la tracción, el módulo de elasticidad y el

alargamiento hasta la rotura a partir de los datos de carga-deformación.

El análisis de los datos permitirá determinar cómo la fracción volumétrica de fibra de yute afecta las propiedades mecánicas del compuesto epoxi proporcionará información valiosa para la fabricación de carenados de motocicletas, permitiendo la optimización del material en función de criterios de rendimiento específicos.

2.6. Criterios éticos:

Dentro de este proyecto de investigación, me comprometo a seguir los principios éticos más rigurosos. Entiendo la importancia de mantener la confidencialidad y el bienestar de los participantes en todo momento y garantizará que cada participante complemente el documento mediante su consentimiento informado y voluntario. Además, proporcionaré a todos los participantes la información esencial para completar el estudio y la investigación con la mayor discreción. Cabe destacar que ningún dato se usará para otros propósitos además de la perspectiva académica y científica. En cuanto a la redacción de resultados o hallazgos, me comprometo a mantener la objetividad y presentar los hechos con precisión y sin manipulación. Mi único objetivo es contribuir de manera ética y respetuosa al conocimiento.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

3.1. Resultados:

Los resultados se inician con la selección de fibra de yute tejida tipo malla o red, donde son evidentes las orientaciones de las fibras de 0° y 90° como se muestra en la Figura 21, orientaciones que según análisis de trabajos previos demuestran mejores propiedades de tracción.

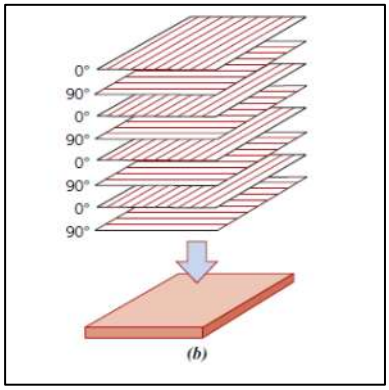


Figura 21: Procesamiento de materiales compuesto 90°/0°. Obtenido de [4]

Figura 22: Fibra de yute tejida en 90°/0°

Dentro de este proyecto de investigación, me comprometo a seguir los principios éticos más rigurosos. Entiendo la importancia de mantener la confidencialidad y el bienestar

de los participantes en todo momento y garantizará que cada participante complemente el documento mediante su consentimiento informado y voluntario. Además, proporcionaré a todos los participantes la información esencial para completar el estudio y la investigación con la mayor discreción. Cabe destacar que ningún dato se usará para otros propósitos además de la perspectiva académica y científica. En cuanto a la redacción de resultados o hallazgos, me comprometo a mantener la objetividad y presentar los hechos con precisión y sin manipulación. Mi único objetivo es contribuir de manera ética y respetuosa al conocimiento.

Tabla 6: Tabla de capas de Fibra de Yute a evaluar para determinar la fracción volumétrica correspondiente.

Capas de Fibra de yute a evaluar	Ángulo de disposición de fibras
6	90°/0°
8	
9	
10	

Con el número de capas definido, se procedió a obtener la masa de cada capa de fibra de yute para una cuantificación más exacta, con un valor de 4gr .

Figura 23: Capa de Fibra de Yute para la fabricación de placas de material compuesto.

Se procede a calcular el volumen de la placa con dimensiones de 250 x 150 x 5 mm:

$$Volumen\ total\ de\ placa = longitud \times ancho \times altura$$

$$Volumen\ total\ de\ la\ placa = 187.5\ cm3$$

Se multiplica el número de capas con el peso de cada capa, para obtener la masa de la fibra de yute.

$$Masa\ total\ de\ fibra\ de\ yute = Número\ de\ capas \times Peso\ por\ capa$$

Luego considerando las propiedades físicas (Densidad) de la fibra de yute mostradas en Tabla N°2, se procede a calcular la fracción volumétrica de la fibra de yute

$$V_f = \frac{m_{fibra} / \rho_{fibra}}{Volumen\ Total\ de\ la\ placa}$$

Una vez realizado ese cálculo se procede a restar el total del 100% del compuesto menos la fracción volumétrica obtenida de cada una de las combinaciones de capas, para obtener la fracción volumétrica de la resina epoxi.

Tabla 7 : Proporciones de fibra de yute y resina epoxi calculadas para la elaboración de las placas de 15x20cm.

Fracción Volumétrica de Fibra de Yute	Fracción Volumétrica de Resina Epoxi	Capas de Fibra de Yute	Volumen de Resina (ml)	Cantidad de Resina (g)
12.5%	87.5%	6	93.75	103.125
21.4%	78.6%	8	7.50	82.500
26.7%	73.3%	9	8.75	61.875
28.6%	71.4%	10	10.00	41.250

Tratamiento de Limpieza de Fibras de Yute:

En el presente estudio, se empleó un método de tratamiento modificado para las fibras de yute con el objetivo de mejorar su compatibilidad y adherencia con la matriz de resina epoxi. Este tratamiento involucró una serie de pasos cuidadosamente diseñados para limpiar las fibras y modificar su superficie.

Figura 24: Materiales utilizados en el tratamiento de limpieza de fibra de yute

3.1.1.1. Uso de Alcohol:

El primer paso del tratamiento consistió en la inmersión de las fibras de yute en una solución de alcohol. El alcohol utilizado fue etílico medicinal 96° (etanol), seleccionado por su capacidad para eliminar eficazmente aceites, ceras, y otras sustancias hidrófobas presentes en la superficie natural de las fibras. Esta limpieza es crucial ya que las capas de aceites y ceras pueden impedir la mojabilidad de las fibras, un factor determinante para lograr una buena adhesión con la matriz de resina.

Figura 25: Aplicación de alcohol a las fibras de yute.

3.1.1.2. Agua Destilada:

Posteriormente, las fibras se enjuagaron con agua destilada. La elección de agua destilada sobre agua corriente se debió a su pureza, ya que está libre de impurezas y minerales que podrían depositarse en las fibras y afectar sus propiedades. Este enjuague ayudó a eliminar los residuos solubles y las impurezas superficiales restantes después del tratamiento alcohólico.

Figura 26: Aplicación de agua destilada a las fibras de yute.

3.1.1.3. Hielo

Durante todo el proceso de tratamiento, se añadió hielo a la solución para mantener una temperatura baja. El propósito de este enfriamiento era doble: en primer lugar, prevenir posibles daños térmicos a las delicadas fibras de yute; y en segundo lugar, ralentizar cualquier reacción química no deseada que pudiera ocurrir a temperaturas más elevadas. Esta precaución aseguró la integridad estructural y química de las fibras durante el tratamiento.

Figura 27: Aplicación de hielo a las fibras de yute.

3.1.1.4. Reposo por 24 Horas

Finalmente, las fibras tratadas se dejaron en reposo dentro de la solución durante un periodo de 24 horas. Este tiempo de inmersión fue esencial para permitir una interacción completa entre las fibras y los agentes de limpieza. La prolongada exposición aseguró una penetración adecuada y una acción efectiva de los agentes limpiadores en toda la superficie y estructura de las fibras.

Figura 28: Recipiente con fibras de yute.

3.1.1.5. Proceso de Secado

Luego del proceso de tratamiento e inmersión, se realizó un proceso de secado de las fibras de yute. Este paso es fundamental para eliminar cualquier humedad residual y preparar las fibras para la fabricación de los compuestos. El secado se realizó al aire durante 24 horas. Esto significa que las fibras quedaron completamente secas y libres de humedad, condiciones vitales para la integridad de la fibra y la conservación de las características mecánicas en la matriz del compuesto.

Figura 29: Fibras de yute en proceso de secado.

Fabricación de Moldes:

Para la fabricación de las probetas de fibra de yute y resina epoxi, se diseñaron en acero para posteriormente realizar el proceso de moldeo por compresión, asegurando la uniformidad y precisión dimensional de las placas de 15 cm x 20 cm.

3.1.1.6. Materiales Utilizados:

El material seleccionado para la fabricación de los moldes fue el acero ASTM A36, conocido por su buena soldabilidad y resistencia mecánica, así como por su capacidad para soportar el estrés de operaciones repetidas de moldeo por compresión.

Figura 30: Molde de acero ASTM A36.

3.1.1.6.1. Construcción del Contorno del Molde:

El contorno de los moldes se conformó a partir de platinas de acero ASTM A36 con un espesor de 5 mm y una anchura de 5 cm. Estas dimensiones proporcionan una rigidez estructural óptima, evitando la flexión o distorsión bajo las fuerzas de compresión aplicadas durante el moldeo.

3.1.1.7. Proceso de Soldadura SMAW

La unión de las platinas se realizó mediante el proceso de Soldadura Manual por Arco Eléctrico (SMAW, por sus siglas en inglés), utilizando electrodos E6013 para garantizar soldaduras de penetración completa y alta resistencia. Este método de soldadura es ideal para la construcción de moldes debido a su versatilidad y capacidad para crear uniones resistentes en acero al carbono.

Figura 31: Proceso de soldadura SMAW para moldes.

3.1.1.8. Diseño para Desmoldeo Eficiente

En una de las esquinas del molde, se implementó un diseño de unión desmontable para permitir la apertura del molde y la extracción sin esfuerzo de las placas de compuesto curadas, ver **Anexo 1**. Este diseño modular facilita el mantenimiento del molde y la eliminación de cualquier exceso de material o defectos de fabricación.

3.1.1.9. Base y Tapa del Molde

La base y la tapa se fabricaron con planchas de acero ASTM A36 de 7 mm de espesor. Esto asegura una más robusta y estable superficie de compresión. Esta configuración garantiza la aplicación uniforme de presión y calor. Además, cada uno de estos son los dos

factores más cruciales que afectan significativamente la calidad del compuesto curado y el mantenimiento general de las tolerancias de las dimensiones prescritas.

3.1.1.10. Preparación Final del Molde

Después de la construcción, de cada uno de los moldes se requirió someter a un proceso de limpieza y acabado para eliminar cualquier residuo e impurezas de soldadura, óxido o contaminantes superficiales. Además, se aplicó un tratamiento de superficie para mejorar la liberación del molde y minimizar la adhesión de la resina.

Fabricación de Placas de material compuesto:

3.1.1.11. Corte y Preparación de la Fibra de Yute:

El proceso de fabricación comenzó con el aseguramiento de las fibras de yute a las dimensiones exactas de 15 cm por 20 cm del molde. Para llevar a cabo esta operación, se utilizó una cinta de enmascararursuland.com, mientras que, en una configuración industrial, debe ser llamada enmascaramiento y referirse comúnmente como ‘masking tape’ que se puede encontrar de manera fácil en muchas librerías. Aunque el propósito actual de esta última fue marcar las dimensiones sobre las cuales se debía cortar, la acción también evitó que las fibras se desprendieran, lo que garantizaba la integridad estructural necesaria para el fortalecimiento de la matriz.

Figura 32: Preparación de fibras

3.1.1.12. Acondicionamiento del Molde:

Previo al moldeo que se realizó en el molde de acero ASTM A36 fue tratado con una solución de alcohol polivinílico (PVA), un agente desmoldante que se usa mucho cuando se realiza aplicaciones de composites, para crear una barrera entre el molde y la resina epoxi. Esta capa asegura una separación limpia post-curado, esencial para un desmoldeo eficiente y para preservar la superficie de acabado de las placas compuestas.

Figura 33: Aplicación de líquido desmoldante.

3.1.1.13. Dosificación y Mezcla de la Matriz de Resina Epoxi:

Tanto el BFRP como la resina epoxi y el endurecedor correspondiente, denominado ‘compuesto B’, fueron pesados de manera meticulosa en una balanza de precisión para

cumplir con las proporciones especificadas para los porcentajes de refuerzo requeridos. De acuerdo con la recomendación del fabricante de la resina y las normas propias de aplicación, para asegurar una mezcla adecuada, se continuó con la técnica durante cinco minutos, lo que resultó en una homogeneización definitiva, necesaria para un curado uniforme y para optimizar las propiedades mecánicas del composite.

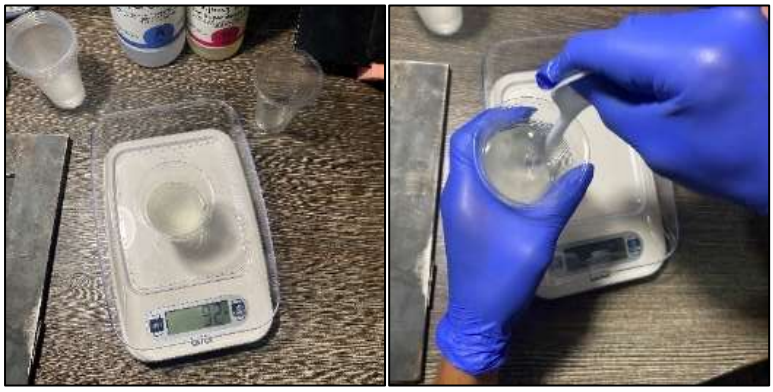


Figura 34: Preparación de resina epoxi.

3.1.1.14. Laminación y Moldeo de las Placas:

En la parte inferior del molde preparado, se aplicó la primera capa de F.J., y se aplicó resina apretada en tales cantidades que impregnó completamente la F.J.. Cada capa de fibras se colocó constantemente una sobre la otra con las mismas proporciones de fibra: resina según el porcentaje racional ya considerado. Prestamos especial atención a la laminación para evitar la formación de aire y asegurarnos de que se haya rociado suficiente resina.

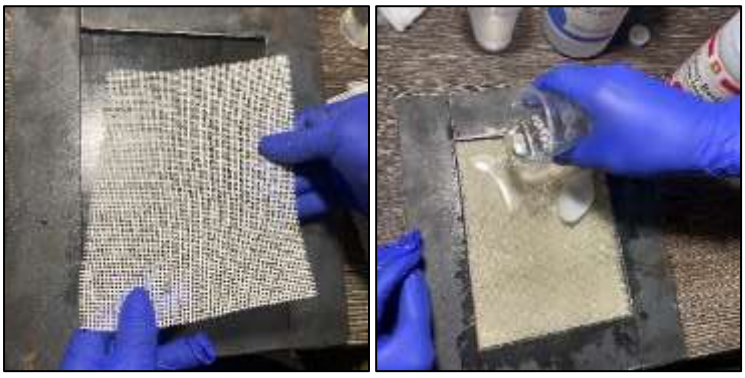


Figura 35: Proceso de laminación para la fabricación de placas de material compuesto.

3.1.1.15. Curado y Compresión:

Después de laminar, el molde se cerró, y se movió a una prensa de compresión. Las láminas pasaron por un ciclo de curado a alta presión durante 72 horas, un tiempo común que garantiza un curado completo y una buena interacción fibra-matriz, ambos críticos para la integridad y la actuación mecánica final de las láminas compuestas.

Figura 36: Elaboración de material compuesto mediante proceso de compresión.

3.1.1.16. Desmoldeo y Obtención de las Placas Compuestas:

Seguido al ciclo de curación, se realizó el desmoldeo, extrayendo las placas del molde. Se consiguen compuestos de fibra-matriz con porcentajes en los 12.5%, 21.4%, 26.7% y 28.6% de fibra de yute, en cada uno, se mantiene una uniformidad y densidad constante a lo largo de todo nuestro estudio, lo que demuestra el buen funcionamiento respecto al proceso de moldeo por compresión y al correcto tratamiento de las fibras y preparación de la resina.

Figura 37: Desmoldeo y obtención de las placas de material compuesto.

Figura 38: Placas de 12.5%,21.4%,26.7% y 28.6% de fibra de yute con ángulos de 0°/90°

Tabla 8: Probetas para ensayos de tracción e impacto

Porcentaje de Fibra de Yute	Capas de Fibra de Yute	Probetas Ensayo - DIN-EN ISO 179-1	Probetas Ensayo - ASTM 638-01
12.5%	6	3	3
21.4%	8	3	3
26.7%	9	3	3
28.6%	10	3	3
Total, de probetas		12	12

Corte de probetas ATM D638 / DIN ISO-179

Figura 39: Corte CNC de placas de fibra de yute y resina epoxi.

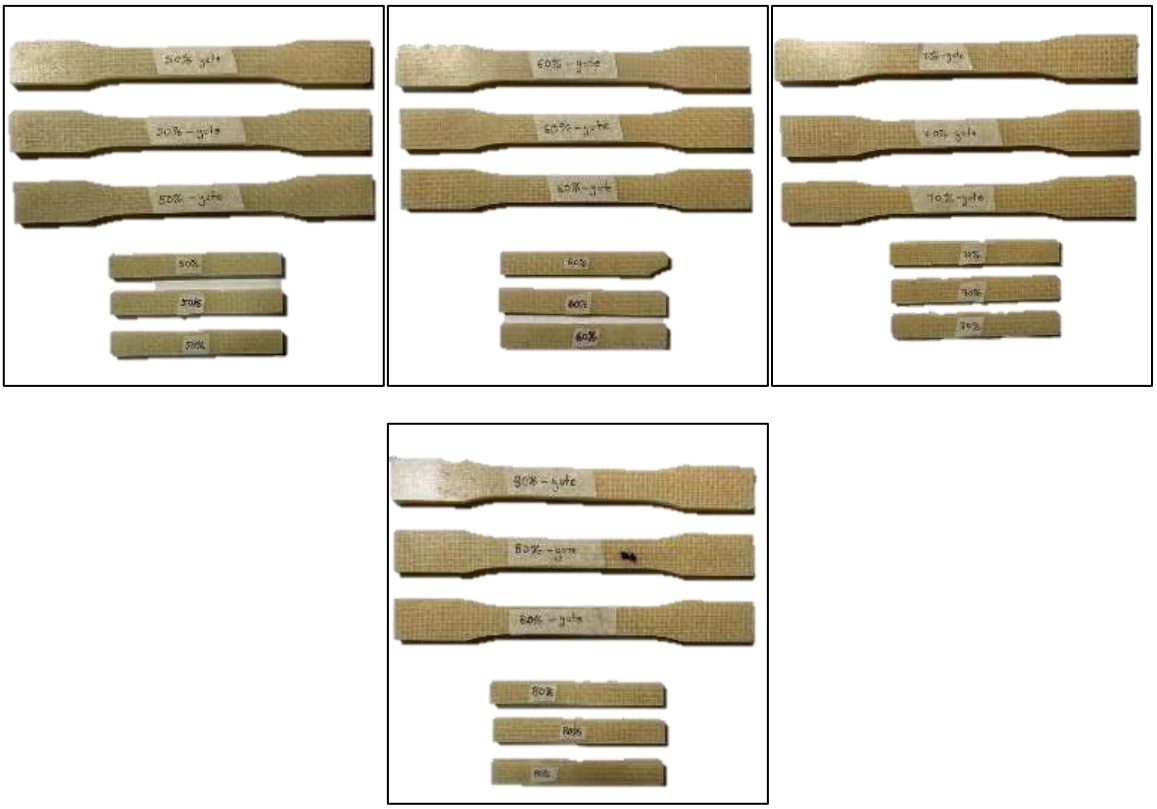


Figura 40: Probetas para ensayo de tracción ASTM D638 y ensayo de impacto ISO 179-1 con porcentajes de fibra de 12.5%, 21.4%, 26.7% y 28.6% de fibra de yute.

Ensayos de tracción e impacto:

El diseño estructural de carenados para motocicletas demanda un análisis detallado de la configuración de las capas de fibra de yute, ya que la disposición laminar determina la

resistencia mecánica y la rigidez del componente [28] .La resistencia a la tracción es fundamental, ya que se correlaciona con la capacidad del carenado para soportar las fuerzas dinámicas en operación, contribuyendo a la estabilidad aerodinámica y a la integridad estructural [29]. En cuanto a la resistencia al impacto, su importancia se acentúa en situaciones de colisión, donde un carenado resistente puede ser la diferencia entre daños menores o mayores tanto para el conductor como para la motocicleta, actuando como una barrera protectora clave [24] [23]. Por lo tanto, la selección adecuada del número de capas y la comprensión de las propiedades de tracción e impacto no solo mejoran el rendimiento, sino que son esenciales para la seguridad en la ingeniería de motocicletas.

3.1.1.17. Resultados de ensayo de tracción:

El siguiente segmento confiere título a los resultados obtenidos como resultado de los ensayos de tensión y resistencia al impacto llevados a cabo en las probetas compuestas de fibra de yute y resina epoxi. Sin embargo, se destacó sobremanera que la orientación de las fibras ejerce un carácter más que significativo en el comportamiento mecánico de los compuestos, lo que lleva a una anisotropía del material. Se optó por una orientación de 0 ° / 90 ° para imitar las cargas bajo las cuales las fibras están expuestas a fuerzas tanto longitudinales puntos.lineales como transversales, brindando así una visión cercana del comportamiento mecánico del compuesto. en el entorno de carga real.

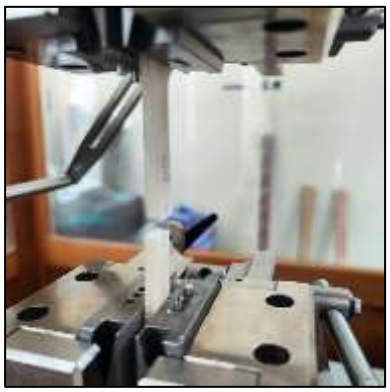


Figura 41: Ensayo de tracción según norma ASTM D638 en equipo de Ensayos Universal TECNOTEST 60TN

En conclusión, durante los ciclos de tracción, se controló la velocidad de deformación plástica de los consentidos, es decir, la deformación irreversible debida al cambio en la estructura del material compuesto después de estar expuesto a cargas axiales. Los gráficos anteriores mostrarán el punto de rendimiento con en la deformación plástica y el beneficio de Deformación porcentual de material plástico que se obtuvo justo antes de que los consentidos se rompieron. Lo que brinda una buena idea de la tenacidad y la ductilidad de la fibra útil y de las propiedades de la resina después de que se produzca mediante un ciclo continuo actual plástico. Imagen Fo: Gráficas de resultados individuales de Estrés deformación para Material Compuesto con 12.5% ",21.4%,26.7%,28.6% de Fibra de Yute con la orientación de 0° y 90°.

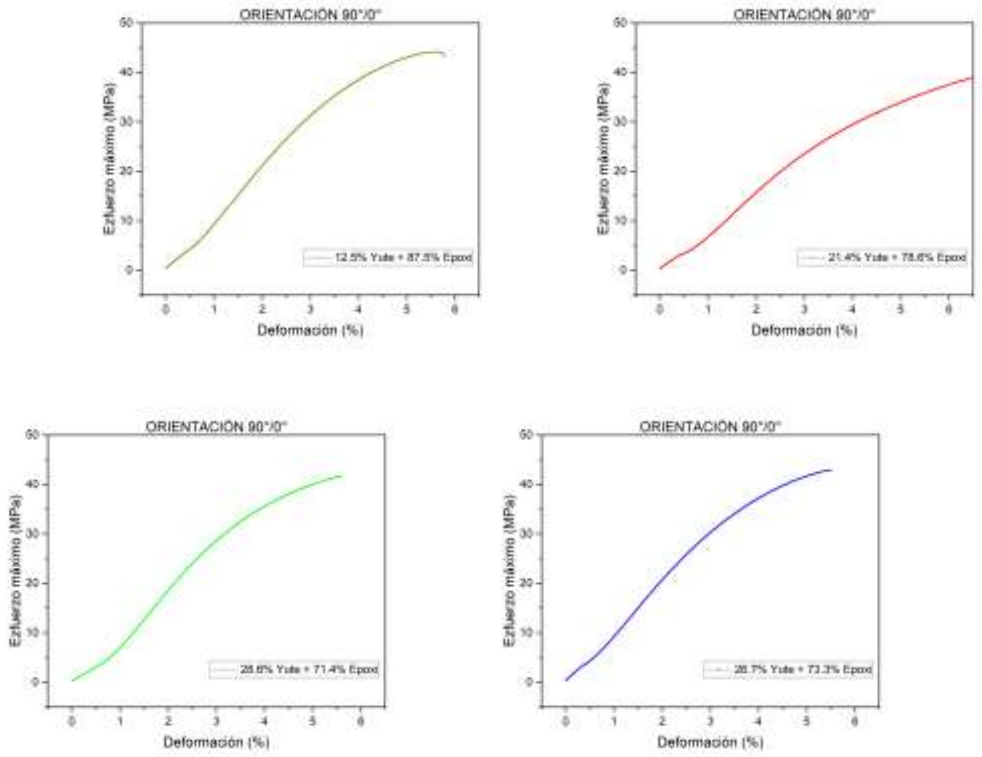


Figura 42: Gráficas de resultados individuales de Esfuerzo-Deformación para Material Compuesto con 12.5%,21.4%,26.7%,28.6% de Fibra de Yute con orientación de 0° y 90°.

Tabla 9 : Resultados Promedios de Resistencia a la Tracción de Compuestos de Fibra de Yute y Resina Epoxi con Variaciones de Fracción Volumétrica.

CÓDIGO	Número Probetas	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	F(MAX) N	AREA (mm^2)	ESFUERZO MAXIMO (MPa)
12.5%	3	165	13	5	2871.69	78	44.18
21.4%	3	165	13	5	2584.70	78	39.76
26.7%	3	165	13	5	2791.40	78	42.94
28.6%	3	165	13	5	2708.76	78	41.67

Analizando los datos de resultados de la tabla, se observa que la composición de material compuesto con un 12.5% de fibra de yute y un 77.5% de resina epoxi muestra el esfuerzo máximo más alto de 44.18 MPa durante los ensayos de tracción. Al incrementar la proporción de fibra de yute al 21.4% y 26.7%, se presenta una ligera disminución en la resistencia máxima, con valores de 39.76 MPa y 42.94 MPa respectivamente, lo que sugiere que un aumento en el contenido de fibra no necesariamente se traduce en una mayor resistencia a la tracción. Interesantemente, la muestra con un 28.6% de fibra de yute muestra un esfuerzo máximo de 41.67 MPa, un valor intermedio comparado con las demás proporciones.

Estos resultados señalan que una concentración más alta de fibra de yute no proporcionalmente no incrementa la resistencia a la tracción del compuesto. Puede ser interpretado a que una cantidad sustancialmente alta de fibra dentro de la matriz de epoxi puede crear procesos de empacamiento o defectos directos que actúan como puntos de concentración de esfuerzo, disminuyendo la resistencia del material compuesto de base mecánica. Por lo tanto, mayores concentraciones de materiales fibrosos dificultan la impregnación y la adherencia a la matriz de resina, lo que es crítico para la transferencia de carga eficiente de fibra a matriz.

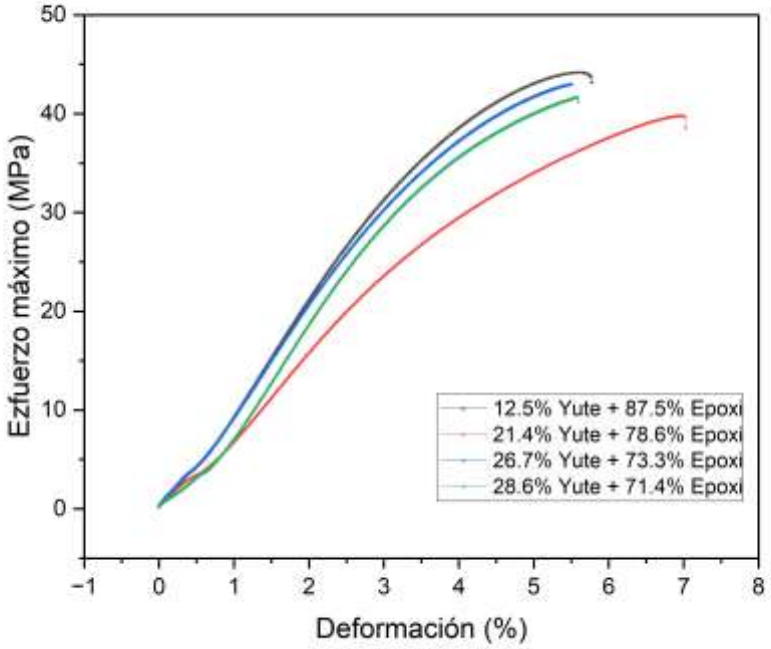


Gráfico 2: Comparativa de resultados de Esfuerzo-Deformación para Compuestos de Fibra de Yute con Diferentes Proporciones de Resina Epoxi.

Así pues, se puede concluir que la fracción volumétrica de 12.5% de fibra de yute en el material compuesto es la que ofrece las mejores propiedades mecánicas en términos de resistencia a la tracción: hay una sinergia óptima entre la rigidez proporcionada por las fibras de yute y la ductilidad de la resina epoxi. Esta proporción equilibrada garantiza una distribución uniforme del esfuerzo y una adecuada adhesión fibra-matriz, resultando en un material compuesto estructural.

3.1.1.18. Resultados de ensayos de impacto tipo Charpy:

Figura 43: Ensayo de impacto según norma DIN EN ISO 179-1 en equipo de Impacto MT-3016-15J

La tabla muestra los resultados de los ensayos de impacto tipo Charpy, que son pruebas destinadas a medir la cantidad de energía absorbida por un material durante una fractura inducida por impacto. Los datos reflejan cómo varía la absorción de energía de los compuestos de fibra de yute y resina epoxi con diferentes fracciones volumétricas de fibra.

Tabla 10: Resultados Promedio de Impacto tipo Charpy de Compuestos de Fibra de Yute y Resina Epoxi con Variaciones de Fracción Volumétrica.

CÓDIGO	Número Probetas	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	ENERGÍA(J)	AREA (mm^2)	ENERGÍA/ÁREA (KJ/ m^2)
12.50%	3	80	10	5	0.89	50	17.8
21.40%	3	80	10	5	0.91	50	18.2
26.70%	3	80	10	5	1.01	50	20.2
28.60%	3	80	10	5	0.95	50	19

Comparando los valores numéricos, podemos ver que a medida que aumenta la proporción de fibra de yute del 12.5% al 26.7%, la energía absorbida (en joules) y la energía por área (en KJ/m²) aumentan, lo que indica que el material se vuelve más capaz de absorber energía sin fracturarse. Esto sugiere que una mayor concentración de fibra mejora la tenacidad del compuesto, es decir, su capacidad para resistir la propagación de grietas.

El compuesto con un 26.7% de fibra de yute absorbe la mayor energía con 1.01 J y tiene la mayor energía por área con 20.2 KJ/m². Sin embargo, al aumentar aún más la fibra al 28.6%, hay una disminución en ambas medidas (0.95 J y 19 KJ/m²), lo que podría indicar que hay un punto óptimo de contenido de fibra más allá del cual se saturan los sitios de unión efectivos entre la fibra y la matriz o se crean defectos en el compuesto, resultando en una reducción de la capacidad de absorber energía.

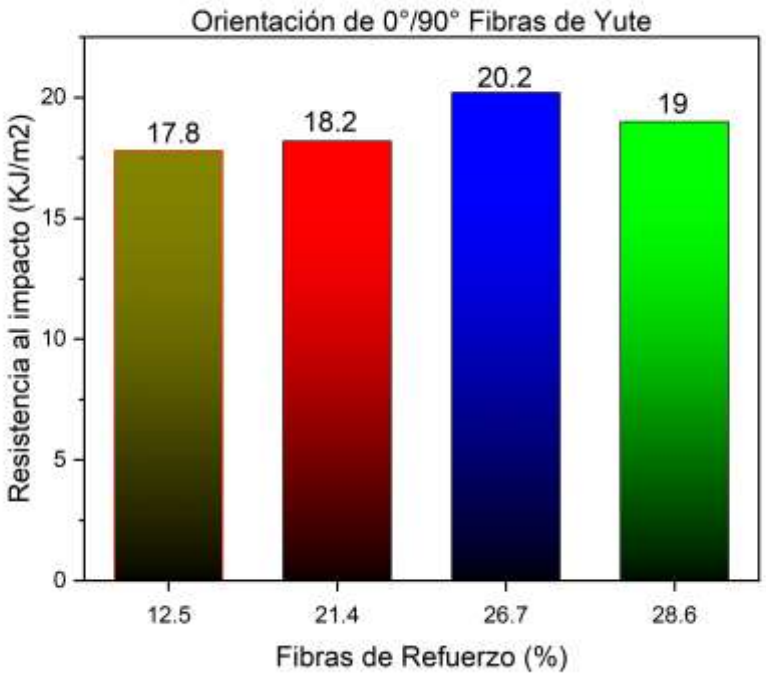


Figura 44: Gráfica de Absorción de Energía de Impacto por Compuestos de Yute-Epoxi con Orientación 0°/90 y diferentes fracciones volumétricas.

Estos resultados son fundamentales para la selección del material en la fabricación de carenados de motocicleta. Un material que exhibe una mayor absorción de energía en los ensayos de impacto implica una mejor protección en el caso de colisiones o accidentes, ya que el material puede disipar más energía, reduciendo así la transferencia al usuario o a los componentes críticos de la motocicleta.

En conclusión, la composición con un 26.7% de fibra de yute ofrece el mejor compromiso entre resistencia al impacto, haciéndola ideal para la fabricación de carenados que no solo deben cumplir con requisitos estéticos sino también con estándares de seguridad y desempeño estructural en el sector automotriz.

Análisis de Resultados:

3.1.1.19. Optimización de la Fracción Volumétrica para Equilibrio de Tracción e Impacto:

Tabla 11 : Comparativa de Resistencia a la Tracción y Energía de Impacto de Compuestos de Fibra de Yute y Resina Epoxi en diversas fracciones volumétricas.

CÓDIGO	ENSAYO DE TRACCIÓN	ENSAYO DE IMPACTO TIPO CHARPY
	ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	ENERGÍA/ÁREA (KJ/ m^2)
12.5%	44.18	17.8
21.4%	39.76	18.2
26.7%	42.94	20.2
28.6%	41.67	19

Analizando los resultados y buscamos la fracción volumétrica de fibra de yute que proporciona la mejor combinación de resistencia a la tracción y al impacto en un material compuesto con resina epoxi.

En la tabla N°9, la resistencia a la tracción, el compuesto con un 12.5% de fibra de yute y un 77.5% de resina epoxi muestra la mayor resistencia a la tracción con un valor de 44.18 MPa. En la Tabla N°10, referente a los resultados de impacto, el compuesto con un 26.7% de fibra de yute y un 73.3% de resina epoxi absorbe la mayor energía con 1.01 J y presenta la mayor energía absorbida por área con 20.2 KJ/m².

Para identificar la fracción volumétrica que ofrece el mejor comportamiento general en resistencia y absorción de impacto, necesitamos considerar un balance entre ambos datos. Mientras que el 12.5% de fibra de yute es superior en términos de resistencia a la tracción, el 26.7% de fibra de yute sobresale en la absorción de energía de impacto.

Estos resultados son críticos en la selección de materiales en el presente documento, ya que el carenado de motocicleta debe tener una alta resistencia a la tracción para soportar fuerzas aerodinámicas y una alta capacidad de absorción de impactos para proteger en caso de una colisión, se buscaría un equilibrio entre las dos propiedades. Con base en los datos mencionados anteriormente, se puede observar que una fracción volumétrica del 26,7 % de fibra de yute parece dar un compromiso favorable entre las dos propiedades, ya que ofrece la mejor resistencia a la tracción junto con la mayor capacidad de absorción de impactos entre las fracciones evaluadas. Por lo tanto, se puede concluir que para aplicaciones en las que tanto la resistencia a la tracción como la capacidad de absorción de impactos son críticas, como una en la que se va a fabricar un carenado de motocicleta, la fracción volumétrica del 26,7 % de fibra de yute es la más adecuada. Tal combinación puede cumplir con los requisitos de durabilidad y seguridad en cuanto al rendimiento y la protección deseada para tales

aplicaciones.

Simulación de Impacto:

3.1.1.20. Elaboración de modelo 3D:

La ingeniería para la creación de un modelo tridimensional detallado del carenado de la motocicleta Baja fue otro de los hitos en nuestro proyecto. Usando la fotogrametría, cubrimos el vehículo con múltiples fotografías de alta resolución desde todos los ángulos posibles para asegurarnos de que todas las superficies de la moto estuvieran cubiertas. Luego, utilizamos estas imágenes de referencia detalladas para reconstruir la geometría de la moto con SolidWorks. Mediante este ejercicio minucioso, hemos sido capaces no solo de identificar cada elemento, sino también de replicar cada componente con la mayor precisión posible, desde los contornos más sutiles de la moto hasta las características más complicadas. El modelo 3D resultante será crítico para la visualización, el análisis y, finalmente, para la fabricación, ya que nos brinda la oportunidad de sumergirnos en la estética y la mecánica estructural del carenado de la moto. No solo se proporcionará un proceso de desarrollo optimizado a través de la integración de las tecnologías digitales con el diseño mecánico, sino que además nos aseguraremos de que cada decisión de diseño sea la más informada y competitiva, con el rendimiento y la funcionalidad como norte.

Figura 45: Fotografías de Motocicleta Bajaj.

Figura 46: Modelo 3D de motocicleta Bajaj en software SolidWorks.

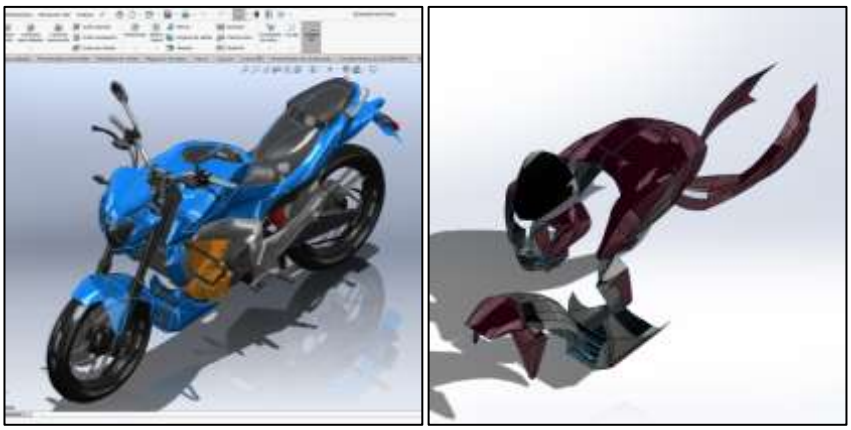


Figura 47: Piezas del carenado en modelo 3D.

3.1.1.21. Propiedades del material compuesto para la simulación:

Utilizando el software CES EduPack, se ha logrado la síntesis virtual de un material compuesto de matriz de resina epoxi reforzada con fibra de yute. Este proceso de modelado se basó en un ajuste preciso de la fracción volumétrica de la fibra para alinear las propiedades mecánicas simuladas con las observadas experimentalmente en ensayos de tracción. Tal calibración permite inferir con mayor exactitud propiedades mecánicas adicionales del material compuesto, tal como se muestra en los datos generados por el software.

Figura 48: Interfaz de software CES Edupack para síntesis de material compuesto.

Este enfoque metodológico, sustentado por la correlación directa entre los resultados experimentales y la modelización, asegura que las propiedades derivadas del material compuesto reflejen con fidelidad su comportamiento en condiciones reales.

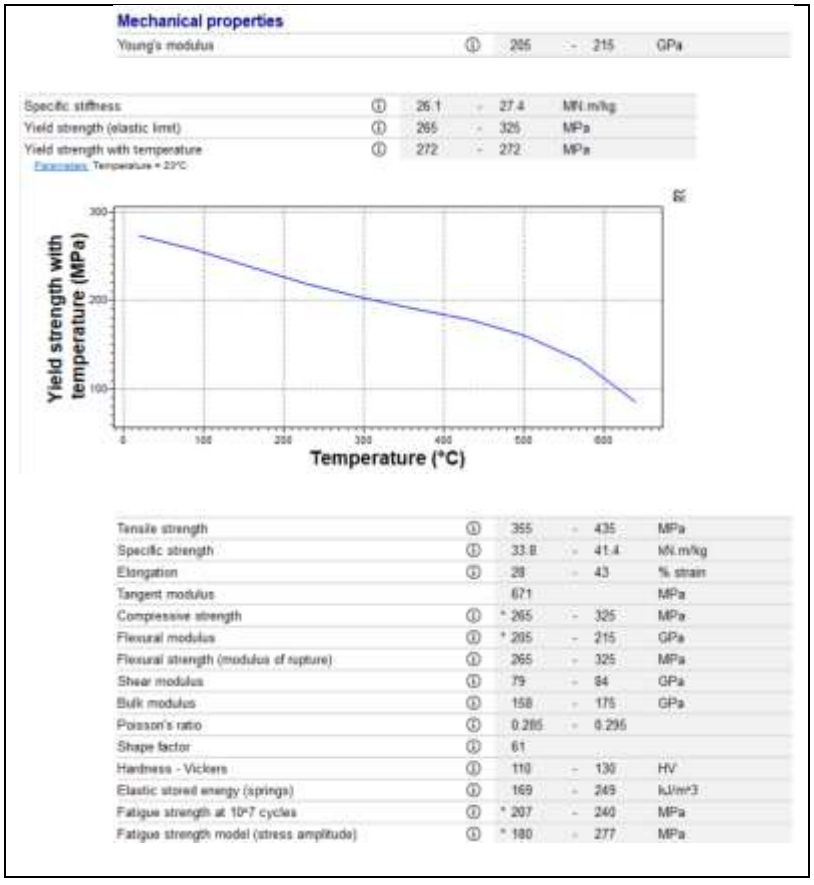
Tabla 12: Propiedades Físicas y Mecánicas de Fibra de Yute y Resina Epoxi obtenidas de la síntesis, ajustadas al esfuerzo de tracción experimental.

Physical properties					
Density	ⓘ	1.11e3	-	1.4e3	kg/m^3
Mechanical properties					
Young's modulus	ⓘ	2.36	-	2.5	GPa
Yield strength (elastic limit)	ⓘ	36.1	-	71.9	MPa
Tensile strength	ⓘ	45.3	-	89.8	MPa
Compressive strength	ⓘ	504	-	1e3	MPa
Flexural modulus	ⓘ	2.36	-	2.5	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	ⓘ	36.1	-	71.9	MPa
Shear modulus	ⓘ	0.381	-	1.95	GPa
Bulk modulus	ⓘ	3.87	-	4.06	GPa
Poisson's ratio	ⓘ	0.391	-	0.407	
Thermal properties					
Thermal conductivity	ⓘ	0.181	-	0.196	W/m.°C
Specific heat capacity	ⓘ	1.02e3	-	1.43e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	ⓘ	80.2	-	117	µstrain/°C
Primary production energy, CO2 and water					
Embodied energy, primary production	ⓘ	108	-	152	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	ⓘ	5.55	-	7.82	kg/kg

3.1.1.22. Propiedades del Acero al carbono 1020:

Para el análisis de la resistencia al impacto del carenado de motocicleta, se empleará una metodología de simulación que incorpora proyectiles esféricos de acero al carbono AISI 1020, seleccionados por sus buenas propiedades de dureza y la densidad requeridas para simular impactos de entidades sólidas como escombros y fragmentos de asfalto a los que estará expuesto el carenado de motocicleta.

Tabla 13: Propiedades Mecánicas del Acero al carbono AISI 1020. Obtenido del Software CES Edupack.



Mechanical properties

Young's modulus	ⓘ	205	-	215	GPa
Specific stiffness	ⓘ	26.1	-	27.4	MN.m/kg
Yield strength (elastic limit)	ⓘ	265	-	325	MPa
Yield strength with temperature	ⓘ	272	-	272	MPa

Parameters: Temperature = 23°C

Tensile strength	ⓘ	355	-	435	MPa
Specific strength	ⓘ	33.8	-	41.4	kN.m/kg
Elongation	ⓘ	28	-	43	% strain
Tangent modulus		671			MPa
Compressive strength	ⓘ	* 265	-	325	MPa
Flexural modulus	ⓘ	* 205	-	215	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	ⓘ	265	-	325	MPa
Shear modulus	ⓘ	79	-	84	GPa
Bulk modulus	ⓘ	158	-	175	GPa
Poisson's ratio	ⓘ	0.285	-	0.295	
Shape factor	ⓘ	61			
Hardness - Vickers	ⓘ	110	-	130	HV
Elastic stored energy (springs)	ⓘ	169	-	249	kJ/m^3
Fatigue strength at 10^7 cycles	ⓘ	* 207	-	240	MPa
Fatigue strength model (stress amplitude)	ⓘ	* 180	-	277	MPa

3.1.1.23. Simulación de impacto de esferas con el carenado frontal de motocicleta:

Dichas esferas, cuentan con un diámetro de 20 mm, superan en dimensiones a objetos

encontrados en escenarios de tránsito real, garantizando así un modelo conservador que intensifica las condiciones de impacto para una evaluación más rigurosa del comportamiento del carenado.

Tabla 14 : Condiciones del impactador tipo esfera:

Condiciones del impactador tipo esfera	
Características	Valor
Velocidad del objeto	7.2 km/h – 2m/s
Radio del objeto	20 mm
Peso del objeto	33 gr
Altura desde el suelo de esfera 1	73 cm
Altura desde el suelo de esfera 2	58 cm
Altura desde el suelo de esfera 3	98 cm
Altura desde el suelo de esfera 4	105 cm

Las Esferas que impactaran en el carenado Frontal que se desplazará a una velocidad de 54 km/h, en distintos ángulos y superficies del carenado, como se ubican de la forma mostrada en la figura N° 48.

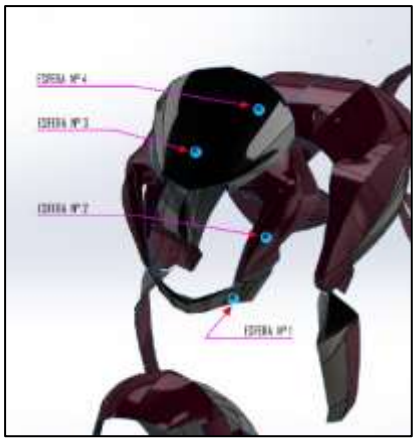


Figura 49: Esferas y carenado de motocicleta para la simulación.

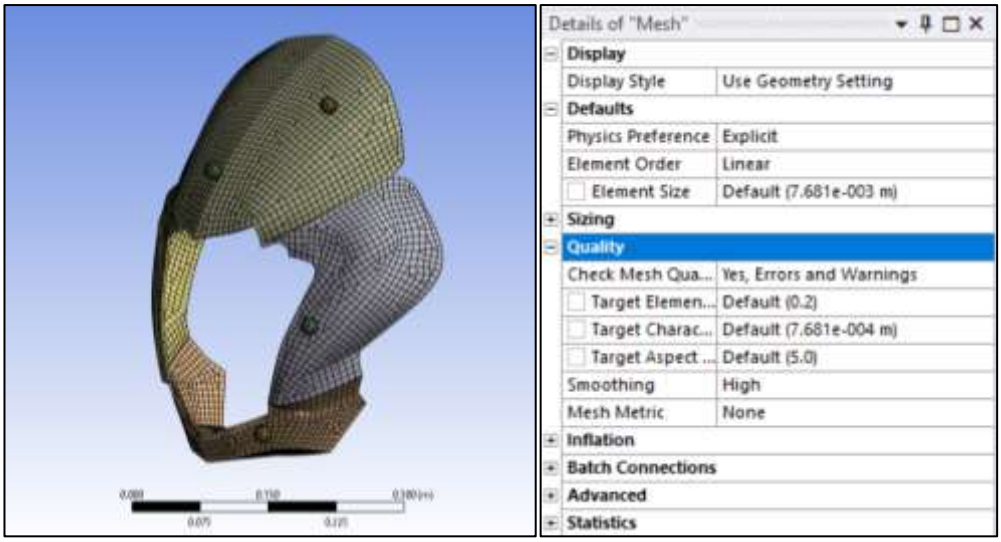


Figura 50: Detalles de Mallado de componentes del carenado frontal.

El carenado hecho de fibra de yute y resina epoxi como material compuesto ha sido modelado en la simulación de impacto por computadora. Los resultados, basados en el método de elementos finitos, orienta varias métricas críticas, la deformación de zonas activas y el esfuerzo equivalente de von mises. Estos indicadores son requeridos para comprender la respuesta estructural deseada del carenado en consideración para el impacto. El primero proporciona una visión detallada del gradiente de distorsión de la pieza delgada en dirección al impacto, al igual que el esfuerzo von mises juega un papel crucial en la determinación del inicio de la fluencia o la falla utilizando las cargas multiaxiales.

3.1.1.23.1. Esfuerzos equivalentes de (Von - Mises):

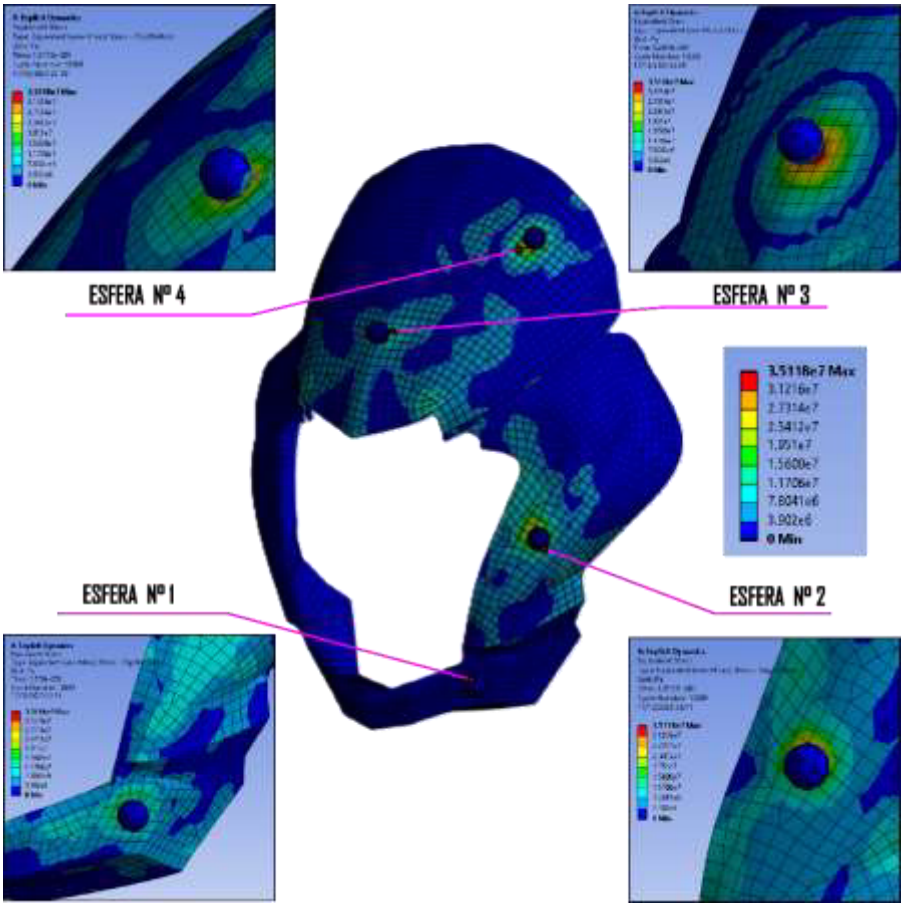


Figura 51: Esfuerzos del impacto de las 4 esferas al carenado frontal de motocicleta.

La simulación de elementos finitos realizada en ANSYS del carenado frontal de una motocicleta, compuesto por un material de matriz de resina epoxi reforzada con un 26.7% de fibra de yute, indica un esfuerzo equivalente máximo de Von Mises de 3.5118e+7 Pa (o 35.118 MPa) al tiempo de simulación establecido.

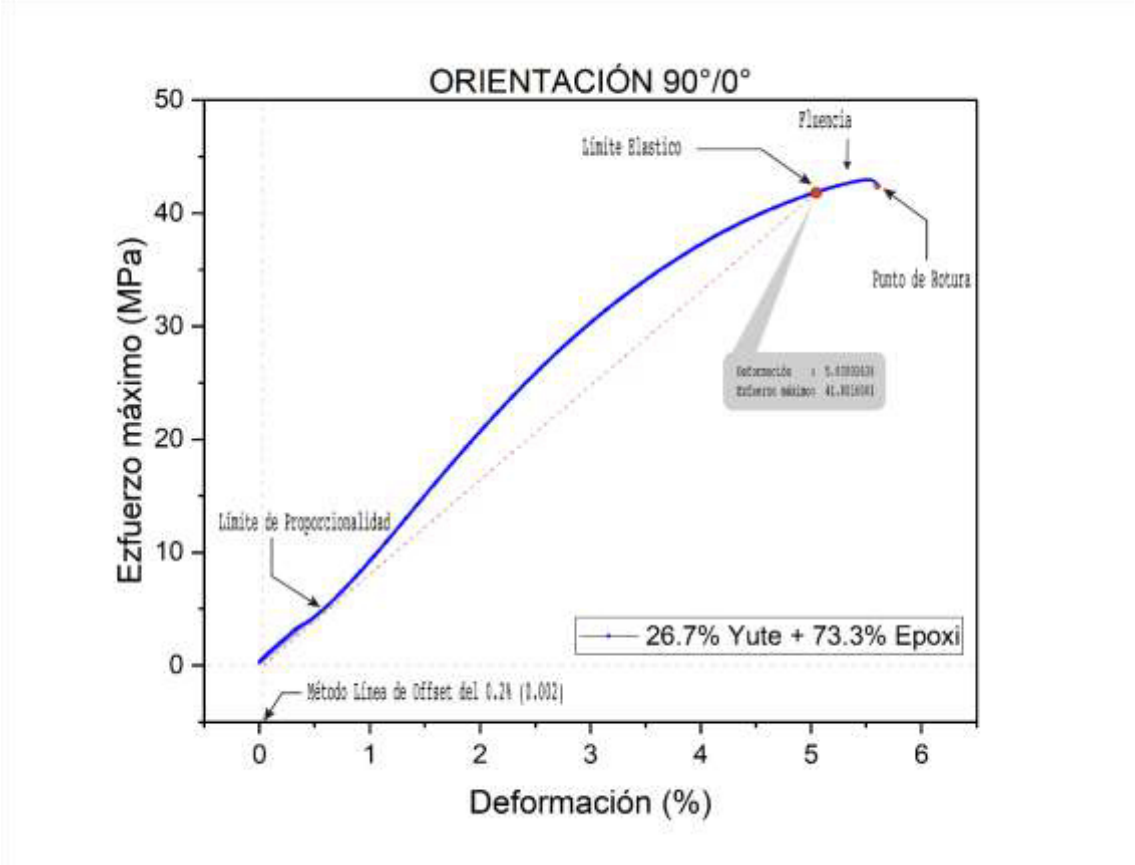


Gráfico 3 : Curva esfuerzo - deformación de probeta con 26.7% de fibra de yute.

Al contrastar este valor máximo de esfuerzo con el límite elástico del material, determinado experimentalmente como 41.8016 MPa, se observa que el esfuerzo inducido por el impacto simulado se mantiene por debajo del umbral de fluencia. Esto sugiere que, aunque el material se somete a una carga significativa, no alcanza el punto de deformación plástica permanente bajo las condiciones de impacto modeladas.

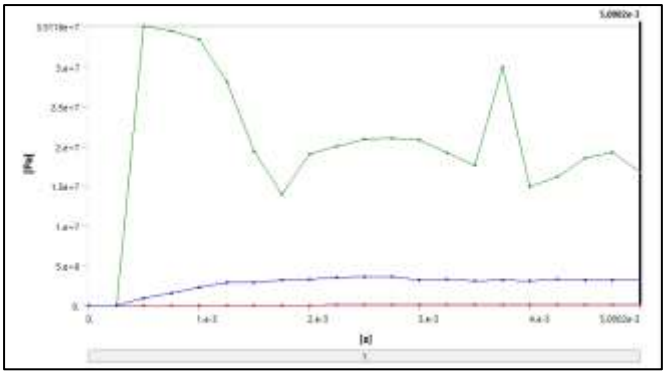


Gráfico 4: Diagrama Esfuerzo – tiempo obtenido de la simulación.

Bajo los parámetros de esta simulación específica, que representa la colisión con objetos proyectados durante la conducción, el carenado no exhibiría falla estructural, manteniendo su integridad.

3.1.1.23.2. Deformación direccional:

La simulación muestra los resultados obtenidos mediante la deformación direccional del carenado frontal de una motocicleta sometido al impacto de proyectiles de acero 1020, diseñados para replicar el impacto de objetos comunes en carretera.

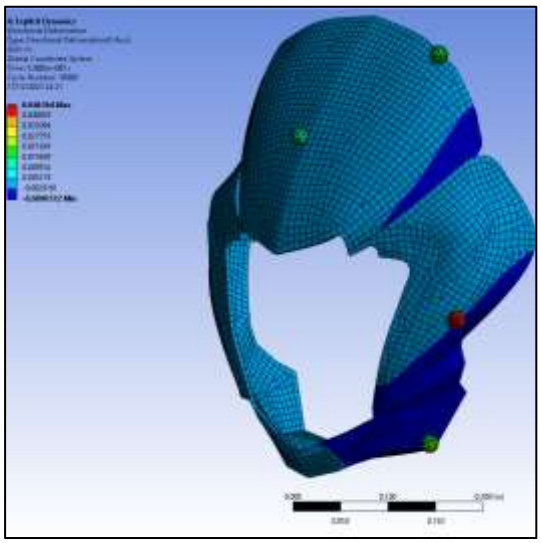


Figura 52: Deformación direccional del carenado frontal.

Al finalizar el tiempo simulado, la deformación máxima registrada fue de 4.3782 % metros en la dirección X, indicando una deflexión significativa en la zona de impacto. La deformación unitaria de 5.03% en el límite elástico, mayor que la máxima deformación de 4.3782% observada en la simulación, confirma que el material se encuentra dentro de un régimen seguro de operación durante los impactos. Los resultados de la simulación de impacto en el carenado frontal de la motocicleta indican una deformación direccional máxima significativamente inferior a la deformación unitaria en el límite elástico del material, obtenida a través de ensayos experimentales.

Fabricación de pieza de carenado:

Durante el proceso de diseño del carenado de motocicleta, se consideró oportuno identificar un componente que, mediante la integración de simplicidad estructural y dimensional a una escala manejable, pudiera garantizar la máxima eficiencia en términos de manufacturabilidad y ensamblaje. El componente elegido como el mejor candidato en términos de la cantidad de desafíos factibles no es la caja superior, sino la cúpula frontal. Esto se debe a que la cúpula presenta una geometría menos complicada y, proporcionalmente a la circunferencia de otros elementos del carenado, encaja a escala ”. Elegir la cúpula como primer elemento de diseño de alta resolución es una elección estratégica, ya que este componente presentará la cantidad máxima de desafíos y áreas temáticas posibles con respecto a las técnicas de manufactura avanzada. La impresión 3D se implementará directamente a este nivel, lo que permitirá la producción de elementos de preproducción de alta fidelidad y precisión.

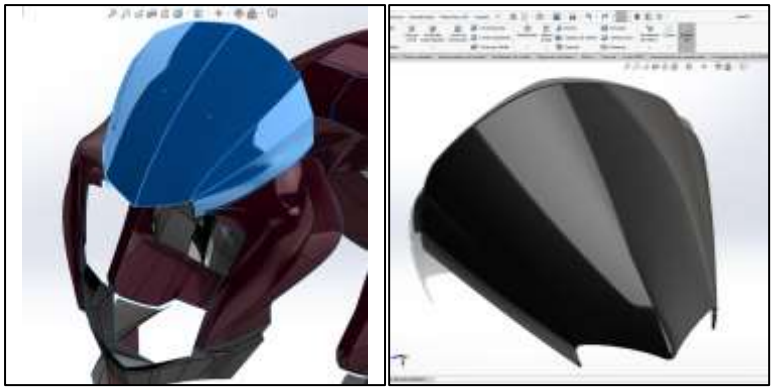


Figura 53: Cúpula frontal de carenado de motocicleta Bajaj.

3.1.1.24. Elaboración de Molde impreso en 3D:

El molde para el carenado fue impreso utilizando la tecnología de modelado por deposición fundida, o FDM, con filamento de ácido poliláctico (PLA). Para la extrusora con una boquilla de 6 mm de diámetro, se insertaron los parámetros de una altura de capa de 0,16 mm, lo que aseguró una alta resolución superficial del molde. Posteriormente, el moldeo se sometió a un meticuloso posprocesado; es indispensable realizar un lijado manual para minimizar las estrías y otros defectos superficiales producidos por la impresión 3D. Este proceso es crucial para asegurar la calidad superficial del carenado final y aumentar la unión de la fibra al molde.

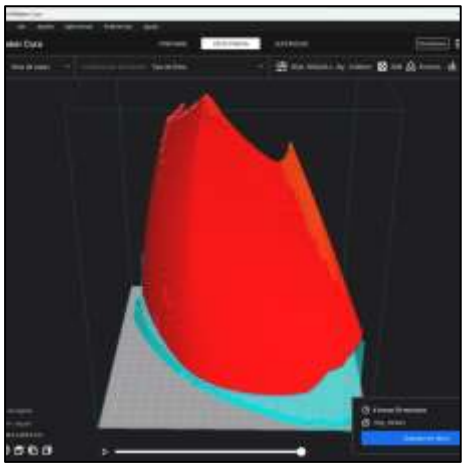


Figura 54: Estableciendo parámetros de impresión 3D en software Cura.

Figura 55: Proceso de Impresión 3D en Ender 3-S1.

Figura 56: Verificación de Ajuste del Molde de Carenado Impreso en 3D en Motocicleta.

3.1.1.25. Elaboración de pieza de carenado utilizando fibra de yute y resina epoxi:

Para incrementar la calidad del acabado y facilitar la operación de desmoldeo, el molde fue cubierto con una película de vinilo de la marca 3M. Esta capa proporcionó una superficie más lisa y homogénea, esencial para la fabricación de composites de alta calidad.

Figura 57: Aplicación de Vinilo Adhesivo en Molde de Carenado.

Figura 58: Aplicación de desmoldante, resina epoxi y fibra de yute.

Figura 59: Pieza retirada del molde.

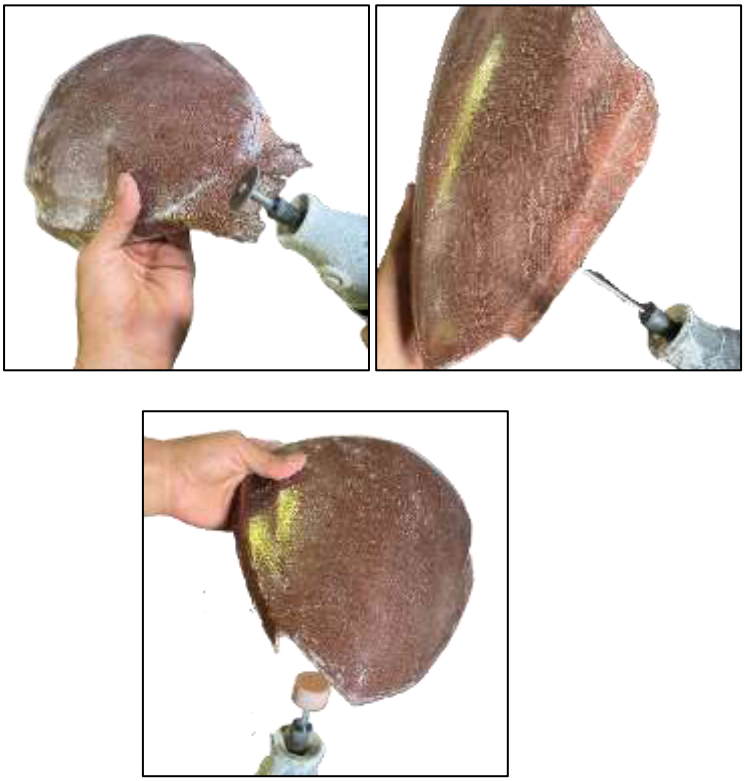


Figura 60 : Posprocesado de la pieza de pieza fabricada de fibra de yute

Luego del coprocesado se puede visualizar la pieza de carenado fabricado a base de fibra de yute y resina epoxi, con la forma y acabados superficiales adecuadas para su posterior comparación.

Figura 61: Cúpula frontal fabricada con fibra de yute y resina epoxi.

Figura 62: Comparación visual de cúpula fabricada con fibra de yute/epoxi frente cúpula comercial de Policarbonato.

En la fotografía presentada se exhiben dos prototipos de cúpula frontal de motocicleta, el de la izquierda manufacturado con un compuesto innovador de fibra de yute y resina epoxi, y el de la derecha, una cúpula convencional que generalmente se fabrica con materiales avanzados como el ABS, policarbonato, o composites reforzados con fibra de vidrio o fibra de carbono, debido a sus excelentes propiedades mecánicas y resistencia al impacto.

Figura 63: Cúpula de FN colocada en motocicleta BAJAJ.

Este desarrollo refleja un avance significativo en la ingeniería de composites, proponiendo soluciones que no solo cumplen con los requerimientos estructurales y aerodinámicos críticos, sino que también promueven la adopción de prácticas de manufactura más verdes en la industria automotriz.

3.2. Discusión:

En la comparativa presentada en la Tabla 15, se contrastan dos cúpulas de carenado para motocicletas: una fabricada con resina epoxi y fibra natural y una comercial de policarbonato.

Tabla 15 : Comparativa de Pieza de carenado fabricado FY – E frente al Policarbonato.

Aspecto Comparativo	Cúpula de Resina Epoxi y Fibra de Yute	Cúpula de Policarbonato
Imagen		
Costo (materiales/fabricación)	Resina Epoxi 250ml: S/ 30	

	Fibra de Yute 2m2: S/ 24 Molde 3D-PLA 152gr: S/ 15 Vinil: S/ 3 Desmoldante: S/ 2	Precio comercial: S/ 110 – S/ 150
Espesor	3mm	3mm – 4.5 mm
Resistencia a la Tensión	39.6 – 44.1 MPa	55-75 MPa
Tensión de Fluencia / Límite Elástico	41 MPa	65 MPa
Superficie/Acabado	Liso – no se raya fácilmente	Liso – se raya fácilmente
Peso	183 gr	216gr
Origen del material	Natural – Renovable y Biodegradable	Derivado del petróleo – no renovable
Costo total de la pieza	S/ 74	S/ 110

Dada la cúpula de compuesto natural, se destaca por sus premisas de diseño sostenible, haciendo uso de materiales renovables y biodegradables, además de tener un costo total de fabricación menor. Aunque la paleta implica una tensión considerablemente más baja en comparación con la cúpula comercial, su rendimiento todavía cae en un rango aceptable para aplicaciones practicas, con una tensión de prueba de impacto que es suficiente para soportar las cargas de tensión estándar durante las condiciones de conducción. La consolidación lisa y el material menos susceptible a los rayones demuestran un compromiso consagrado a la estética y la longevidad. La energía ligeramente menor de la fibra natural puede traducirse en una reducción en la masa total de la motocicleta y promover eficiencia de combustible y manejo. Los estudios sobre nuevos composites, como la fibra de yute reforzada con resina epoxi, se encuentran en el campo de la ingeniería de materiales aplicada al sector automotriz, que destacan la información obtenida de sus ensayos del Dr. Ronny Naranjo. A continuación, se muestra una tabla resumen de los resultados experimentales obtenidos en los ensayos de tracción con un contraste significativo, a los

resultados de Naranjo 2021: estas mediciones son fundamentales para ver la evolución y el progreso en la mejora y optimización de las propiedades mecánicas de los materiales compuestos, lo cual puede decir si el fin último del hombre y su beneficio esencial que es la aplicación en la industria vehicular se vea realizada.

Tabla 16 : Tabla comparativa de Resultados de ensayos de Tracción propios frente a resultados de Naranjo, 2021:

	ORIENTA_ CIÓN DE FIBRAS	TIPO DE TEJIDO DE LA FIBRA DE YUTE	% FIBRA DE YUTE	% RESINA EPOXI	ESPESOR (MM)	EZFUERZO MAXIMO (MPA)	DESPLAZ AMIENTO (MM)
Resultados Obtenidos	90° /0°	Red o Malla	12.50%	87.50%	5.00	44.2	5.6
			21.40%	78.60%		39.8	6.9
			26.70%	73.30%		42.9	5.5
			28.60%	71.40%		41.7	5.5
Resultados de Naranjo, 2021		Sarga	30%	70%	3.51	29.6	2.9
					3.51	24.4	2.9
					3.91	45.6	3.9

En la comparación de los compuestos de fibra de yute reforzados con resina epoxi y misma orientación de 90° y 0°, se observa una distinción clave en el comportamiento mecánico atribuible a las diferencias en la arquitectura del tejido y el espesor del laminado. Mientras que los compuestos con tejido de “red o malla” realizados en esta investigación muestran una tendencia a un mayor desplazamiento a máxima carga, reflejando una ductilidad incrementada y una capacidad de deformación ante cargas aplicadas, los resultados obtenidos por Naranjo [30] , con tejido tipo “sarga” exhiben valores de esfuerzo máximo más altos, a pesar de poseer un menor espesor. Este fenómeno puede interpretarse como una influencia significativa del tejido tipo sarga en la resistencia a la tracción del material, debido a una alineación más eficaz de las fibras que favorece la transferencia de carga.

IV. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES:

4.1. Conclusiones:

- Se investigó y documentó propiedades e información acerca de materiales compuestos de matriz polimérica y fibra natural resaltando la superioridad de la fibra de yute, con propiedades mecánicas destacadas como un módulo de Young de 17 a 55 GPa y una resistencia a la tensión de 400 a 770 MPa. Su alta resistencia, combinada con su producción masiva y viabilidad económica, la convierte en una alternativa sostenible y competitiva para la industria automotriz.

- Cuando se trata de los carenados de las motocicletas, los procesos de fabricación de todos los componentes mencionados se han identificado. La información adquirida se ha proporcionado para técnicas menos tradicionales utilizadas en la producción del carenado y proceso de carenado como termoformado, moldeo al vacío de capa reactiva por desorción térmica y los métodos tradicionales como moldeo por compresión y lay-up. Es evidente que los materiales predominantes en todos los casos son no biodegradables, incluidos el ABS, policarbonato y la fibra de vidrio, y, aunque altamente efectivos, contribuyen enormemente a la huella de carbono. Además, la observación detallada de todas las piezas a saber, carenado frontal, lateral, quilla, colín y guardabarros no solo ha revelado la significancia aerodinámica de los mismos sino también la importancia para piloto protección en caso de colisión o impacto con un objeto durante la conducción.

- La determinación de la proporción óptima para la evaluación de fibra de yute y matriz epoxi fue lograda sobre la base de fracciones volumétricas del 12,5%, 21,4%, 26,7%, y 28,6%. La orientación de las fibras a 0° y 90°, previamente identificadas por la literatura como las que maximizan las propiedades mecánicas

del material compuesto, se eligió. El proceso de fabricación de las probetas de 5mm de espesor fue esencial en la obtención de probetas terminadas con acabados lisos con defectos mínimos, lo que permitió una evaluación mecánica precisa del comportamiento mecánico de los materiales, contribuyendo con frutas insights a la ingeniería de los materiales compuestos.

- Mediante la realización de los ensayos mecánicos del compuesto con las fracciones volumétricas determinas de fibra de yute y matriz epoxi se obtuvo un rango de resistencia a la tracción de 39.79 a 44.18 MPa y una resistencia al impacto entre 18.2 a 20.2 KJ/m², según la norma ASTM D638 y pruebas de impacto tipo Charpy según DIN en ISO 179. Además, se pudo descubrir que la proporción de fibra de yute del 26.7% es la que ofrece un mejor comportamiento mecánico, lo que proporciona un equilibrio ideal y crucial entre la resistencia a la tracción (42.94 MPa) y la capacidad para absorber impactos (20 KJ/m2). Este descubrimiento es muy importante para poder aplicarlo en la fabricación de piezas de carenados para motos, que requieren resistencia a las fuerzas aerodinámicas y protección efectiva en situaciones de choque o impacto con objetos propios del asfalto.

- Se modeló mediante simulación de elementos finitos haciendo uso del software ansys para de esta forma evaluar el impacto de esferas en el carenado frontal de una motocicleta, considerando una situación o caso extremo, compuesto por una matriz de resina epoxi con un 26.7% de fibra de yute de tejida en forma tipo maya. El esfuerzo equivalente máximo de Von Mises que se puede obtener mediante la simulación fue de 35.118 MPa, situándose por debajo del límite elástico experimental del material de 41.8016 MPa. Esto nos quiere decir que, bajo las condiciones simuladas mediante software, el material resiste el impacto sin alcanzar la deformación plástica permanente y pueda volver a su forma original.

Además, la máxima deformación registrada de 4.3782 % en la dirección X y la deformación unitaria en el límite elástico de 5.03%, de tal forma que si la comparamos con la máxima deformación de 4.3782 % en la simulación, confirma que el carenado mantiene su integridad estructural dentro de los parámetros dados por la simulación en un caso extremo. Estos hallazgos demuestran la capacidad del material compuesto para soportar impactos a velocidades regulares de desplazamiento, asegurando la durabilidad y la resistencia de manera efectiva en aplicaciones prácticas como los carenados de motocicletas.

- Desarrollo de la pieza de carenado de la motocicleta: la selección de componentes mientras se diseñaba la pieza de carenado giraba en torno a un compromiso entre la simplicidad estructural y la eficiencia de fabricación y ensamblaje. La cúpula frontal de la motocicleta dominar 400 fue elegida porque tiene la geometría más simple y fácil de replicar en molde, con dimensiones proporcionales y una forma de borde recto. Usar tecnologías modernas como el filamento de ácido poliláctico o comúnmente conocido como PLA y la impresión 3D con modelado por deposición fundida permitió fabricar prototipos de manera rápida y el uso de piezas muy precisas. El posprocesado del molde, que implicaba mucho lijado manual y recubrimiento con película de vinilo adhesiva de la marca 3M, también fue esencial para la adhesión de la fibra y el aspecto final del carenado.

- De acuerdo con el análisis de costos y la comparación realizada, identificamos que la posibilidad técnica y económica de usar compuestos de resina epoxi y fibra de yute en motocicletas carenados ha sido probada. Con una resistencia a la tracción de 39,6 – 46 MPa y un límite elástico de 41 MPa, esta alternativa mantiene la competencia con el policarbonato, cuya resistencia es de 55 – 75 MPa y el límite elástico es de 65 MPa. En el aspecto económico, el carenado de yute cuesta S/ 74, lo que es mucho más barato que el policarbonato que asciende a S/ 110. Por

lo tanto, estos argumentos confirman la posibilidad de implementar fibra de yute en lugar de carbono como una alternativa sostenible y más rentable para el carenado-producing.

4.2. Recomendaciones:

- Por lo tanto, se recomienda que se realice un estudio para considerar el efecto de tejer con fibra de yute con el proceso de red en las modificaciones en las propiedades mecánicas del material compuesto de resina epoxi. En el caso de la producción de capa de fibra de yute, se recomienda la investigación avanzada para poder descrubir las propiedades mecánicas y térmicas de la fibra de yute; además de aplicar la laminación al vacío o el método conocido como VARD con el fin de obtener propiedades mecánicas importantes que pueda atribuirse a una alta calidad y tejido duro uniforme.

- Se sugiere que en próximas investigaciones se evalúa el comportamiento del material compuesto de resina epoxi y fibra de yute usando una técnica de fabricación de moldeo al vacío puede mejorar las propiedades mecánicas de manera significativa y notable. Para garantizar o poder recién hablar de un uso en la industrial y proponer una viabilidad para producir carenados con fibra de yute a gran escala y que se pueda volver un negocio rentable para fabricaciones de gran producción. La investigación deberá recopilar información suficiente sobre la inversión inicial, gasto en materia prima, costos laborales y costos de mantenimiento en comparación a los materiales tradicionales y común mente utilizados.

- Se sugiere que lleve a cabo la investigación para poder optimizar el tejido del

actual tejido de fibra de yute comercial. La calidad del tejido de estas fibras naturales no es uniforme y variará en densidad respecto a la variedad de fibras de yute. Los procesos de selección de estas fibras de yute para condiciones óptimas de fortaleza y calidad para obtener tejidos uniformes y de alta densidad contribuirá directamente a mejorar estas propiedades mecánicas.

V.REFERENCIAS

[1] J. D. Martínez y J. G. Puente, «Evaluación y aplicación de materiales compuetos para la reducción de peso en el carenado de una motocicleta,» Universidad Técnica del Norte, Ibarra, 2022.

[2] A. Y. Vega, «Caracterización mecánica, física - química de fibra Sansevieria Trifasciata, como posible refuerzo en un compuesto de matriz poliéster,» Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, 2019.

[3] B. Ramesh, S. Satish y I. Saravanan, «Experimental investigation of polymer matrix composite characterization using jute & carbon fiber in helmet application,» AIP Publishing, 2021.

[4] J. Arputhabalan, L. Karunamoorthy y K. Palanikumar, «Experimental investigation on the mechanical properties of aluminium sandwiched sisal/kenaf/aloevera/jute/flax natural fibre-reinforced epoxy LY556/GY250 composites,» *Polymers and Polymer Composites,* vol. 29, p. 1495–1504, 2020.

[5] A. Mohamad, Z. Qasim, Q. Zhaoye, S. Babak y A. Mohammed, «Finite element analysis of natural fibers composites: A review,» *Nanotechnology Reviews,* vol. 9, nº 1, pp. 853-875, 2020.

[6] R. Gukendran, M. Sambathkumar, T. Prakash, S. Nalinkumar, B. Nivaas y B. Pranesh, «Effect of various stitching patterns on mechanical properties of jute fiber reinforced composite,» *ELSEVIER - Materials Today: Proceedings,* vol. 80, nº 2, pp. 882-887, 2022.

[7] K. A. Santhi, C. Srinivas y R. A. Kumar, «Experimental investigation of mechanical properties of Jute-Ramie fibres reinforced with epoxy hybrid composites,» *ELSEVIER - Materials Today: Proceedings,* vol. 39, nº 4, pp. 1309-1315, 2020.

[8] V. B. Subrahmanyam, S. V. Gopala Krishna y J. R. Kumar, «Experimental and Micromechanical Thermal Characteristics of Jute Fiber Reinforced Polyester Composites,» *ELSEVIER - Materials Today: Proceedings,* vol. 18, nº 1, p. 350–356, 2018.

[9] A. Ramamurthy, D. Sekar, V. Jaiganesh y M. P. Natarajan, «Experimental comparison of Glass and Jute Fiber with & without Eggshell Additive Reinforced Hybrid Composite,» *ELSEVIER- Materials Today: Proceedings,* vol. 64, nº 1, p. 325–329, 2022.

[10] J. Sangilimuthukumar, S. Thiagamani, C. Kumar, S. Krishnasamy, G. Arpitha y S. Mayakannan, «Erosion characteristics of epoxy-based Jute, Kenaf and Banana fibre reinforced hybrid composites,» *ELSEIVER - Materials Today: Proceedings,* vol. 64, nº 1, pp. 6-10, 2022.

[11] R. V. Saikumar, L. Jeeru, P. V. Reddy y K. Swamy, «Mechanical Properties Evaluation of Pomegranate Peel Powder Filled Jute Fiber Reinforced Epoxy Composites,» *ELSEIVER - Materials Today: Proceedings,* vol. 62, nº 13, p. 6923–6926, 2021.

[12] B. Middemeedi y V. S. Babu, «Experimental investigation of fiber orientation effect on mechanical and erosive wear performance of TiO2 filled woven jute fiber based epoxy composites,» *ELSEIVER - Materials Today: Proceedings,* vol. 44, nº 1, pp. 2617-2622, 2021.

[13] V. H. Guerrero, D. J, P. Pontón, N. Rosas, C. Sotomayor y C. Valdivieso, Nuevos Matriales - Aplicaciones estructurales e industriales, V. H. Gerrero, Ed., Quito: Imprefepp, 2011.

[14] S. K. Mazumdar, Composites Manufacturing - Materials, Product and Process Engineering, vol. 1, Florida: CRC, 2001.

[15] H. D y T. W. Clyne, An Introduction to composite Materials, New York:

Cambridge University, 1981.

[16] M. Chun-Yung, Airframe structural, California: CONMILIT PRESS LTD, 1989.

[17] A. Mohanty, M. Misra y T. Lawrence, Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites, vol. 1, Boca Raton: CRC, 2005.

[18] Agroperú, «Cultivo de yute,» Cultura, 2018. [En línea]. Available: https://www.agroperu.pe/.

[19] H. Burrola, J. Herrera, H. Soto, D. E. Rodríguez, R. Meléndrez, J. Cauich, H. Carrillo y T. Madera, «Use of jute woven fibers as reinforcement material in polylactic acid biocomposites,» *Ciencias Biológicas y de la Salud,* vol. XXII, nº 1, pp. 67-73, 2019.

[20] S. Singh, «Exploring the potential of decentralised waste management in New Delhi,» United Nations Development Programme, 2012.

[21] Corbis, «Fibra/Tejido de Yute,» [En línea], 2016. [En línea]. Available: https://www.cobis.com/fibra.

[22] P. Talens, «Concepto de fracción másica y fracción volumétrica. Aplicaciones en alimentos,» Universidad Politécnica de Valencia, Madrid, 2018.

[23] L. María y P. Pérez, «Diseño del carenado de la moto del equipo motostudent icai speed club,» Universidad Pontificia, Madrid, 2021.

[24] M. Palanivendhan, D. Nagpal, D. Ayush, J. Felipe y M. Srinivas, «Diseño y análisis de un kit aerodinámico para una moto de carreras de dos ruedas,» *Materialstoday:Proceedings,* p. 8, 2021.

[25] Tradeinn, «Carenado de KTM 450 enduro,» Soccopur, 2019. [En línea]. Available: https://www.tradeinn.com/.

[26] Amazon, «Carenado de motocicleta deportiva yamaha R6,» Fireparts, 2020. [En línea]. Available: https://www.amazon.com/.

[27] C. ZARAGOZA, «Despiece de la motocicleta,» Centro, Zaragoza, 2013.

[28] F. Mujika, Mécanica de laminados Composites, Alcalá: F. Mujika, 2011.

[29] M. Angeletti, L. Sclafani, G. Bella y S. Ubertini, «The role of CFD on the aerodynamic investigation of motorcycles,» *Society of Automotive Engineers, Inc,* vol. 1, nº 0997, p. 9, 2003.

[30] R. J. Naranjo, «Tecnología de Manufactura de carrocerías de Vehículos Tipo Go-Karts con el uso de Materiales compuestos de Matriz Epoxy con Fibra Biodegradable de Yute,» Universidad Técnica de Avanto, Ecuador, 2021.

[31] J. Veeraprabahar, G. Mohankumar, S. S. Kumar y S. Sakthivel, «Development of natural coir/jute fibers hybrid composite materials for automotive thermal insulation applications,» *Engineered Fibers and Fabrics,* p. 11, 2022.

[32] Á. R. Pozo Morales, «Materiales Compuestos de Fibras Naturales,» Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2019.

[33] H. Ku, N. Pattarachaiyakoop y M. Trada, «A review on the tensile properties of natural fiber reinforced polymer composites,» *ELSEIVER - Composites Part B: Engineering,* vol. 42, nº 4, pp. 856-873, 2011.

[34] N. García, H. Arocha y L. J, «ANALISIS AERODINAMICO DEL CARENADO DE UNA MOTO PROTOTIPO USANDO TECNICAS EXPERIMENTALES,» IV CONGRESO ANUAL DE INGENIERÍA ASME USB 2005, Caracas, 2005.

[35] H. R. Martínez, «Estudio de posibles mejoras aerodinámicas en moto de competición,» UPNA, Pamplona, 2017.

[36] R. Brouwer, «Compuestos de fibras naturales en componentes estructurales: ¿aplicaciones alternativas para el sisal?,» Grupo Intergubernamental de Fibras duras, Roma, Italia, 2000.

[37] K. L. Pickering, M. G. Aruan y T. M. Le, «A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance,» *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing,* vol. 83, pp. 98-112, 2016.

[38] «Optimization Method of Injection Molding Parameters for Vinyl-Based Polymer Composites,» *Natural Fiber Reinforced Vinyl Ester and Vinyl Polymer Composites,* 2018.

[39] UNE, «Plásticos. Determinación de las propiedades al impacto Charpy. Parte 1: Ensayo de impacto no instrumentado. (ISO 179-1:2010),» ISO, 2018.

[40] ISO, «Método de prueba estándar para las propiedades de tracción de los plásticos,» ASTM Internacional, Estados Unidos, 2014.

VI. Anexos:

Anexo 01. Acta de revisión de similitud del artículo:

USS	**ACTA DE CONTROL DE REVISIÓN DE SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN**	**Código:**	
		Versión:	**01**
		Fecha:	**27/06/2024**
		Hoja:	**1 de 1**

Yo, Elmer Rolando Polo Briceño, asesor de investigación del Programa de Ingeniería Mecánica Eléctrica, he realizado el control de originalidad de la investigación, el cual está dentro de los porcentajes establecidos para el nivel de Pregrado, según la Directiva de similitud vigente en USS; además, certifico que la versión que se entrega es la versión final de la Tesis titulada: **INFLUENCE OF JUTE FIBER VOLUME FRACTION ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF EPOXY MATRIX COMPOSITES: APPLICATIONS IN MOTORCYCLE FAIRING DESIGN** , elaborada por el (los) Bachiller(es):

MEDINA AGUTO PAUL EDGARDO

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del **1%** , verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN. Por lo tanto, se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva sobre índice de similitud de los productos académicos y de investigación vigente.

Pimentel, 27 de junio de 2024

Elmer Rolando Polo Briceño

Asesor de investigación

DNI N° 70224297

Anexo 2. Acta de aprobación del asesor del Artículo:

USS	**ACTA DE APROBACIÓN DE ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN**	**Código:**	
		Versión:	**01**
		Fecha:	**27/06/2024**
		Hoja:	**1 de 1**

Yo, Elmer Rolando Polo Briceño, asesor de investigación del Programa de Ingeniería Mecánica Eléctrica, certifico que he revisado y aprobado el artículo de investigación, titulado: **INFLUENCE OF JUTE FIBER VOLUME FRACTION ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF EPOXY MATRIX COMPOSITES: APPLICATIONS IN MOTORCYCLE FAIRING DESIGN,** elaborada por el (los) Bachiller(es):

MEDINA AGUTO PAUL EDGARDO

Este artículo ha cumplido con los estándares de calidad y rigor académico requeridos para su aprobación en el Programa de Estudios de ingeniería Mecánica Eléctrica, demostrando originalidad y contribución significativa al campo de la investigación científica.

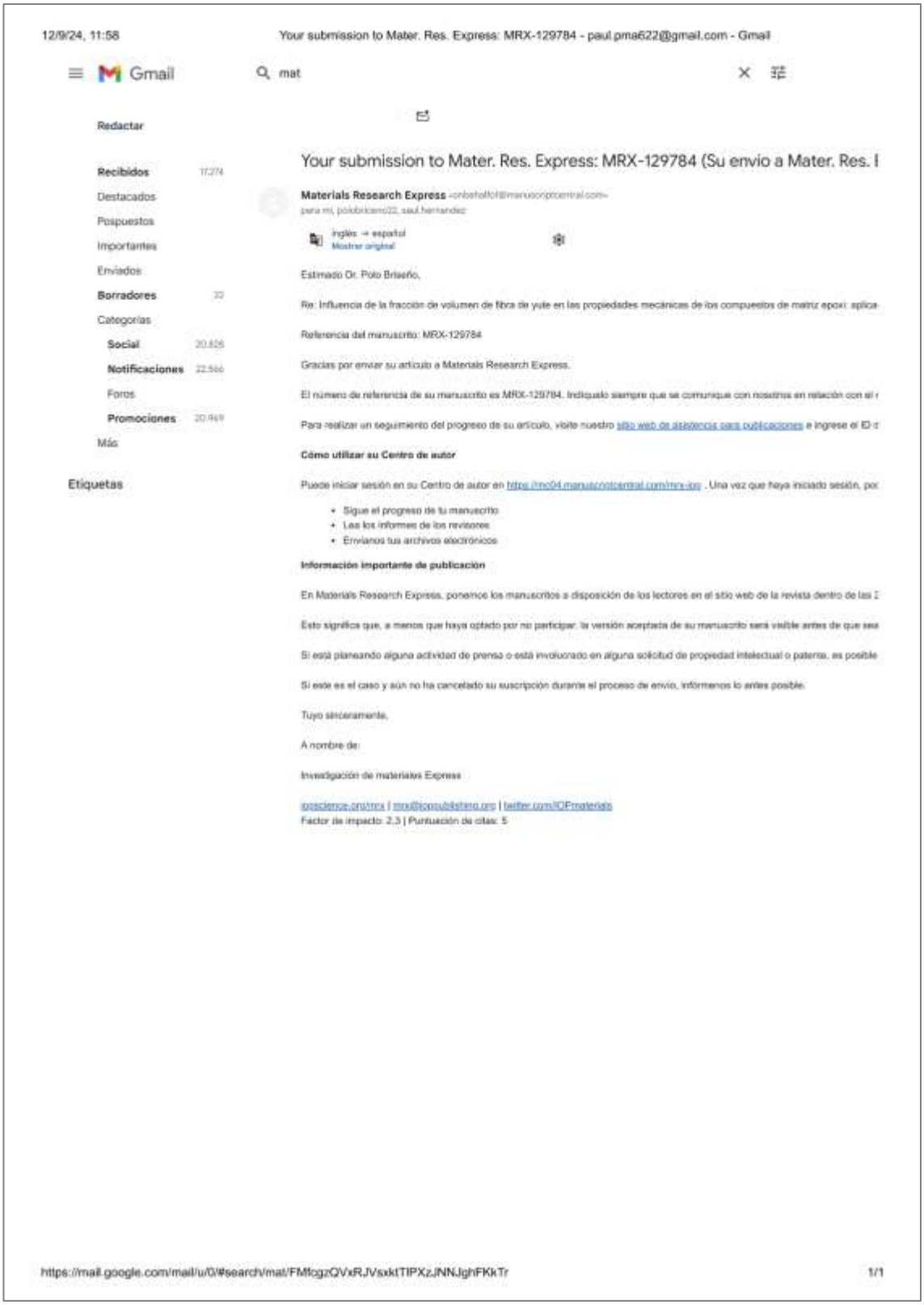
Pimentel, 27 de junio de 2024

Elmer Rolando Polo Briceño

Asesor de investigación

DNI N° 70224297

Anexo 03. Correo de recepción del manuscrito remitido por la revista:



12/9/24, 11:58 Your submission to Mater. Res. Express: MRX-129784 - paul.pma622@gmail.com - Gmail

Gmail mat

Redactar

Recibidos 11.274
Destacados
Pospuestos
Importantes
Enviados
Borradores 22
Categorías
Social 20.826
Notificaciones 22.566
Foros
Promociones 20.969
Más

Etiquetas

Your submission to Mater. Res. Express: MRX-129784 (Su envio a Mater. Res. I

Materials Research Express <onbehalfof@manuscriptcentral.com>
para mi, polobriceno22, saul.hernandez

inglés → español
Mostrar original

Estimado Dr. Polo Briseño,

Re: Influencia de la fracción de volumen de fibra de yute en las propiedades mecánicas de los compuestos de matriz epoxi: aplica

Referencia del manuscrito: MRX-129784

Gracias por enviar su artículo a Materials Research Express.

El número de referencia de su manuscrito es MRX-129784. Indíquelo siempre que se comunique con nosotros en relación con el r

Para realizar un seguimiento del progreso de su artículo, visite nuestro sitio web de asistencia para publicaciones e ingrese el ID d

Cómo utilizar su Centro de autor

Puede iniciar sesión en su Centro de autor en https://mc04.manuscriptcentral.com/mrx-iop . Una vez que haya iniciado sesión, por

- Sigue el progreso de tu manuscrito
- Lea los informes de los revisores
- Envíanos tus archivos electrónicos

Información importante de publicación

En Materials Research Express, ponemos los manuscritos a disposición de los lectores en el sitio web de la revista dentro de las 2

Esto significa que, a menos que haya optado por no participar, la versión aceptada de su manuscrito será visible antes de que sea

Si está planeando alguna actividad de prensa o está involucrado en alguna solicitud de propiedad intelectual o patente, es posible

Si este es el caso y aún no ha cancelado su suscripción durante el proceso de envío, infórmenos lo antes posible.

Tuyo sinceramente,

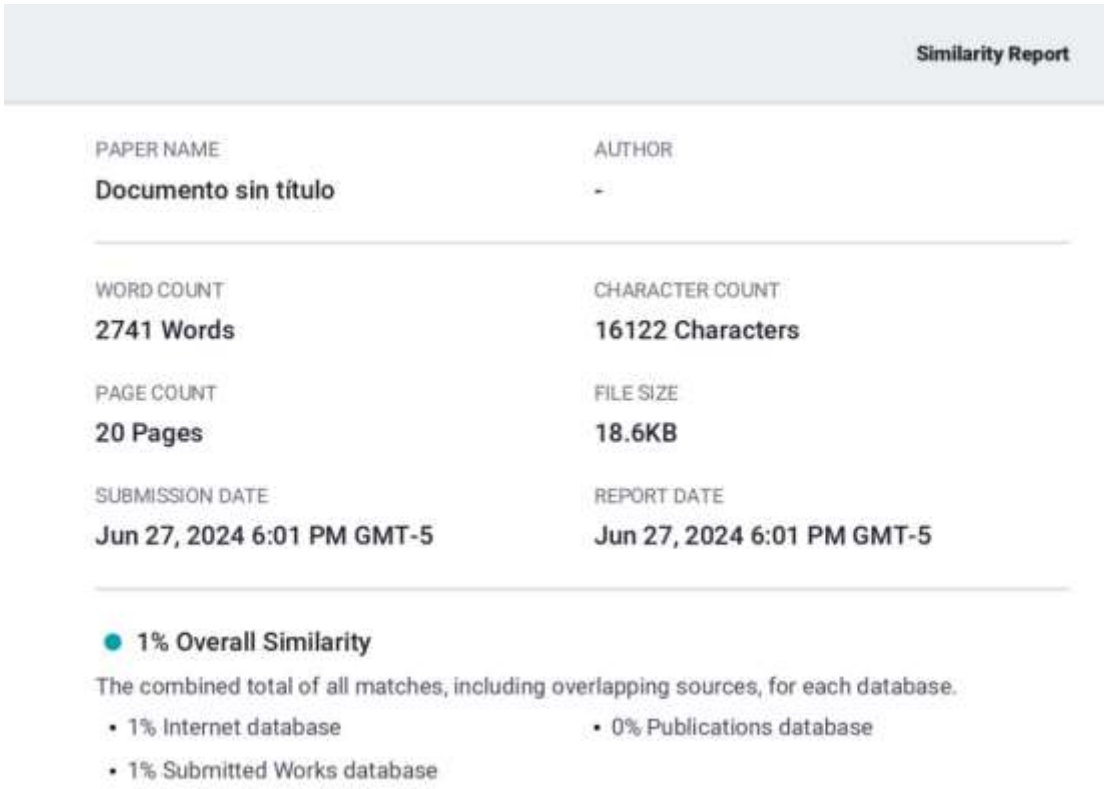
A nombre de:

Investigación de materiales Express

iopscience.org/mrx | mrx@iopublishing.org | twitter.com/IOPmaterials
Factor de impacto: 2,3 | Puntuación de citas: 5

https://mail.google.com/mail/u/0/#search/mat/FMfcgzQVxRJVsxktTlPXzJNNJghFKkTr 1/1

Anexo 04. Similitud del artículo de revisión:



Similarity Report

PAPER NAME
Documento sin título

AUTHOR
-

WORD COUNT
2741 Words

CHARACTER COUNT
16122 Characters

PAGE COUNT
20 Pages

FILE SIZE
18.6KB

SUBMISSION DATE
Jun 27, 2024 6:01 PM GMT-5

REPORT DATE
Jun 27, 2024 6:01 PM GMT-5

1% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

- 1% Internet database
- 0% Publications database
- 1% Submitted Works database

Anexo 05. Tabla de operacionalización de variables:

INDICADORES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	SUBINDICADORES	INSTRUMENTO / SOFTWARE	VALORES FINALES	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
Fuerza de Arrastre Aerodinámico	Fuerza que se opone al movimiento del objeto en un fluido	$\boldsymbol{F_d = \frac{1}{2} p v^2 A C_d}$	ANSYS Fluent	$\boldsymbol{F_d}$	Dependiente	N
Área frontal de contacto	Superficie expuesta del objeto en contacto con el flujo de aire	$A = L * H$	SolidWorks	A	Dependiente	mm^2
Centro de masas	Punto de equilibrio de un objeto	$c = (x; y: z)$	SolidWorks	c	Dependiente	mm
Presión	Fuerza aplicada sobre un área determinada	$P = F/A$	SolidWorks	P	Dependiente	Pa
Índice de Rugosidad	Medida de la textura superficial de una superficie	$Ra = \left(\frac{1}{n}\right) * \sum [y_i - y_m]$	MountainsMap	Ra	Dependiente	μm
Tensión	Fuerza interna generada en material debido a cargas	$\boldsymbol{\sigma = F/A}$	Abacus / Extensómetro	$\boldsymbol{\sigma}$	Independiente	N/m^2

Espesor	Distancia o grosor de un objeto	$h = V\ /A$	SolidWorks	h	Independiente	mm
Ángulo de inclinación	Medida de la separación o inclinación	$\theta\ =\ tan^{-1}(h\ /\ l)$	SolidWorks	θ	Dependiente	°
Velocidad	Cambio de posición en relación con el tiempo	$v\ =\ \Delta x\ /\ \Delta t$	Abaqus	v	Independiente	km/h
Aceleración	Cambio de velocidad con relación al tiempo	$a\ =\ \Delta v\ /\ \Delta t$	Abaqus	a	Independiente	m/s^2
Peso	Medida de la gravedad que actúa sobre un objeto.	$P\ =\ m\ *\ g$	SolidWorks	P	Independiente	kg
Volumen	Espacio ocupado por un objeto	$\boldsymbol{V_{requerido} = l * a * e}$	SolidWorks	$\boldsymbol{V_{requerido}}$	Independiente	mm^3

Anexo 06. Tabla de operacionalización de variables:

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿Cómo afecta la variación de la fracción volumétrica de fibra de yute en compuestos de matriz epoxi al comportamiento mecánico bajo tracción y al impacto de dichos compuestos, considerando su aplicación potencial en la fabricación de carenados de motocicletas?	GENERAL	GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
	Evaluar la influencia de la fracción volumétrica de fibra de yute en un compuesto de matriz epoxi en términos de su resistencia a la tracción y al impacto, enfocándose en su aplicación potencial para la fabricación de carenados de motocicletas.	Si se evalúa la influencia de la fracción volumétrica de fibra de yute en un compuesto de matriz epoxi, se podrá determinar cómo varía su resistencia a la tracción y al impacto, lo que permitirá identificar la fracción óptima para la fabricación de carenados de motocicletas, mejorando así la durabilidad y el rendimiento de las piezas.	Fracción Volumétrica de Fibra de Yute en el Compuesto de Matriz Epoxi	Tipo aplicada - Correlacional
			INDICADORES	TÉCNICA DE RELECOLECCIÓN DE DATOS
	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	Rigidez (N/mm) Fuerza de Arrastre Aerodinámico (N) Coeficiente de Arrastre Aerodinámico (Cd) Área frontal de contacto (mm2) Presión (Pa) Centro de masas (m) Índice de Rugosidad(µm) Espesor del carenado(mm) Ángulo de las fibras (°) Velocidad (km/h) Aceleración (m/s2)	Revisión bibliográfica, Consulta a expertos, Análisis documental, Caracterización de materiales, resultados de software CAD/CAE
	Investigar y documentar propiedades mecánicas de los materiales compuestos de matriz polimérica y fibra natural.	Si se investigan y documentan las propiedades mecánicas de los materiales compuestos de matriz polimérica y fibra natural, se podrá obtener un conocimiento detallado que permitirá seleccionar los materiales más adecuados para aplicaciones específicas, como la fabricación de carenados de motocicletas, optimizando su rendimiento mecánico.		
	Identificar los procesos de fabricación, materiales y requisitos técnicos en la fabricación de carenados de motocicletas.	Si se identifican los procesos de fabricación, materiales y requisitos técnicos en la fabricación de carenados de motocicletas, se podrán establecer procedimientos estandarizados que mejorarán la eficiencia de producción y la calidad de los carenados, asegurando el cumplimiento de los estándares industriales.		
	Determinar la proporción óptima de fibra de yute y matriz epoxi a evaluar mediante el cálculo de fracciones volumétricas.	Si se determina la proporción óptima de fibra de yute y matriz epoxi mediante el cálculo de fracciones volumétricas, se podrá maximizar la resistencia mecánica y la durabilidad del compuesto, haciéndolo ideal para su uso en carenados de motocicletas.	VARIBLE DEPENDIENTE	MUESTRA Y POBLACIÓN
	Realizar ensayos de tracción para cuantificar la resistencia a la tensión y ensayos de impacto tipo Charpy.	Si se realizan ensayos de tracción y ensayos de impacto tipo Charpy, se podrán cuantificar de manera precisa la resistencia a la tensión y al impacto del compuesto, proporcionando datos críticos para evaluar su idoneidad en aplicaciones estructurales como carenados de motocicletas.	Resistencia a la Tracción e impacto del Material Compuesto (epoxi - yute)	La muestra serán 4 placas compuestas fabricadas con resina epoxi y reforzadas con distintos porcentajes de fibra de yute.
	Modelar mediante simulación de elementos finitos la respuesta del material compuesto ante impactos.	Si se modela la respuesta del material compuesto ante impactos mediante simulación de elementos finitos, se podrán predecir con alta precisión los comportamientos mecánicos bajo condiciones extremas, permitiendo optimizar el diseño de carenados de motocicletas para mejorar su seguridad y rendimiento.	INDICADORES	
	Fabricar un prototipo de pieza de carenado utilizando la fracción volumétrica optimizada del compuesto.	Si se fabrica un prototipo de pieza de carenado utilizando la fracción volumétrica optimizada del compuesto, se podrá evaluar su desempeño real y realizar los ajustes necesarios para asegurar que cumple con los requisitos de resistencia y durabilidad para su uso en motocicletas.	Resistencia a la tracción (N/mm²) Módulo de elasticidad (GPa) Deformación a la tracción (%) Energía de impacto absorbida (J) Resistencia al impacto (kJ/m²) Tenacidad a la fractura (MPa·m^0.5)	La Población serán todos los compuestos de matriz epoxi con diferentes fracciones volumétricas de fibra de yute, fabricados mediante el proceso de manufactura por compresión que pueden ser utilizados en la fabricación de carenados de motocicletas.
	Evaluar la viabilidad técnica y económica en la fabricación de piezas de carenado utilizando el material compuesto de fibra natural.	Si se evalúa la viabilidad técnica y económica de fabricar piezas de carenado utilizando el material compuesto de fibra natural, se podrá determinar si este enfoque es sostenible y rentable a largo plazo, promoviendo su adopción en la industria de motocicletas.		

Anexo 07. Reporte de ensayos de Laboratorio:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Facultad de Ingeniería
Departamento Academico de Ingeniería de Materiales

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

SOLICITANTE: PAUL EDGARDO MEDINA AGURTO

CARACTERISTICAS:
- MUESTRAS DE PLASTICO REFORZADO
- 06 MUESTRAS FORMA RECTANGULAR
- 06 MUESTRAS TIPO HUESO (ENSAYO A TRACCION)

OBSERVACION:
- MUESTRAS PUESTAS EN LABORATORIO

TABLA 1.0 Resultados de ensayo de impacto tipo Charpy

CODIGO	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	ENERGIA (J)	AREA (mm^2)	ENERGIA/AREA (KJ/m^2)
50%	80	10	6	0.81	60	13.50
50%	80	10	6	0.89	60	14.83
60%	80	10	6	0.86	60	14.33
60%	80	10	6	0.91	60	15.17
70%	80	10	6	0.87	60	14.50
70%	80	10	6	1.01	60	16.83
80%	80	10	6	0.76	60	12.67
80%	80	10	6	0.95	60	15.83

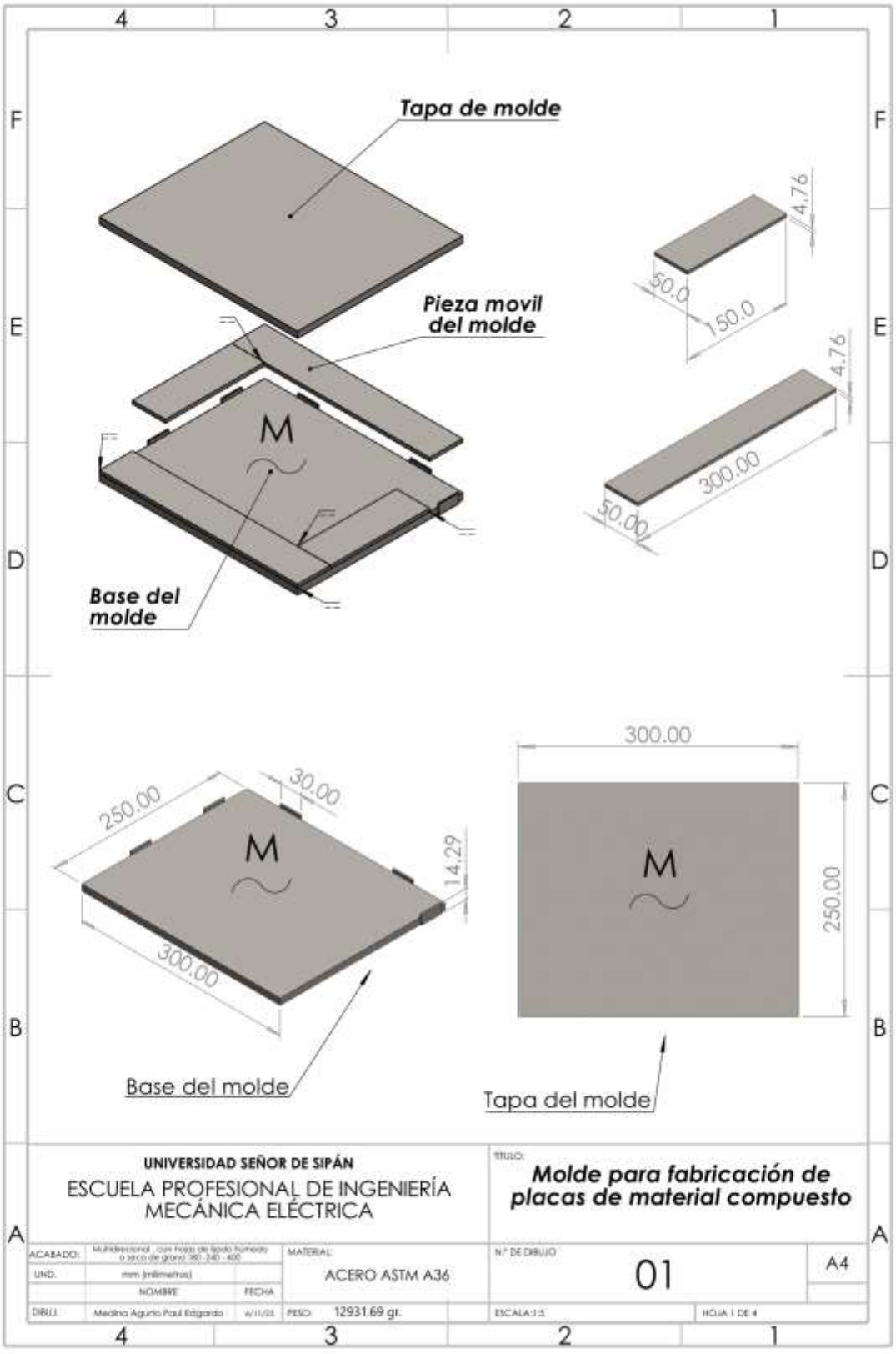
TABLA 2.0 Resultados de ensayo de Tracción

CODIGO	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	F(MAX) N	AREA (mm^2)	ESFUERZO MAXIMO (MPa)
50%	165	13	6	2871.69	78	36.82
50%	165	13	6	2668.05	78	34.21
60%	165	13	6	2255.94	78	28.92
60%	165	13	6	2584.70	78	33.14
70%	165	13	6	2791.40	78	35.79
70%	165	13	6	2731.93	78	35.02
80%	165	13	6	2708.76	78	34.73
80%	165	13	6	2627.75	78	33.69

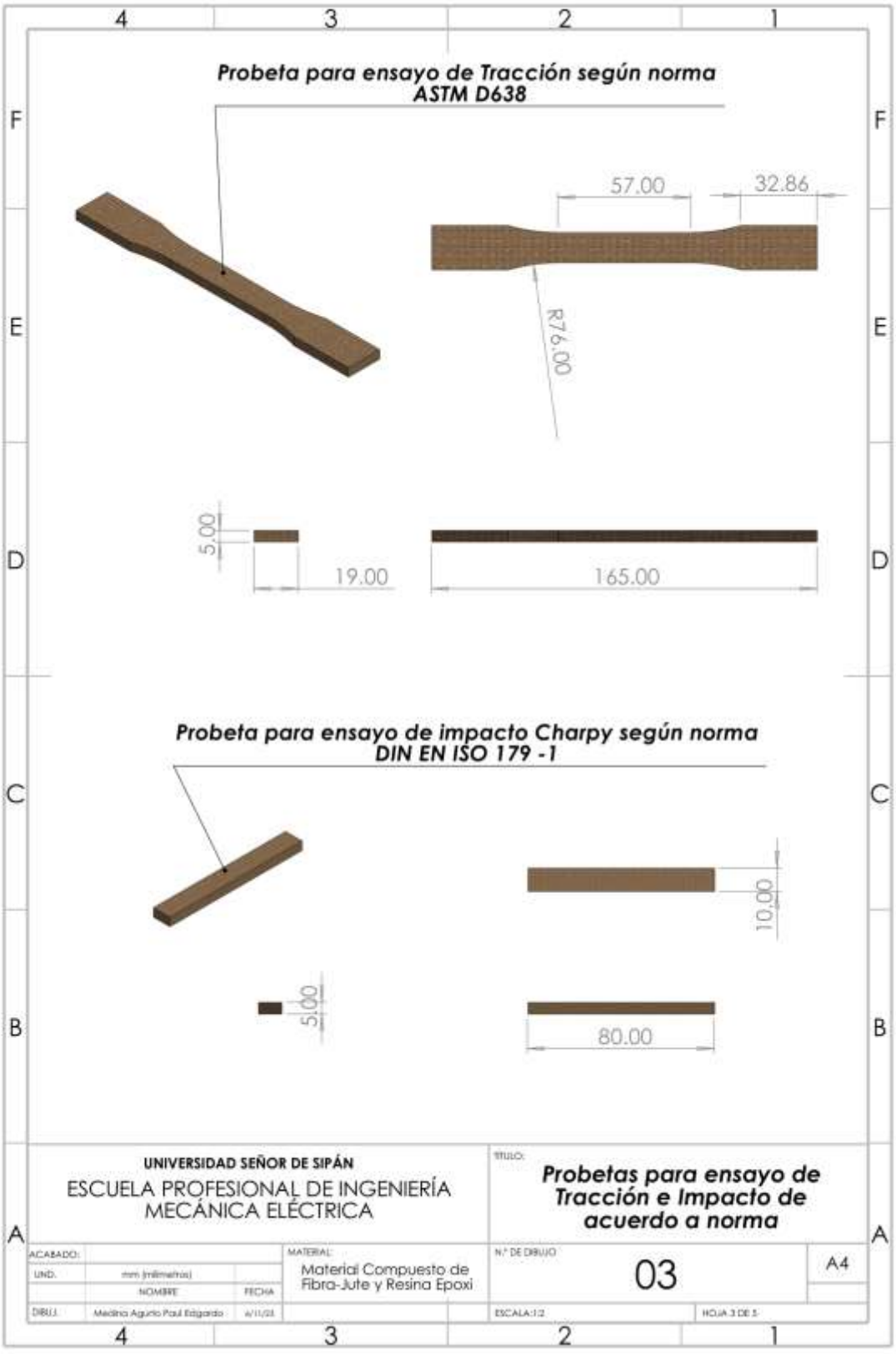
Dr. Ing. Vega Anticona Alexander Y.
Jefe de Laboratorio

Av. Juan Pablo II S/N – Teléfono (044) 633952
(Ciudad Universitaria)
www.unitru.edu.pe
depingmat@unitru.edu.pe

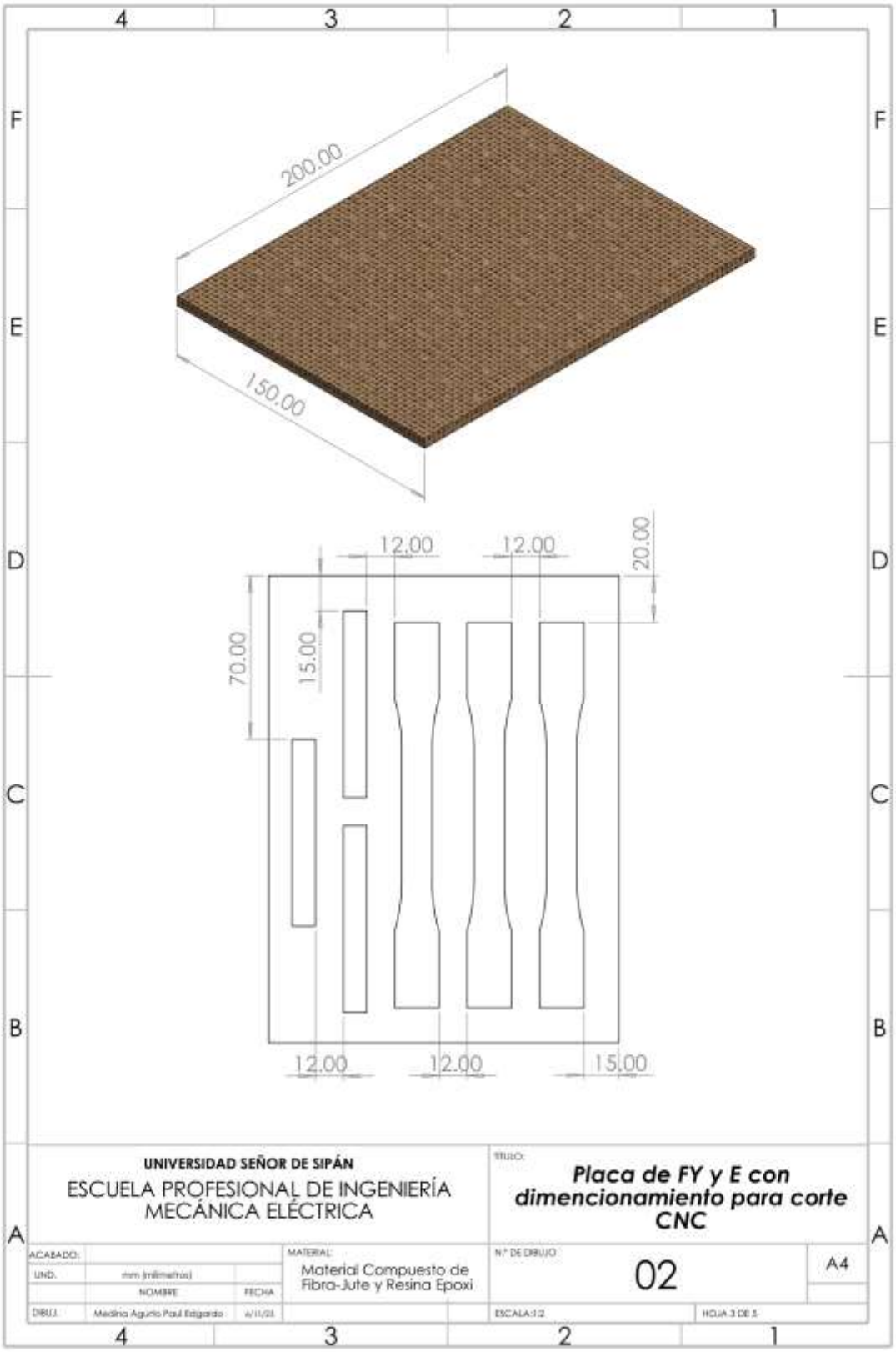
Anexo 08. Plano de molde para fabricación de placas de material compuesto.



Anexo 08. Plano de Probetas para ensayo de tracción e impacto de acuerdo a norma:



Anexo 09. Plano de Placa de FY – E con dimensionamiento para corte CNC:



NOMBRE DEL TRABAJO

MEDINA_AGURTO_PAUL_EDGARDO_TURNITIN[1].docx

AUTOR

PAUL EDGARDO MEDINA AGURTO

RECUENTO DE PALABRAS

15732 Words

RECUENTO DE CARACTERES

83493 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

82 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

72.7KB

FECHA DE ENTREGA

Sep 28, 2024 12:07 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 28, 2024 12:08 AM GMT-5

8% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 5% Base de datos de Internet
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados

Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

	ACTA DE CONTROL DE REVISIÓN DE SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN	Código:	F3.PP2-PR.02
		Versión:	02
		Fecha:	18/04/2024
		Hoja:	1 de 1

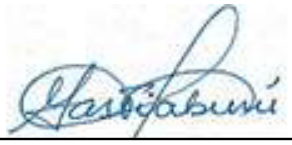
Yo, **Silvia Yvone Gastiaburú Morales**, coordinador de investigación del Programa de Estudios de Ingeniería Mecánica Eléctrica, he realizado el control de originalidad de la investigación, el mismo que está dentro de los porcentajes establecidos para el nivel de Pregrado, según la Directiva de similitud vigente en USS; además certifico que la versión que hace entrega es la versión final de la Tesis titulado**: EVALUACIÓN DE FRACCIÓN VOLUMÉTRICA DE MATRIZ-EPOXI/FIBRA-YUTE SOMETIDOS A TRACCIÓN/IMPACTO PARA SU APLICACIÓN EN FABRICACIÓN DE CARENADO DE MOTOCICLETAS,** elaborado por el (los) Bachiller(es):

MEDINA AGURTO PAUL EDGARDO

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del **08%,** verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN.

Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva sobre índice de similitud de los productos académicos y de investigación vigente.

Pimentel, 28 de setiembre de 2024



Dra. Gastiaburú Morales Silvia Yvone

Coordinador de Investigación

DNI N° 16481433